JNT FACIT BUSINESS AND TECHNOLOGY JOURNAL
ISSN: 2526-4281 - ANO 2026 - MÊS DE OUTUBRO
Ed. 78. Vol. 1 - Págs. 179-209
DOI: 10.5281/zenodo.23345053



CAPES

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

QUALIS A2



AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA E POR MICROSCOPIA ÓPTICA DA QUALIDADE DA OBTURAÇÃO ENDODÔNTICA REALIZADA POR ESTUDANTES DE GRADUAÇÃO DA DISCIPLINA DE ENDODONTIA LABORATORIAL DA FFOE/UFC[1]

RADIOGRAPHIC AND OPTICAL MICROSCOPIC EVALUATION OF THE QUALITY OF ENDODONTIC ROOT FILLING PERFORMED BY UNDERGRADUATE STUDENTS IN THE LABORATORY ENDODONTICS COURSE AT FFOE/UFC

Francisco Anderson de Sousa SALES
Universidade Federal do Ceará (UFC)
E-mail: andersonsousasales@alu.ufc.br
ORCID: http://orcid.org/0009-0006-8429-2128

Luis Flávio Gaspar HERCULANO
Universidade Federal do Ceará (UFC)
E-mail: flavioherculando@yahoo.com.br
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-6110-4124

Roberto Pinheiro BORGES
Universidade Federal do Ceará (UFC)
E-mail: robertopinheiroborges@ufc.br
ORCID: http://orcid.org/0009-0008-1928-3895

RESUMO

O objetivo da obturação tridimensional do sistema de canais radiculares é promover seu preenchimento e completo selamento, reduzindo a possibilidade de permanência ou ingresso de microrganismos e seus subprodutos nos tecidos perirradiculares. A condensação lateral a frio é uma técnica amplamente utilizada, embora possa apresentar limitações, como espaços vazios, fusão incompleta dos cones de guta-percha e falta de adaptação às paredes do canal. Nesse contexto, este estudo avaliou, por meio de análise radiográfica e microscópica, a qualidade das obturações endodônticas realizadas por alunos de graduação em Odontologia da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem (FFOE) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Foram avaliados 18 dentes humanos ex vivo, uni ou birradiculares, sem alterações radiculares aparentes, totalizando 32 canais radiculares tratados. Inicialmente, procedeu-se à avaliação radiográfica e, posteriormente, os dentes foram

[1] COMO CITAR: (ABNT): SALES, F. A. S.; HERCULANO, L. F. G.; BORGES, R. P. Avaliação Radiográfica e por Microscopia Óptica da Qualidade da Obturação Endodôntica Realizada por Estudantes de Graduação da Disciplina de Endodontia Laboratorial da FFOE/UFC. **JNT Facit Business and Technology Journal.** Qualis A2. ISSN: 2526-4281, Mês de Outubro de 2026 - Ed. 78. VOL. 01. Págs. 179-209. Disponível: http://revistas.faculdadefacit.edu.br. Acesso em: ___/___/___.

seccionados transversalmente no nível da falha radiográfica mais significativa para análise por microscopia óptica. As imagens foram analisadas pelo programa UTHSCSA Image Tool, mensurando-se as áreas total do canal, obturada e correspondente aos espaços vazios. Dos canais avaliados, 65,63% apresentaram espaços vazios, correspondendo a uma média de 4,74% da área total. Das falhas identificadas radiograficamente, 9% não foram observadas posteriormente na microscopia óptica. Na análise estatística, não foi identificada associação significativa entre a técnica de instrumentação de Cristian e Peikoff e as demais técnicas quanto à proporção de espaços vazios ($p > 0,9999$; teste exato de Fisher). Concluiu-se que os espaços vazios foram frequentes nas obturações e que os métodos radiográfico e microscópico apresentaram resultados distintos, fornecendo informações complementares sobre a qualidade da obturação.

Palavras-chave: Endodontia. Obturação do canal radicular. Condensação lateral. Guta-percha. Estudantes de Odontologia.

ABSTRACT

The aim of three-dimensional root canal obturation is to achieve adequate filling and complete sealing of the root canal system, thereby minimizing the potential for microorganisms and their by-products to persist within or penetrate the periradicular tissues. Although cold lateral condensation remains widely used, the technique has recognized limitations, including the presence of voids, incomplete adaptation of gutta-percha cones, and inadequate adaptation to the canal walls. This study assessed the quality of root canal obturations performed by undergraduate dental students at the School of Pharmacy, Dentistry and Nursing (FFOE), Federal University of Ceará (UFC), using radiographic and microscopic analyses. Eighteen ex vivo human teeth, including single-and two-rooted teeth with no apparent root abnormalities, were evaluated, comprising 32 root canals. The specimens were first examined radiographically and subsequently sectioned transversely at the level of the most pronounced radiographic failure for optical microscopic evaluation. Images were analyzed using UTHSCSA Image Tool software to determine the total canal area, obturated area, and area occupied by voids. Voids were detected in 65.63% of the root canals, corresponding to a mean of 4.74% of the total canal area. Of the failures detected radiographically, 9% were not identified by optical microscopy. Statistical analysis showed no significant association between the Cristian and Peikoff instrumentation technique and the other instrumentation techniques with respect to

the proportion of voids (p > 0.9999; Fisher's exact test). Voids were frequently observed in the evaluated obturations, while radiographic and microscopic assessments yielded different findings, indicating that these methods provide complementary information regarding obturation quality.

Keywords: Endodontics. Root canal obturation. Lateral compaction. Gutta-percha. Dental students.

INTRODUÇÃO

Os principais objetivos da terapia endodôntica são a limpeza químico-mecânica e a modelagem do sistema de canais radiculares, seguidas da completa obturação em suas três dimensões (Schilder, 1967). A obturação constitui, nesse contexto, uma etapa fundamental do tratamento, pois busca preencher o espaço do canal radicular e limitar a comunicação entre o sistema de canais, os tecidos perirradiculares e o meio bucal. Essa finalidade assume especial relevância diante do papel dos microrganismos na instalação e manutenção das infecções endodônticas e da periodontite apical (Kakehashi; Stanley; Fitzgerald, 1965; Siqueira et al. 2000; Siqueira-Júnior; Rôças, 2022). Desse modo, o preenchimento tridimensional deve dificultar a entrada de novos microrganismos e reduzir espaços que favoreçam a persistência daqueles que eventualmente permaneçam após o preparo químico-mecânico.

Para alcançar esse propósito, a guta-percha e os cimentos endodônticos permanecem entre os materiais mais utilizados na obturação dos dentes tratados endodonticamente, sendo a guta-percha reconhecida por sua ampla utilização e por suas características físico-químicas favoráveis (Vishwanath; Rao, 2019). Entretanto, sua utilização não elimina a possibilidade de falhas no preenchimento do sistema de canais, o que impulsionou o desenvolvimento de diferentes materiais e técnicas com o propósito de melhorar a adaptação e o selamento da obturação (Vishwanath; Rao, 2019; Lim et al., 2020). À vista disso, o material obturador ideal deve apresentar biocompatibilidade, radiopacidade, atoxicidade, estabilidade dimensional, baixa solubilidade nos fluidos teciduais, facilidade de manipulação e capacidade de adaptação às paredes do canal. Apesar desses avanços, nenhum material reúne integralmente tais características, sendo propriedades como solubilidade, estabilidade dimensional e capacidade de selamento particularmente relevantes para a manutenção da obturação ao longo do tempo (Lim *et al.,* 2020; Silva *et al.,* 2021).

Entre as técnicas desenvolvidas para a utilização da guta-percha, a condensação lateral a frio permanece amplamente empregada, especialmente pela relativa simplicidade, pelo baixo custo e pela utilização consolidada no ensino da Endodontia (Schilder, 1967; Bhandi *et al.,* 2021). De modo geral, a técnica consiste na adaptação de um cone principal ao comprimento de trabalho, seguida da utilização de um espaçador para criação de espaço e inserção sucessiva de cones acessórios, buscando preencher lateralmente o canal radicular.

Embora apresente vantagens operacionais, a condensação lateral possui limitações relacionadas à anatomia interna dos canais e à possibilidade de formação de espaços entre os cones, entre a guta-percha e o cimento e entre o material obturador e as paredes dentinárias (Eguchi *et al.,* 1985; Bhandi *et al.,* 2021). Essa dificuldade pode ser ainda mais evidente em canais ovais ou com irregularidades anatômicas, nos quais a adaptação do material pode não ocorrer de maneira uniforme (Wu; Wesselink, 2001).

De fato, a formação de uma massa obturadora homogênea constitui uma das limitações históricas da condensação lateral. Estudos clássicos demonstraram irregularidades na forma e na condensação da guta-percha, distribuição inadequada do cimento e dificuldade de reprodução das variações anatômicas dos canais (Brayton; Davis; Goldman, 1973). De maneira semelhante, Eguchi *et al.* (1985), ao compararem diferentes técnicas de obturação, observaram menor proporção de área ocupada por guta-percha nos níveis apicais dos canais obturados pela condensação lateral. Esses achados, portanto, fundamentaram a utilização da relação entre a área total do canal, a área ocupada pela guta-percha e a área correspondente aos espaços vazios como parâmetros objetivos da qualidade da obturação.

Diante dessas limitações, foram desenvolvidas técnicas que empregam calor ou fricção para plastificar a guta-percha e favorecer sua adaptação às irregularidades do sistema de canais. Entre elas, a compactação vertical a quente, introduzida por Schilder, buscou aumentar a densidade da guta-percha na região apical e favorecer o preenchimento de canais laterais e forames, sendo posteriormente modificada pela incorporação do Sistema B e da chamada técnica da onda contínua (Schilder, 1967; Buchanan, 1996). Posteriormente, o Sistema B passou a ser utilizado para o aquecimento e a compactação vertical da guta-percha, sendo comparado à condensação lateral em estudos que avaliaram, entre outros parâmetros, a área ocupada pelo material obturador e sua adaptação às paredes do canal (De-Deus *et al.,* 2006). Além dessas, técnicas termoplastificadas, como Thermafil e JS Quick-Fill,

também foram desenvolvidas com o objetivo de melhorar a adaptação da guta-percha, ampliando as possibilidades técnicas de obturação.

Ainda assim, as limitações relacionadas à presença de espaços vazios não são exclusivas da condensação lateral. Revisões sistemáticas baseadas em microtomografia computadorizada demonstram que diferentes técnicas podem apresentar vazios, embora técnicas termoplastificadas possam apresentar menor quantidade em determinadas condições experimentais (Bhandi *et al.,* 2021). De forma complementar, em metanálise mais recente, Só *et al.* (2024) observaram resultados superiores da condensação vertical aquecida em determinados parâmetros relacionados à presença de vazios quando comparada à condensação lateral, enquanto não foram identificadas diferenças significativas entre a condensação lateral e a técnica de cone único. Em conjunto, esses achados indicam que a qualidade da obturação não depende exclusivamente da técnica empregada, mas também de fatores como anatomia do canal, materiais utilizados e método de avaliação.

Sob essa perspectiva, a qualidade técnica da obturação constitui um dos componentes do tratamento endodôntico e está relacionada ao seu resultado, embora o prognóstico seja multifatorial e também dependa do controle da infecção, da qualidade do preparo químico-mecânico, da anatomia do sistema de canais e da restauração coronária. Por conseguinte, a avaliação da qualidade da obturação apresenta importância tanto clínica quanto educacional, especialmente para a identificação de falhas técnicas durante a formação acadêmica (Ribeiro *et al.,* 2017; Polyzos *et al.,* 2018)

Nessa abordagem, a avaliação radiográfica permanece como um dos principais métodos utilizados para determinar a qualidade técnica dos tratamentos endodônticos, permitindo observar características como comprimento, densidade e conicidade do preenchimento. Essa abordagem continua sendo empregada, inclusive, no contexto da formação acadêmica, conforme demonstram estudos recentes realizados com estudantes de Odontologia, que utilizaram parâmetros radiográficos para avaliar a qualidade dos tratamentos realizados durante a graduação (Bezerra *et al.,* 2024; El-Ma'aita *et al.,* 2024; Ayhan; Yıldız; Protogerou, 2025). Apesar de sua ampla aplicabilidade, a radiografia convencional apresenta limitações por produzir uma imagem bidimensional do sistema de canais, podendo não evidenciar determinados espaços vazios ou permitir sua mensuração tridimensional. Além disso, a radiodensidade pode ser influenciada pela radiopacidade do material utilizado, limitando sua utilização isolada como parâmetro de qualidade.

Diante dessas limitações, diferentes métodos complementares têm sido empregados para avaliar a qualidade das obturações, incluindo testes de infiltração, análise de cortes transversais e métodos microscópicos (Wu; Wesselink, 1993; Wu; Wesselink, 2001). Entre essas possibilidades, a análise de cortes transversais permite a observação direta da interface entre o material obturador e as paredes do canal, bem como a identificação e mensuração de espaços vazios. Assim, estudos têm utilizado microscopia óptica ou estereomicroscopia para avaliar a distribuição dos componentes da obturação e quantificar as áreas de guta-percha, cimento e espaços não preenchidos (Wu; Kašťáková; Wesselink, 2001; Gençoğlu *et al.,* 2002; Jarrett *et al.,* 2004; Elayouti *et al.,* 2005). Embora métodos tridimensionais, como a microtomografia computadorizada, tenham ampliado as possibilidades de investigação, a microscopia de cortes transversais permanece relevante em estudos laboratoriais pela possibilidade de observação e quantificação direta das áreas analisadas (Bhandi *et al.,* 2021; Só *et al.,* 2024).

A partir dessa perspectiva quantitativa, a análise da área ocupada pela guta-percha e dos espaços vazios constitui uma abordagem objetiva para a avaliação da qualidade da obturação. Estudos anteriores mensuraram, em cortes transversais, as áreas totais do canal, de guta-percha, de cimento e de espaços vazios, estabelecendo relações percentuais entre esses componentes para caracterizar a qualidade do preenchimento (Eguchi *et al.,* 1985; Wu; Kašťáková; Wesselink, 2001; Gençoğlu *et al.,* 2002; Ardila; Wu; Wesselink, 2003; De-Deus *et al.,* 2006). Com isso, a avaliação, antes predominantemente visual, passa a incorporar medidas objetivas, possibilitando comparações mais precisas entre diferentes obturações. Além disso, a aquisição e o processamento digital de imagens permitem mensurar áreas e proporções, favorecendo a análise quantitativa e estatística dos resultados.

Paralelamente, a manutenção de uma camada de cimento suficientemente fina e uniformemente distribuída ao redor de uma massa sólida de guta-percha permanece desejável, considerando que a solubilidade e a estabilidade dimensional dos cimentos podem interferir na manutenção do selamento ao longo do tempo (Lim *et al.,* 2020; Silva *et al.,* 2021). Desse modo, a análise conjunta da área de guta-percha, do cimento e dos espaços vazios permite uma caracterização mais objetiva da qualidade do preenchimento e de sua distribuição no interior do canal radicular.

Além dos aspectos relacionados à técnica e aos materiais, a execução da obturação representa um desafio importante no contexto da graduação, uma vez que obturações radiculares de alta qualidade são tecnicamente exigentes e dependem do desenvolvimento de habilidades manuais e cognitivas. Nesse período de formação,

estudos recentes evidenciam variabilidade na qualidade técnica dos tratamentos realizados por estudantes, incluindo falhas relacionadas à obturação e à presença de espaços vazios (El-Ma'aita *et al.,* 2024; Ayhan; Yıldız; Protogerou, 2025). Consequentemente, a avaliação objetiva do desempenho dos graduandos pode contribuir para a identificação de dificuldades técnicas e para o aperfeiçoamento do ensino da Endodontia.

Dessa forma, considerando a importância da qualidade da obturação do canal radicular e a ampla utilização da técnica da condensação lateral a frio, o presente estudo teve como objetivo geral avaliar, por meio de análise radiográfica e microscopia óptica, a qualidade das obturações endodônticas realizadas por alunos de graduação em dentes ex vivo. Ademais, buscou-se mensurar, nos terços médio e apical dos canais radiculares, as regiões em que permaneceram espaços vazios, expressando seus valores em termos absolutos e percentuais, bem como analisar comparativamente a área obturada e a área correspondente aos espaços vazios após a obturação pela técnica da condensação lateral a frio.

MATERIAIS E MÉTODOS

População e Amostra

A pesquisa foi realizada a partir da utilização de dentes doados pelo Laboratório de Pesquisas em Odontologia, obtidos anteriormente à aprovação das Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas envolvendo Seres Humanos, estabelecidas pela Resolução CNS nº 196/96, de 10 de outubro de 1996. Foram utilizados 18 dentes humanos, uni ou birradiculares, sem alterações radiculares aparentes, cujos canais radiculares haviam sido tratados por alunos de graduação da disciplina de Endodontia Laboratorial do curso de Odontologia da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem (FFOE) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Preparação da Amostra

Primeiramente, os dentes foram limpos com pedra-pomes e escovas de Robinson e, em seguida, desinfetados por imersão em solução de timol a 0,1% durante 24 horas. Na fase pré-clínica, os alunos de graduação executaram a terapia endodôntica utilizando dentes humanos extraídos, fixados em manequim odontológico.

Após o acesso endodôntico, foi realizada a odontometria pelo método de Ingle. Inicialmente, determinou-se o comprimento aparente do dente (CAD) na radiografia de diagnóstico, subtraindo-se 2 mm desse valor para obtenção do comprimento real do instrumento (CRI). Essa medida foi transferida para uma lima, utilizando-se um cursor, que foi então introduzida no canal radicular. Em seguida, realizou-se uma nova tomada radiográfica para estabelecer o comprimento real do dente (CRD), determinado pela soma da distância entre a ponta do instrumento e o vértice radiográfico com o CRI. O comprimento real de trabalho (CRT) foi estabelecido 1 mm aquém do forame apical, mediante a inserção de uma lima tipo K-file nº 15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) no canal radicular.

A técnica de instrumentação mais utilizada foi a de Cristian e Peikoff (46,9%), sendo a escolha da técnica baseada na anatomia do canal do elemento dental. A obturação foi realizada pela técnica de condensação lateral a frio, utilizando-se cones de guta-percha e cimento Endofill (Dentsply Maillefer, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil).

A lima selecionada para iniciar o preparo foi aquela que se ajustava ao comprimento de trabalho. Foram utilizadas mais três limas para o preparo apical e outras três para o recuo progressivo programado, com redução de 1 mm no comprimento de trabalho a cada aumento do diâmetro da lima. Para o preparo do terço cervical, foram utilizadas brocas Gates-Glidden.

Os canais radiculares foram irrigados com 2 mL de hipoclorito de sódio a 1% (Inodon, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) entre cada troca de instrumento. Ao final do preparo, os canais foram inundados com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) a 17% (pH 7,7), durante 3 minutos, com o objetivo de remover a camada de *smear layer*. Em seguida, realizou-se a irrigação final com hipoclorito de sódio a 1% e soro fisiológico. Os canais foram secos com pontas de papel absorvente (Dentsply Maillefer, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil), correspondentes ao calibre do último instrumento utilizado.

Os dentes foram obturados pela técnica de condensação lateral. Um espaçador de aço nº 30 foi introduzido até 1 mm aquém do comprimento de trabalho, e cones acessórios foram inseridos no espaço deixado pelo espaçador após sua remoção. Esse procedimento foi repetido até que o espaçador não penetrasse além do terço médio da raiz. Quando se observava que a condensação lateral apresentava falhas na obturação, utilizava-se o gutta-condensor como recurso auxiliar. Após a conclusão da obturação, a porção coronal de guta-percha foi removida com um calcador de Paiva

aquecido (Millenium, Golgran, São Paulo, Brasil), seguindo-se a condensação vertical da porção cervical.

Para a aquisição das radiografias convencionais, os elementos dentais foram posicionados diante do filme radiográfico, com incidência perpendicular dos feixes de raios

X. Após a exposição, os filmes foram processados em soluções químicas (Kodak Company), em câmara escura. Posteriormente, as radiografias foram secas e arquivadas.

Em seguida, procedeu-se à avaliação radiográfica visual. Um examinador, especialista em Endodontia e docente, realizou a análise das radiografias quanto à presença ou ausência de falhas nas obturações endodônticas, registrando as informações em uma tabela. Foi considerada falha a presença de qualquer área radiolúcida no interior da massa obturadora ou entre esta e as paredes do canal radicular.

Corte dos Espécimes e Obtenção das Imagens

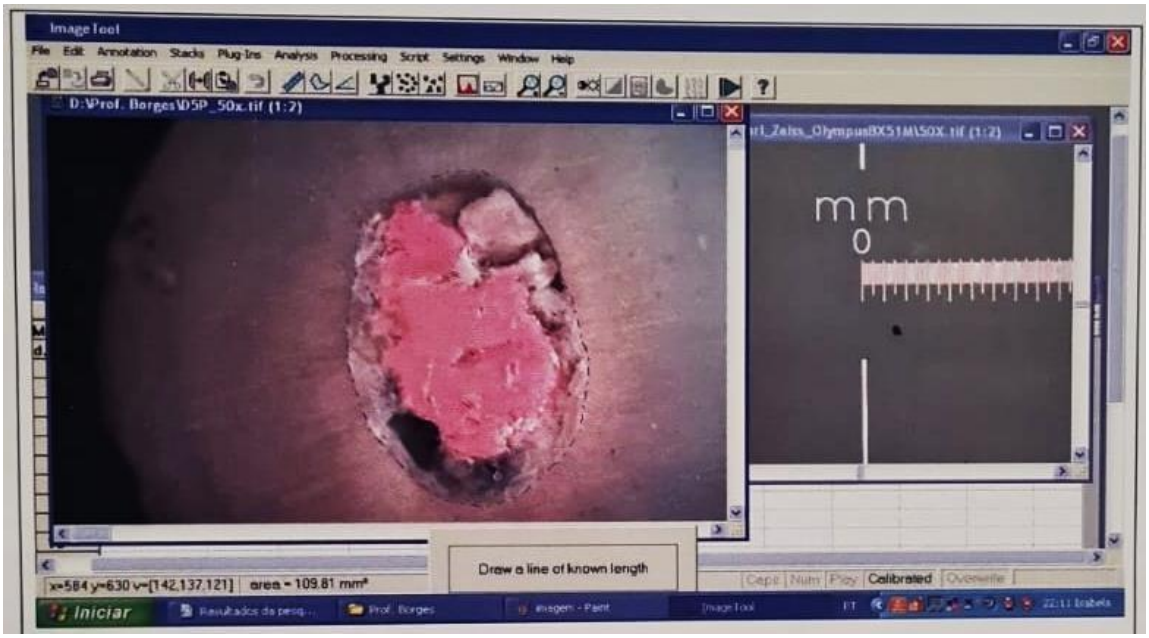
Os espécimes foram fixados com cola quente (silicone) em um suporte e seccionados transversalmente utilizando-se um disco diamantado com espessura de corte de 0,5 mm, acoplado a uma cortadeira metalográfica (Isomet, Buehler Ltda., Lake Bluff, IL, EUA), no nível correspondente à falha mais significativa identificada pela avaliação radiográfica. Durante o procedimento, foi utilizada irrigação contínua com água, a fim de evitar o superaquecimento dos espécimes.

A partir das secções obtidas, foram realizadas fotomicrografias utilizando-se um microscópio óptico (Olympus BX51M Optical Microscope). Os espécimes foram analisados nos aumentos de 50x e 100x. O microscópio estava conectado a um computador exclusivo do equipamento, permitindo que as imagens fossem transmitidas e armazenadas em meio digital para posterior análise.

Análise Imagiológica

As imagens obtidas foram analisadas por meio do programa Image Tool (Copyright 1995–2002) para mensuração das áreas, em mm^2, correspondentes ao canal radicular total, considerado como 100%, à guta-percha, ao cimento endodôntico e aos espaços vazios. Também foi determinado o percentual de espaços vazios em relação à área total do canal (Figura 1). As imagens foram avaliadas por um observador calibrado, em estudo cego.

Figura 1: Programa de medida de área Image Tool.

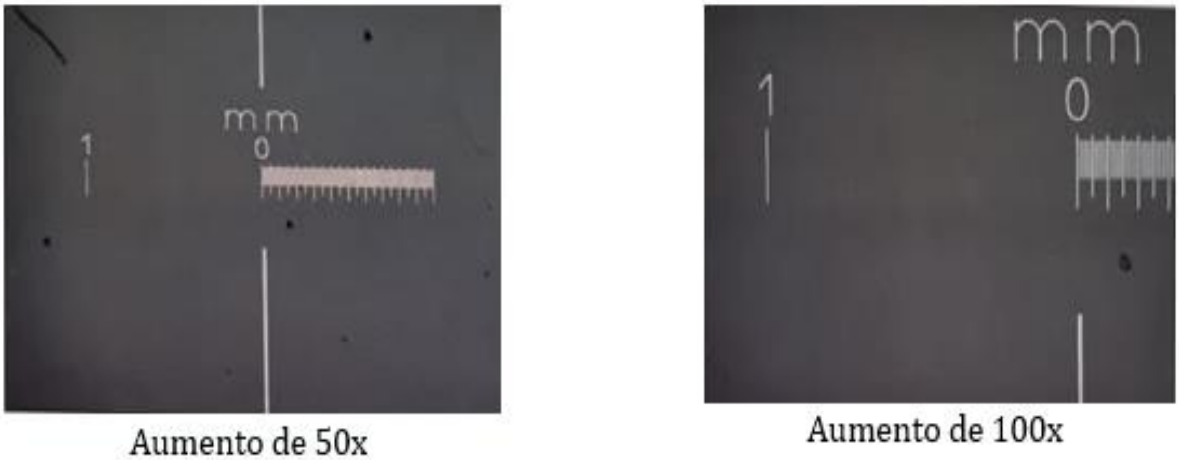


Fonte: Acervo dos autores.

A calibração das medidas de área nas fotografias foi realizada de acordo com o aumento correspondente do microscópio, utilizando-se como referência o traço apresentado na imagem de cada espécime, correspondente a 1 mm (Figura 2). Os valores em pixels correspondentes aos aumentos de 50× e 100× foram determinados conforme apresentado na Tabela 1, com auxílio de uma régua calibradora Calibre Carl Zeiss Olympus BX51M.

Foi realizada análise descritiva das imagens, considerando-se a presença ou ausência de espaços vazios e sua extensão percentual em relação à área total do canal. Os dados obtidos foram posteriormente reunidos para caracterizar quantitativamente a distribuição dos componentes da obturação e qualitativamente os achados mais frequentes.

Figura 2: Régua calibradora Calibre Carl Zeiss Olympus BX51M.



Fonte: Laboratório de Caracterização de Materiais (LACAM) do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Tabela 1: Correspondência entre os valores utilizados para a calibração das imagens

Aumento Óptico	Traço de Referência (mm)	Valor Medido (Pixels)
50x	1,0	43
100x	1,0	86

Fonte: Dados da pesquisa – UFC.

Análise Estatística

Na análise quantitativa, foram avaliadas, nos terços médio e apical dos canais radiculares, as áreas correspondentes à guta-percha, ao cimento endodôntico e aos espaços vazios, considerando-se a área total de cada canal como referência (100%).

Para as variáveis área de guta-percha, área de cimento e área de espaços vazios, foram calculados a média, a mediana, o desvio-padrão e o coeficiente de variação. Também foi calculado o percentual de espaços vazios em relação à área total do canal. Os dados foram organizados em tabelas utilizando-se o programa Microsoft Office Excel, versão Home and Student, 2007.

Os dados referentes à mensuração linear realizada nas imagens obtidas no maior aumento foram organizados em tabelas e submetidos às comparações estatísticas pertinentes.

Para a análise da associação entre as variáveis categóricas, foi utilizado o teste exato de Fisher, pressuposto para aplicação da análise de variância ($p>0,9999$).

RESULTADOS

Análise Qualitativa

As imagens obtidas por meio de microscopia óptica apresentaram características distintas entre os componentes da obturação. O cimento endodôntico apresentou coloração branca e superfície irregular, enquanto a guta-percha mostrou tonalidade rosada, superfície predominantemente lisa e contornos nítidos em alguns espécimes. Em outras amostras, observou-se uma massa obturadora na qual a guta-percha se encontrava intimamente associada ao cimento endodôntico.

Os espaços vazios foram identificados como áreas sem preenchimento, visualizadas predominantemente como regiões escuras, embora, em alguns espécimes, tenham sido observadas estruturas elevadas, atribuídas à presença de debris ou a irregularidades decorrentes do processo de corte e polimento das secções.

Figura 3: Dente 1 - terço apical.



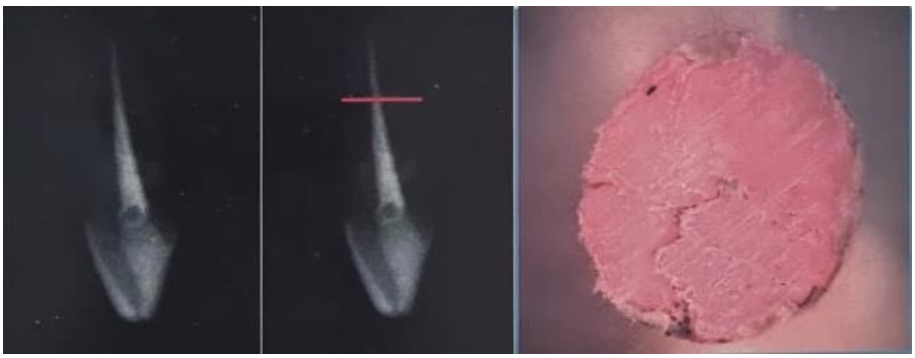
Fonte: Acervo dos autores.

Figura 4: Dente 2 - terço apical.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 5: Dente 3 - terço médio.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 6: Dente 4 - terço apical.



Fonte: Acervo dos autores

Figura 7: Dente 5 - terço apical.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 8: Dente 6 - terço apical.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 9: Dente 7 - terço apical.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 10: Dente 8 - terço médio.



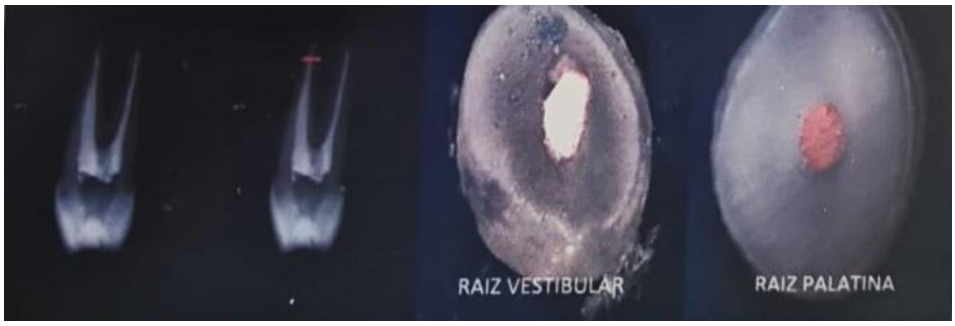
Fonte: Acervo dos autores.

Figura 11: Dente 9 - terço apical.



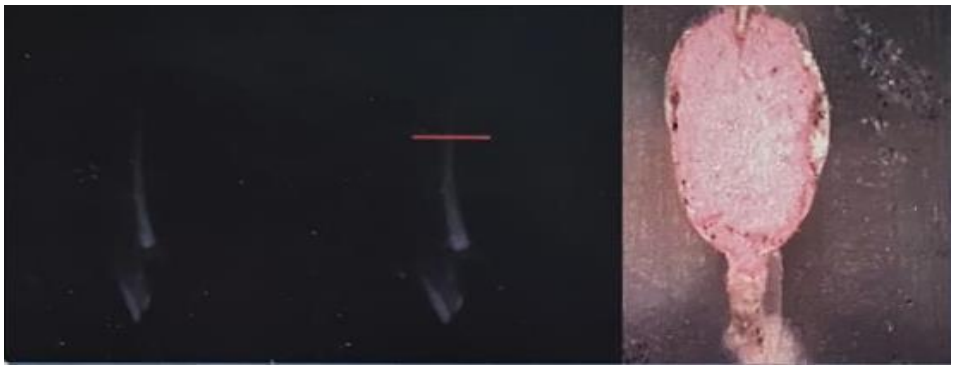
Fonte: Acervo dos autores.

Figura 12: Dente 10 - terço apical.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 13: Dente 11 - terço médio.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 14: Dente 12 - terço apical.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 15: Dente 13 - terço apical.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 16: Dente 14 - terço apical.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 17: Dente 15 - terço médio.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 18: Dente 17 - terço apical.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 19: Dente 18 - terço médio.



Fonte: Acervo dos autores.

Análise Quantitativa

Foram avaliados 32 canais radiculares, cuja área total apresentou média de 46,46 mm^2 (desvio-padrão [DP] = 27,80), enquanto a área obturada apresentou média de 44,13 mm^2 (DP = 26,89). A área de espaços vazios apresentou média de 3,25 mm^2 (DP = 4,31), enquanto a proporção de espaços vazios correspondeu, em média, a 4,74% (DP = 7,46%) da área total dos canais. Os dados referentes às variáveis numéricas analisadas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Estatísticas descritivas das variáveis numéricas.

Variáveis	n	C.V. (%)	Mínimo–Máximo	Mediana	Média	DP
Falha radiográfica (visual) (mm)	22	39,95	0,20–0,90	0,50	0,53	0,21
Nível de corte (mm)	31	46,19	0,20–0,90	0,40	0,47	0,22
Área total (mm^2)	32	59,84	14,84–124,80	35,71	46,46	27,80
Área obturada (mm^2)	32	60,92	14,63–122,26	34,86	44,13	26,89
Área de espaços vazios (mm^2)	21	132,53	0,06–14,91	0,97	3,25	4,31
Espaços vazios (%)	32	157,47	0,00–31,72	1,29	4,74	7,46
Lima memória (mm)	27	27,44	20,00–55,00	35,00	36,30	9,96

Fonte: Dados da pesquisa – UFC.

Do total de amostras avaliadas, 65,63% apresentaram obturações com presença de espaços vazios identificados nas avaliações radiográfica e microscópica.

Entre os dentes avaliados, 43,75% eram birradiculares. Desses, 50% tiveram a segunda raiz seccionada no nível correspondente à falha observada na raiz avaliada, sem que fossem identificadas, na avaliação radiográfica, falhas nessa segunda raiz.

Entre as falhas identificadas radiograficamente, 9% não foram observadas na avaliação por microscopia óptica.

Em relação ao nível das secções, 68,7% dos cortes foram realizados no terço apical, enquanto os demais foram obtidos em outras regiões do canal radicular. Esse achado demonstra que a maior parte das secções analisadas correspondeu à região apical, local em que foram identificadas as falhas selecionadas para o procedimento de corte.

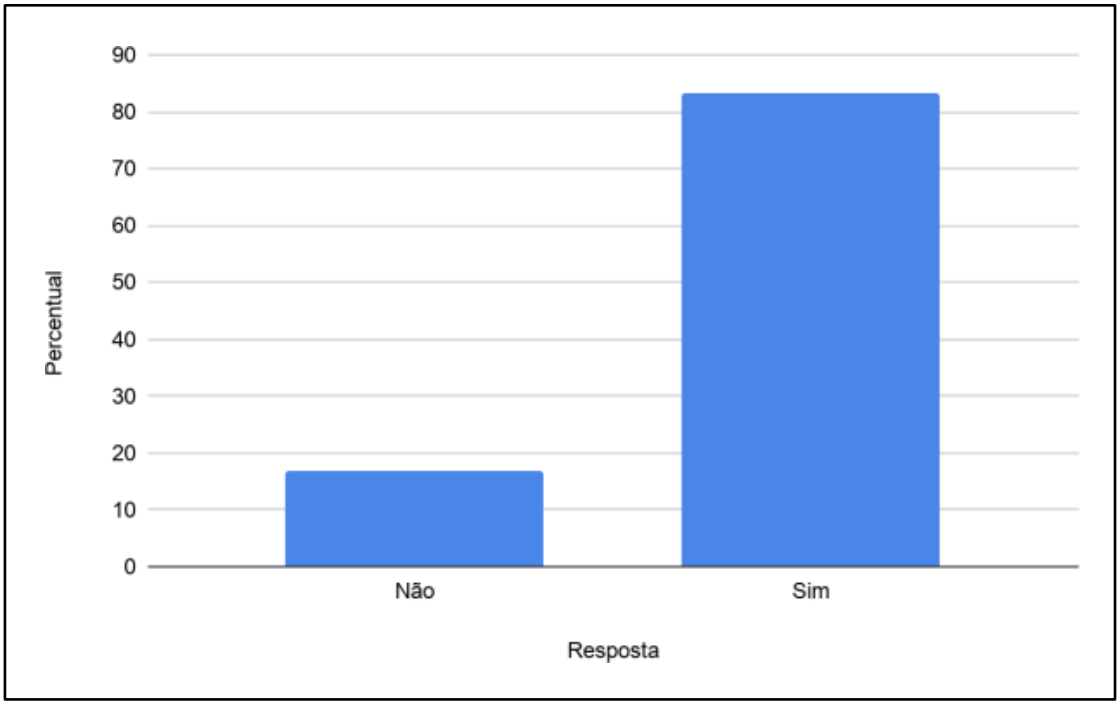
Quanto às técnicas de instrumentação empregadas, entre os 32 canais radiculares avaliados, a técnica de Cristian e Peikoff foi a mais utilizada, correspondendo a 46,9% dos canais. As demais técnicas empregadas foram a escalonada (step-back), em 21,9%, e a técnica de Oregon, em 15,6%, enquanto em 15,6% dos canais a técnica de instrumentação não foi informada (Tabela 3). Além disso, o compactador termomecânico de guta-percha (McSpadden; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi utilizado em 83,3% dos dentes avaliados, sendo empregado para a recondensação da obturação nos casos em que foram identificadas falhas após a condensação lateral (Figura 20).

Tabela 3: Distribuição dos canais radiculares segundo a técnica de instrumentação.

Técnica de instrumentação	n de canais	Percentual (%)	Percentual válido (%)
Cristian e Peikoff	15	46,9	55,6
Escalonada (step-back)	7	21,9	25,9
Oregon	5	15,6	18,5
Não informado	5	15,6	—
Total válido	**27**	**84,4**	**100,0**
Total	**32**	**100,0**	—

Fonte: Dados da pesquisa – UFC.

Figura 20: Distribuição percentual do uso de compactador termomecânico nos dentes avaliados.



Fonte: Dados da pesquisa – UFC.

Na análise comparativa entre a técnica de Cristian e Peikoff e as demais técnicas de instrumentação, considerando-se como ponto de corte a média de 4,74% de espaços vazios, não foi observada associação estatisticamente significativa entre a técnica de instrumentação e a proporção de espaços vazios (p > 0,9999; teste exato de Fisher). Os resultados dessa comparação estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Distribuição dos canais radiculares segundo a técnica de instrumentação e a proporção de espaços vazios.

Técnica de instrumentação	Categoria de espaços vazios	n	% dentro da técnica	% dentro da categoria de espaços vazios	% do total
Cristian e Peikoff	≤ 4,74%	10	66,7	55,6	37,0
	> 4,74%	5	33,3	55,6	18,5
	Total	**15**	**100,0**	**55,6**	**55,6**
Outras técnicas	≤ 4,74%	8	66,7	44,4	29,6
	> 4,74%	4	33,3	44,4	14,8
	Total	**12**	**100,0**	**44,4**	**44,4**
Total	≤ 4,74%	**18**	**66,7**	**100,0**	**66,7**
	> 4,74%	**9**	**33,3**	**100,0**	**33,3**
	Total	**27**	**100,0**	**100,0**	**100,0**

Nota: % dentro da técnica = percentual calculado em relação ao total de canais de cada técnica de instrumentação; % dentro da categoria de espaços vazios = percentual calculado em relação ao total de canais pertencentes a cada categoria de espaços vazios; % do total = percentual calculado em relação aos 27 canais com informação disponível sobre a técnica de instrumentação. p > 0,9999; teste exato de Fisher.
Fonte: Dados da pesquisa - UFC).

DISCUSSÃO

O sucesso da terapia endodôntica está diretamente relacionado à qualidade da fase preparatória, responsável por eliminar irritantes, substratos e restos pulpares do sistema de canais radiculares. Focar exclusivamente na técnica de obturação negligencia essa etapa essencial, pois um preparo adequado permite que diferentes métodos de obturação alcancem resultados satisfatórios (Weine; Wenckus, 2004). Essa concepção permanece pertinente, uma vez que a obturação representa a etapa final de um conjunto de procedimentos interdependentes, cuja qualidade não pode ser dissociada do preparo químico-mecânico e do controle da infecção do sistema de canais radiculares (De-Deus et al., 2022).

No presente trabalho, tentou-se padronizar a fase preparatória, tendo os alunos de graduação realizado completa instrumentação. No entanto, as diferenças observadas na qualidade das obturações após a instrumentação, bem como a presença de espaços vazios em 65,63% das amostras, sugerem que a etapa de obturação também constitui um fator importante na produção de um tratamento endodôntico de qualidade. Entretanto, esses achados devem ser interpretados com cautela, pois não permitem atribuir as diferenças observadas exclusivamente à técnica de obturação, uma vez que fatores como anatomia do canal, características do preparo, materiais empregados e execução operatória também podem interferir no resultado final. De-Deus e colaboradores (2022) destacam justamente que o preenchimento do canal constitui o elo final de uma sequência de procedimentos interdependentes e que a qualidade observada experimentalmente não deve ser dissociada das demais etapas do tratamento.

Eleftheriadis e Lambrianidis (2005) também compararam a qualidade técnica de tratamentos endodônticos realizados por alunos de graduação, em 620 casos clínicos. Eles descobriram que a frequência de obturação adequada foi de 72% para dentes anteriores, em comparação com 55% nos pré-molares e 47% nos molares. Os resultados evidenciaram, portanto, uma redução da qualidade técnica à medida que aumentava a complexidade anatômica dos dentes tratados. Assim como no presente estudo, os autores avaliaram a capacidade dos alunos para realizar a obturação, embora em condições clínicas e por critérios radiográficos diferentes dos

empregados nesta investigação. Estudos mais recentes continuam demonstrando essa variabilidade no desempenho dos estudantes. Madfa et al. (2024), ao avaliarem obturações realizadas por graduandos em dentes extraídos, observaram diferenças na qualidade técnica de acordo com características dos dentes e dos estudantes.

A metodologia de cortes transversais para análise da qualidade de obturação já foi examinada anteriormente por outros autores (De-Deus et al., 2003; De-Deus et al., 2006; De-Deus et al., 2008; Souza et al., 2009). Ela é apropriada desde que os espécimes sejam preparados de maneira adequada, com cortes e polimento corretos, associados a equipamentos capazes de capturar imagens nítidas. Além desses tópicos, a análise das imagens deve ser executada com auxílio de software que permita a mensuração minuciosa das medidas de área dos espécimes (Maniglia-Ferreira et al., 2011).

Neste estudo, buscou-se respeitar tais detalhes para que os resultados obtidos fossem adequados. Embora métodos tridimensionais tenham ampliado as possibilidades de avaliação da qualidade das obturações, a análise de secções transversais continua sendo útil para a mensuração direta da distribuição dos componentes da obturação em determinado nível do canal. Todavia, a escolha do modelo experimental deve considerar suas limitações, especialmente a possibilidade de análise de apenas uma região do espécime e a ocorrência de alterações decorrentes do próprio processo de corte (De-Deus et al., 2022).

A aquisição de dados quantitativos através de processamento de imagens digitais oferece vantagens em relação às avaliações exclusivamente qualitativas, permitindo a mensuração direta das áreas de interesse. Na presente pesquisa, essa abordagem possibilitou quantificar a área total do canal, a área obturada e a área correspondente aos espaços vazios, além de expressar os vazios em valores percentuais. Outros estudos têm utilizado com sucesso processamento de imagem digital para quantificar diretamente as áreas de interesse (Heard; Walton, 1997; Silver; Love; Purton, 1999; De-Deus et al., 2003). Atualmente, a microtomografia computadorizada permite ampliar essa avaliação para uma perspectiva tridimensional, possibilitando a quantificação volumétrica dos espaços vazios e dos materiais obturadores. Ainda assim, a escolha do método deve estar relacionada à pergunta de pesquisa e às características do modelo experimental (De-Deus et al., 2022; Só et al., 2024). A revisão sistemática e metanálise de Só e colaboradores (2024), por exemplo, utilizou estudos com micro-CT para comparar diferentes técnicas de obturação e demonstrou que os resultados podem variar conforme a técnica e o método de avaliação empregado.

Normalmente utilizada como técnica de referência para comparação com outras técnicas de preenchimento, uma das principais desvantagens da condensação lateral é a sua incapacidade de reproduzir integralmente a superfície interna do canal radicular, especialmente em canais com irregularidades. Tanto a forma irregular quanto a inadequada preparação do canal podem influenciar negativamente a qualidade do preenchimento. A presença de regiões não alcançadas pelos instrumentos pode dificultar, posteriormente, o preenchimento adequado dessas áreas. Wu e Wesselink (2001) demonstraram que canais ovais podem apresentar áreas não tocadas pelo preparo e que essas regiões constituem um desafio para a obturação. O presente estudo está de acordo com esses achados, uma vez que foram identificados espaços vazios em parcela expressiva das obturações avaliadas.

Uma vez que a compactação lateral foi descrita pela primeira vez por Hall, em 1930, várias modificações foram introduzidas em relação ao uso de espaçadores e cones acessórios (Weine; Wenckus, 2004; Gutmann; Witherspoon, 2002). Espaçadores digitais e manuais, cones de guta-percha (GP) padrão de conicidade 2 e cones GP de maior conicidade, não estandardizados, são usados atualmente (Gutmann; Witherspoon, 2002). Segundo a literatura, a proporção de guta-percha preenchendo a área do canal pode variar de acordo com o grupo dentário, a largura e a anatomia do canal, a técnica empregada e o nível em que a raiz é seccionada (Eguchi et al., 1985; Gençoğlu et al., 2002). Em estudo experimental, Souza et al. (2009) demonstraram que a porcentagem de guta-percha em obturações realizadas por condensação lateral é influenciada tanto pela técnica quanto pela área do canal e pelo nível de avaliação.

Baixa Proporção de Guta-Percha (PGP) na área apical após a condensação lateral foi relatada anteriormente (Eguchi et al., 1985; Gutmann; Dumsha; Lovdahl, 2006). Esse aspecto é particularmente relevante no presente estudo, considerando que 68,7% das secções foram realizadas no terço apical. Porém, esse percentual deve ser interpretado em conjunto com o critério metodológico adotado, uma vez que os cortes foram realizados no nível selecionado a partir da falha identificada radiograficamente. Assim, a maior frequência de secções no terço apical não permite afirmar, isoladamente, que os espaços vazios tenham ocorrido predominantemente nessa região em razão da técnica de condensação lateral.

Infelizmente, tentativas de aumentar a PGP por meio da aplicação de forças elevadas sobre o espaçador (Schmidt et al., 2000) podem aumentar o risco de fraturas radiculares

(Meister; Lommel; Gerstein, 1980; Wilcox; Roskelley; Sutton, 1997). Embora essas referências clássicas permaneçam importantes para a compreensão desse princípio técnico, estudos mais recentes continuam discutindo a relação entre diferentes sistemas e técnicas de obturação e a resistência à fratura radicular. Uma revisão sistemática e metanálise em rede publicada em 2024 avaliou 48 estudos experimentais e 2.724 raízes, demonstrando que a resistência à fratura varia conforme o sistema e a técnica de obturação, reforçando que a influência mecânica do procedimento deve ser analisada de forma multifatorial (Li et al., 2024).

Outra preocupação quando se utiliza a Condensação Lateral (CL) é a possibilidade de preenchimento coronal prematuro. Considerando que os cones GP são mais largos coronariamente, o terço cervical do canal radicular é provavelmente obturado antes do apical, especialmente se cones acessórios não estandardizados de maior conicidade são usados. Quando o preenchimento cervical prematuro ocorre, a colocação de cones GP apicalmente pode ser dificultada (Wu et al., 2003). Esses aspectos são particularmente relevantes no ensino da Endodontia, pois a execução adequada da condensação lateral depende do controle da penetração do espaçador, da seleção dos cones acessórios e da sequência de compactação. Dessa maneira, as dificuldades técnicas inerentes ao procedimento podem ser mais evidentes em estudantes que ainda estão desenvolvendo habilidades psicomotoras e domínio da técnica.

Gound e colaboradores (2009) compararam a qualidade, considerando comprimento e densidade, e a eficiência, considerando o tempo para conclusão da obturação, quando técnicas de obturação com cone único ou múltiplo foram utilizadas pelos estudantes concluintes do curso de Odontologia. Os autores observaram diferenças entre as técnicas quanto à qualidade e ao tempo necessário para sua execução, demonstrando que a escolha da técnica também apresenta implicações no contexto educacional. Esses resultados guardam relação com os achados do presente estudo, no qual foram observadas variações na qualidade das obturações realizadas por acadêmicos. No entanto, os critérios de avaliação foram diferentes, uma vez que o presente estudo associou avaliação radiográfica e microscópica.

Em vários estudos, a saúde periapical e melhor resultado do tratamento endodôntico apresentaram maior probabilidade de associação com a qualidade da obturação radicular e sua localização em relação ao ápice radiográfico (Saunders et al., 1997; Chugal; Clive; Spångberg, 2003). Esse critério radiográfico foi utilizado no presente estudo para avaliar a qualidade da obturação radicular realizada pelos alunos de graduação, apesar de atualmente se reconhecer que a avaliação

radiográfica da obturação não deve ser considerada, isoladamente, como medida do sucesso do tratamento. De-Deus et al. (2022) ressaltam que a qualidade técnica do preenchimento constitui apenas uma das etapas relacionadas ao tratamento endodôntico e que os resultados obtidos em modelos laboratoriais não devem ser diretamente extrapolados para o prognóstico clínico.

Semelhantes critérios foram utilizados por outros autores (Buckley; Spångberg, 1995; Boltacz-Rzepkowska; Pawlicka, 2003; Barrieshi-Nusair; Al-Omari; Al-Hiyasat, 2004). No estudo de Khabbaz, Protogerou e Douka (2010), a avaliação radiográfica da qualidade técnica de obturação do canal radicular em dentes anteriores e posteriores, realizada por estudantes de Odontologia do 4º e 5º ano, revelou que, no geral, 54,8% foram tecnicamente aceitáveis. Embora seja difícil comparar este achado com outras instituições de ensino, a tendência é semelhante para alguns (Eleftheriadis; Lambrianidis, 2005) e divergente para outros (Hayes et al., 2001; Barrieshi-Nusair; Al-Omari; Al-Hiyasat, 2004 ; Er et al., 2006).

Nesse sentido, o percentual de 65,63% de amostras com presença de espaços vazios encontrado no presente estudo não deve ser comparado diretamente com percentuais de “obturações aceitáveis” descritos em estudos radiográficos. Enquanto esses estudos geralmente avaliam comprimento, densidade e conicidade da obturação, a presente investigação quantificou microscopicamente a área correspondente aos espaços vazios. Portanto, diferenças nos métodos e critérios de avaliação podem explicar parte da variabilidade observada entre os trabalhos.

Diferentes pesquisas têm demonstrado que, em geral, a qualidade técnica dos tratamentos endodônticos realizados por estudantes apresenta limitações e varia conforme a complexidade dos casos. Assim, não é possível estabelecer um único percentual de qualidade que represente todas as instituições de ensino ou todos os níveis de formação. Estudos recentes reforçam essa variabilidade: Ahmed et al. (2024), por exemplo, encontraram proporção expressiva de tratamentos tecnicamente insuficientes realizados por graduandos em um serviço de atenção primária, enquanto outro estudo publicado em 2024, envolvendo 601 dentes tratados por estudantes com sistema reciprocante de lima única, encontrou qualidade global considerada aceitável em 87,68% dos casos. Essas diferenças reforçam que fatores institucionais, treinamento, sistema de instrumentação, tipo dentário e critérios de avaliação devem ser considerados antes de qualquer comparação direta entre percentuais.

A lógica da técnica da condensação lateral é aumentar a Proporção de Guta-Percha (PGP) para cimento no canal radicular, com o objetivo de diminuir

potencialmente as lacunas que possam ocorrer devido à contração do cimento ou dissolução, especialmente na região apical (Souza et al., 2009). Entretanto, a presença de espaços vazios observada no presente estudo demonstra que o aumento da proporção de guta-percha não elimina, por si só, a ocorrência de falhas de preenchimento. A revisão sistemática e metanálise de Só et al. (2024) mostrou que a qualidade da obturação varia entre as técnicas, com resultados favoráveis às técnicas de compactação vertical aquecida em comparação com a condensação lateral em alguns casos específicos, embora com elevada heterogeneidade entre os estudos. Os autores também não encontraram diferença estatisticamente significativa entre a condensação lateral e a técnica de cone único.

A qualidade técnica da obturação radicular, como ilustrada pelas radiografias, é importante para o resultado do tratamento, mas não reflete a qualidade do tratamento em geral. Na verdade, os procedimentos antissépticos e assépticos durante o tratamento, o método utilizado para preparação do canal e os materiais utilizados são fatores prognósticos que também devem ser considerados (Wong, 2004). Essa compreensão permanece atual e é reforçada por De-Deus et al. (2022), que destacam a natureza interdependente das etapas do tratamento endodôntico e as limitações de se utilizar exclusivamente parâmetros laboratoriais de obturação como preditores de sucesso clínico.

Um dos objetivos dos docentes deve ser melhorar o conhecimento e as habilidades através da melhoria do programa educacional. O nível educacional oferecido em Endodontia tem sido um tema de grande interesse (Hayes et al., 2001; Petersson et al., 2002; Barrieshi-Nusair; Al-Omari; Al-Hiyasat, 2004; Eleftheriadis; Lambrianidis, 2005; Er et al., 2006; Sonntag et al., 2008). A qualidade da educação é resultado de muitos fatores, como o tempo dedicado ao ensino teórico e prático, o treinamento pré-clínico e clínico, a relação professor-aluno, o nível clínico e científico dos professores, a especialização docente, a didática e os métodos de avaliação.

Essa preocupação permanece atual. Estudos recentes demonstram que estudantes apresentam dificuldades tanto na execução quanto na avaliação da qualidade dos tratamentos endodônticos. Odabaşı-Tezer et al. (2026), ao avaliarem 107 estudantes na interpretação de radiografias de tratamentos endodônticos, encontraram concordância moderada para o comprimento, baixa para a densidade e baixa a moderada para a conicidade, além de baixa concordância na identificação de erros de procedimento. Esses achados reforçam a necessidade de desenvolver, durante a graduação, não apenas habilidades técnicas, mas também capacidade crítica para avaliação da qualidade dos próprios procedimentos.

Ao comparar-se o resultado global da qualidade dos tratamentos endodônticos levantados em vários estudos, constatou-se que há considerável variação na incidência de tratamentos considerados bons, satisfatórios ou adequados. Como exemplo, podem-se citar os resultados publicados por Siqueira et al. (2000), com 56,9% de casos considerados satisfatórios, e por Lupi-Pegurier et al. (2002), demonstrando 32% de obturações adequadas. Mais do que comparar isoladamente esses percentuais, deve-se considerar a dificuldade de definir um padrão único de método de avaliação e critérios uniformes para estabelecer os parâmetros de qualidade, além do equilíbrio da avaliação intra e interexaminadores. Atualmente, essa questão permanece relevante, pois estudos utilizam diferentes critérios, métodos de imagem, tipos de dentes e populações, dificultando comparações diretas entre os percentuais de qualidade encontrados.

No presente estudo, essa questão é particularmente importante, pois foram empregados dois métodos de avaliação: radiográfico e microscópico. Das falhas visualizadas radiograficamente, 9% não foram posteriormente observadas na microscopia óptica. Esse resultado demonstra que os métodos apresentaram resultados distintos e que a avaliação radiográfica e a microscopia podem fornecer informações complementares. Portanto, não é adequado afirmar que as radiografias foram tão precisas quanto as secções dos dentes na detecção de vazios, pois o delineamento do estudo não permite estabelecer equivalência diagnóstica entre os métodos.

Quando avaliados à luz do rigor acadêmico, os tratamentos endodônticos do presente estudo evidenciam a dificuldade da técnica endodôntica, principalmente quando executada por acadêmicos em processo de formação. Esse fato, porém, não deve ser interpretado exclusivamente como limitação individual dos estudantes, mas como resultado da interação entre a complexidade anatômica, o preparo do canal, a técnica de obturação, os materiais utilizados e a experiência operatória. Dessa forma, os achados reforçam a importância do treinamento pré-clínico e clínico, da supervisão docente e da utilização de métodos objetivos de avaliação para identificar e corrigir as dificuldades apresentadas pelos acadêmicos.

CONCLUSÃO

Levando-se em consideração os resultados obtidos neste experimento ex vivo, concluiu-se que:

1. As obturações realizadas pelos alunos de graduação apresentaram espaços vazios em 65,63% das amostras, correspondendo a uma média de 4,74% da

área total dos canais radiculares. Esses achados evidenciam a dificuldade de obtenção de um preenchimento homogêneo e completamente livre de espaços vazios pela técnica da condensação lateral a frio nas condições avaliadas.

2. Das falhas visualizadas radiograficamente, 9% não foram observadas posteriormente na microscopia óptica. Sendo assim, os métodos de avaliação apresentaram resultados distintos, indicando que a avaliação radiográfica e a análise microscópica podem fornecer informações complementares sobre a qualidade da obturação endodôntica.
3. Na análise estatística, não foi identificada associação significativa entre a técnica de instrumentação de Cristian e Peikoff e as demais técnicas de instrumentação quanto à proporção de espaços vazios, considerando-se como ponto de corte a média de 4,74% ($p > 0,9999$; teste exato de Fisher). Assim, nas condições avaliadas, não houve diferença estatisticamente significativa na distribuição dos espaços vazios entre os grupos de técnicas de instrumentação analisados.
4. Diante dos resultados, recomenda-se a realização de novos estudos, com amostras maiores e métodos de avaliação complementares, a fim de ampliar a compreensão dos fatores relacionados à qualidade das obturações realizadas por alunos de graduação. Os achados também reforçam, no contexto acadêmico, a importância do treinamento prático e da supervisão docente para o aprimoramento das habilidades endodônticas dos estudantes.

REFERÊNCIAS

AHMED, A. et al. Investigating the technical quality of undergraduate endodontic treatment in a primary care-based dental school. **British Dental Journal**, v. 236, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41415-024-7130-4.

ARDILA, C. N.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Percentage of filled area in mandibular molars after conventional root-canal instrumentation and after a non instrumentation technique (NIT). **International Endodontic Journal**, v. 36, n. 9, p. 591-598, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00689.x.

AYHAN, M.; YILDIZ, T.; PROTOGEROU, E. Evaluation and comparison of mandibular molar root canal filling quality performed by undergraduate preclinical dental students. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, art. 196, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-025-00196-y.

BARRIESHI-NUSAIR, K. M.; AL-OMARI, M. A.; AL-HIYASAT, A. S. Radiographic technical quality of root canal treatment performed by dental students at the Dental Teaching Center in Jordan. **Journal of Dentistry**, v. 32, n. 4, p. 301-307, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.01.002.

BEZERRA, V. G. L. et al. Technical quality of root fillings performed by undergraduate dental students in single-canal teeth: a 10-year retrospective study. **European Journal of Dental Education**, v. 28, n. 4, p. 1052-1057, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1111/eje.13041.

BHANDI, S. et al. Complete obturation—cold lateral condensation vs. thermoplastic techniques: a systematic review of micro-CT studies. **Materials**, v. 14, n. 14, p. 4013, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ma14144013.

BOLTACZ-RZEPOLOWSKA, E.; PAWLICKA, H. Radiographic features and outcome of root canal treatment carried out in the Łódź region of Poland. **International Endodontic Journal**, v. 36, n. 1, p. 27-32, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.0143-2885.2003.00608.x.

BRAYTON, S. M.; DAVIS, S. R.; GOLDMAN, M. Gutta-percha root canal fillings. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology**, v. 35, n. 2, p. 226-231, fev. 1973. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0030-4220(73)90289-2.

BUCHANAN, L. S. The continuous wave of obturation technique: "centered" condensation of warm gutta percha in 12 seconds. **Dentistry Today**, v. 15, n. 1, p. 60-67, 1996.

BUCKLEY, M.; SPANGBERG, L. S. W. The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 79, n. 1, p. 92-100, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1016/s1079-2104(05)80081-2.

CHUGAL, N. M.; CLIVE, J. M.; SPANGBERG, L. S. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 96, n. 1, p. 81-90, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1016/s1079-2104(02)91703-8.

DE-DEUS, G. et al. A critical analysis of research methods and experimental models to study root canal fillings. **International Endodontic Journal**, v. 55, supl. 2, p. 384-445, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1111/iej.13713.

DE-DEUS, G. et al. A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. **International Endodontic Journal**, v. 39, n. 5, p. 378-383, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01082.x.

DE-DEUS, G. et al. Analysis of the film thickness of a root canal sealer following three obturation techniques. **Brazilian Oral Research**, v. 17, n. 2, p. 119-125, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1517-74912003000200004.

DE-DEUS, G. et al. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. **Journal of Endodontics**, v. 34, n. 11, p. 1401-1405, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.08.015.

EGUCHI, D. S. et al. A comparison of the area of the canal space occupied by gutta-percha following four gutta-percha obturation techniques using Procosol sealer. **Journal of Endodontics**, v. 11, n. 4, p. 166-175, 1985. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0099-2399(85)80141-2.

ELAYOUTI, A. et al. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. **Journal of Endodontics**, v. 31, n. 9, p. 687-690, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1097/01.don.0000157991.83577.e0.

ELEFTHERIADIS, G. I.; LAMBRIANIDIS, T. P. Technical quality of root canal treatment and detection of iatrogenic errors in an undergraduate dental clinic. **International Endodontic Journal**, v. 38, n. 10, p. 725-734, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.01008.x.
EL-MA'AITA, A. M. et al. Molar root canal treatment performed by undergraduate dental students; an observational study of procedural errors and student perception. **BMC Medical Education**, v. 24, n. 1, art. 397, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s12909-024-05397-z.

ER, O. et al. Radiographic technical quality of root fillings performed by dental students in Turkey. **International Endodontic Journal**, v. 39, n. 11, p. 867-872, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01158.x.

GENÇOĞLU, N. et al. Comparison of different gutta-percha root filling techniques: Thermafil, Quick-fill, System B, and lateral condensation. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 93, n. 3, p. 333-336, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1067/moe.2002.120253.

GOUND, T. G. et al. Graduating dental students' ability to produce quality root canal fillings using single- or multiple-cone obturation techniques. **Journal of Dental Education**, v. 73, n. 6, p. 696-705, jun. 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2009.73.6.tb04749.x.

GUTMANN, J. L.; DUMSHA, T. C.; LOVDAHL, P. E. **Problem Solving in Endodontics**: prevention, identification, and management. 4. ed. St. Louis: Mosby, 2006. 592 p.

GUTMANN, J. L.; WITHERSPOON, D. E. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. *In*: COHEN, S.; BURNS, R. C. (ed.). **Pathways of the Pulp**. 8. ed. St. Louis: Mosby, 2002. p. 293-364.

HALL, E. M. The mechanisms of root-canal treatment. **Journal of the American Dental Association**, v. 17, n. 1, p. 88-108, 1930.

HAYES, S. J. et al. An audit of root canal treatment performed by undergraduate students. **International Endodontic Journal**, v. 34, n. 7, p. 501-505, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00421.x.

HEARD, F.; WALTON, R. E. Scanning electron microscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canals. **International Endodontic Journal**, v. 30, n. 5, p. 323-331, set. 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1997.00090.x.

JARRETT, I. S. et al. Percentage of canals filled in apical cross sections: an in vitro study of seven obturation techniques. **International Endodontic Journal**, v. 37, n. 6, p. 392-398, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00821.x.

KAKEHASHI, S.; STANLEY, H. R.; FITZGERALD, R. J. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. **Oral Surgery, Oral**

Medicine, and Oral Pathology, v. 20, n. 3, p. 340-349, 1965. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0030-4220(65)90166-0.

KHABBAZ, M. G.; PROTOGEROU, E.; DOUKA, E. Radiographic quality of root fillings performed by undergraduate students. **International Endodontic Journal**, v. 43, n. 6, p. 499–508, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01706.x.

LI, G. et al. Comparative assessment of vertical fracture resistance in endodontically treated roots with different obturating systems and techniques: a systematic review and network meta-analysis of in vitro studies. **BMC Oral Health**, v. 24, art. 1439, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s12903-024-05111-x.

LIM, M. et al. Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review. **Restorative Dentistry & Endodontics**, v. 45, n. 3, e35, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e35.

LUPI-PEGURIER, L. et al. Periapical status, prevalence and quality of endodontic treatment in an adult French population. **International Endodontic Journal**, v. 35, n. 8, p. 690-697, ago. 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00547.x.

MADFA, A. A. et al. Assessment of the quality of root canal fillings performed on extracted teeth by undergraduate dental students in a sample from Saudi Arabia. **BMC Medical Education**, v. 24, art. 157, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s12909-024-05136-4.

MANIGLIA-FERREIRA, C. et al. Análise da capacidade de preenchimento de canais radiculares com guta-percha promovida por três diferentes técnicas de obturação de canais radiculares. **RSBO**, v. 8, n. 1, p. 19-26, 2011. Disponível em: http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-56852011000100004&lng=en&nrm=iso.

MEISTER, F. JR.; LOMMEL, T. J.; GERSTEIN, H. Diagnosis and possible causes of vertical root fractures. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology**, v. 49, n. 3, p. 243-253, 1980. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0030-4220(80)90056-0.

ODABAŞI-TEZER, E. et al. Radiographic evaluation of root canal fillings: can undergraduate dental students perform it? **BMC Medical Education**, v. 26, art. 537, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s12909-026-08884-7.

PETERSSON, K. et al. Undergraduate education in endodontology at two European dental schools. **European Journal of Dental Education**, v. 6, n. 4, p. 176-181, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1034/j.1600-0579.2002.00261.x.

POLYZOS, N. K. et al. Quality of Root Canal Fillings Performed by Undergraduate Students and the Related Factors on the Treatment Outcome: A 2- to 5-Year Follow-Up. **European Endodontic Journal**, v. 3, n. 3, p. 179–185, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.14744/eej.2018.69077.

RIBEIRO, D. M. et al. Technical quality of root canal treatment performed by undergraduate students using hand instrumentation: a meta-analysis.

International Endodontic Journal, v. 51, n. 3, p. 269–283, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1111/iej.12853.

SAUNDERS, W. P. et al. Technical standard of root canal treatment in an adult Scottish sub-population. **British Dental Journal**, v. 182, n. 10, p. 382-386, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4809394.

SCHILDER, H. Filling root canals in three dimensions. **Dental Clinics of North America**, v. 11, n. 3, p. 723-744, 1967. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.007.

SCHMIDT, K. J. et al. Comparison of nickel-titanium and stainless-steel spreader penetration and accessory cone fit in curved canals. **Journal of Endodontics**, v. 26, n. 1, p. 42-44, 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1097/00004770-200001000-00011.

SILVA, E. J. N. L. et al. Solubility of bioceramic- and epoxy resin-based root canal sealers: a systematic review and meta-analysis. **Australian Endodontic Journal**, v. 47, n. 3, p. 690-702, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1111/aej.12487.

SILVER, G. K.; LOVE, R. M.; PURTON, D. G. Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch'n Heat modified and System B. **International Endodontic Journal**, v. 32, n. 4, p. 287-295, 1999. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1999.00215.x.

SIQUEIRA, J. F. et al. Bacterial leakage in coronally unsealed root canals obturated with 3 different techniques. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 90, n. 5, p. 647-650, nov. 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1067/moe.2000.110412.

SIQUEIRA-JÚNIOR, J. F.; RÔÇAS, I. N. Present status and future directions: microbiology of endodontic infections. **International Endodontic Journal**, v. 55, supl. 3, p. 512-530, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1111/iej.13677.

SÓ, G. B. et al. Effect of obturation techniques on the quality of root canal fillings: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. **Iranian Endodontic Journal**, v. 19, n. 2, p. 61-74, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.22037/iej.v19i2.40210.

SONNTAG, D. et al. Preclinical endodontics: a survey amongst German dental schools. **International Endodontic Journal**, v. 41, n. 10, p. 863-868, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01438.x.

SOUZA, E. M. et al. Effect of filling technique and root canal area on the percentage of gutta-percha in laterally compacted root fillings. **International Endodontic Journal**, v. 42, n. 8, p. 719-726, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01575.x.

VISHWANATH, V.; RAO, H. M. Gutta-percha in endodontics – a comprehensive review of material science. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 22, n. 3, p. 216-222, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_420_18.

WEINE, F. S.; WENCKUS, C. S. **Endodontic Therapy**. 6. ed. St. Louis: Mosby, 2004.

WILCOX, L. R.; ROSKELLEY, C.; SUTTON, T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. **Journal of Endodontics**, v. 23, n. 8, p. 533-534, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1016/s0099-2399(97)80316-0.

WONG, R. Conventional endodontic failure and retreatment. **Dental Clinics of North America**, v. 48, n. 1, p. 265-289, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cden.2003.10.002.

WU, M. K. et al. The effect of using an inverted master cone in a lateral compaction technique on the density of the gutta-percha fill. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 96, n. 3, p. 345-350, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1016/s1079-2104(02)91711-7.

WU, M. K.; KASŤÁKOVÁ, A.; WESSELINK, P. R. Quality of cold warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. **International Endodontic Journal**, v. 34, n. 6, p. 485-491, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00463.x.

WU, M. K.; WESSELINK, P. R. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. **International Endodontic Journal**, v. 34, n. 2, p. 137-141, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00361.x.

WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. **International Endodontic Journal**, v. 26, n. 1, p. 37-43, 1993. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1993.tb00540.x.