



EGAS MONIZ SCHOOL | INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
of HEALTH & SCIENCE | EGAS MONIZ

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**ESTUDO COMPARATIVO DA CAPACIDADE DE
SELAMENTO APICAL ENDODÔNTICO APÓS UTILIZAÇÃO
DE DIFERENTES MEDICAMENTOS INTRACANAIS**

Trabalho submetido por
ROMAN PIERRE JEAN GUILHEM
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária.

setembro de 2024



EGAS MONIZ SCHOOL
of HEALTH & SCIENCE

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
EGAS MONIZ

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ESTUDO COMPARATIVO DA CAPACIDADE DE SELAMENTO APICAL ENDODÔNTICO APÓS UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES MEDICAMENTOS INTRACANAIS

Trabalho submetido por
ROMAN PIERRE JEAN GUILHEM
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária.

Trabalhado orientado por
Prof. Doutor Diego Velázquez

setembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão ao meu orientador de tese, Professor Diego Velázquez. Agradeço a paciência e a atenção que me demonstrou durante este projeto e a simpatia que voz caracteriza. Sua expertise e generosidade foram uma fonte de inspiração, ajudando-me a superar os desafios e a crescer como investigador. Este trabalho não teria sido possível sem sua valiosa orientação.

Obrigado pela sua amabilidade e pela sua ajuda, foi um verdadeiro prazer trabalhar convosco.

Ao Professor Luís Proença, pela ajuda na organização da parte estatística deste trabalho, mas também pela paciência e disponibilidade que teve comigo.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz agradeço a disponibilidade das instalações e equipamentos que permitiram a realização deste trabalho, mas também pela aprendizagem, as experiências enriquecedoras e as ricas memórias que estes 5 anos gravaram na minha vida.

Aos docentes e professores pelos seus ensinamentos esclarecedores e os conhecimentos que me transmitiu durante estes 5 anos.

À mes parents, qui ont toujours été un soutien indéfectible pour moi, et qui m'ont permis de réaliser ces études. Merci pour tout l'amour dont vous avez fait preuve, pour la confiance que vous avez en moi et pour toutes les valeurs que vous m'avez inculquées, tout ceci est grâce à vous. Je vous en serais éternellement reconnaissant.

À mon frère, qui m'a toujours poussé à être le meilleur, et qui par sa volonté m'a toujours inspiré. Merci de m'avoir soutenu malgré la distance pendant ces longues années.

À ma grand-mère, qui m'a toujours soutenu et aidé, merci de veiller sur moi.

À mes amis, qui m'ont accompagné dans cette aventure, et à ceux qui m'ont soutenu de loin. Merci pour tous les fous rires, les bons moments et les souvenirs qu'on a partagé ensemble qui ont permis de rendre ce parcours inoubliable.

RESUMO

Objetivo: Analisar e comparar o efeito do hidróxido de cálcio (HC) e da pasta Ledermix® como medicação intracanal (MI), na capacidade de selamento apical do cimento de resina AH Plus.

Materiais e métodos: Uma amostra de 40 dentes monoradiculares com canal radicular reto, sem lesões cariosas nem outras patologias preexistentes e sem tratamento endodôntico prévio foram divididos em 3 grupos experimentais de 10 espécimes cada um (n=10).

Amostra foi estandardizada a 14 mm desde o ápex radicular. Foram instrumentados com o sistema ProTaper Gold™ (S1 a F3) e obturados provisoriamente conforme o grupo experimental a que pertencem: G1 - Pasta Ledermix® (Esteve Pharmaceuticals, Berlin, Germany) (n=10), G2 – HC em pó (Dentaflux, Madrid, Espanha) (n=10), G3 - Sem MI, (n=10). Os restantes espécimes (n=10) foram distribuídos em dois grupos de controle positivo e negativo (GC+ e GC-). A MI foi removida após 28 dias para o grupo G1, e após 14 dias para o grupo G2 através de irrigação ultrassônica passiva. Todos os grupos de estudo exceto o GC+ foram obturados com o cimento de resina AH Plus® (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) pela técnica do cone único.

As raízes depois de ser preparadas foram submetidas a técnica de filtração apical por corante de azul de metileno 2%. Posteriormente foram realizadas secções horizontais e observadas ao microscópio para identificar o nível de infiltração do corrente.

Os resultados foram compilados em tabela Excel e estatisticamente analisadas no programa SPSS.

Resultados: Todos os grupos de estudo tiveram infiltração; A média mais elevada de infiltração foi no grupo G1 (Ledermix®) com 3.56mm comparado aos grupos G2 (HC) e G3 (sem MI) de 2.75mm e 2.17mm respetivamente; apesar destes resultados, não diferenças significativas entre os grupos G1, G2 e G3 foram observadas ($p>0.05$).

Conclusão: Todos os grupos de estudo tiveram infiltração; Os MI testados não afetam a capacidade de selamento, não havendo diferenças significativas entre eles.

Palavras-chave: Cimento de resina, Hidróxido de cálcio, Infiltração apical, Ledermix®

ABSTRACT

Objective: To analyze and compare the effect of calcium hydroxide (CH) and Ledermix® paste as intracanal medication (IM) on the apical sealing capacity of AH Plus resin cement.

Materials and methods: A sample of 40 monoradicular teeth with a straight root canal, no carious lesions or other pre-existing pathologies and no previous endodontic treatment were divided into 3 experimental groups of 10 specimens each (n=10).

The specimens were standardized to 14 mm from the root apex. They were instrumented with the ProTaper Gold™ system (S1 to F3) and provisionally filled according to the experimental group to which they belonged: G1 - Ledermix® (Esteve Pharmaceuticals, Berlin, Germany) paste (n=10), G2 - Powder CH (Dentaflux, Madrid, Spain) (n=10), G3 - No IM, (n=10). The remaining specimens (n=10) were divided into positive and negative control groups (GC+ and GC-). The IM was removed after 28 days for group G1, and after 14 days for group G2 using passive ultrasonic irrigation. All study groups except GC+ were filled with AH Plus® (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) using the single cone technique.

After preparation, the roots were subjected to the apical filtration technique using 2% methylene blue dye. Horizontal sections were then taken and observed under a microscope to identify the level of current infiltration.

The results have been compiled in an Excel table and statistically analyzed in the SPSS program.

Results: All study groups had infiltration; the highest average infiltration was in group G1 (Ledermix®) with 3.56mm compared to groups G2 (CH) and G3 (without IM) of 2.75mm and 2.17mm respectively; despite these results, no significant differences between groups G1, G2 and G3 were observed ($p>0.05$).

Conclusion: All study groups had infiltration; the MI tested did not affect the apical sealing capacity as they were no significant differences between them.

Keywords: Apical infiltration, Calcium hydroxide, Ledermix®, Resin sealer

ÍNDICE GERAL

1	Introdução	13
1.1	Considerações geral em endodontia.....	13
1.2	Diagnostico	14
1.3	Tratamento endodôntico	16
1.3.1	Acesso endodôntico	16
1.3.2	Instrumentação	16
1.3.3	Irrigação	17
1.3.4	Medicação intracanal	19
1.3.4.1	Hidróxido de cálcio	19
1.3.4.2	Ledermix®.....	21
1.3.5	Obturação	22
1.4	Explicações do fenómeno de infiltração apical	23
1.4.1	Noção de espaço entre a obturação e a parede dentinária.....	25
1.4.2	Metodologias de avaliação do selamento apical	25
1.5	Justificação do estudo.....	26
2	Objetivos e hipóteses	29
2.1	Objetivos.....	29
2.1.1	Objetivo geral.....	29
2.1.2	Objetivos específicos	29
2.2	Hipótese	29
2.2.1	Hipótese nula.....	29
2.2.2	Hipótese alternativa.....	29
3	Materiais e métodos.....	31
3.1	Materiais.....	31
3.2	Metodologia.....	32
3.2.1	Considerações éticas	32
3.2.2	Critérios de inclusão, exclusão e seleção das amostras	32
3.2.3	Instrumentação	34
3.2.4	Medicação intracanal	37
3.2.5	Remoção da medicação intracanal	41
3.2.6	Obturação	42
3.2.7	Infiltração apical de corante.....	43
3.2.8	Secção das amostras.....	46

3.2.9	Observação e medida da infiltração apical.....	47
4	Resultados	53
5	Discussão.....	57
5.1	Discussão de materiais e métodos	57
5.2	Discussão dos resultados	62
5.3	Limitações	65
6	Conclusão	67
7	Bibliografia.....	69
8	Anexos.....	81
8.1	Anexos da infiltração apical de corante.....	81
8.2	Autorização da Comissão de Ética Egas Moniz.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Radiografias iniciais do espécime nº40: a) Vista vestibular; b) Vista proximal.....	33
Figura 2 - Identificação dos espécimenes com algarismos arábicos.	34
Figura 3 - Amostra marcada para remoção da coroa.....	35
Figura 4 - Disco diamantado : a) na embalagem ; b) montado numa peça de mão.....	35
Figura 5 - Motor de endodontia Endo Radar Plus (Woodpecker, Guangxi, China) calibrado para as limas do sistema ProTaper Gold (Dentsply Maillefer, Baillagues, Switzerland).....	36
Figura 6 - MI utilizada durante o estudo : a) Pasta Ledermix® ; b) HC em pó.	38
Figura 7 - Estufa incubadora Memmert INE 400 (Mettler Gmbh, Schwabach, Germany).....	39
Figura 8 - Espécimenes do grupo 1 medicado com a pasta Ledermix® colocados unitariamente em tubos cónicos estéreis.	40
Figura 9 - Ponta ultrassónica E4 (Torino, Turin, Italy) usada na remoção da MI : a) na embalagem ; b) fora da embalagem.....	41
Figura 10 - Cimento endodôntico de resina AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany).....	42
Figura 11 - Resina fluida Tetric Evoflow® (Ivoclar Vivadent, Shaan, Liechtenstein) usada para selar a parte coronal dos canais após obturação.	43
Figura 12 - Vernizagem dos espécimenes do : a) Vernizes usados (Referências : 201, 304, 404, 501) (Sephora, Paris, France) ; b) Vernizagem do grupo G3.....	44
Figura 13 - Espécimenes de cada grupo colocados individualmente ápice para cima antes a colocação do corante.	45
Figura 14 - Espécimenes de cada grupo colocados individualmente ápice para cima após a colocação do corante.....	45
Figura 15 - Espécime fixado ao suporte de corte para micrótopo com cera cola.....	46
Figura 16 - Corte no micrótopo : a) Definições usadas ; b) Vista de um espécime no suporte de corte no micrótopo pronto para os cortes.....	47
Figura 17 - Cola para as laminas microscopias DPX Mounting Medium (Fisher Chemical, Loughborough, UK) e pipeta plástica usada para espelhar a cola nas laminas.....	48
Figura 18 - Resultados das secções transversais das raízes.....	48
Figura 19 - Microscópio Leica EZ4 (Leica Microsystems, Danaher, Wetzlar, Germany): a) Vista frontal; b) Vista lateral.....	49
Figura 20 - Secção com infiltração negativa.	50
Figura 21 - Secção com infiltração positiva.	50
Figura 22 – Media de cada grupo.	54

Figura 23 - <i>Boxplot</i> descritivo da mediana e da distribuição da amostra de cada grupo.	55
Figura 24 – Cortes de espécimenes eliminados do estudo: a) Corte do espécime nº25 com presença duma fratura apical; b) Corte do espécime nº13 com presença dum segundo canal.	63
Figura 25 – Espécimenes do grupo G1: A – Espécime nº12; B – Espécime nº34; C – Espécime nº21; D – Espécime nº18; E – Espécime nº32; F – Espécime nº7; G – Espécime nº19; H – Espécime nº11, I – Espécime nº27.....	82
Figura 26 – Espécimenes do grupo G2: A – Espécime nº14; B – Espécime nº2; C – Espécime nº37; D – Espécime nº17; E – Espécime nº26; F – Espécime nº33; G – Espécime nº8; H – Espécime nº39.....	84
Figura 27 – Espécimenes do grupo G3: A – Espécime nº29; B – Espécime nº5; C – Espécime nº31; D – Espécime nº21; E – Espécime nº35; F – Espécime nº16.....	86
Figura 28 – Espécimenes do grupo GC+: A – Espécime nº9; B – Espécime nº40; C – Espécime nº15; D – Espécime nº28.....	87
Figura 29 – Espécimenes do grupo GC-: A – Espécime nº36; B – Espécime nº3; C – Espécime nº6; D – Espécime nº30.....	88
Figura 30 – Autorização imprimida da comissão de ética Egas Moniz.....	89

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Repartição dos espécimes nos grupos de estudos e de controle.	37
Tabela 2 - Identificação das marcas, lotes e validades dos MI e do cimento endodôntico usado neste estudo.	40
Tabela 3 - Comparação das médias de infiltração apical entre os grupos de estudo (HC = hidróxido de cálcio; MI = medicação intracanal; mm = milímetros).	53
Tabela 4 - Valores da significância (sig.) dos valores médios da infiltração apical entre grupos.	55

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AAE – American Association of Endodontists

Ca – Cálcio

Ca(OH)² – Hidróxido de cálcio

EDTA – Acido etilenodiamino tetra-cético

HC – Hidróxido de cálcio

Hz - Hertz

IU – Irrigação ultrassónica

LAP – Lima apical principal

MI – Medicação intracanal

Mm – Milímetro

NaOCl – Hipoclorito de sódio

Nm - Nanometro

pH – Potencial de hidrogénio

Sig. – Significância

1 Introdução

1.1 Considerações geral em endodontia

Segundo a Associação Americana de Endodontia (AAE, 2020), a endodontia é o ramo da medicina dentária que se ocupa da morfologia, fisiologia e patologia da polpa dentária humana e dos tecidos peri radiculares. O seu estudo e prática abrangem as ciências básicas e clínicas, incluindo a biologia da polpa normal e a etiologia, diagnóstico, a prevenção e o tratamento de doenças, lesões pulpares e condições peri radiculares associadas.

A dor dentária é o motivo mais comum pela qual os doentes procuram tratamento dentário. A dor ocorre devido a doenças que envolvem a polpa e os tecidos peri radiculares, uma vez que estes tecidos são ricamente inervados e possuem um amplo suprimento sanguíneo envolto por tecidos circundantes. (Shaikh, 2019)

Continuam a ser os microrganismos causantes das lesões de cárie o fator etiológico principal da patologia pulpar. O reconhecimento por parte do hospedeiro das células bacterianas desencadeará primariamente uma resposta defensora inflamatória e imunitária, produzindo uma pulpíte, que si não for tratada evoluirá a necrose pulpar e a patologia periapical. A dor produzida por estimulação direta ou indireta das abundantes terminações sensorias na zona está aumentada pela incapacidade de distensão da polpa por estar envolvida por tecidos rígidos que são incapazes de se expandir como a dentina. Isto afeta a capacidade de defesa dos tecidos pulpares quando submetidos a diferentes agressões. (Alsubait et al., 2020; Singh et al., 2020)

Outros fatores etiológicos podem ser agressões físicas como traumatismos, fraturas, tratamentos iatrogénicos, etc. (Singh et al., 2020)

De acordo com a AAE, os diagnósticos pulpares incluem polpa saudável, pulpíte reversível, pulpíte irreversível sintomática e assintomática, necrose pulpar e dentes que foram ou estão a ser tratados. Estas patologias pulpares podem conduzir a patologias periapicais, como a periodontite apical sintomática e assintomática, o abscesso apical agudo ou crónico, ou a osteíte de condensação. (AAE, 2020)

Para tratar lesões pulpares e periapicais, se o dente for restaurável é indicado quase sempre o tratamento endodôntico não cirúrgico. Esta opção não cirúrgica elimina as fontes microbianas, promovendo assim a resolução das lesões peri-apicais. (Kunhappan et al., 2017)

É importante notar que a instrumentação mecânica, por si só, pode não erradicar totalmente as infecções polimicrobianas do sistema de canais radiculares. Por conseguinte, para além da limpeza mecânica, a desinfecção química através da irrigação e da medicação intracanal é crucial para uma desinfecção ótima. No entanto, a obtenção de um selamento apical hermético continua a ser um desafio técnico significativo no tratamento endodôntico. (Kunhappan et al., 2017)

1.2 Diagnóstico

A primeira fase antes de iniciar um tratamento endodôntico é o diagnóstico endodôntico, ou seja, determinar se a polpa é saudável ou patológica, vital ou necrótica. O *gold standard* para determinar o estado pulpar seria a seu estudo direto através de um exame histológico. No entanto, como a polpa está encerrada por uma barreira calcificada, este exame não pode ser efetuado antes de iniciar a terapia endodôntica. (Patro et al., 2022)

Uma vez que não é possível inspecionar diretamente o tecido pulpar, é necessário utilizar métodos indiretos para determinar o estado de saúde pulpar, como as radiografias e os testes de sensibilidade pulpar. As radiografias periapicais são especialmente eficazes na deteção de lesões apicais e permitem acompanhar sua evolução após o tratamento, sendo essenciais para avaliar a eficácia das intervenções endodônticas. No entanto, a radiografia não deve ser usada de forma isolada e deve ser acompanhada dos resultados dos testes de sensibilidades para estabelecer um diagnóstico mais preciso. (AAE, 2020)

Os testes mais comuns incluem os testes térmicos e elétricos, que estimulam os nervos pulpares. Os testes térmicos provocam variações de temperatura que afetam o fluxo de fluido dentinário, levando ao movimento dos processos odontoblásticos e, conseqüentemente, à estimulação mecânica dos nervos pulpares. Já os testes elétricos

envolvem a condução de corrente elétrica pelo dente, proporcionando estimulação elétrica aos nervos da polpa. (Patro et al., 2022)

Alem disso, faz também parte do diagnóstico endodôntico os testes de percussão, palpação e à sondagem para obter informações sob o estado periapical. O teste de percussão é essencial para identificar a inflamação apical, sendo a dor um indicativo de infecção pulpar necrótica. A palpação complementa esse diagnóstico ao detetar inflamação ou abscessos nos tecidos periapicais. Embora a literatura nem sempre enfatize a palpação, ela é fundamental na avaliação de patologias apicais. Já a sondagem periodontal é útil para medir a profundidade das bolsas, embora a sua ligação direta com patologias apicais seja menor em comparação com a percussão e a palpação. (Ahmed et al., 2020; Karataş et al., 2021; Moura et al., 2017)

As respostas pulpares aos testes de sensibilidades, que são essencialmente manifestações sensoriais subjetivas, permite-nos extrapolar e estimar a “vitalidade” pulpar e o estado de saúde da polpa. Os três tipos de respostas podem ser resumidos da seguinte forma:

- A polpa é considerada normal quando existe uma resposta ao estímulo fornecido pelo teste de sensibilidade e essa resposta não é pronunciada ou exagerada e não se prolonga.
- A pulpíte está presente quando existe uma resposta exagerada que produz dor. A pulpíte pode ser considerada reversível ou irreversível, dependendo da gravidade da dor e do facto de a dor se prolongar ou não. Normalmente, considera-se que uma dor ligeira de curta duração indica uma pulpíte reversível, enquanto uma dor intensa que se prolonga indica uma pulpíte irreversível.
- A ausência de respostas aos testes de sensibilidade está geralmente associada à probabilidade de necrose pulpar, ao facto de o dente não ter polpa ou de ter sido submetido a tratamento endodôntico prévio. (E. Chen & Abbott, 2009)

Uma vez efetuado o diagnóstico pulpar, se necessário, pode proceder-se ao tratamento endodôntico, começando pela cavidade de acesso. (AAE,2020)

1.3 Tratamento endodôntico

1.3.1 Acesso endodôntico

A primeira fase do acesso endodôntico consiste na remoção de todas as restaurações defeituosas e cáries residuais, de modo a criar uma via de entrada saudável onde o teto da câmara pulpar será removida para obter acesso ao canal ou canais pulpares. (AAE, 2020)

A importância da cavidade de acesso foi bem validada como um dos passos fundamentais para o sucesso do tratamento endodôntico não cirúrgico. Uma cavidade de acesso adequadamente preparada facilita a execução das etapas clínicas subsequentes, incluindo a detecção do orifício do canal, o desbridamento quimiomecânico, a obturação do canal radicular e a redução da possibilidade de danos iatrogênicos. (Chan et al., 2022)

1.3.2 Instrumentação

O objetivo ideal da instrumentação radicular é remover todos os resíduos de tecido e microbianos do espaço do canal radicular, eliminando simultaneamente as camadas internas da dentina radicular. De facto, um dos maiores desafios do tratamento endodôntico é limpar e moldar o canal radicular, encontrar e medir o comprimento de trabalho, alargar a sua geometria, preservando a sua anatomia, em particular a forma e a posição do forâmen apical, evitando a extrusão de irritantes do canal radicular para os tecidos peri apicais, tais como detritos dentinários, tecido necrótico, microrganismos e materiais de obturação. (Seltzer & Naidorf, 2004)

A instrumentação do canal radicular tem também com objetivo de assegurar uma circulação ótima das várias soluções de irrigação e criar um espaço impermeável que preencha o mais completamente possível o canal radicular para permitir um preenchimento ótimo de MI e de material de obturação. (Schilder, 1974)

As diferentes opções de instrumentação dos canais incluem a utilização de instrumentos manuais ou de instrumentos mecânicos. (Singla et al., 2021)

1.3.3 Irrigação

A irrigação é uma parte fundamental do tratamento endodôntico bem-sucedido. As suas funções são diversas e podem variar conforme o irrigante utilizado: a lubrificação que reduz o atrito entre o instrumento e a dentina, melhora a eficácia de corte das limas, dissolve tecidos, afia o instrumento e o dente, além de possuir um efeito de lavagem e um efeito antimicrobiano. A irrigação é também o único meio de alcançar áreas das paredes do canal radicular que não são tocadas pela instrumentação mecânica. (Haapasalo et al., 2014)

O hipoclorito de sódio (NaOCl) é o irrigante mais usado no tratamento endodôntico. A sua utilização é essencial para a remoção de restos de tecido necrótico e biofilmes. Este irrigante, devido à sua instabilidade deve ser aplicado ao longo de todo o processo de instrumentação, tem de ser renovado constantemente e continuar a ser usado por um a dois minutos após a conclusão da instrumentação. (Haapasalo et al., 2014)

Ainda não há consenso sobre a concentração ideal das soluções de NaOCl, com valores sugeridos variando entre 0,5% e 8,25%. Os efeitos químicos do NaOCl são devidos ao cloro livre disponível, que consiste em hipoclorito (OCl-) e ácido hipocloroso (HOCl). Ambos são fortes oxidantes, e suas quantidades relativas dependem do pH da solução. As soluções normais (não tamponadas) de NaOCl possuem um pH próximo de 11 a 12. Este pH elevado é responsável da lise celular das espécies bacterianas. (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022)

Embora o NaOCl seja o irrigante primário de eleição, não consegue dissolver os resíduos de tecido duro criados durante a instrumentação ou os componentes inorgânicos da *smear layer*, pelo que se considera necessária a ação suplementar de um agente quelante de íões metálicos. O ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) é a escolha mais comum para este papel. (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022)

O EDTA é um ácido poliaminocarboxílico e um sólido incolor e solúvel em água. A sua utilidade deve-se ao seu papel como ligante hexadentado e agente quelante ácido, ou seja, à sua capacidade de sequestrar íões metálicos como o Ca²⁺ e Fe³⁺. O EDTA

reage com os íons de cálcio na dentina e forma quelatos de cálcio solúveis. (Mohammadi et al., 2013)

Uma solução a 15-17% de EDTA tem um pH neutro ou ligeiramente alcalino (7-8) e é um agente quelante ácido forte capaz de dissolver tanto as paredes dentinárias e os resíduos de tecidos duros como a *smear layer* quando aplicado no final da instrumentação. (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022)

No entanto, a interação entre o ácido EDTA e o NaOCl em procedimentos endodônticos tem sido um tema de interesse no campo da medicina dentária. Estudos demonstraram que, quando o EDTA e o NaOCl são misturados, as suas soluções interagem, levando potencialmente a uma redução da capacidade de dissolução tecidual do NaOCl. Esta interação é atribuída à reação dos hidrogénios ácidos do EDTA com o NaOCl, resultando numa diminuição do cloro disponível na solução. A redução do cloro disponível pode afetar a eficácia do NaOCl nos processos de desinfecção no interior do canal radicular. (Grawehr et al., 2003)

Para além disso, a combinação de NaOCl e EDTA tem-se revelado eficaz na remoção da *smear layer* formada durante a instrumentação endodôntica. Foi demonstrado que a utilização sequencial de EDTA e NaOCl melhora as ações de limpeza e antimicrobianas, tornando a combinação mais eficaz do que a utilização das soluções de forma independente. (Wang et al., 2017)

Relativamente às técnicas de irrigação, sabemos que os ultrassons foram inicialmente aplicados à endodontia por Richman MJ (1957), com dispositivos operando em frequências entre 25.000 e 40.000 Hz. (Plotino et al., 2007)

Sob a ação dos ultrassons, os irrigantes desenvolvem um movimento circular, semelhante a um vórtice, chamado fluxo acústico. Esse fluxo gera uma tensão de cisalhamento ao longo das paredes do canal radicular, facilitando a remoção de tecidos, biofilmes e detritos. Além disso, o fenómeno de cavitação ocorre quando bolhas formadas pelo fluxo acústico colapsam violentamente, criando ondas de choque que auxiliam na eliminação de substâncias infecciosas. (Van Der Sluis, Versluis, et al., 2007)

Contudo, a ação direta da lima ultrassônica pode danificar as paredes do canal, cortando a dentina. Para evitar isso, Weller et al. introduziram o conceito de Irrigação Ultrassônica (IU) em 1980. A IU envolve o uso de uma lima ultrassônica que, sem tocar nas paredes do canal, transfere energia para o líquido por meio da vibração, aproveitando os efeitos do fluxo acústico e da cavitação para realizar o desbridamento sem danos. (Weller et colaboradores., 1980)

1.3.4 Medicação intracanal

O principal objetivo da medicação intracanal (MI) é eliminar a carga microbiana e as toxinas presentes no canal radicular após a preparação mecânica e a irrigação. A aplicação de agentes químicos antimicrobianos e desinfetantes no canal pode impedir a infecção o erradicar diretamente os microrganismos, neutralizar toxinas, modular o pH ambiental e criar condições biológicas favoráveis à reparação e regeneração dos tecidos periapicais. (Zou et al., 2024)

De acordo com a maioria dos estudos, a utilização de MI não é necessária em casos simples, mas se revela útil em casos com um prognóstico desfavorável. Este pode dever-se à extensão da lesão, à idade ou à patologia do doente, ou à presença de lesões endo-periodontais. (Ordinola-Zapata et al., 2022)

Antes da obturação, toda a MI utilizada como penso intracanal entre sessões deve ser completamente removida das paredes do canal radicular. A presença de resíduos desses medicamentos pode interferir na capacidade dos cimentos de penetrar nos túbulos dentinários, comprometendo a capacidade de selamento e aumentando o risco de microinfiltração durante a obturação. (Rödig, Sedghi, et al., 2010)

1.3.4.1 Hidróxido de cálcio

O hidróxido de cálcio (HC) ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) é um MI muito utilizado em endodontia devido às suas várias vantagens. A elevada alcalinidade do HC, com um pH de aproximadamente 12.5, desempenha um papel crucial nas suas propriedades antimicrobianas. Este pH elevado permite que o HC crie radicais livres através de iões hidroxilo, que são eficazes na destruição dos componentes das células bacterianas,

inibindo a replicação do ADN, a atividade celular e causando mutações nas células bacterianas. (Ordinola-Zapata et al., 2022)

Além disso, o pH alcalino do HC perturba a atividade enzimática, o metabolismo celular e as proteínas estruturais, contribuindo ainda mais para os seus efeitos antibacterianos. (Mohammadi & Dummer, 2011)

A capacidade do HC para difundir iões hidroxilo através da dentina, aumentando o pH para 9.0, é conhecida como medicação transdentinária, que é essencial no controlo dos reservatórios bacterianos nos túbulos dentinários. (Mohammadi & Dummer, 2011)

Adicionalmente, o HC atua como uma barreira física, limitando a proliferação de microrganismos residuais e prevenindo a reinfeção devido a infiltrações coronárias e estimulando a remineralização periradicular. (Mohammadi & Dummer, 2011)

O HC tem uma vasta gama de efeitos antimicrobianos contra agentes patogénicos endodônticos comuns, mas é menos eficaz contra *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*. (Kim & Kim, 2014)

A apresentação mais vendida é o HC incluído em meio aquoso. O HC é um pó branco, inodoro e cujas indicações de uso propõem a mistura deste composto com água destilada. A pasta resultante tem comportamento tixotrópico, diminuindo a sua viscosidade quando agitada. (Mohammadi & Dummer, 2011)

O HC é indicado em várias situações clínicas, como infeção crónica com exsudado persistente, anatomias complexas de difícil descontaminação, dor pré-operatória, pacientes imunocomprometidos, patologia periapical com reabsorção óssea, tratamentos em múltiplas sessões e em casos de perfurações, proteção pulpar ou reabsorções radiculares, mas devido a aparição de novos materiais biocerâmicos com maior biocompatibilidade, o seu uso tem diminuído. (Parhizkar et al., 2018)

1.3.4.2 Ledermix®

Schroeder e Triadan desenvolveram o Ledermix® em 1960, que foi disponibilizado comercialmente pela *Lederle Pharmaceuticals* em 1962. A pasta Ledermix® contém um antibiótico demeclociclina-HCl (3.2%) e um corticosteroide, acetonido de triamcinolona (1%), numa base de polietilenoglicol. A pasta utiliza corticosteróides para controlar a dor e a inflamação relacionadas com doenças da polpa e periapicais. É adicionado um antibiótico ao Ledermix® para compensar a redução induzida pelos corticóides na resposta imunitária do hospedeiro. Tanto a triamcinolona como a demeclociclina são capazes de se difundir através dos túbulos dentinários e do cimento para atingir os tecidos periradiculares e periapicais. (Bansal & Jain, 2014)

A pasta Ledermix®, tem demonstrado atividade anti-inflamatória e pode potencialmente retardar os processos de reabsorção após lesões traumáticas graves na dentição. (Bryson et al., 2002)

Estudos indicam que Ledermix® tem ganhado destaque na traumatologia dentária devido ao seu potencial para inibir a reabsorção radicular inflamatória após lesões de luxação graves (Krastl et al., 2013). A difusão da demeclociclina na pasta Ledermix® é mais lenta do que a do corticosteroide triamcinolona, o que pode contribuir para efeitos anti-inflamatórios e antimicrobianos prolongados no sistema de canais radiculares, proporcionando um benefício terapêutico sustentado. (Mohammadi & Abbott, 2009)

Ledermix® é recomendada para uso em diversos casos clínicos, incluindo lesões traumáticas graves, onde pode ajudar a reduzir a inflamação e potencialmente prevenir ou atrasar os processos de reabsorção na dentição (H. Chen et al., 2008). A aplicação intracanal imediata de Ledermix® tem mostrado eficácia na inibição da reabsorção radicular, mesmo após tempos de secagem prolongados, destacando sua eficácia no tratamento de lesões dentárias traumáticas. (Ehrmann et al., 2003)

A composição da pasta Ledermix®, com triamcinolona para efeitos anti-inflamatórios e demeclociclina para ação antibacteriana, torna-a um medicamento intracanal versátil para o controlo da dor pós-operatória associada à periodontite apical sintomática (Uyan et al., 2018). Suas propriedades para aliviar a dor, junto com a eficácia

anti-inflamatória e antimicrobiana de amplo espectro contra microrganismos endodônticos, fazem dela uma opção valiosa no tratamento endodôntico. (Ehrmann et al., 2003)

Ledermix® é solúvel em água, é facilmente lavado e não provoca qualquer efeito secundário sistêmico na utilização intradentária. (Bansal & Jain, 2014)

É recomendado, durante sua aplicação, utilizar técnicas que permitam recobrir todas as paredes dentinárias, como o uso do lântulo. Segundo o artigo de Ozdent (2010), “*The Ledermix® Materials*”, o tempo de utilização ideal deve ser entre 4 e 6 semanas antes de ser removido para a obturação final.

1.3.5 Obturação

A obturação dos canais radiculares é um procedimento essencial na endodontia, visando selar tridimensionalmente o sistema de canais radiculares para prevenir a proliferação bacteriana em relação aos tecidos periapicais. (AAE, 2020)

Tradicionalmente, a obturação dos canais radiculares é realizada com cones de guta-percha e uma pequena quantidade de cimento endodôntico, com o objetivo de preencher os canais e selar istmos, fissuras e canais acessórios. A capacidade de selar tridimensionalmente os canais é crucial para o sucesso a longo prazo do tratamento endodôntico. (AAE, 2020)

A qualidade da obturação é fundamental para o restabelecimento da saúde dentária, sendo responsável pelo selamento e preenchimento dos espaços no sistema de canais radiculares. Essa obturação tridimensional depende não apenas da qualidade da limpeza e modelagem dos canais, mas também da habilidade do profissional. (Güven et al., 2022)

A escolha do material obturador é fundamental, sendo a guta-percha o material sólido mais utilizado devido às suas propriedades ideais, como biocompatibilidade, radiopacidade e facilidade de inserção e remoção. A adaptação adequada da guta-percha às paredes do canal radicular é essencial para evitar o excesso de cimento, que pode comprometer o selamento. (Kowalski et al., 2024)

O cimento AH Plus® é um cimento à base de resina epóxi amplamente reconhecido na prática endodôntica por suas excelentes propriedades físico-químicas, efeitos antibacterianos e capacidade de selamento (Soni et al., 2018). É conhecido por sua baixa solubilidade, pequena expansão, adesão à dentina e boa capacidade de selamento, tornando-o uma escolha preferida em tratamentos endodônticos. (Naeem & Al-Zaka, 2021; Soni et al., 2018)

Estudos demonstraram que o cimento AH Plus® apresenta uma forte adesão à fase orgânica da dentina, o que é crucial para o selamento dos canais radiculares. Para além disso, a utilização de irrigação de quelação contínua foi associada a uma melhor adesão do cimento de resina epóxi à dentina, realçando a importância dos procedimentos de irrigação no processo de selamento (Reddy et al., 2011). Estudos demonstraram que o cimento AH Plus penetra significativamente mais profundamente nos túbulos dentinários em comparação com outros cimentos, o que pode influenciar a sua capacidade de proporcionar uma barreira impermeável. (Schmidt et al., 2021)

O cimento endodôntico AH Plus® à base de resina tem sido amplamente utilizado e apreciado pela sua radiopacidade, biocompatibilidade, facilidade de utilização e disponibilidade, tornando-o uma escolha popular entre os profissionais de saúde. (Palanivelu et al., 2019)

1.4 Explicações do fenómeno de infiltração apical

A perda de selamento, ou infiltração apical, foi definida pela AAE como o movimento de fluidos teciduais periradiculares, de microrganismos e de suas toxinas ao longo da interface entre as paredes dentinárias e os materiais de obturação do canal radicular. (AAE, 2020)

A infiltração apical devido a falhas no selamento é um dos principais fatores que contribuem para o insucesso endodôntico. A literatura estimou que mais de metade dos insucessos endodônticos podem ser atribuídos a este fenómeno. A infiltração de

microrganismos e suas toxinas através do canal obturado cria nichos bacterianos favoráveis à infecção periapical. (Machado et al., 2017)

De facto, o fluido tecidual pode fornecer nutrientes suficientes para permitir que as bactérias sobrevivam e proliferem se não tiverem sido eliminadas durante o tratamento endodôntico ou se tiverem reentrado no canal posteriormente através de cáries, fissuras e/ou margens de restauração com infiltrações. Uma vez que as bactérias estejam estabelecidas dentro do canal, os seus subprodutos podem induzir a periodontite apical através da difusão pelo forame apical, ou as próprias bactérias podem migrar para fora do canal para induzir uma exacerbação aguda da periodontite apical se o foramen não estiver completamente selado. (Nair, 1997, 2004)

Estudos mostram que, apesar dos procedimentos químico-mecânicos utilizando irrigantes antimicrobianos como o NaOCl, 40-60% dos canais radiculares ainda podem conter níveis detetáveis de bactérias cultiváveis, destacando a importância crucial de selar hermeticamente os canais para evitar a reinfeção. (Paiva et al., 2013)

A investigação também demonstrou que a persistência de bactérias após o tratamento endodôntico está fortemente associada a lesões periapicais não cicatrizadas, destacando o impacto significativo da remoção bacteriana completa no sucesso do tratamento. (Fabricius et al., 2006)

Além disso, a utilização de instrumentação e técnicas de irrigação adequadas, como a ativação do irrigante e o respeito pelo comprimento de trabalho, pode ajudar a reduzir a carga bacteriana nos canais radiculares. (Sandini et al., 2021)

Estudos demonstraram que a utilização de selantes bioativos do canal radicular e de materiais de obturação modernos pode melhorar a remoção bacteriana e reforçar a vedação das obturações, reduzindo o risco de infiltração bacteriana e infecções periapicais. (Guillén et al., 2018)

1.4.1 Noção de espaço entre a obturação e a parede dentinária

A infiltração bacteriana ou de líquidos na interface entre as paredes dentinárias e o material de obturação é um processo complexo influenciado por vários fatores físico-químicos. Os defeitos de obturação, tais como espaços vazios e interstícios, dependem da qualidade das paredes dentinárias, da forma do canal e da própria obturação (Kermanshahi et al., 2010). O tamanho desses vazios é crítico porque influencia a infiltração, com os interstícios e os elementos que podem penetrar neles desempenhando um papel fundamental. (Kermanshahi et al., 2010)

Adaptações inadequadas da obturação podem aumentar o risco de invasão bacteriana e reinfeção, destacando a importância de selar eficazmente esses espaços (Amoroso-Silva et al., 2014). Os selantes bioativos dos canais radiculares podem desempenhar um papel positivo, eliminando as bactérias e reforçando a estrutura radicular (Baras et al., 2020). No entanto, os biofilmes bacterianos na interface entre a dentina e a resina podem levar à reinfeção do tecido dentinário. A manutenção de uma adesão estreita dos materiais de obturação às paredes dentinárias é crucial para evitar a colonização bacteriana e a reinfeção dos canais radiculares. (Moussa et al., 2019)

Além disso, estudos demonstraram que bactérias cariogênicas como *Streptococcus mutans* e *Enterococcus faecalis* podem degradar compósitos e adesivos dentários, comprometendo as restaurações e favorecendo a proliferação dos biofilmes bacterianos. A capacidade dos patógenos endodônticos para degradar o colágeno da dentina humana destaca outro mecanismo pelo qual essas bactérias podem comprometer a integridade do tecido dentário. (Bourbia et al., 2013; Marashdeh et al., 2019)

1.4.2 Metodologias de avaliação do selamento apical

A técnica de avaliação mais utilizada devido a sua facilidade consiste na medição linear da penetração de um corante, utilizada pela primeira vez por Grossman (1939), entre as paredes do canal e o material, utilizando os fenômenos de capilaridade ou de difusão (Veríssimo & do Vale, 2006). As medições são obtidas após a preparação da amostra por secções longitudinais, por secções transversais ou por diafanização.

Em relação às tintas, o tamanho das partículas das suas moléculas, o pH e a reatividade química podem influenciar o nível de penetração (Ahlberg et al., 1995) . A solução utilizada deve conter moléculas suficientemente pequenas para penetrar em selamentos inadequados. Assim, muitos estudos utilizam o azul de metileno porque é económico, fácil de manusear, possui um alto nível de pigmentação e tem um peso molecular inferior ao das toxinas bacterianas. (Brandão et al., 2001)

No entanto, a solução ácida de azul de metileno é responsável pela desmineralização da dentina, pelo que a percolação pode ser sobrestimada. (Tamse et al., 1998)

Existe também testes de penetração de radioisótopos, testes de infiltração de glucose, testes de penetração bacteriana e testes de medidas de fluidos sob pressão, mas estes não serão utilizados no presente estudo.

No entanto, o modelo de infiltração de glucose poderia ter sido uma opção interessante para avaliar a eficácia dos materiais de obturação de canais radiculares. A sua sensibilidade permite medir a quantidade cumulativa de infiltração de glucose, que, devido ao seu pequeno tamanho molecular e valor nutritivo para bactérias, pode simular a infiltração microbiana. A análise da infiltração total, mais do que da taxa de infiltração, poderia fornecer dados valiosos sobre o risco de inflamação periapical. No entanto, a sua utilização é mais complexo em comparação à coloração com azul de metileno, que é mais simples e direta. (Shemesh et al., 2006; Xu et al., 2005)

1.5 Justificação do estudo

A utilização de MI em endodontia, como o HC e a pasta Ledermix®, é complementar para a eficácia do tratamento endodôntico. O HC destaca-se pelas suas propriedades antimicrobianas, neutralização de toxinas e estimulação da formação de tecido mineralizado, contribuindo significativamente para a desinfeção e cicatrização dos tecidos periapicais. A pasta Ledermix®, que combina triamcinolona e demeclociclina, oferece efeitos anti-inflamatórios e antimicrobianos prolongados, prevenindo a reabsorção radicular inflamatória e aliviando a dor. Ambas as substâncias complementam

a limpeza mecânica dos canais radiculares, proporcionando um tratamento mais completo e eficaz.

Apesar dos benefícios, a literatura aponta desafios na remoção dos medicamentos intracanaís dos canais radiculares, principalmente no terço apical. Isso pode criar uma barreira, dificultando o contato direto da dentina com o cimento endodôntico, o que é crucial para garantir uma adaptação adequada do material obturador e um selamento tridimensional eficaz do sistema radicular.

A eficácia do tratamento endodôntico depende de vários fatores, sendo a capacidade de selamento apical um dos mais críticos. A percolação, definida pela AAE (1994) como o movimento de fluidos teciduais periradiculares, microrganismos e suas toxinas ao longo da interface entre as paredes dentinárias e os materiais de obturação do canal radicular, pode comprometer significativamente o sucesso do tratamento.

O uso de MI é uma prática comum para melhorar a desinfecção e facilitar a reparação dos tecidos, mas o seu impacto na capacidade de selamento apical ainda não está completamente elucidado.

Segundo o nosso conhecimento, não tinha sido realizado nenhum estudo que avaliasse a capacidade de selamento apical do cimento AH Plus após medicação com a pasta Ledermix® e a sua remoção através da técnica de irrigação ultrassônica passiva. Assim, chegamos aos objetivos e hipóteses do presente estudo.

2 Objetivos e hipóteses

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo geral

Este estudo tem com objetivo geral analisar e comparar o efeito do HC e da pasta Ledermix® como MI, na capacidade de selamento apical do cimento de resina AH Plus.

2.1.2 Objetivos específicos

- Medir e comparar a infiltração apical em milímetros mediante o teste de filtração apical passiva de corante em dentes humanos obturados com guta-percha e cimento AH Plus prévia medicação com HC.
- Medir e comparar a infiltração apical em milímetros mediante o teste de filtração apical passiva de corante em dentes humanos obturados com guta-percha e cimento AH Plus prévia medicação com Ledermix®.
- Medir e comparar a infiltração apical em milímetros mediante o teste de filtração apical passiva de corante em dentes humanos obturados com guta-percha e cimento AH Plus sem MI prévia.

2.2 Hipótese

2.2.1 Hipótese nula

Não existem diferenças na capacidade de selamento apical nos materiais testados.

2.2.2 Hipótese alternativa

Existem diferenças na capacidade de selamento apical nos materiais testados.

3 Materiais e métodos

3.1 Materiais

AH Plus® (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany)

Algodão (Continente Hipermercados, Senhora da Hora, Portugal)

Azul de metileno (Preparado pelo departamento de microbiologia do IUEM)

Cavit™ (3M, St. Paul, MN, USA)

Cera cola (Kerr Corporation, Via Passanti, Italy)

Condensador endodôntico (UDG Dental, Changzhou, China)

Cones de guta-percha Dia-ProT F3 (Diadent, Tianjin, China)

Cones de papel Dia-ProT Paper Point (Diadent, Osongsaengmyeong, Korea)

Copo plástico descartável (Continente Hipermercados, Senhora da Hora, Portugal)

Curetas periodontais Gracey 1-2 (Hu-Friedy Mfg. Co. LLC, Frankfurt, Germany)

Disco diamantado a dupla face (Microdont, São Paulo, Brazil)

DPX Mounting Medium (Fisher Chemical, Loughborough, UK)

EDTA 17% (Produzido pelo departamento de microbiologia do IUEM)

Estufa incubadora Memmert INE400 (Mettler Gmbh, Schwabach, Germany)

Fósforos (Continente Hipermercados, Senhora da Hora, Portugal)

Fotopolimerizador DB 686 (Coxo, DFC Instruments, Montpellier, France)

Hidróxido de Cálcio em pó (Dentaflux, J. Ripoll S.L., Madrid, Spain)

Iphone® (12ª geração, Apple Distribution International, Cork, Ireland)

Lâminas microscópicas (Sliu-005-050, Lab box, Barcelona, Spain)

Lamparina (Bader, Nigrán, Spain)

Ledermix® (Esteve Pharmaceuticals, Berlin, Germany)

Lima 10K (Dentsply Maillefer, Baillagues, Switzerland)

Limas mecânicas do sistema ProTaper Gold™ (Dentsply Maillefer, Baillagues, Switzerland)

Marcador permanente preto BIC Intensity (BIC, Clichy, France)

Microscópio Leica EZ4 (Leica Microsystems, Danaher, Wetzlar, Germany)

Micrótomo (Accutom-50, Struers, Cleveland, USA)

Motor de endodontia Endo Radar Plus (Woodpecker, Guangxi, China)

NaOCl 5,25% (Produzido pelo departamento de microbiologia do IUEM)

Peça de mão (LN-Gold-SH, AppleDental, Guangdong, China)

Peça de mão a ultrassom HW-3H (Woodpecker, Guangxi, China)

Ponta ultrassónica E4 (Torino, Turim, Italy)
random.org (random.org, Dublin, Ireland)
Régua calibradora (Dentsply Maillefer, Baillagues, Switzerland)
Resina fluida Tetric Evoflow A2 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)
Romexis (Planmeca, Helsinki, Finland)
Scotchbond Universal Plus (3M, Neuss, Germany)
Seringa Navitip™ 27G (Ultradent Products, South Jordan, USA)
Soro fisiológico (Produzido pelo departamento de microbiologia do IUEM)
SPSS 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)
Suporte de corte para micrótomo (Produzido pelo IUEM)
Teflon (Miarco, Paterna, Spain)
Tubos cónicos estéreis (ABDOS, Bhagwanpur, India)
Vernizes (Referências: 201, 304, 404, 501) (Sephora, Paris, France)

3.2 Metodologia

3.2.1 Considerações éticas

O presente estudo realizado foi submetido à Comissão de Ética da Cooperativa de Ensino Superior Egas Moniz. O processo nº1391 referente à sua aprovação encontra-se nos anexos.

Todos os procedimentos foram realizados por um único operador, na Clínica Dentária Egas Moniz com a colaboração do Laboratório de Biomateriais do Instituto Universitário Egas Moniz.

3.2.2 Critérios de inclusão, exclusão e seleção das amostras

Foram utilizados 40 dentes humanos monoradiculares para a realização deste presente estudo.

A maioria dos dentes foi extraída por razões periodontais ou por outros fatores antes do início deste estudo e coletados no Banco de Dentes da Clínica Dentária Egas Moniz e em clínicas dentárias francesas de Nimes. Após a extração, os dentes foram conservados em água destilada a 4°C até o início do estudo. Nestes incluem incisivos centrais, incisivos laterais, caninos e pré-molares de ambas arcadas.

Os critérios de inclusão foram:

- Dentes humanos monoradiculares
- Dentes com curvatura radicular inferior a 5°
- Raiz totalmente formada
- Morfologia canalar de tipo I de acordo com a classificação de Vertucci

Os critérios de exclusão foram:

- Dentes com calcificações do canal radicular
- Dentes com reabsorções radiculares
- Dentes com lesão de cárie
- Dentes com tratamento endodôntico prévio
- Dentes com cracks ou fraturas
- Dentes com ápices abertos

Para garantir o respeito dos critérios de inclusão e de exclusão durante a seleção dos dentes, foi efectuada uma observação clínica cuidadosa em conjunto com o apoio radiográfico com radiografias RVG por vista vestibular e proximal utilizando o software Romexis (Planmeca, Helsinki, Finland) (Figura 1).

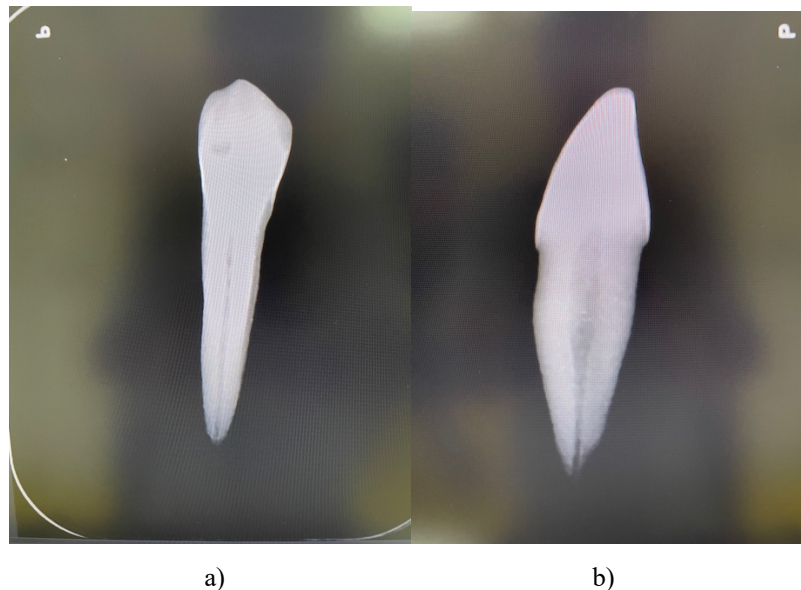


Figura 1 – Radiografias iniciais do espécime n°40: a) Vista vestibular; b) Vista proximal.

Após confirmação dos critérios de inclusão e exclusão, os dentes foram depois higienizados com curetas de Gracey 1-2 (Hu-Friedy Mfg. Co. LLC; Frankfurt, Germany) e com o aparelho a ultrassom HW-3H (Woodpecker, Guangxi, China) ao fim de remover tecidos moles, tártaro residual e restos ósseos nas superfícies radiculares dos dentes.

Foram depois identificados com algarismos arábicos de 1 a 40 com um marcador permanente preto BIC Intensity (BIC, Clichy, France) (Figura 2).



Figura 2 - Identificação dos espécimes com algarismos arábicos.

3.2.3 Instrumentação

Em primeiro lugar, os 40 dentes foram estandardizados a um comprimento de 14 mm desde o ápex radicular. Foram medidos com uma régua endodôntica (Densply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) e uma linha perpendicular ao longo eixo do dente foi traçada com o marcador permanente (Figura 3).



Figura 3 - Amostra marcada para remoção da coroa.

Os dentes foram depois seccionados ao nível desta linha com um disco diamantado a dupla face (Microdont, São Paulo, Brazil) montado numa peça de mão (LN-Gold-SH, AppleDental, Guangdong, China) com irrigação constante (Figura 4).

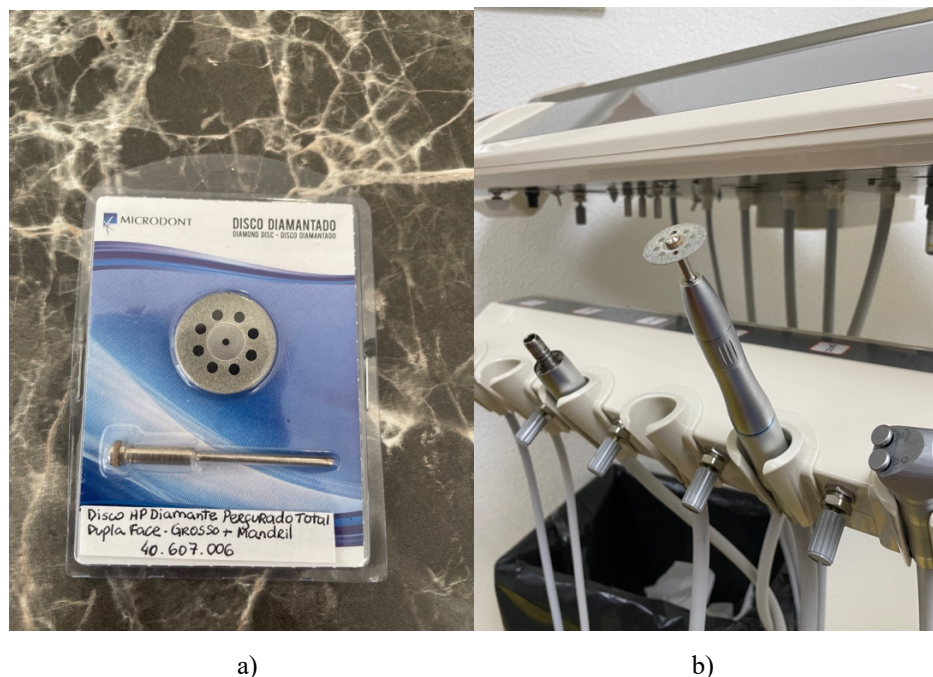


Figura 4 - Disco diamantado : a) na embalagem ; b) montado numa peça de mão.

A condutometria foi obtida inserindo uma lima 10K (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) até conseguir ver a ponta da lima no forame apical, e subtraímos 0,5 mm para obter o comprimento de trabalho.

Os dentes foram instrumentados seguido a técnica *crown-down* com o sistema *Protaper Gold™* (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) montada num motor de endodontia (Endo Radar Plus, Woodpecker, Guangxi, China) (Figura 5) até a lima F3 (.30/9%); 3 kits de limas foram utilizadas para instrumentar os 40 dentes devido a fratura das limas F1 e F3 respetivamente do 1º e 2º kit.



Figura 5 - Motor de endodontia Endo Radar Plus (Woodpecker, Guangxi, China) calibrado para as limas do sistema ProTaper Gold (Dentsply Maillefer, Baillagues, Switzerland).

Entre limas os canais foram irrigados com 2ml de NaOCl a 5,25% (fornecido pelo departamento de microbiologia de Egas Moniz). A ativação foi manual com uma ponta de agulha *Navitip™* 27G (Ultradent Products; South Jordan, USA) de saída lateral.

Após a instrumentação os canais foram irrigados com 2 ml de EDTA a 17% (fornecido pelo departamento de microbiologia de Egas Moniz) durante 1 minuto para remoção da *smear layer*. Fizemos depois a lavagem e secagem dos canais com soro fisiológico (fornecido pelo departamento de microbiologia de Egas Moniz) e cones de papel Dia-Pro T Paper Points (Diadent, Osongsaengmyeong, Korea).

3.2.4 Medicação intracanal

Após a instrumentação canal dos 40 espécimes, os dentes foram distribuídos aleatoriamente em 3 grupos de estudos e 2 grupos de controle utilizando o software random.org (random.org, Dublin, Ireland) (Tabela 1):

Tabela 1- Repartição dos espécimes nos grupos de estudos e de controle.

Grupo	Tipo de MI	n	Número dos dentes
G1	Ledermix®	10	12, 34, 7, 10, 20, 11, 27, 19, 18, 32
G2	Hidróxido de cálcio em pó	10	37, 2, 1, 38, 33, 8, 17, 26, 14, 39
G3	Sem MI	10	23, 29, 24, 31, 16, 5, 25, 13, 21, 35
GC+	Sem MI	5	28, 22, 15, 40, 9
GC-	Sem MI	5	4, 36, 6, 30, 3

Após esta distribuição dos espécimes, os dentes foram obturados provisoriamente conformemente a cada grupo de estudo.

No grupo a medicar provisoriamente com a pasta Ledermix® (Esteve Pharmaceuticals, Berlin, Germany) (Figura 6), G1, a pasta, que tinha uma consistência viscosa, foi inserida nos canais com um cone de gutta-percha (Dia-Pro Ttm F3 Gutta Percha Points, Diadent, Osongsaengmyeong, Korea) até o comprimento de trabalho; foi repetida a operação até que a retenção do cone de gutta fosse sentida aquando sua remoção.

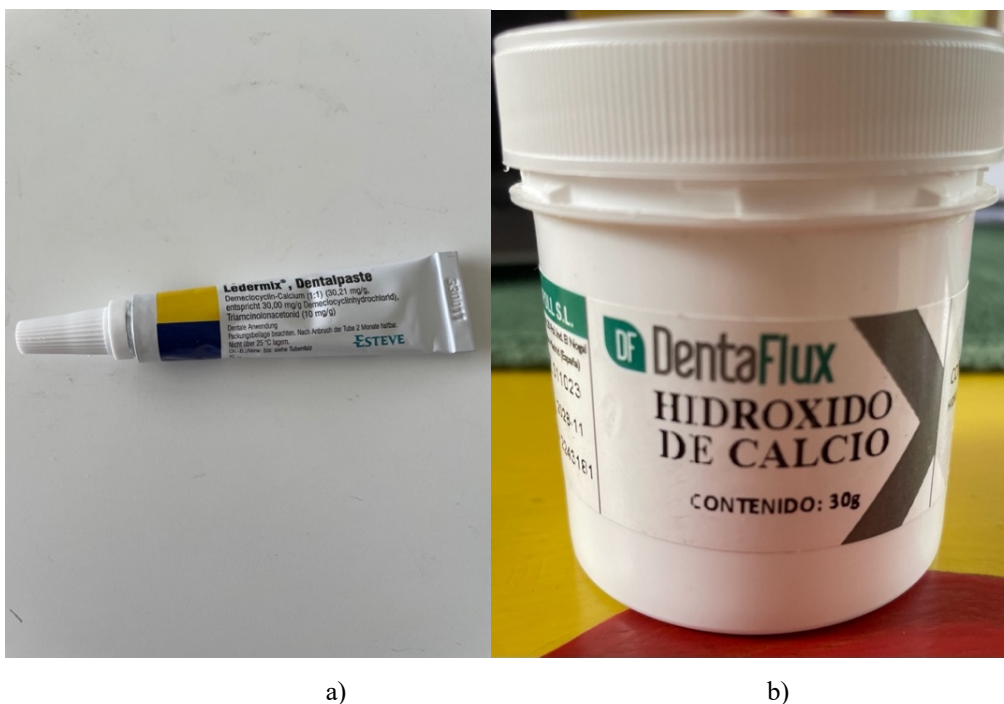


Figura 6 - MI utilizada durante o estudo : a) Pasta Ledermix® ; b) HC em pó.

No grupo a medicar provisoriamente com o hidróxido de cálcio em pó (Figura 6) G2, o HC foi misturado com soro fisiológico (Fornecido pelo departamento de microbiologia de Egas Moniz) até obter a consistência de pasta antes da inserção nos canais usando a mesma técnica que o grupo G1.

A porção cervical dos canais destes grupos (G1 e G2) foram seladas com uma bola de Teflon (Miarco, Paterna, Spain) e material restaurador provisória Cavit™ (3M, St. Paul, MN, USA) para garantir o bom selamento dos canais.

Após a obturação provisória dos dentes do grupo G1 e G2, foram realizadas radiografias de controlo de cada espécime para confirmar o preenchimento correto dos canais. Em casos onde a obturação provisória contém bolha de ar ou não atingido o comprimento de trabalho, esta obturação foi repetida com a mesma técnica até obter o correto selamento dos canais.

Os restantes grupos (G3, GC+ e GC-) foram igualmente selados provisoriamente na porção cervical com uma bola de Teflon e Cavit™ antes de serem armazenados.

Os dentes de cada grupo foram colocados unitariamente em tubos cónicos estéreis (ABDOS, Bhagwanpur, India) numerados para identificação dos espécimes e dos grupos que pertencem. (Figura 8)

Estes tubos foram armazenados numa estufa incubadora (Memmert GmbH; Shwabach, Germany) (Figura 7) a 37°C e 100% de humidade durante 28 dias para o G1 e 14 dias para o G2.

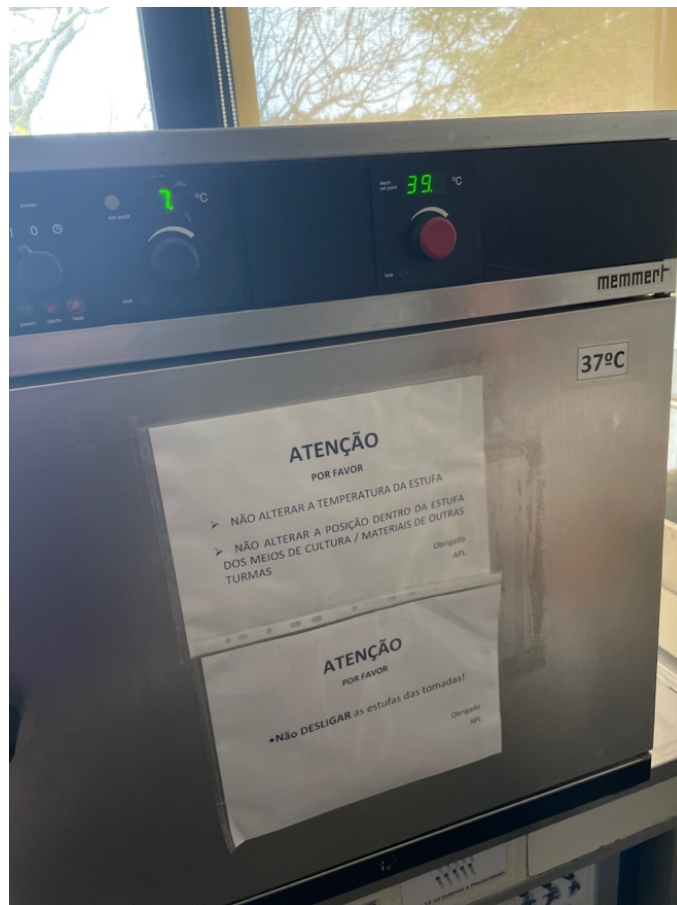


Figura 7 - Estufa incubadora Memmert INE 400 (Memmert GmbH, Shwabach, Germany).

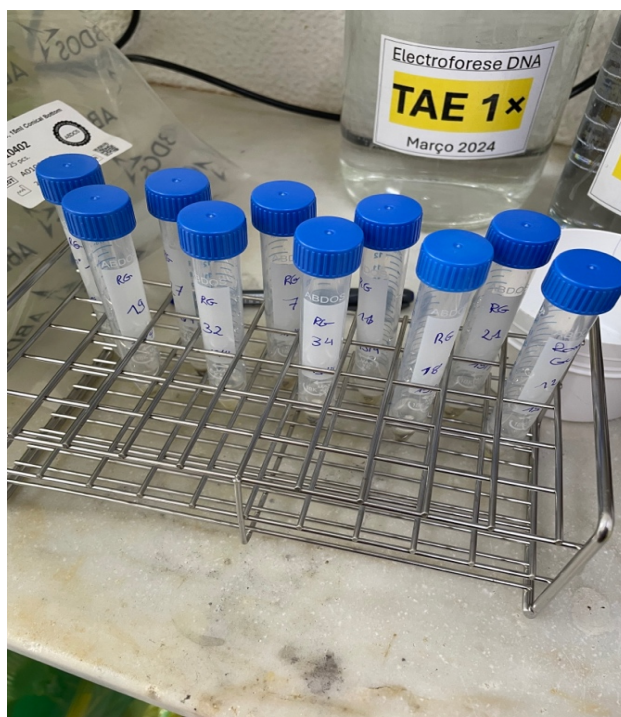


Figura 8 - Espécimes do grupo 1 medicado com a pasta Ledermix® colocados unitariamente em tubos cónicos estéreis.

Tabela 2 - Identificação das marcas, lotes e validades dos MI e do cimento endodôntico usado neste estudo.

Nome	Tipo	Fabricante	Lote	Validade
Ledermix®	Pasta de demociclina e triamcinolona	Esteve Pharmaceuticals, Berlin, Germany	104216214	2026-05
HC em pó	Pó de HC	Dentaflux, J. Ripoll S.L., Madrid, Spain	011023	2028-11
AH Plus®	Cimento a base resinosa	Dentsply Detrey GmbH, Konstanz, Germany	2402000679	2026-01-31

3.2.5 Remoção da medicação intracanal

Após o período de tratamento com a MI (G1- 28 dias; G2- 14 dias), foi removida esta medicação antes da obturação final.

A remoção da MI nos grupos G1 e G2 foi realizada com a mesma técnica de irrigação ativada por ultrassons.

Primeiro, a restauração provisória em Cavit™ e o teflon foram removidos com uma cureta de Gracey 1/2.

Os irrigantes foram usados sucessivamente, primeiro 5 ml de NaOCl a 5,25%, seguidos de 5 ml de EDTA a 17%.

Os canais foram irrigados, alternando com uma ativação de 30 segundos com a ponta ultrassónica E4 (Torino, Turin, Italy) (Figura 9) montada num aparelho de ultrassons HW-3H (Woodpecker, Guangxi, China), repetimos a operação 3 vezes até que todo o material obturador evacua o canal por coronal.

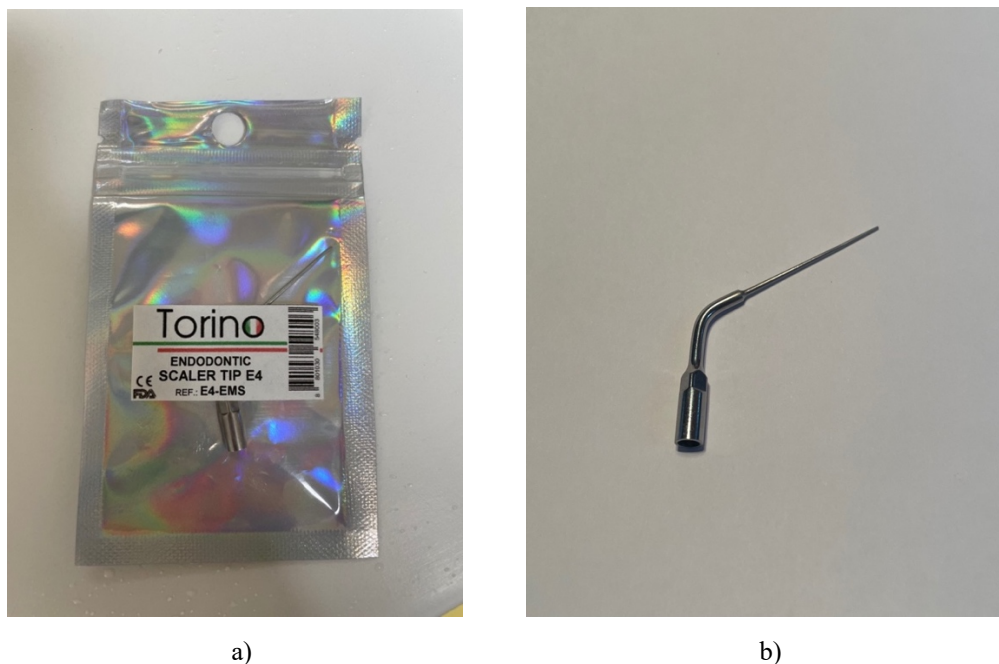


Figura 9 - Ponta ultrassónica E4 (Torino, Turin, Italy) usada na remoção da MI : a) na embalagem ; b) fora da embalagem.

Os canais foram finalmente lavados com soro fisiológico antes de ser secados com cones de papel (Dia-Pro T Paper Points, Diadent, Osongsaengmyeong, Korea).

3.2.6 Obturação

Todos os espécimes de cada grupos foram obturados seguido a técnica de cone único, com o cimento endodôntico de resina AH Plus (Figura 10), a exceção do grupo de controlo positivo GC+, que foi obturado sem cimento.

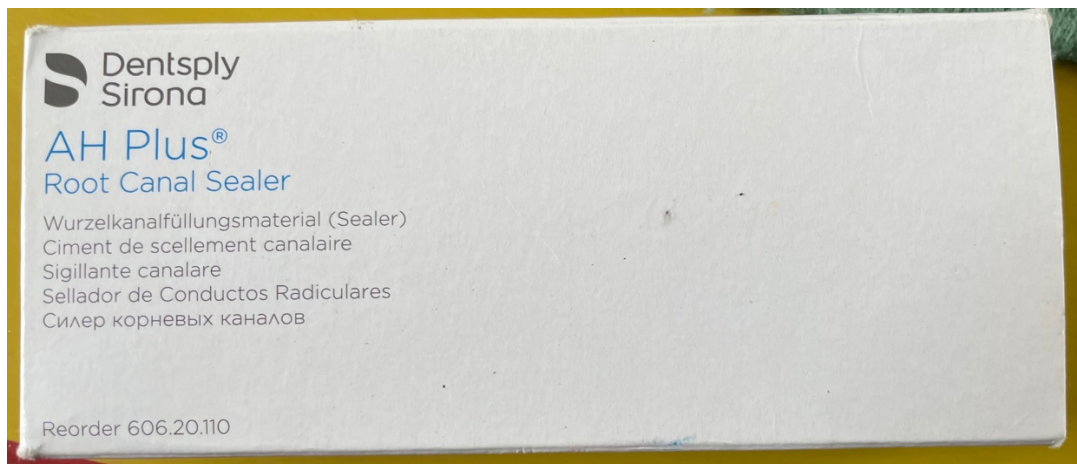


Figura 10 - Cimento endodôntico de resina AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany).

A guta-percha usada foi a mesma para cada canal, uma guta-percha Dia-ProT F3 (Diadent, Tianjin, China) de calibre e de conicidade idêntica a lima apical principal F3 do sistema de instrumentação ProTaper Gold™ (30/9%).

Os cones foram introduzidos no canal com cimento em toda sua extensão, depois removidos e reintroduzidos até o comprimento de trabalho. Foram finalmente seccionados a 1 mm da entrada do canal com um condensador aquecido e compactado verticalmente.

A porção coronária do canal foi selada com a resina fluida Tetric Evoflow® (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (Figura 11) na cor A2 para prevenir uma infiltração coronária. A adesão da resina foi obtida através da técnica *self-etching* com o Scotchbond Universal Plus (3M, Neuss, Germany) aplicado durante 20 segundos e evaporado com um jato de ar durante 5 segundos. A polimerização do adesivo e da resina

foi realizada com o fotopolimerizador DB 686 (Coxo, DFC Instruments, Montpellier, France) durante respetivamente 10 segundas para o adesivo e 20 segundas para a resina.



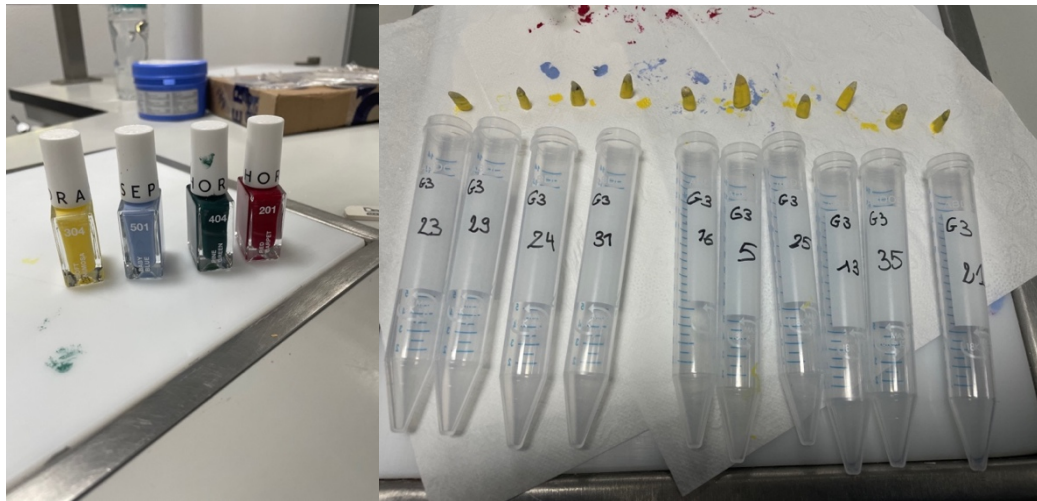
Figura 11 - Resina fluida Tetric EvoFlow® (Ivoclar Vivadent, Shaan, Liechtenstein) usada para selar a parte coronal dos canais após obturação.

Para confirmar a obturação adequada dos espécimenes, foram realizadas de seguida radiografias de controlo por vista vestibular e proximal para cada espécime de cada grupo.

Os espécimenes foram armazenados novamente na estufa incubadora a 37°C durante 7 dias para dar o tempo ao cimento AH Plus de ter uma presa adequada.

3.2.7 Infiltração apical de corante.

Após o período de incubação, os dentes foram envernizados com três camadas de verniz (Sephora, Paris, France) de diferentes cores nas paredes externas em toda a extensão das raízes exceto os 3 mm apicais exceto para o grupo GC- que foi envernizado até o ápex radicular (Figura 12).



a)

b)

Figura 12 - Vernização dos espécimes do : a) Vernizes usados (Referências : 201, 304, 404, 501) (Sephora, Paris, France) ; b) Vernização do grupo G3.

Após secagem do verniz, cada espécime foi colocado, ápice para cima para maximizar as forças gravitacionais exercida pelo corante, nos tubos cónicos estéreis (ABDOS, Bhagwanpur, India) numerado e identificado pelo grupo que pertencem; posteriormente preenchidos com azul de metileno 1% (fornecido pelo departamento de microbiologia de Egas Moniz) até que as raízes foram totalmente submersas (Figura 13 e 14).

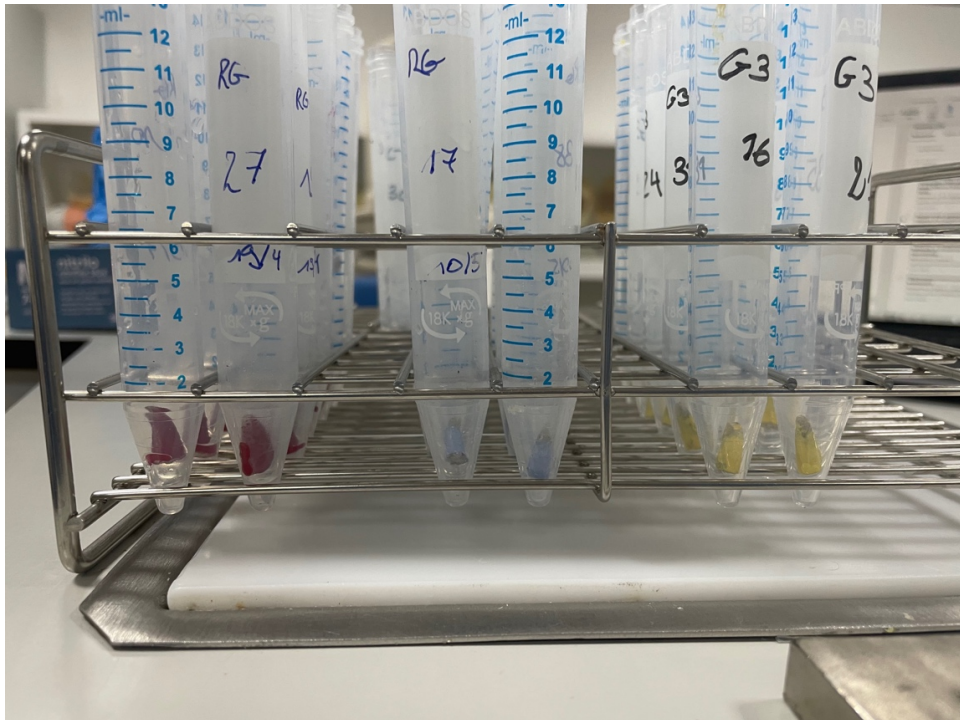


Figura 13 - Espécimes de cada grupo colocados individualmente ápice para cima antes da colocação do corante.

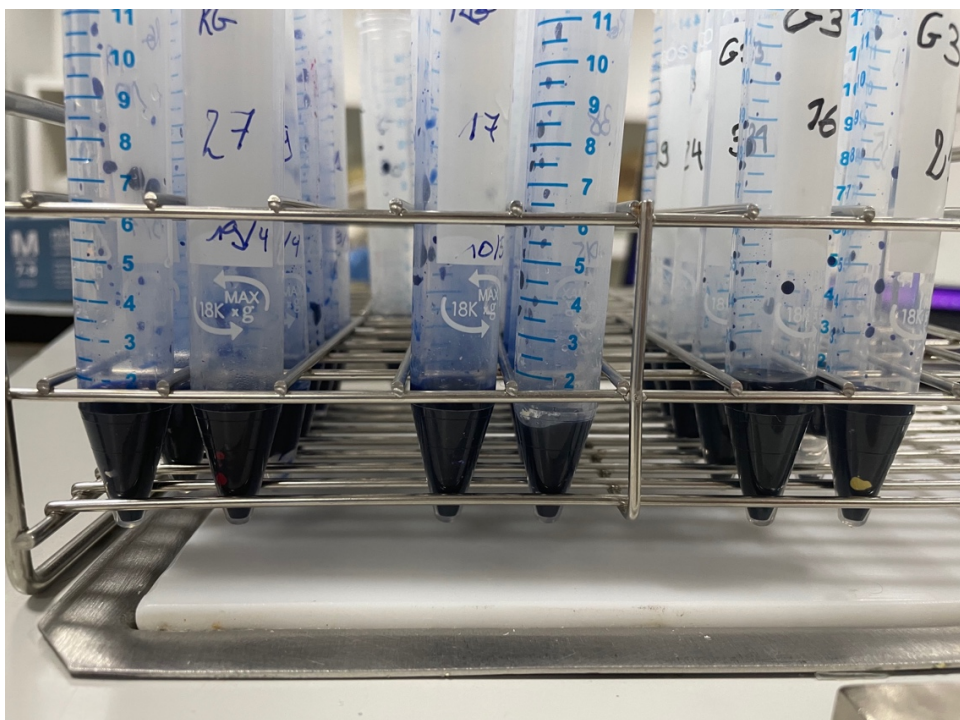


Figura 14 - Espécimes de cada grupo colocados individualmente ápice para cima após a colocação do corante.

Após confirmação visual que todas as raízes foram submersas, os tubos foram armazenados na estufa incubadora a 37°C durante três dias.

3.2.8 Secção das amostras.

Após os 3 dias de infiltração do corante azul de metileno 1%, os espécimes foram lavados em água corrente abundantemente para tirar o excesso de corante, e as camadas de verniz previamente colocadas foram removidos com um aparelho de ultrasons HW-3H (Woodpecker, Guangxi, China).

Os dentes foram a seguir colocados em suportes de corte para micrótomo com cera cola para garantir a fixação dos espécimes (Figura 15). A fixação foi realizada de maneira a manter o longo eixo dos dentes perpendicular ao disco de corte do micrótomo e garantir o paralelismo das secções.



Figura 15 - Espécime fixado ao suporte de corte para micrótomo com cera cola.

A corte das raízes foi realizada no laboratório de Materiais Dentária da Clínica Universitária Egas Moniz, em micrótomoto (Accutom-50; Struers, Cleveland, USA) com uma velocidade de 0.350 mm/s, 2200 rpm, com irrigação contínua para obter cortes de 1 mm de espessura (Figura 16).

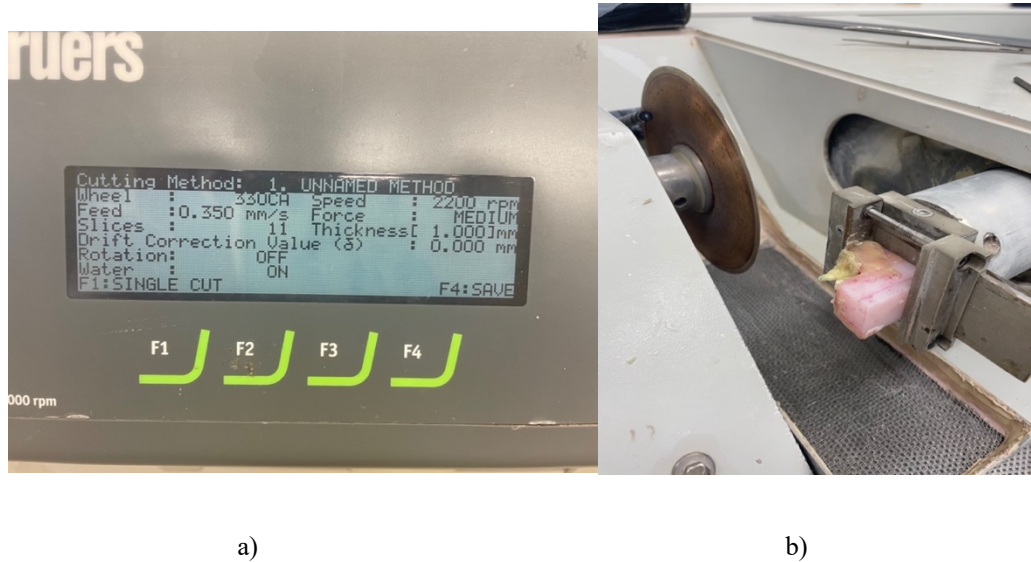


Figura 16 - Corte no micrótomoto : a) Definições usadas ; b) Vista de um espécime no suporte de corte no micrótomoto pronto para os cortes.

3.2.9 Observação e medida da infiltração apical

As secções realizadas, foram depois organizadas por ordem de corte em lâminas de microscópio (Sliu-005-050; Lab box, Barcelona, Spain) aderidas com DPX Mounting Medium (Fisher Chemical, Loughborough, UK) (Figura 17). As lâminas foram identificadas com o número dos espécimes e o grupo o que pertencem (Figura 18).

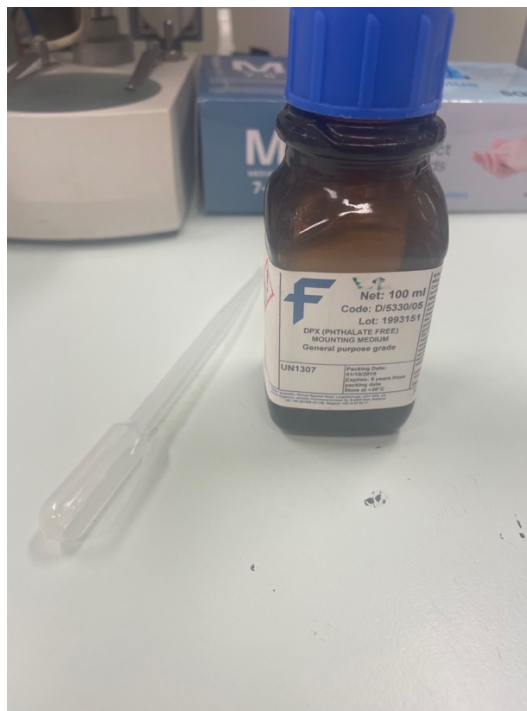
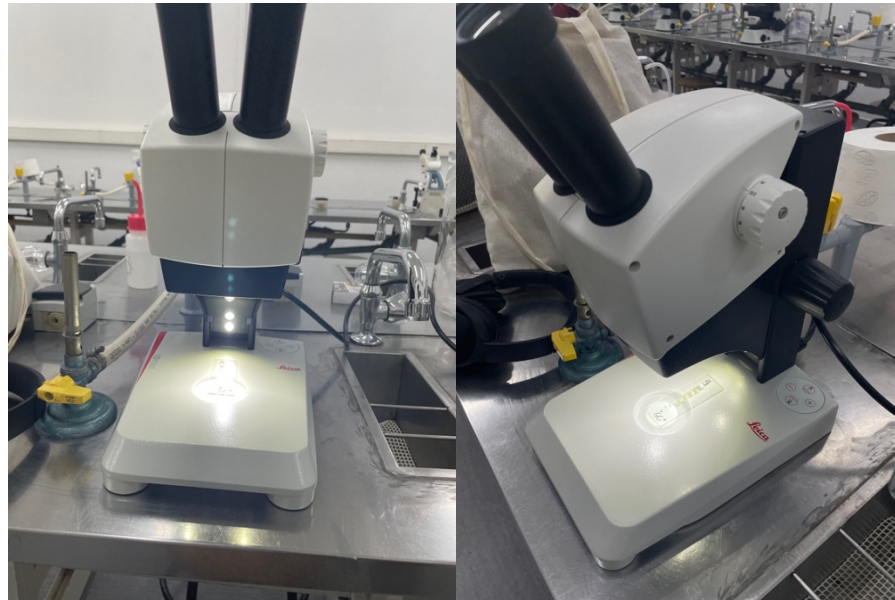


Figura 17 - Cola para as laminas microscopias DPX Mounting Medium (Fisher Chemical, Loughborough, UK) e pipeta plástica usada para espelhar a cola nas laminas.



Figura 18 - Resultados das secções transversais das raízes.

As lamínas foram depois observadas com o microscópio Leica EZ4 (Leica Microsystems, Danaher, Wetzlar, Germany) (Figura 19) e os cortes foram fotografados individualmente com um Iphone® (12^a geração, Apple Distribution International, Cork, Ireland).



a)

b)

Figura 19 - Microscópio Leica EZ4 (Leica Microsystems, Danaher, Wetzlar, Germany): a) Vista frontal; b) Vista lateral.

Em cada fotografia das secções, identificamos a presença ou a não presença de corante nas interfaces guta/cimento e cimento/dentina ao longo dos canais radicular de apical para coronal, resultante de infiltração da obturação designando como “positivo” quando se verifica a presença de corante, ou “negativo” na sua ausência (Figura 20 e 21).

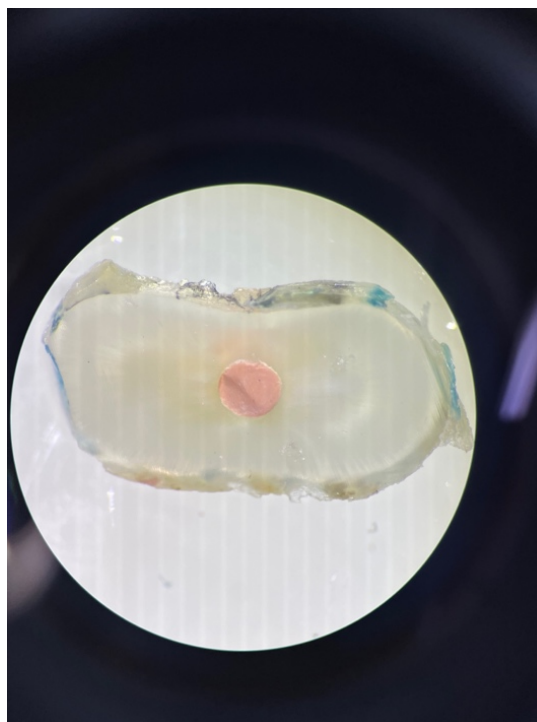


Figura 20 - Secção com infiltração negativa.

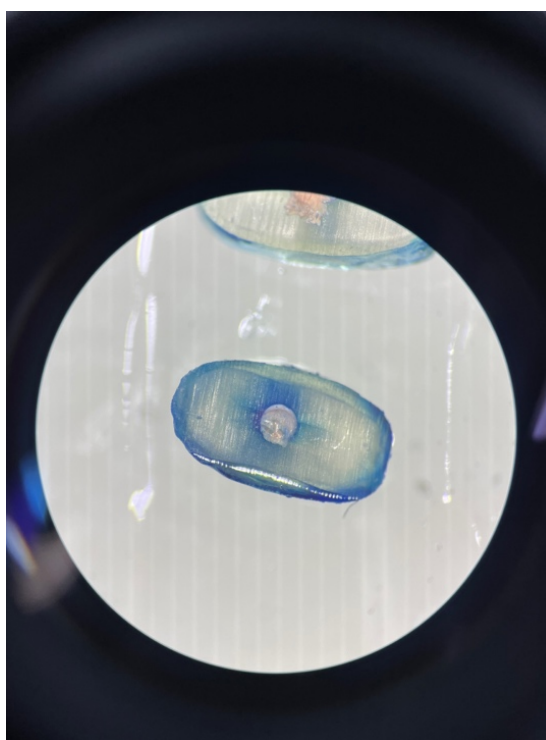


Figura 21 - Secção com infiltração positiva.

Posteriormente, medimos o comprimento de infiltração de cada canal, as secções de 1mm cada, adicionamos as secções qualificada de “positiva” de apical para coronal até a primeira secção “negativa”.

Os resultados obtidos foram colocados em uma tabela Excel para organizar os dados, o comprimento de infiltração de cada canal foi registado em relação ao número do dente e separados entre grupos para obter uma média de cada grupo de estudo.

O tratamento estatístico foi realizado através do programa SPSS, e analisado com o teste ANOVA fatorial.

4 Resultados

Este estudo tinha com objetivo testar e comparar a resistência a infiltração apical do corante azul de metileno dum cimento endodôntico com base resinosa (AH Plus®), após a utilização ou não de MI (Ledermix® e HC).

Os dados de infiltração do corante em cada grupo experimental foram analisados por meio da média ponderada das medições. Posteriormente, as diferenças entre os grupos foram avaliadas utilizando o teste ANOVA fatorial, adotando-se um nível de significância estatística de $p < 0.05$.

Ao comparar os grupos em termos da profundidade média de infiltração, observou-se que o grupo G1 (Ledermix®) apresentou uma média de 3.56mm, enquanto os grupos G2 (HC em pó) e G3 (sem MI) tiveram médias de 2.75mm e 2.17mm (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparação das médias de infiltração apical entre os grupos de estudo (HC = hidróxido de cálcio; MI = medicação intracanal; mm = milímetros).

Grupo	MI	N	Média (em mm)
G1	Ledermix®	9	3.56
G2	HC em pó	8	2.75
G3	Sem MI	6	2.17

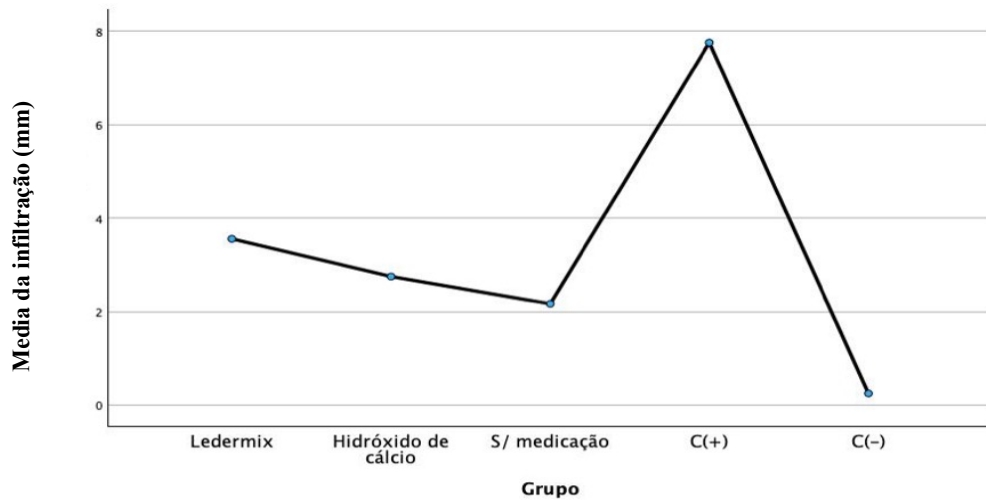


Figura 22 – Média de cada grupo.

Para além dos grupos de controlo, a valor da média de infiltração apical é maior no grupo G1 em comparação com os grupos G2 e G3 (Figura 22).

É de notar que o resultado observado nos grupos de controlo é chamativo. O grupo de controlo negativo, que deveria apresentar infiltração zero, apresentou valores positivos (Figura 22), o que indica uma falha na metodologia de infiltração apical. Isso provavelmente ocorreu devido a erros no momento de selar com o verniz, ou pela ineficácia do verniz em cumprir sua função esperada.

Além disso, o controlo positivo, apesar de ser o mais infiltrado, apresentou intervalos de infiltração inesperadamente baixos, o que também sugere inconsistências na técnica utilizada (Figura 23).

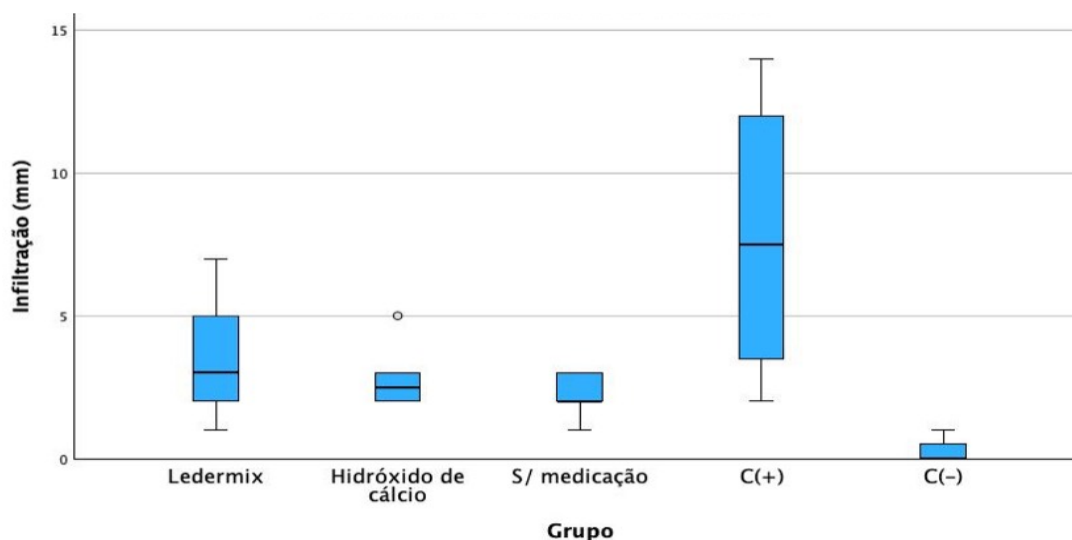


Figura 23 - *Boxplot* descritivo da mediana e da distribuição da amostra de cada grupo.

Tabela 4 - Valores da significância (sig.) dos valores médios da infiltração apical entre grupos.

Grupo	Grupo em comparação	Sig.
G1- Ledermix®	HC em pó	1.000
	Sem MI	1.000
	GC+	1.000
	GC-	0.026
G2- HC em pó	Ledermix®	1.000
	Sem MI	1.000
	GC+	1.000
	GC-	0.087
G3- Sem MI	Ledermix®	1.000
	HC em pó	1.000
	GC+	0.518
	GC-	0.554
GC+	Ledermix®	1.000
	HC em pó	1.000
	Sem MI	0.518
	GC-	0.004
GC-	Ledermix®	0.026
	HC em pó	0.087
	Sem MI	0.554
	GC+	0.004

A tabela 4 apresenta os valores de significância entre os diferentes grupos do estudo. A análise estatística indicou que não houve diferenças significativas nos valores de infiltração apical após o uso dos diferentes tipos de medicação intracanal, ou na sua ausência, nem de diferenças significativas entre os grupos de estudos e os grupos controle ($p > 0.05$), exceto entre o grupo G1 e GC- onde se observa uma diferença significativa ($p = 0.026$).

A análise estatística demonstra uma diferença entre os grupos de controle positivo e negativo ($p = 0.004$), o que era esperado (Tabela 4).

5 Discussão

5.1 Discussão de materiais e métodos

A infiltração bacteriana no sistema de canais radiculares é uma das causas principais do insucesso da terapia endodôntica. O selamento hermético do sistema de canais radiculares evita a reinfecção e proporciona condições biológicas favoráveis à cicatrização. Por conseguinte, um selamento apical impermeável é importante para o sucesso de qualquer dente tratado endodonticamente. Os estudos de infiltração de corante são maioritariamente utilizados para avaliar a capacidade de selamento dos cimentos dos canais radiculares porque são simples e não requerem condições e materiais complicados. (Vula et al., 2020)

Este estudo tem com objetivo testar e comparar a resistência a infiltração apical do corante azul de metileno do cimento de resina AH Plus®, após a utilização ou não de HC ou da pasta Ledermix® como MI.

O protocolo foi definido para eliminar, tanto quanto possível, outros parâmetros que não o fator MI. A infiltração apical é um fenómeno físico-químico e dinâmico complexo. O nosso conhecimento é apenas parcial, e a normalização e a reprodutibilidade das experiências permitem minimizar os fatores não controlados.

É por isso que a escolha dos diferentes tipos dentários e dos critérios de inclusão deste estudo foram feitas com base de vários estudos anteriores com objetivo semelhante. (Mathur, 2015; Rödiger et al., 2011; Vo et al., 2022; Vula et al., 2020)

Neste estudo, foram utilizados dentes humanos extraídos por razões periodontais para melhorar a fiabilidade, simulando a situação clínica. Foram selecionados dentes monoradiculares com raízes direitas com curvatura inferior a 5° de acordo com Schneider, ápices maduros e canais radiculares únicos para minimizar a variação anatômica e permitir a padronização da amostra, o que foi confirmado através de radiografias. (Johns et al., 2015; Wu et al., 2001)

A medição do grau de curvatura foi realizada no software Romexis com as radiografias iniciais.

Com base do estudo de Tandan e colaboradores, uma estandardização da amostra foi realizada a 14 mm para facilitar a instrumentação e minimizar as diferenças entre os diferentes tipos de dentes. (Tandan et al., 2014)

A condutometria foi confirmada posteriormente como descrito na metodologia para garantir o comprimento de trabalho coreto e evitar diferenças com o ápex radiográfico que pode ocorrer. (Vieyra & Acosta, 2011)

A instrumentação foi feita usando a técnica *crown-down*, com o sistema ProTaper Gold™ até a lima F3 como descrito nos estudos de Alsubait e colaboradores (2020) e de Mathur (2015), de maneira a limpar e moldar os canais uniformemente para assegurar a circulação ótima das soluções irrigantes, remover uma maior quantidade de resíduos de dentina infetada e de bactérias remanescentes, em comparação com preparações mais pequenas. (Alsubait et al., 2020; Mathur, 2015).

A irrigação dos canais foi realizada seguido o protocolo descrito por Tandan e colaboradores, usando em primeiro lugar o NaOCl entre cada limas durante a instrumentação, posteriormente recorrendo ao EDTA para remover a *smear layer* e finalmente realizando a lavagem e a secagem dos canais com soro fisiológico e cones de papel. (Tandan et al., 2014)

Esta técnica garante um diâmetro de preparação padrão e uma conicidade uniforme entre os diferentes espécimes. A instrumentação mecanizada minimiza os riscos associados ao operador. A preparação da amostra foi efetuada numa única operação com um único operador para que ele possa adquirir uma certa regularidade. (Claudon, 2002)

Tanto para a introdução da pasta Ledermix® e do HC, a aplicação da MI dentro dos canais foi realizada com cones de guta-percha. Para a grande maioria dos espécimes a confirmação radiográfica resultou numa obturação satisfatória, mas há alguns espécimes em que foram observadas bolhas e vazios. Para estes espécimes foi repetida a aplicação até obter uma confirmação radiográfica adequada.

Outra opção poderia ter sido considerada, a utilização de lântulos para introduzir a MI de forma uniformizada dentro dos canais. A sua não utilização se deve principalmente a falta de material disponível e a fatores económicos. (Tandan et al., 2014)

A utilização do Cavit™ como material de obturação temporário teve como objetivo imitar uma situação clínica real, em que, entre as consultas, é essencial manter os dentes em tratamento devidamente protegidos. O Cavit™ garante que, durante esse período, a MI permaneça intacta, prevenindo a sua perda e a recontaminação bacteriana do canal radicular. (Djouiai & Wolf, 2021)

Após os períodos de ação farmacológicas estipulados para cada MI, a sua remoção foi realizada seguindo os protocolos usados por Akcay e Gokturk, através duma irrigação ativada por ultrassom com NaOCl e EDTA. (Akcay et al., 2014; Gokturk et al., 2017)

A literatura aponta que a utilização de EDTA aumentou os valores de resistência de união da guta-percha, do AH Plus® e da dentina. (Güzel et al., 2018)

O uso do EDTA potencializa também a penetração tubular do AH Plus®, pois ao remover a *smear layer*, expõe os túbulos dentinários, permitindo que o AH Plus®, com suas características físicas favoráveis, como fluidez, tensão superficial e viscosidade, penetre de maneira mais eficaz nos túbulos dentinários, nos canais laterais e nos canais acessórios do canal radicular. (Kamin et al., 2021; J. K. Lee et al., 2017)

Além disso, essas soluções, como EDTA e seus derivados, ácido fosfórico, ácido maleico e ácido cítrico, têm a capacidade de quelar resíduos de HC e facilitar sua eliminação por irrigação. (Van Der Sluis, Wu, et al., 2007)

Vários fatores podem influenciar a remoção de medicamentos do canal radicular, incluindo o tamanho da instrumentação apical final, o tamanho da agulha utilizada para a entrega do irrigante, o tempo dedicado à irrigação e o sistema utilizado para a irrigação do canal. (Maalouf et al., 2013; Nainan et al., 2013; Yücel et al., 2013)

O método mais frequentemente descrito para a remoção de HC é a instrumentação mecânica do canal radicular com a lima apical principal (LAP), em combinação com

irrigação abundante com NaOCl e EDTA. No entanto, foi constatado que a remoção completa de todo o HC é impossível usando apenas a LAP e a irrigação com agulha. (Gu et al., 2009; Kenee et al., 2006; Lambrianidis et al., 2006; S. J. Lee et al., 2004)

A irrigação ultrassônica se revela ser uma técnica eficaz para remover o HC dos canais radiculares devido à energia vibratória que ela gera. O ultrassom provoca oscilações rápidas da solução irrigante dentro do canal, criando microcavitações e correntes acústicas que aumentam a agitação e o movimento do fluido. Essa ação mecânica e dinâmica ajuda a desagregar e remover com mais eficiência os resíduos de HC das paredes do canal e dos túbulos dentinários. (Adl et al., 2022; Tavella e Silva et al., 2021)

Existe estudo comparando a eficácia da irrigação ultrassônica para a remoção do HC e da pasta Ledermix® onde se conclui que após a irrigação ativada por ultrassom, menos Ledermix® foi detetada comparado ao HC. (Chou et al., 2014; Rödíg et al., 2011; Rödíg, Vogel, et al., 2010)

Mas existe controvérsia sob a eficácia desta técnica sob a remoção da MI no terço apical, de facto alguns estudos mostram que esta técnica não consegue remover tudo a MI ao nível do terço apical, que pode afetar a resistência da união do AH Plus®. (Rödíg et al., 2011; Tavella e Silva et al., 2021)

Para a obturação, a utilização da técnica de cone único foi escolhida, esta técnica garante uma maior reprodutibilidade, minimizando as variações de desempenho que são comuns em técnicas como a condensação lateral. Esta abordagem é particularmente eficaz quando o preparo do canal é feito com uma conicidade regular, criando uma sinergia entre o preparo e a obturação que resulta em obturações de alta qualidade de forma simples e consistente. (Claudon, 2002)

Uma característica importante desse bom ajuste entre o cone de guta-percha e as paredes do canal é a pressão exercida pelo cone sobre o cimento, o que provoca a extrusão de uma pequena quantidade de cimento na região apical, formando uma massa esferoidal. Esse fenómeno, observado de maneira sistemática nesta experiência, ainda não foi relatado na literatura em técnicas similares. Contudo, a região apical é crucial para o selamento, e essa extrusão pode ser um foco potencial de microinfiltração.

No entanto, a literatura aponta que o uso da técnica de cone único é menos eficaz com cimento de base resinosa comparado aos cimentos a base de silicato de cálcio na capacidade de selamento apical e de resistência da união cimento-dentina. (Nouroloyouni et al., 2023)

A escolha do cimento obturador neste estudo comparativo tem sua importância para o sucesso deste, de facto o AH Plus® é considerado um padrão para muitos estudos semelhantes, assim avaliar a capacidade de selamento apical com este cimento parece ser uma standardização do estudo. (Komabayashi et al., 2020)

Os canais foram obturados e selados na parte coronal com resina *flowable* de maneira a evitar uma infiltração coronal e imitar as condições de obturação *in vivo*.

O período de incubação foi de 7 dias seguido o protocolo proposto por Savaris e colaboradores (2024). (Savaris et al., 2024)

Passado este período de incubação, os espécimes foram envernizados exceto os 3 mm apicais, no âmbito de criar uma barreira ao fim de estudar unicamente a infiltração apical e evitar infiltrações que podem ocorrer noutros sítios durante a fase de imersão no corante.

A coloração passiva com azul de metileno foi escolhida porque é uma técnica fiável, económica, simples de utilizar, muito difundida e, por conseguinte, mais fácil de comparar na literatura. (Brandão et al., 2001)

O uso de azul de metileno tem também a vantagem de pesar menos do que as toxinas bacterianas, medindo aproximadamente 1nm, de facto alguns investigadores demonstraram que o azul de metileno apresenta infiltrações semelhante às do ácido butírico, um produto do metabolismo microbiano. (Jafari & Jafari, 2017; Kersten & Moorer, 1989)

Além disso, segundo Wu & Wesselink (1993), a acidez da solução aquosa de azul de metileno pode descalcificar a dentina, resultando a um aumento da infiltração apical.

Katz e colaboradores (1998) observaram que não houve diferenças significativas entre um grupo experimental horizontal sob pressão reduzida e grupos em imersão passiva. Contudo, quando as raízes estavam na posição vertical, a média de infiltração

sob pressão reduzida foi consideravelmente maior. Tendo em conta este facto, as raízes foram colocadas ápice para cima para beneficiar da pressão atmosférica, como no estudo de Kikly e colaboradores (2020).

O tempo de imersão entre estudos na literatura variam de 24 horas a uma semana, foi decidido uma imersão no corante durante 72 horas em concordância com alguns estudos, para que a infiltração se torne evidente. (Nur et al., 2015; Vizgirda et al., 2004)

Foram realizados cortes transversais com o propósito de medir a profundidade da infiltração do corante em intervalos de 1 mm. Estes cortes permitem não apenas a análise da infiltração ao longo da raiz, mas também a observação do padrão de infiltração na dentina.

Outra opção poderia ser a realização de corte longitudinais das raízes, mas a inconsistência dos cortes nesta técnica é uma desvantagem, revela-se que em estudos utilizando esta técnica foram observados registos mais altos de infiltração de corante. (Schell et al., 2017)

5.2 Discussão dos resultados

A análise estatística dos resultados obtidos em cada grupo neste estudo, mostra que independentemente do uso ou não de MI, não se observa diferenças estatisticamente significativas (Tabela 4).

Isso indica que o uso de Ledermix® ou de HC como MI ou sem a sua utilização, não afeta significativamente a capacidade de selamento apical do AH Plus®.

Relativamente à hipótese proposta, aceita-se a hipótese nula neste estudo, não existem diferenças na capacidade de selamento apical nos materiais testados.

É de notar que a variação do número de espécimes entre os grupos (Tabela 3) é devido a deteção de espécimes com microfraturas apicais ou raízes com uma anatomia interna não concordante dos critérios de inclusão e de exclusão, não detetada nas radiografias iniciais; estes espécimes foram eliminados do estudo (Figura 24).

Os espécimes eliminados foram: o nº10 no grupo G1, os nº38 e nº1 no grupo G2, os nº25, nº13, nº23 e nº24 no grupo G3, o nº22 no grupo GC+ e finalmente o nº4 no grupo GC-.

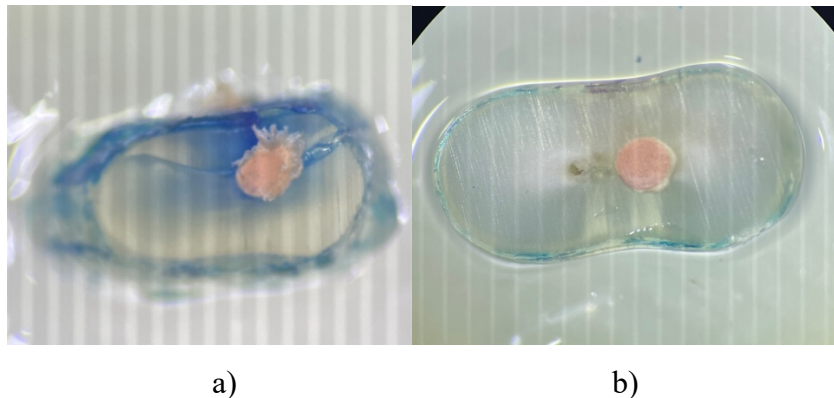


Figura 24 – Cortes de espécimes eliminados do estudo: a) Corte do espécime nº25 com presença duma fratura apical; b) Corte do espécime nº13 com presença dum segundo canal.

Apesar disso, em relação aos resultados da média de infiltração de cada grupo de estudo, o grupo tratado com Ledermix® (G1) apresentou a maior média, com um valor de 3.56mm comparado aos grupos medicados com HC (G2) ou sem MI (G3), com valores de 2.75mm e de 2.17mm respetivamente.

Além disso, os 3 grupos (G1, G2 e G3) não demonstram uma diferença significativa entre eles (Tabela 4) com valores de significância $p>0.05$.

De facto, estes resultados demonstram que o uso de Ledermix® não afeta negativamente a capacidade de selamento apical do AH Plus®, sem diferença significativa com o uso de HC ou sem MI, que são abordagens mais tradicionais no tratamento endodôntico. (N & Chandra S.M, 2014)

No entanto, a infiltração foi observada em todos os grupos. Estes resultados são concordantes com os de outros estudos semelhantes onde não foi possível a realização dum selamento apical absoluto. (Gomes-Filho et al., 2008)

Segundo Rödíg, Vogel e colaboradores (2010), a presença de resíduos de MI pode interferir na capacidade dos cimentos de penetrar nos túbulos dentinários, comprometendo a capacidade de selamento e aumentando o risco de microinfiltração durante a obturação. (Rödíg, Sedghi, et al., 2010)

O estudo de Chou e colaboradores (2014), revelou que o Ledermix é de mais fácil remoção em comparação ao HC. (Chou et al., 2014)

A revisão da literatura demonstrou uma maior eficiência da irrigação ativada por ultrassom comparado a técnica de irrigação clássica na remoção de HC dos canais radiculares. (Capar et al., 2014; Ethem Yaylali et al., 2015; Rödíg, Sedghi, et al., 2010; Yücel et al., 2013)

O estudo de Tavella, Silva e colaboradores (2021), onde foi comparado diferentes estratégias de remoção de HC e as forças de ligações entre o AH Plus e a dentina, prova que o HC remanescente provoque uma diminuição da força de ligação entre o AH Plus e a dentina. (Tavella e Silva et al., 2021)

Outro estudo, em concordância com os resultados aqui apresentados, demonstrou uma melhoria significativa na capacidade de penetração do AH Plus® nos túbulos dentinários após a irrigação sequencial com EDTA a 17% e a obturação utilizando a técnica de cone único. Houve uma diferença estatisticamente significativa em relação aos outros grupos experimentais testados, confirmando a eficácia desse protocolo de irrigação para melhorar a penetração do cimento. (Jardine et al., 2016)

No entanto, mesmo com a técnica de irrigação ativada por ultrassom, nenhum dos grupos de estudo conseguiu alcançar um selamento apical absoluto, incluindo o grupo G3 (sem MI).

Fatores que podem ser responsáveis da média mais elevada no grupo de estudo medicado com o Ledermix® (G1), são as interações dos seus componentes com a dentina e posteriormente com o AH Plus.

O Ledermix®, composto por uma tetraciclina, a demeclociclina-HCl, e um corticosteroide, o triamcinolone acetonide. Abbott e colaboradores (1988) demonstraram que as tetraciclinas formam uma forte ligação reversível com os tecidos duros dentários e que exibem uma liberação lenta e difusão através da dentina por um longo período, de até pelo menos 12 semanas. (Abbott et al., 1988)

A interação entre esta ligação e a ligação do AH Plus® não foi documentada na literatura e pode ser um fator responsável da variação entre os espécimes do grupo G1.

São necessários mais estudos que podem caracterizar as propriedades desta ligação e da sua implicação clínica.

Além disso, quando comparamos o nosso estudo com outros estudos, as diferenças no método de coloração e no desenho do estudo na detecção de infiltrações na região apical podem ser apontadas como possíveis razões para os diferentes resultados obtidos. (Çalişkan et al., 1998; Hamidi et al., 2012; Holland et al., 1995, 1996; Porkaew et al., 1990)

5.3 Limitações

Este estudo tem suas limitações:

- Os estudos *ex-vivo* não são capazes de reproduzir as interações biológicas complexas que podem afetar a capacidade de selamento apical em condições clínicas.
- O número limitado de espécimes neste estudo; a realização deste estudo com uma amostra maior aumentaria a robustez das conclusões obtidas, permitindo que os resultados fossem extrapolados para a prática clínica com maior confiança.
- A diferença entre o número de corte de cada espécime, relativamente ao comprimento das raízes; esta diferença reside na utilização do micrótomo, que apresentou falhas durante certas etapas do processo. Esses problemas, que podem incluir cortes irregulares das amostras ou variações na espessura das secções, possivelmente comprometeram a qualidade dos cortes histológicos.
- A amostra foi uniformizada com critérios de inclusão, mas a aceitação de diferentes morfologias dentárias introduziu heterogeneidade na anatomia interna. Isso pode ter afetado os resultados, especialmente em canais ovais, que são mais dependentes da adaptação do cimento às variações anatómicas dentárias.

6 Conclusão

Dentro das limitações deste estudo, de acordo com os resultados obtidos e relativamente as hipóteses propostas, é possível concluir:

- Nenhum dos grupos de estudo avaliados neste trabalho conseguiu alcançar um selamento apical absoluto.
- Não existe diferenças significativas entre o uso da pasta Ledermix® e do HC na capacidade de selamento apical do AH Plus®
- Não existe diferenças significativas entre o uso ou não de MI na capacidade de selamento apical do AH Plus®

Dado que a literatura existente sobre o tema ainda é limitada, é essencial continuar a investigação para validar os resultados encontrados neste estudo e explorar suas possíveis implicações clínicas futuras.

Futuras linhas de investigação podem incluir a análise da capacidade de selamento apical de diversos cimentos endodônticos após a aplicação de MI. Além disso, será importante investigar os possíveis efeitos adversos, tanto locais quanto sistêmicos, resultantes do uso combinado de cimentos endodônticos e MI. Estudos adicionais também devem considerar a eficácia de diferentes protocolos de irrigação e técnicas de obturação em dentes previamente medicados com Ledermix®.

7 Bibliografia

- Abbott, P. V., Heithersay, G. S., & Hume, W. R. (1988). Release and diffusion through human tooth roots in vitro of corticosteroid and tetracycline trace molecules from Ledermix® paste. *Dental Traumatology*, 4(2). <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1988.tb00295.x>
- Adl, A., Razavian, A., & Eskandari, F. (2022). The efficacy of EndoActivator, passive ultrasonic irrigation, and Ultra X in removing calcium hydroxide from root canals: an in-vitro study. *BMC Oral Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02626-z>
- Ahlberg, K. M. F., Assavanop, P., & Tay, W. M. (1995). A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. *International Endodontic Journal*, 28(1). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1995.tb00153.x>
- Ahmed, Y. E., Emara, R. S., Sarhan, S. M., El Boghdadi, R. M., El-Bayoumi, M. A. A., El-Far, H. M. M., Sabet, N. E., Abou El-Nasr, H. M., Gawdat, S. I., & Amin, S. A. W. (2020). Post-treatment endodontic pain following occlusal reduction in mandibular posterior teeth with symptomatic irreversible pulpitis and sensitivity to percussion: a single-centre randomized controlled trial. *International Endodontic Journal*, 53(9). <https://doi.org/10.1111/iej.13328>
- Akçay, M., Arslan, H., Topcuoglu, H. S., & Tuncay, O. (2014). Effect of calcium hydroxide and double and triple antibiotic pastes on the bond strength of epoxy resin-based sealer to root canal dentin. *Journal of Endodontics*, 40(10). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.05.006>
- Alsubait, S., Alsaad, N., Alahmari, S., Alfaraj, F., Alfawaz, H., & Alqedairi, A. (2020). The effect of intracanal medicaments used in Endodontics on the dislocation resistance of two calcium silicate-based filling materials. *BMC Oral Health*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-020-1044-6>
- American Association of Endodontists. (2020). Glossary of Endodontic Terms 2020. *Glossary of Endodontic Terms*, 9.
- Amoroso-Silva, P. A., Guimarães, B. M., Marciano, M. A., Duarte, M. A. H., Cavenago, B. C., Ordinola-Zapata, R., De Almeida, M. M., & De Moraes, I. G. (2014). Microscopic analysis of the quality of obturation and physical properties of MTA

- Fillapex. *Microscopy Research and Technique*, 77(12).
<https://doi.org/10.1002/jemt.22432>
- Bansal, R., & Jain, A. (2014). Overview on the current antibiotic containing agents used in endodontics. In *North American Journal of Medical Sciences* (Vol. 6, Issue 8).
<https://doi.org/10.4103/1947-2714.139277>
- Baras, B. H., Melo, M. A. S., Thumbigere-Math, V., Tay, F. R., Fouad, A. F., Oates, T. W., Weir, M. D., Cheng, L., & Xu, H. H. K. (2020). Novel bioactive and therapeutic root canal sealers with antibacterial and remineralization properties. *Materials*, 13(5).
<https://doi.org/10.3390/ma13051096>
- Bourbia, M., Ma, D., Cvitkovitch, D. G., Santerre, J. P., & Finer, Y. (2013). Cariogenic bacteria degrade dental resin composites and adhesives. *Journal of Dental Research*, 92(11). <https://doi.org/10.1177/0022034513504436>
- Boutsioukis, C., & Arias-Moliz, M. T. (2022). Present status and future directions – irrigants and irrigation methods. In *International Endodontic Journal* (Vol. 55, Issue S3). <https://doi.org/10.1111/iej.13739>
- Brandão, C., Moraes, I. G., & Bramante, C. M. (2001). Apical Sealing Ability of Ionomeric Endodontic Sealer. *Rev.FOB*, 9, 29–34.
https://www.researchgate.net/publication/284404240_Apical_Sealing_Ability_of_Ionomeric_Endodontic_Sealer
- Bryson, E. C., Levin, L., Banchs, F., Abbott, P. V., & Trope, M. (2002). Effect of immediate intracanal placement of Ledermix Paste® on healing of replanted dog teeth after extended dry times. *Dental Traumatology*, 18(6).
<https://doi.org/10.1034/j.1600-9657.2002.00142.x>
- Çalışkan, M. K., Türkün, M., & Türkün, L. Ş. (1998). Effect of calcium hydroxide as an intracanal dressing on apical leakage. *International Endodontic Journal*, 31(3).
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1998.00145.x>
- Capar, I. D., Ozcan, E., Arslan, H., Ertas, H., & Aydinbelge, H. A. (2014). Effect of different final irrigation methods on the removal of calcium hydroxide from an artificial standardized groove in the apical third of root canals. *Journal of Endodontics*, 40(3). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.10.019>
- Chan, M. Y. C., Cheung, V., Lee, A. H. C., & Zhang, C. (2022). A Literature Review of Minimally Invasive Endodontic Access Cavities - Past, Present and Future. In *European endodontic journal* (Vol. 7, Issue 1).
<https://doi.org/10.14744/ej.2022.62681>

- Chen, E., & Abbott, P. V. (2009). Dental Pulp Testing: A Review. *International Journal of Dentistry*, 2009. <https://doi.org/10.1155/2009/365785>
- Chen, H., Teixeira, F. B., Ritter, A. L., Levin, L., & Trope, M. (2008). The effect of intracanal anti-inflammatory medicaments on external root resorption of replanted dog teeth after extended extra-oral dry time. *Dental Traumatology*, 24(1). <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2006.00483.x>
- Chou, K., George, R., & Walsh, L. J. (2014). Effectiveness of different intracanal irrigation techniques in removing intracanal paste medicaments. *Australian Endodontic Journal*, 40(1). <https://doi.org/10.1111/aej.12055>
- Claudon, O. (2002). *Étanchéité apicale de ciments canalaires: revue de littérature et expérimentation*. <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01732357>
- Djouiaï, B., & Wolf, T. G. (2021). Tooth and temporary filling material fractures caused by Cavit, Cavit W and Coltosol F: an in vitro study. *BMC Oral Health*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01431-4>
- Ehrmann, E. H., Messer, H. H., & Adams, G. G. (2003). The relationship of intracanal medicaments to postoperative pain in endodontics. *International Endodontic Journal*, 36(12). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2003.00735.x>
- Ethem Yaylali, I., Kececi, A. D., & Ureyen Kaya, B. (2015). Ultrasonically activated irrigation to remove calcium hydroxide from apical third of human root canal system: A systematic review of in vitro studies. In *Journal of Endodontics* (Vol. 41, Issue 10). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.06.006>
- Fabricius, L., Dahlén, G., Sundqvist, G., Happonen, R. P., & Möller, A. J. R. (2006). Influence of residual bacteria on periapical tissue healing after chemomechanical treatment and root filling of experimentally infected monkey teeth. *European Journal of Oral Sciences*, 114(4). <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2006.00380.x>
- Gokturk, H., Bayram, E., Bayram, H. M., Aslan, T., & Ustun, Y. (2017). Effect of double antibiotic and calcium hydroxide pastes on dislodgement resistance of an epoxy resin-based and two calcium silicate-based root canal sealers. *Clinical Oral Investigations*, 21(4). <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1877-1>
- Gomes-Filho, J. E., Hopp, R. N., Bernabé, P. F. E., Nery, M. J., Otoboni Filho, J. A., & Dezan, E. (2008). Evaluation of the apical infiltration after root canal disruption and obturation. *Journal of Applied Oral Science*, 16(5). <https://doi.org/10.1590/S1678-77572008000500008>

- Grawehr, M., Sener, B., Waltimo, T., & Zehnder, M. (2003). Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal*, 36(6). <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00670.x>
- Gu, L. sha, Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2009). Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. In *Journal of Endodontics* (Vol. 35, Issue 6). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.010>
- Guillén, R. E., Nabeshima, C. K., Caballero-Flores, H., Cayón, M. R., Mercadé, M., Cai, S., & Machado, M. E. de L. (2018). Evaluation of the WaveOne Gold and One Shape New Generation in reducing *Enterococcus faecalis* from root canal. *Brazilian Dental Journal*, 29(3). <https://doi.org/10.1590/0103-6440201801910>
- Güven, Y., Ali, A., & Arslan, H. (2022). Efficiency of Endosonic Blue, Eddy, Ultra X and Endoactivator in the removal of calcium hydroxide paste from root canals. *Australian Endodontic Journal*, 48(1). <https://doi.org/10.1111/aej.12608>
- Güzel, C., Uzunoglu, E., & Dogan Buzoglu, H. (2018). Effect of Low-surface Tension EDTA Solutions on the Bond Strength of Resin-based Sealer to Young and Old Root Canal Dentin. *Journal of Endodontics*, 44(3). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.09.007>
- Haapasalo, M., Shen, Y., Wang, Z., & Gao, Y. (2014). Irrigation in endodontics. *British Dental Journal*, 216(6). <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.204>
- Hamidi, M. R., Mahmoudi, E., Moghadamnia, A. A., & Zahedpasha, S. (2012). Effect of calcium hydroxide and chlorhexidine medicaments on the apical seal. *Iranian Endodontic Journal*, 7(1).
- Holland, R., Alexandre, A. C., Murata, S. S., dos Santos, C. A., & Júnior, E. D. (1995). Apical leakage following root canal dressing with calcium hydroxide. *Dental Traumatology*, 11(6). <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1995.tb00500.x>
- Holland, R., Murata, S. S., Dezan, E., & Garlipp, O. (1996). Apical leakage after root canal filling with an experimental calcium hydroxide gutta-percha point. *Journal of Endodontics*, 22(2). [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80275-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80275-5)
- Jafari, F., & Jafari, S. (2017). Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(6). <https://doi.org/10.4317/jced.53604>
- Jardine, A. P., Rosa, R. A. da, Santini, M. F., Wagner, M., Só, M. V. R., Kuga, M. C., Pereira, J. R., & Kopper, P. M. P. (2016). The effect of final irrigation on the

- penetrability of an epoxy resin-based sealer into dentinal tubules: a confocal microscopy study. *Clinical Oral Investigations*, 20(1).
<https://doi.org/10.1007/s00784-015-1474-8>
- Johns, D., Abraham, A., Kuruvilla, A., Jaganath, B., Krishnegowda, S., & Ramachandra, P. K. (2015). A comparative evaluation of smear layer removal by using edta, etidronic acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study. *Journal of Conservative Dentistry*, 18(3), 247.
<https://doi.org/10.4103/0972-0707.157266>
- Kamin, R., Vikram, R., Meena, N., Anitha Kumari, R., Adarsha, M. S., & Murthy, C. S. (2021). Effect of final irrigating solutions on penetration depth of resin-based sealers into dentinal tubules. *Journal of Conservative Dentistry*, 24(4).
https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_209_21
- Karataş, E., Kahraman, Y., & Akbıyık, N. (2021). Association between polymorphisms in catechol-O-methyl transferase, opioid receptor Mu 1 and serotonin receptor genes with postoperative pain following root canal treatment. *International Endodontic Journal*, 54(7). <https://doi.org/10.1111/iej.13493>
- Katz, A., Rosenwasser, R., & Tamse, A. (1998). Root positioning and leakage to dye in extracted teeth using reduced pressure. *International Endodontic Journal*, 31(1).
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1998.t01-1-00117.x>
- Kenee, D. M., Allemang, J. D., Johnson, J. D., Hellstein, J., & Nichol, B. K. (2006). A Quantitative Assessment of Efficacy of Various Calcium Hydroxide Removal Techniques. *Journal of Endodontics*, 32(6).
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.10.065>
- Kermanshahi, S., Santerre, J. P., Cvitkovitch, D. G., & Finer, Y. (2010). Biodegradation of resin-dentin interfaces increases bacterial microleakage. *Journal of Dental Research*, 89(9). <https://doi.org/10.1177/0022034510372885>
- Kersten, H. W., & Moorer, W. R. (1989). Particles and molecules in endodontic leakage. *International Endodontic Journal*, 22(3). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1989.tb00909.x>
- Kikly, A., Jaâfoura, S., Kammoun, D., & Sahtout, S. (2020). Sealing Ability of Endodontic Cements: An in Vitro Study. *International Journal of Dentistry*, 2020.
<https://doi.org/10.1155/2020/5862598>
- Kim, D., & Kim, E. (2014). Antimicrobial effect of calcium hydroxide as an intracanal medicament in root canal treatment: a literature review - Part I. In vitro studies .

- Restorative Dentistry & Endodontics*, 39(4).
<https://doi.org/10.5395/rde.2014.39.4.241>
- Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. In *Dental Materials Journal* (Vol. 39, Issue 5). <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288>
- Kowalski, J., Rygas, J., Homa, K., Dobrzyński, W., Wiglusz, R. J., Matys, J., & Dobrzyński, M. (2024). Antibacterial Activity of Endodontic Gutta-Percha—A Systematic Review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/app14010388>
- Krastl, G., Allgayer, N., Lenherr, P., Filippi, A., Taneja, P., & Weiger, R. (2013). Tooth discoloration induced by endodontic materials: A literature review. *Dental Traumatology*, 29(1). <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2012.01141.x>
- Kunhappan, S., Kunhappan, N., Saraf, K. K., & Kridutt, V. (2017). Nonsurgical endodontic treatment of teeth associated with large periapical lesion using triple antibiotic paste and mineral trioxide aggregate apical plug: A case series. *Journal of Conservative Dentistry*, 20(2). <https://doi.org/10.4103/0972-0707.212232>
- Lambrianidis, T., Kosti, E., Boutsoukis, C., & Mazinis, M. (2006). Removal efficacy of various calcium hydroxide/chlorhexidine medicaments from the root canal. *International Endodontic Journal*, 39(1). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.01049.x>
- Lee, J. K., Kwak, S. W., Ha, J. H., Lee, W. C., & Kim, H. C. (2017). Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/2582849>
- Lee, S. J., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2004). The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal*, 37(10). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00848.x>
- Maalouf, L., Zogheib, C., & Naaman, A. (2013). Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal without chemically active adjuvant. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 14(2). <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1298>
- Machado, M. E. de L., Nabeshima, C. K., Caballero-Flores, H., Elmadjian-Filho, M., Duarte, M. A. H., Odinola-Zapata, R., & Cai, S. (2017). Instrument design may

- influence bacterial reduction during root canal preparation. *Brazilian Dental Journal*, 28(5). <https://doi.org/10.1590/0103-6440201701506>
- Marashdeh, M. Q., Gitalis, R., Lévesque, C., & Finer, Y. (2019). Endodontic pathogens possess collagenolytic properties that degrade human dentine collagen matrix. *International Endodontic Journal*, 52(4). <https://doi.org/10.1111/iej.13018>
- Mathur, R. (2015). Evaluation of Coronal Leakage Following Different Obturation Techniques and in-vitro Evaluation Using Methylene Blue Dye Preparation. *Journal of clinical and diagnostic research*, 9(12). <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/15796.6931>
- Mohammadi, Z., & Abbott, P. V. (2009). Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: A review. In *Australian Endodontic Journal* (Vol. 35, Issue 3). <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2009.00164.x>
- Mohammadi, Z., & Dummer, P. M. H. (2011). Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. In *International Endodontic Journal* (Vol. 44, Issue 8). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01886.x>
- Mohammadi, Z., Shalavi, S., & Jafarzadeh, H. (2013). Ethylenediaminetetraacetic acid in endodontics. *European Journal of Dentistry*, 7(5 SUPPL.). <https://doi.org/10.4103/1305-7456.119091>
- Moura, L. B., Velasques, B. D., Silveira, L. F. M., Martos, J., & Xavier, C. B. (2017). Therapeutic approach to pulp canal calcification as sequelae of dental avulsion. *European Endodontic Journal*, 2(1). <https://doi.org/10.5152/eej.2017.16060>
- Moussa, D. G., Fok, A., & Aparicio, C. (2019). Hydrophobic and antimicrobial dentin: A peptide-based 2-tier protective system for dental resin composite restorations. *Acta Biomaterialia*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2019.02.007>
- N, Revathi., & Chandra S.M, S. (2014). Merits and Demerits of Calcium Hydroxide as a Therapeutic Agent: A Review. *International Journal of Dental Sciences and Research*, 2(6B). <https://doi.org/10.12691/ijdsr-2-6b-1>
- Naeem, A. M., & Al-Zaka, I. M. (2021). The influence of different root canal irrigants on the push-out bond strength of AH plus and Bioceramic sealers. *Journal of Baghdad College of Dentistry*, 33(2). <https://doi.org/10.26477/jbcd.v33i2.2935>
- Nainan, M. T., Nirupama, D. N., & Benjamin, S. (2013). Comparison of the efficacy of ethylene diamine tetraacetic acid and maleic acid in the removal of three calcium hydroxide intra-canal dressings: A spiral computerized tomography volumetric

- analysis. *Journal of Conservative Dentistry*, 16(1). <https://doi.org/10.4103/0972-0707.105300>
- Nair, P. N. R. (1997). Apical periodontitis: A dynamic encounter between root canal infection and host response. *Periodontology* 2000, 13(1). <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.1997.tb00098.x>
- Nair, P. N. R. (2004). Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. In *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine* (Vol. 15, Issue 6). <https://doi.org/10.1177/154411130401500604>
- Nouroloyouni, A., Samadi, V., Salem Milani, A., Noorolouny, S., & Valizadeh-Haghi, H. (2023). Single Cone Obturation versus Cold Lateral Compaction Techniques with Bioceramic and Resin Sealers: Quality of Obturation and Push-Out Bond Strength. *International Journal of Dentistry*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/3427151>
- Nur, B. G., Ok, E., Ersoy, İ., Altunsoy, M., & Kalkan, A. (2015). In Vitro Evaluation of the Effects of Calcium Hydroxide and Ledermix as an Intracanal Medicament on Apical Seal. *Turkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 21(2). <https://doi.org/10.5336/dentalsci.2014-41849>
- Ordinola-Zapata, R., Noblett, W. C., Perez-Ron, A., Ye, Z., & Vera, J. (2022). Present status and future directions of intracanal medicaments. In *International Endodontic Journal* (Vol. 55, Issue S3). <https://doi.org/10.1111/iej.13731>
- Ozdent. (2010). *The Ledermix Materials*. OzdentDentalProductAustralia. <https://www.yumpu.com/en/document/read/37241036/the-materials-dentsply>
- Paiva, S. S. M., Siqueira, J. F., Rôças, I. N., Carmo, F. L., Leite, D. C. A., Ferreira, D. C., Rachid, C. T. C., & Rosado, A. S. (2013). Clinical antimicrobial efficacy of NiTi rotary instrumentation with NaOCl irrigation, final rinse with chlorhexidine and interappointment medication: A molecular study. *International Endodontic Journal*, 46(3). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02111.x>
- Palanivelu, C., Ravi, V., Sivakumar, A., Sivakumar, J., Prasad, A., & Arthanari, K. (2019). An in vitro comparative evaluation of distribution of three different sealers by single-cone obturation technique. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 11(6). https://doi.org/10.4103/JPBS.JPBS_64_19
- Parhizkar, A., Nojehdehian, H., & Asgary, S. (2018). Triple antibiotic paste: momentous roles and applications in endodontics: a review. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 43(3). <https://doi.org/10.5395/rde.2018.43.e28>

- Patro, S., Meto, A., Mohanty, A., Chopra, V., Miglani, S., Das, A., Luke, A. M., Hadi, D. Al, Meto, A., Fiorillo, L., Karobari, M. I., Wahjuningrum, D. A., & Pawar, A. M. (2022). Diagnostic Accuracy of Pulp Vitality Tests and Pulp Sensibility Tests for Assessing Pulpal Health in Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 15). <https://doi.org/10.3390/ijerph19159599>
- Plotino, G., Pameijer, C. H., Maria Grande, N., & Somma, F. (2007). Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *Journal of Endodontics*, 33(2). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.008>
- Porkaew, P., Retief, D. H., Barfield, R. D., Lacefield, W. R., & Soong, S. jaw. (1990). Effects of calcium hydroxide paste as an intracanal medicament on apical seal. *Journal of Endodontics*, 16(8). [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81908-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81908-4)
- Reddy, S., Neelakantan, P., Saghiri, M. A., Lotfi, M., Subbarao, C. V., Garcia-Godoy, F., & Gutmann, J. L. (2011). Removal of gutta-percha/zinc-oxide-eugenol sealer or gutta-percha/epoxy resin sealer from severely curved canals: An in vitro study. *International Journal of Dentistry*. <https://doi.org/10.1155/2011/541831>
- Richman MJ. (1957). The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J.Dent.Med.*, 12–18. https://scholar.google.com/scholar_lookup?journal=Med+Dent+J&title=The+use+of+ultrasonics+in+root+canal+therapy+and+root+resection&author=RJ+Richman&volume=12&publication_year=1957&pages=12-18&
- Rödig, T., Hirschleb, M., Zapf, A., & Hülsmann, M. (2011). Comparison of ultrasonic irrigation and RinsEndo for the removal of calcium hydroxide and Ledermix paste from root canals. *International Endodontic Journal*, 44(12). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01937.x>
- Rödig, T., Sedghi, M., Konietschke, F., Lange, K., Ziebolz, D., & Hülsmann, M. (2010). Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo® and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. *International Endodontic Journal*, 43(7). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01721.x>
- Rödig, T., Vogel, S., Zapf, A., & Hülsmann, M. (2010). Efficacy of different irrigants in the removal of calcium hydroxide from root canals. *International Endodontic Journal*, 43(6). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01709.x>

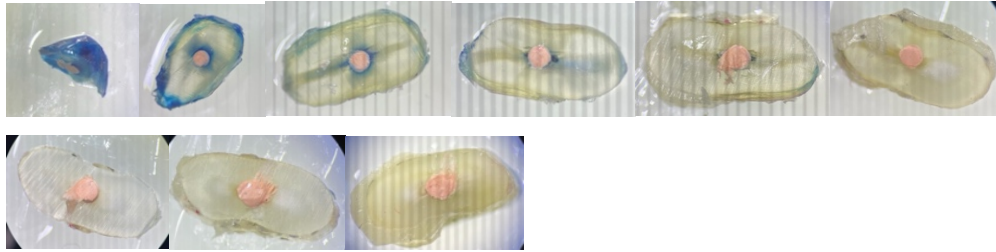
- Sandini, V., Godoy, V., Prado, M. C., Ferreira, R., De-Jesus-Soares, A., & Frozoni, M. (2021). Bacterial removal in flattened root canals with different tapers of ProDesign Logic single-file system. *Research, Society and Development*, 10(9). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17701>
- Savaris, J. M., Isoton, J. C., Fluck, B. F., Tedesco, M., Bortoluzzi, E. A., da Fonseca Roberti Garcia, L., & da Silveira Teixeira, C. (2024). Comparative Analysis of AH Plus Bond Strength to Root Canal Dentin and Adhesive Interface Quality after Calcium Hydroxide Removal using Different Irrigation Protocols. *Journal of Endodontics*, 50(5). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2024.02.019>
- Schell, S., Judenhofer, M. S., Mannheim, J. G., Hülber-J, M., Löst, C., Pichler, B. J., & ElAyouti, A. (2017). Validity of longitudinal sections for determining the apical constriction. *International Endodontic Journal*, 50(7). <https://doi.org/10.1111/iej.12670>
- Schilder, H. (1974). Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America*, 18(2). [https://doi.org/10.1016/s0011-8532\(22\)00677-2](https://doi.org/10.1016/s0011-8532(22)00677-2)
- Schmidt, S., Schäfer, E., Bürklein, S., Rohrbach, A., & Donnermeyer, D. (2021). Minimal dentinal tubule penetration of endodontic sealers in warm vertical compaction by direct detection via sem analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(19). <https://doi.org/10.3390/jcm10194440>
- Seltzer, S., & Naidorf, I. J. (2004). Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *Journal of Endodontics*, 30(7). <https://doi.org/10.1097/00004770-200407000-00005>
- Shaikh, S. (2019). Management of Odontogenic and Nonodontogenic Oral Pain. In *From Conventional to Innovative Approaches for Pain Treatment*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.83837>
- Shemesh, H., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2006). Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: A two-month longitudinal ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 39(12). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01181.x>
- Singh, G., Paul R, S., Arora, A., Kumar, S., Jindal, L., & Raina, S. (2020). Disease of Pulp and Periradicular Tissue: An Overview. *Journal of Current Medical Research and Opinion*, 3(10). <https://doi.org/10.15520/jcmro.v3i10.351>
- Singla, D., Kataria, B., & Kaur, U. (2021). Root canal cleaning and shaping. *International Journal of Health Sciences*. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v5ns1.5380>

- Soni, V., Shivanna, V., & Lokhande, P. (2018). Comparative Assessment of the area of sealer voids in single-cone obturation done with endoseal MTA, AH Plus and Pulpdent sealer. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, 7(32). <https://doi.org/10.14260/jemds/2018/810>
- Tamse, A., Katz, A., & Kablan, F. (1998). Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. In *International Endodontic Journal* (Vol. 31, Issue 5). <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1998.00154.x>
- Tandan, M., Hegde, M. N., & Hegde, P. (2014). Effect of four different intracanal medicaments on the apical seal of the root canal system: A dye extraction study. *Indian Journal of Dental Research*, 25(5). <https://doi.org/10.4103/0970-9290.147104>
- Tavella e Silva, N. C., Gibin, J. T., Rivera, I. C. M. M., Rached Junior, F. J. A., Leoni, G. B., & Raucci-Neto, W. (2021). Calcium hydroxide paste removal strategies and bond strengths of epoxy- and silicate-based sealers. *Australian Endodontic Journal*, 47(2). <https://doi.org/10.1111/aej.12460>
- Uyan, H. M., Olcay, K., & Özcan, M. (2018). Comparative evaluation of postoperative pain intensity after single-visit and multiple-visit retreatment cases: A prospective randomized clinical trial. *Brazilian Dental Science*, 21(1). <https://doi.org/10.14295/bds.2018.v21i1.1515>
- Van Der Sluis, L. W. M., Versluis, M., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. In *International Endodontic Journal* (Vol. 40, Issue 6). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x>
- Van Der Sluis, L. W. M., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2007). The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *International Endodontic Journal*, 40(1). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01182.x>
- Veríssimo, D. M., & do Vale, M. S. (2006). Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. In *Journal of oral science* (Vol. 48, Issue 3). <https://doi.org/10.2334/josnusd.48.93>
- Vieyra, J. P., & Acosta, J. (2011). Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. *International Endodontic Journal*, 44(6). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01855.x>

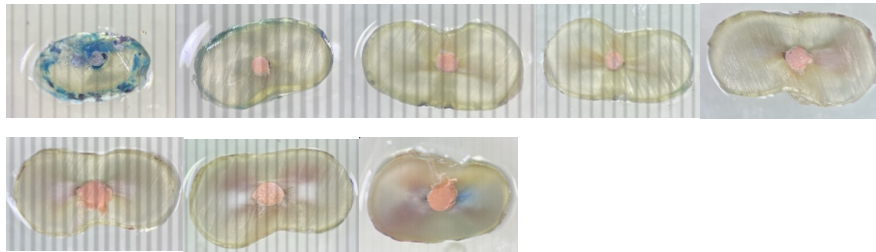
- Vizgirda, P. J., Liewehr, F. R., Patton, W. R., McPherson, J. C., & Buxton, T. B. (2004). A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticized gutta-percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. *Journal of Endodontics*, 30(2). <https://doi.org/10.1097/00004770-200402000-00010>
- Vo, K., Daniel, J., Ahn, C., Primus, C., & Komabayashi, T. (2022). Coronal and apical leakage among five endodontic sealers. *Journal of Oral Science*, 64(1). <https://doi.org/10.2334/josnusd.21-0433>
- Vula, V., Ajeti, N., Kuçi, A., Stavileci, M., & Vula, V. (2020). An In Vitro Comparative Evaluation of Apical Leakage Using Different Root Canal Sealers. *Medical Science Monitor Basic Research*, 26. <https://doi.org/10.12659/MSMBR.928175>
- Wang, H.-H., Sanabria-Liviach, D., Sleiman, P., Dorn, S. O., & Jaramillo, D. E. (2017). Smear layer and debris removal from dentinal tubules using different irrigation protocols: scanning electron microscopic evaluation, an in vitro study. *Evidence-Based Endodontics*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s41121-017-0011-4>
- Weller, R. N., Brady, J. M., & Bernier, W. E. (1980). Efficacy of ultrasonic cleaning. *Journal of Endodontics*, 6(9). [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(80\)80185-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(80)80185-3)
- Wu, M. K., Kaš'áková, A., & Wesselink, P. R. (2001). Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *International Endodontic Journal*, 34(6). <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00463.x>
- WU, M. -K., & WESSELINK, P. R. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal*, 26(1). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1993.tb00540.x>
- Xu, Q., Fan, M. W., Fan, B., Cheung, G. S. P., & Hu, H. L. (2005). A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 99(1). <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.06.006>
- Yücel, A. Ç., Gürel, M., Güler, E., & Karabucak, B. (2013). Comparison of final irrigation techniques in removal of calcium hydroxide. *Australian Endodontic Journal*, 39(3). <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2011.00326.x>
- Zou, X., Zheng, X., Liang, Y., Zhang, C., Fan, B., Liang, J., Ling, J., Bian, Z., Yu, Q., Hou, B., Chen, Z., Wei, X., Qiu, L., Chen, W., He, W., Xu, X., Meng, L., Zhang, C., Chen, L., ... Yue, L. (2024). Expert consensus on irrigation and intracanal medication in root canal therapy. In *International Journal of Oral Science* (Vol. 16, Issue 1). <https://doi.org/10.1038/s41368-024-00280-5>

8 Anexos

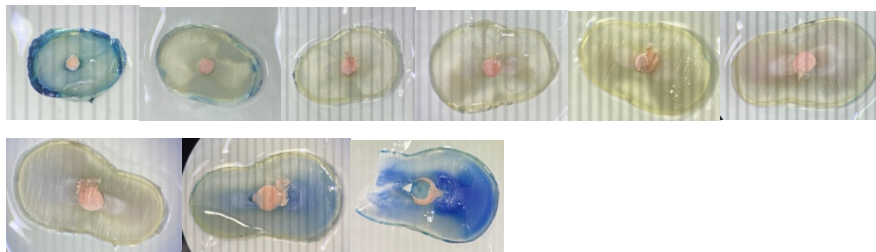
8.1 Anexos da infiltração apical de corante



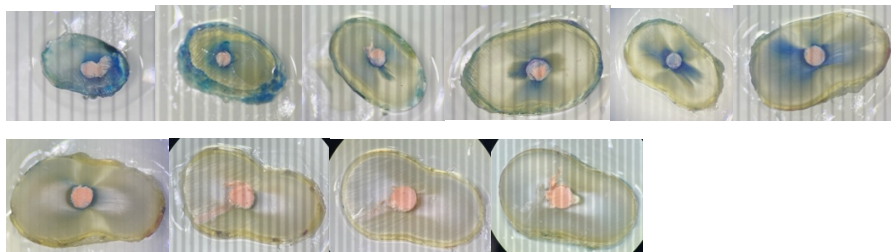
A



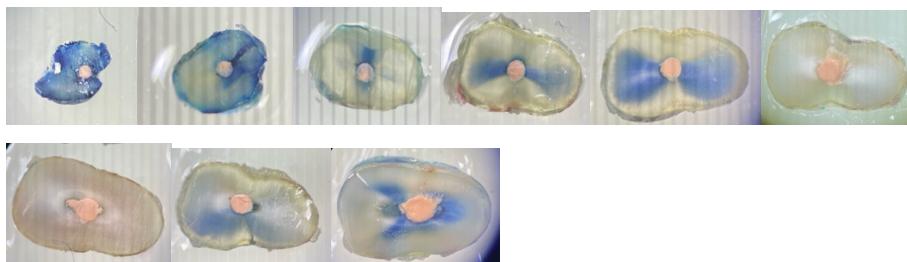
B



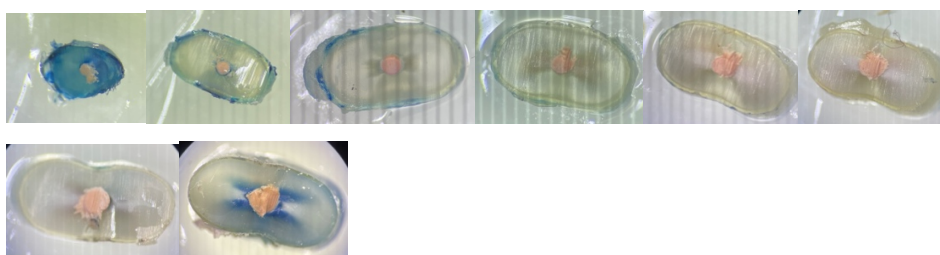
C



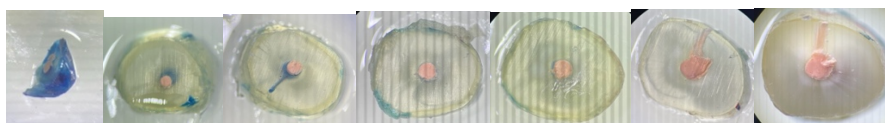
D



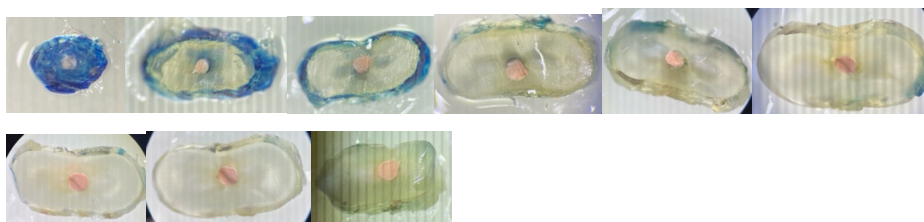
E



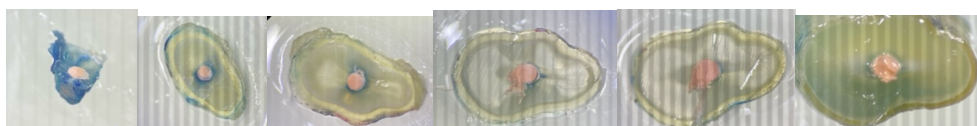
F



G

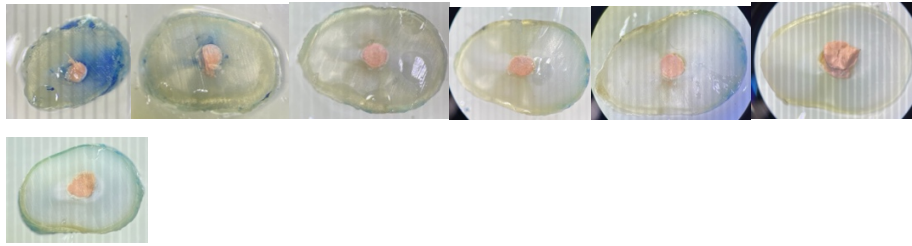


H

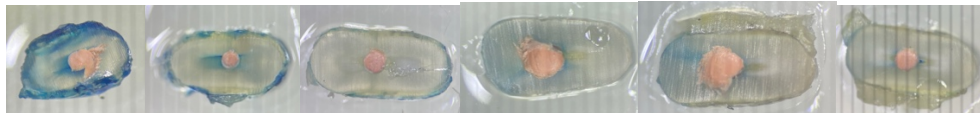


I

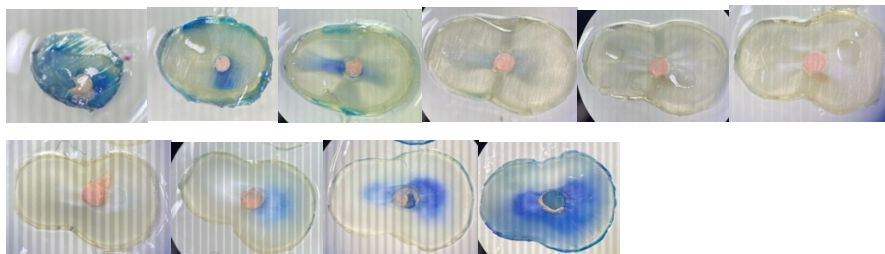
Figura 25 – Espécimes do grupo G1: A – Espécime nº12; B – Espécime nº34; C – Espécime nº21; D – Espécime nº18; E – Espécime nº32; F – Espécime nº7; G – Espécime nº19; H – Espécime nº11, I – Espécime nº27.



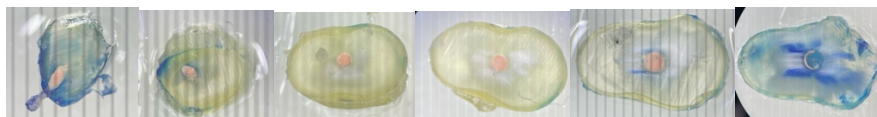
A



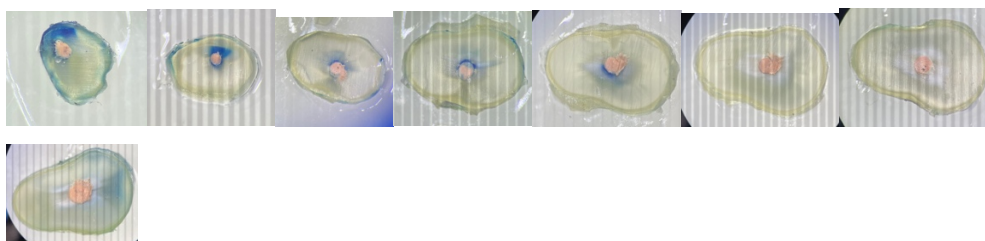
B



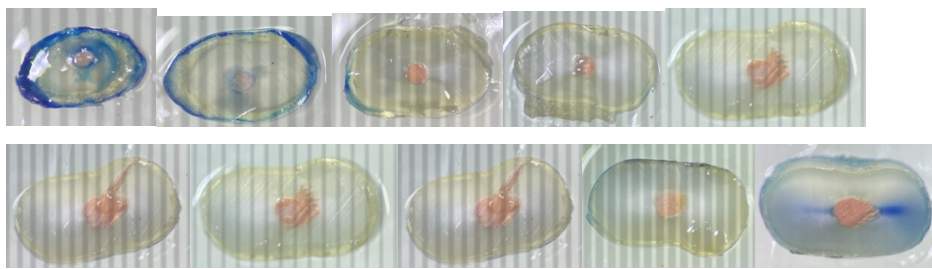
C



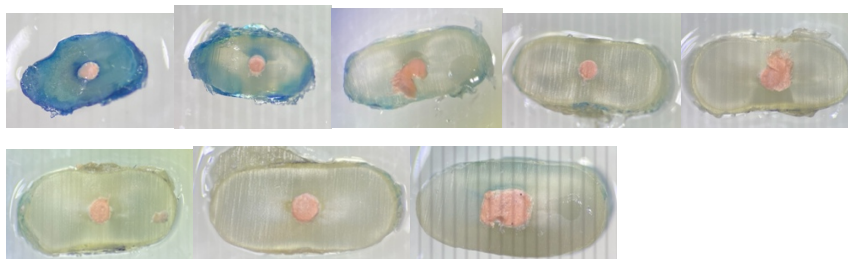
D



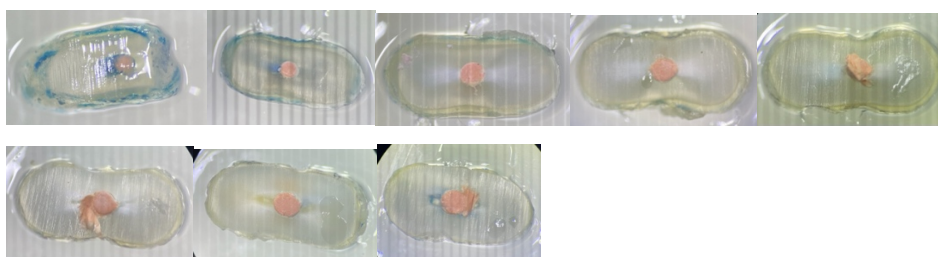
E



F

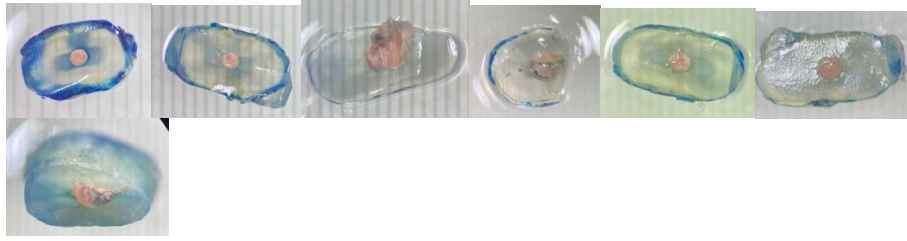


G



H

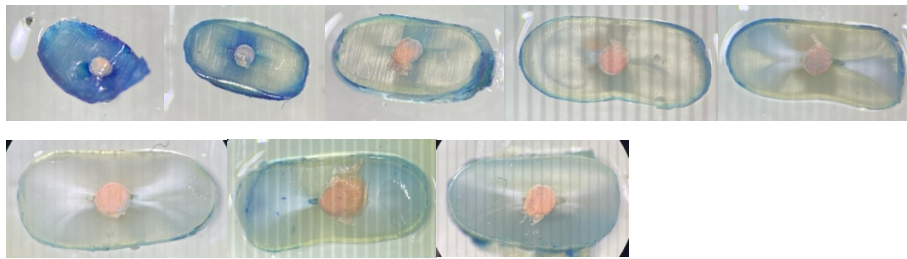
Figura 26 – Espécimenes do grupo G2: A – Espécime nº14; B – Espécime nº2; C – Espécime nº37; D – Espécime nº17; E – Espécime nº26; F – Espécime nº33; G – Espécime nº8; H – Espécime nº39.



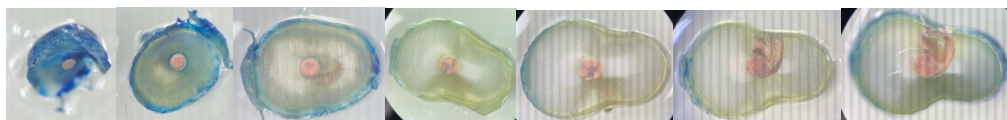
A



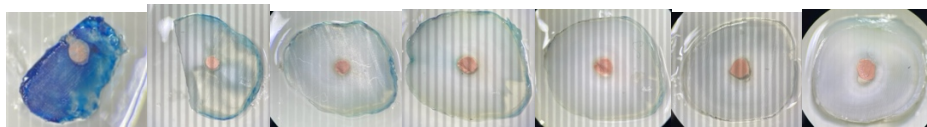
B



C



D

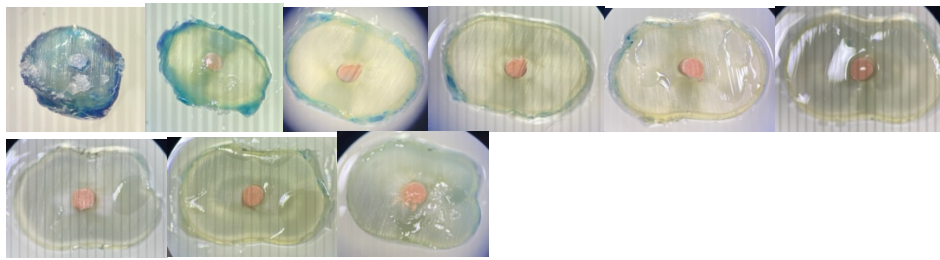


E

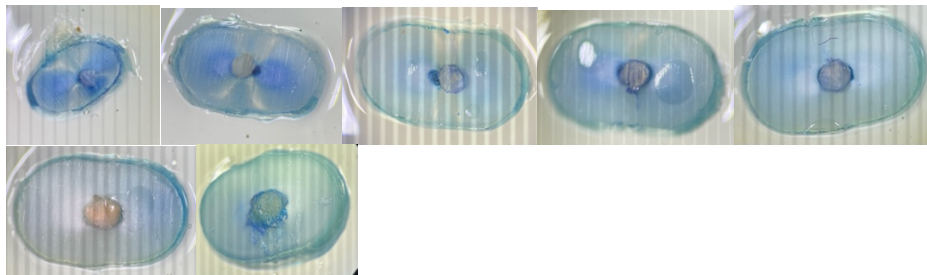


F

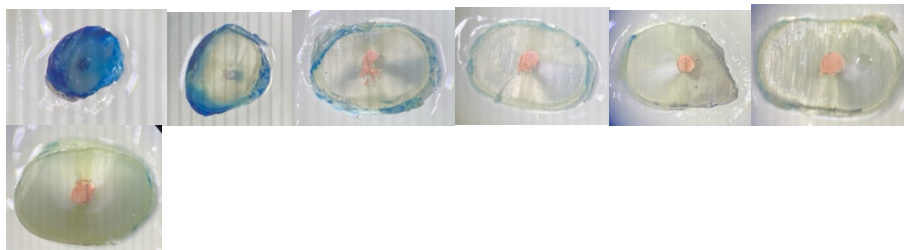
Figura 27 – Espécimenes do grupo G3: A – Espécime n°29; B – Espécime n°5; C – Espécime n°31; D – Espécime n°21; E – Espécime n°35; F – Espécime n°16.



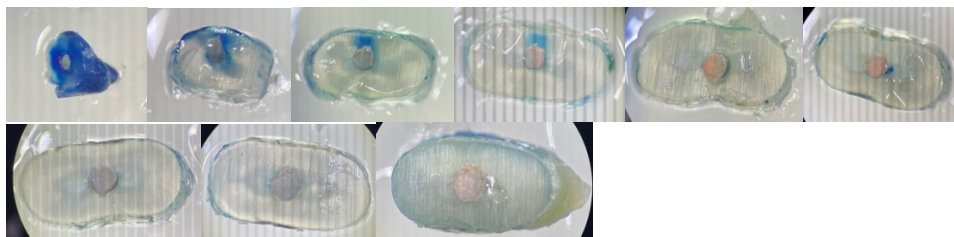
A



B

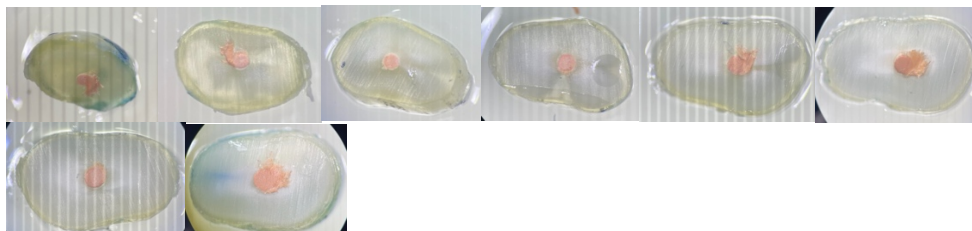


C

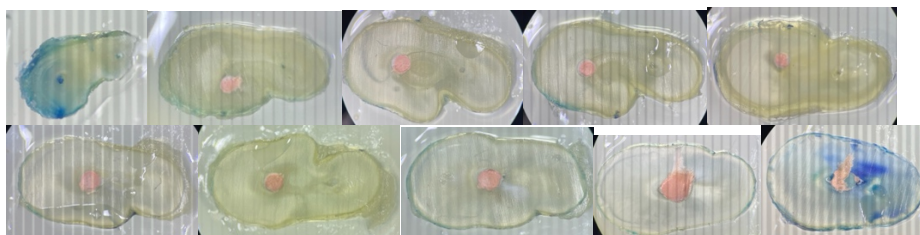


D

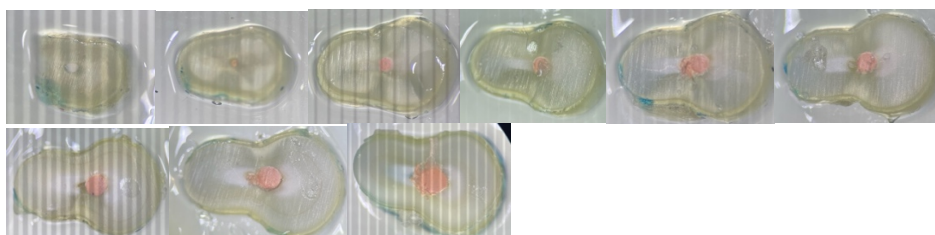
Figura 28 – Espécimes do grupo GC+: A – Espécime nº9; B – Espécime nº40; C – Espécime nº15; D – Espécime nº28.



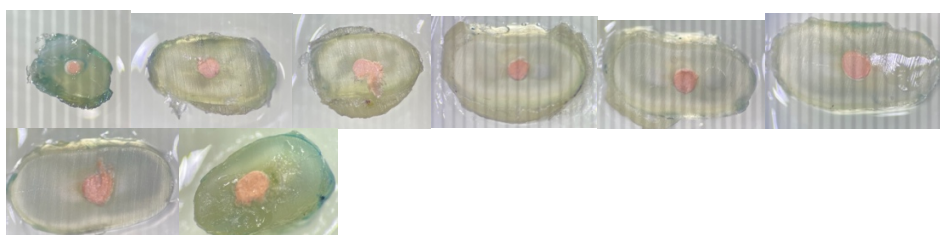
A



B



C



D

Figura 29 – Espécimes do grupo GC-: A – Espécime nº36; B – Espécime nº3; C – Espécime nº6; D – Espécime nº30.

8.2 Autorização da Comissão de Ética Egas Moniz

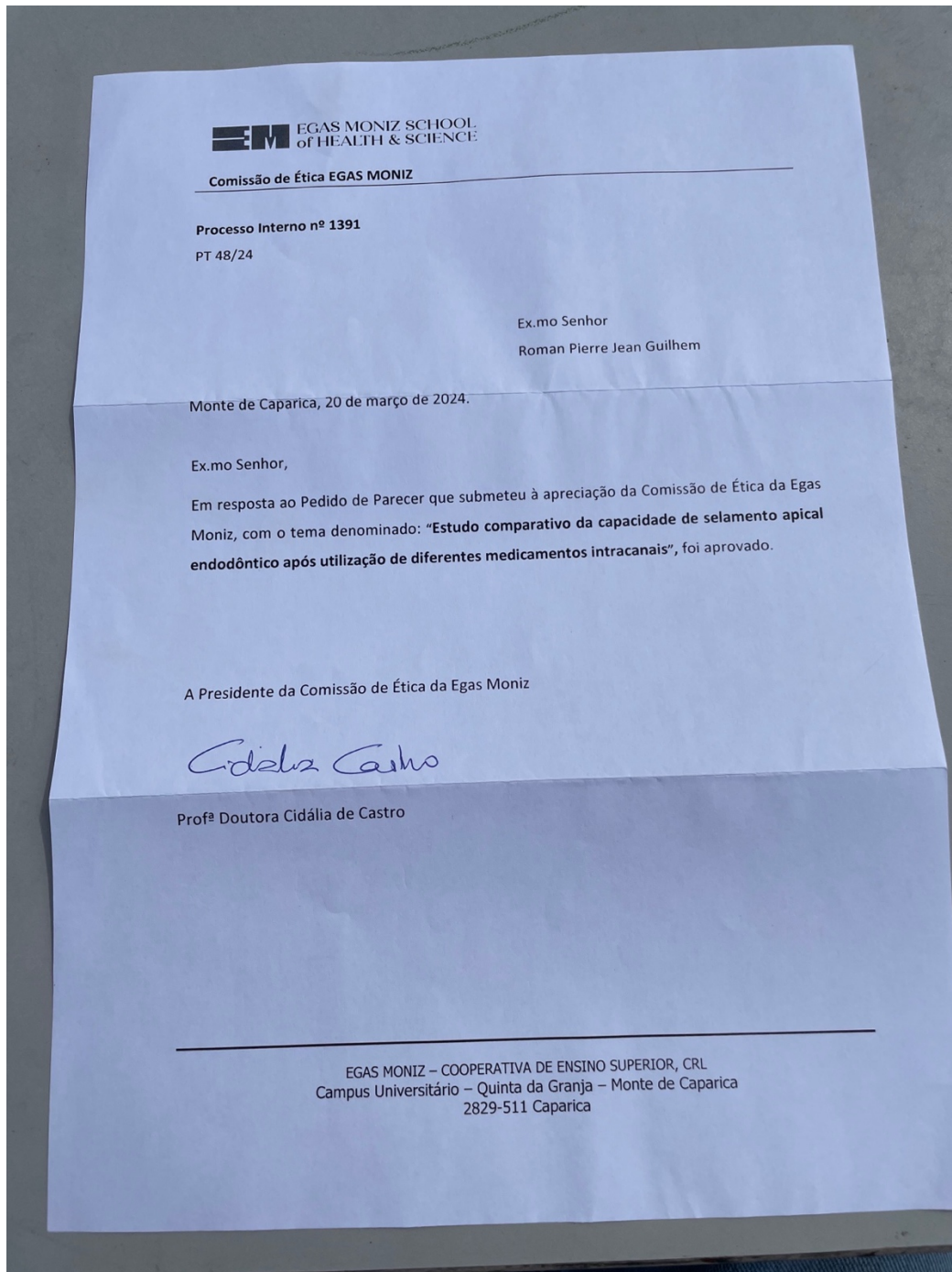


Figura 30 – Autorização imprimida da comissão de ética Egas Moniz.