UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Câmpus de Araraquara

LARISSA ARAÚJO DE PAULA E SILVA

ANÁLISE DE RESINAS NA CONFECÇÃO DE GUIAS CIRÚRGICOS ENDODÔNTICOS

Araraquara

2025

LARISSA ARAÚJO DE PAULA E SILVA

ANÁLISE DE RESINAS NA CONFECÇÃO DE GUIAS CIRÚRGICOS ENDODÔNTICOS

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, para obtenção do título de Grau acadêmico Mestre em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos.

Área de Concentração: Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos

Orientador(a): Prof. Dr. Antônio Carlos Guastaldi

Araraquara

2025

Silva, Larissa Araújo de Paula e.
S586a Análise de resinas na confecção de guias cirúrgicos endodônticos / Larissa Araújo de Paula e Silva. – Araraquara, 2025.
47 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos.

Orientador: Antônio Carlos Guastaldi.

1. Endodontia guiada. 2. Fresagem. 3. Anilhas. 4. Resina 3D. 5. Endodontia. 6. Impressão tridimensional. 7. Gomas e resinas sintéticas. I. Guastaldi, Antônio Carlos, orient. II. Título.

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP - Campus de Araraquara
Kazumi Tomoyose - CRB 8/10904

CAPES: 33004030170P0
Esta ficha não pode ser modificada

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araraquara

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Análise de Resinas na confecção de guias cirúrgicos endodônticos

AUTORA: LARISSA ARAÚJO DE PAULA E SILVA
ORIENTADOR: ANTONIO CARLOS GUASTALDI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em null, área: Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS GUASTALDI (Participaçao Virtual)
Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica / UNESP / Câmpus de Araraquara - IQAr

Dra. CAMILA FAVERO DE OLIVEIRA (Participaçao Virtual)
Curso de Especialização / APCD - Ribeirão Preto

Prof. Dr. JONAS DE CARVALHO (Participaçao Virtual)
Departamento de Engenharia Mecânica / Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP)

Araraquara, 18 de novembro de 2025.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de dedicar este trabalho para minha família e em especial para minha avó e meu *pet* que não estão mais presentes entre nós. Agradeço à minha mãe Rosiane e ao meu pai Júlio, obrigada por sempre me incentivarem a continuar estudando e pelo apoio durante esse processo, ao meu tio Rodrigo e ao meu avô Valdir, agradeço pelas palavras de incentivo para eu nunca desistir.

Agradeço à minha professora Camila, que me acompanha nessa jornada desde a graduação e me inspirou a seguir por esse caminho, obrigada pela amizade, pela paciência e pelos ensinamentos ao longo desses anos. Agradeço a meu orientador, Antônio Carlos Guastaldi por todo acompanhamento durante esse processo e pelos conselhos.

Agradeço ao professor Lucas por me apresentar ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos e pelo apoio durante o processo e pela oportunidade de acompanhar pesquisas.

Gostaria de agradecer a empresa *TechnoGuide* pela parceria no projeto em especial ao Dr. Amaury pela ajuda.

RESUMO

O presente estudo tem como foco a endodontia guiada, uma técnica odontológica inovadora que utiliza do planejamento virtual e impressão 3D para auxiliar no tratamento endodôntico, principalmente em casos complexos de canais calcificados. O objetivo desse trabalho é avaliar dois tipos de guias endodônticos, sendo cinco guias na resina *HeyGears* e cinco guias na resina Prizma. Foram confeccionados dez corpos de prova, contendo quatro réplicas 3D de dentes unirradiculares em cada um deles, fabricados em poliuretano com propriedades mecânicas e radiográficas semelhantes ao osso maxilar e dentes. Foi realizada tomografia pré-operatória e escaneamento com scanner 3S shape da marca TRIOS ambas as imagens foram integradas no software exocad, em seguida foi realizada a fresagem com um motor de implante da marca *Neodent* modelo *NeoSurgPro* (São Paulo, Brasil) com RPM (rotações por minuto) regulado em 900 rotações e torque de 5.0 para garantir um acesso sem resistências ao interior dos condutos. Para o planejamento digital dos corpos de prova foi considerado um acesso de 10 mm (milímetros) para isso foi utilizado um pino de fixação *Neodent* com 1.3 mm de diâmetro para realização das imagens pós-operatória. Após recebimento das imagens, elas foram reintegradas no *software exocad*, o pino usado para planejar a posição da fresa permaneceu no mesmo local, enquanto um novo pino foi posicionado ao longo do trajeto que a fresa percorreu na tomografia pós-operatória, possibilitando a comparação das distâncias apical, médio e, cervical entre o planejado e a posição real sobre o conduto fresado. Foi possível concluir que a resina *HeyGears* apresentou desempenho superior na região apical, com menor desvio em relação ao planejamento digital, quando comparada à resina Prizma, nas regiões médio e cervical, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos, sugerindo que ambas as resinas oferecem precisão satisfatória em áreas mais superficiais do conduto radicular.

Palavras-chave: endodontia guiada; fresagem; anilhas; resina 3D.

ABSTRACT

This study focuses on guided endodontics, an innovative dental technique that uses virtual planning and 3D printing to assist in endodontic treatment, particularly in complex cases of calcified canals. The objective of this study was to evaluate two types of endodontic guides, five HeyGears resin guides and five Prizma resin guides. Ten specimens were prepared, each containing four 3D replicas of single-rooted teeth. These were made of polyurethane with mechanical and radiographic properties similar to the jawbone and teeth. Preoperative tomography was performed in the operating room and scanning were performed using a TRIOS 3S shape scanner; both images were integrated into the Exocad software. Followed by milling with a Neodent implant motor NeoSurgPro model (São Paulo, Brazil) with a 900 rpm (revolutions per minute) and a torque of 5.0 to ensure resistance-free access to the inside of the canals. For digital planning of the specimens, a 10 mm (millimeter) access was considered, and a 1.3 mm diameter Neodent fixation pin was used to obtain postoperative images. After receiving the images, they were reintegrated into the software. The pin used to plan the reamer position remained in the same location, while a new pin was positioned along the path the bur traveled in the postoperative CT scan, allowing comparison of the apical and cervical distances between the planned and the actual position on the milled canal. It was possible to conclude that HeyGears resin showed superior performance in the apical region, with less deviation from digital planning, when compared to Prizma resin. In the middle and cervical regions, no significant differences were observed between the groups, suggesting that both resins offer satisfactory precision in more superficial areas of the root canal.

Keywords: guided endodontics; milling; washers; 3D resin.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Perguntas do formulário (1 a 6) 16
FIGURA 2 - Perguntas do formulário (7 a 9) 17
FIGURA 3 - Volume médio de perda de substância dentária (mm 3; com intervalos de confiança de 95%) para *Compared Conventional Access Cavity Preparation* (*CONV*) e *Real-Time Guided Endodontics* (*RTGE*) 18
FIGURA 4 - Tempo médio (minutos, com intervalos de confiança de 95%) necessário para detecção do canal radicular para *CONV* (acesso a cavidade de forma convencional) e *RTGE (endodontia guiada em tempo real).* 19
FIGURA 5 - Fluxograma da Pesquisa 20
FIGURA 6 - Protótipo de poliuretano 23
FIGURA 7 - Arquivo *STL* do protótipo 23
FIGURA 8 – Reconstrução 3D da tomografia 24
FIGURA 9 - Anilhas virtuais 24
FIGURA 10 - Tomografia e alinhamento das anilhas virtuais 25
FIGURA 11 - Alinhamento dos pontos 25
FIGURA 12 - Visualização do alinhamento das anilhas virtualmente 26
FIGURA 13 - A) Comprimento total da parte ativa da fresa *Neodent* 1.3mm; B) Comprimento total da anilha utilizada no guia 26
FIGURA 14 - A) Impressora *MiiCraft* 125 *Ultra*; B) Resina *DLP* Prizma *BioGuide* âmbar . 27
FIGURA 15 - Resina *HeyGears* A2D 27
FIGURA 16 - Resina Prizma 28
FIGURA 17 - Resina *HeyGears* 28
FIGURA 18 - Fresagem com brocas 29
FIGURA 19 - Motor de implante 900 torques e 5N 29
FIGURA 20 - Anilha de fixação 30
FIGURA 21 - Posicionamento anilha planejada e executada virtualmente 30
FIGURA 22 - Processo de medidas após fresagem para avaliação de desvios do planejado ao executado 31
FIGURA 23 - Resina Prizma (amostras 1 a 5) 32
FIGURA 24 - Resina *HeyGears* (amostras 1 a 5) 33
FIGURA 25 - Fluxograma da diferença estatística entre os grupos apical, médio e cervical . 34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Referente aos valores apicais da fresagem com resina *HeyGears*, letras A, B, C referente às anilhas 35
TABELA 2 - Referente aos valores médio da fresagem com resina *HeyGears*, letras A, B, C referente às anilhas 35
TABELA 3 - Referente aos valores cervicais da fresagem com resina *HeyGears*, letras A, B, C referente às anilhas 35
TABELA 4 - Referente aos valores apicais da fresagem com resina Prizma, letras A, B, C referente às anilhas 36
TABELA 5 - Referente aos valores médios da fresagem com resina Prizma letras A, B, C referente às anilhas 36
TABELA 6 - Referente aos valores cervicais da fresagem com resina Prizma, letras A, B, C referente às anilhas 36

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3D – 3 dimensões

CAD - *Computer Aided Design*

CAM - *Computer-Aided Manufacturing*

CBCT - *Cone Beam Computed Tomography*

CONV - *Compared Conventional Access Cavity Preparation*

DICOM - *Digital Imaging and Communication*

DLP - *Digital light processing*

HG – *HeyGears*

kV - Quilovolt

LCD - *Liquid Crystal Display*

mA - miliamperes

MMA – Metilmetacrilato

MSLA - *Masked Stereolithography Apparatus*

PR – Prizma

REF – Referência

RPM - Rotações por minuto

RTGE - *Real-Time Guided Endodontics*

SciELO - *Scientific Electronic Library Online*

SLA - *Stereolithography*

STL - *Stereolithography* (formato de arquivo)

UV – ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9

2 OBJETIVOS 12

2.1 OBJETIVO GERAL 12

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12

3 REVISÃO DE LITERATURA 13

4 MATERIAIS E MÉTODOS 20

5 RESULTADOS 32

5.1 ANÁLISE DA ADAPTAÇÃO DAS RESINAS 32

6 DISCUSSÃO 38

7 CONCLUSÃO 40

REFERÊNCIAS 42

1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico de canais obliterados e calcificados tem muitos desafios, podendo apresentar grande risco de falha. Geralmente, canais obliterados e calcificados estão associados a luxações e traumas, todavia, isso pode ocorrer por conta de lesões cariosas ou restaurações coronárias insatisfeitas, assim como pela deposição de dentina secundária ao longo da vida do paciente. Em alguns casos, a força ortodôntica pode gerar um tratamento de canal, além dos casos específicos indicados para o tratamento endodôntico. Vale ressaltar, que quando o elemento dentário apresenta sintomas como dor e sinais radiográficos de doença periapical, é necessária intervenção endodôntica (Andreasen *et al*., 1987; Agamy *et al*., 2004; Brodin; Linge; Aars, 1996; Cvek; Granath; Lundberg, 1982; Delivanis; Sauer, 1982; Johnstone; Parashos, 2015; Kiefner *et al*., 2017; Mccabe; Dummer, 2012; Oginni; Adekoya-Sofowora; Kolawole, 2009; Robertson *et al*., 1996; Sayegh; Reed, 1968).

Atualmente, para indicar se o elemento dentário necessita ou não do tratamento endodôntico, são utilizadas tecnologias atuais como a *CBCT* (*Cone Beam Computed Tomography)* e radiografias periapicais. As tomografias *cone beam* consistem em fazer vários cortes tomográficos em diversos planos (axial, coronal e sagital), o que permite enxergar áreas que não seriam possíveis em uma radiografia periapical, associado a isso, são utilizados planejamento 3D, uma tecnologia que revolucionou o uso da endodontia guiada, gerando um acesso mais fácil a canais atrésicos e calcificados, evitando assim, casos de iatrogenia (Krastl *et al.*, 2016; Michetti *et al*., 2010; Patel *et al*., 2015; Shah; Chong, 2018; Van Der Meer *et al*., 2016).

O conceito de endodontia guiada foi descrito a primeira vez por Krastl *et al* 2016, desde então, diversos *designs* de guias foram desenvolvidos. A endodontia guiada é uma alternativa clínica que utiliza do planejamento digital, o que permite ter um acesso mais preciso e seguro em canais atrésicos e calcificados. Esse planejamento consiste em um escaneamento intraoral do paciente, associado à tomografia, a partir disso, é gerado um arquivo no qual será montado o guia endodôntico para tratamento. O uso da endodontia guiada é uma técnica contraindicada para pacientes com limitação de abertura de boca, além disso, seu acesso a dentes posteriores é mais limitado, por conta das brocas e do difícil acesso à área, mas, mesmo assim, não é impossível (Connert *et al*., 2017; Connert *et al*., 2018; Connert *et al*., 2019; Krastl *et al*., 2016; Lara-Mendes *et al*., 2018b; Maia *et al*., 2019; Mena-Álvarez *et al*., 2017; Torres *et al*., 2019; Van Der Meer *et al*., 2016).

Recentes publicações de relatos de casos que utilizaram a técnica endodôntica guiada para tratamento de canais obliterados tem reportado ótimos resultados. Achados em diversos estudos estão tornando possível a sua aplicabilidade nos tratamentos. O uso da tomografia e escaneamento intraoral, quando usados no planejamento, permitem definir a profundidade, largura e ângulo com precisão. Após isso, essas aplicabilidades são utilizadas para impressão 3D (Buchgreitz; Buchgreitz, Bjørndal, 2019; Connert *et al*., 2017; Connert *et al*., 2019; Lara-Mendes *et al*., 2018a; Mena-Álvarez *et al*., 2017; Zehnder *et al*., 2016).

De acordo com Connert *et al*. 2018 a endodontia guiada é uma técnica que preserva mais tecido dentário em casos de tratamento de canais obliterados, permitindo resultado positivo na longevidade do dente tratado, porém, é uma técnica que pode apresentar limitações, pacientes com limitação de abertura bucal é contra-indicado pois a área de acesso fica difícil, tipo de resina, se houve distorção durante o processo de impressão, o sistema de planejamento utilizado e se foi corretamente planejado (Clark; Khademi, 2010; Mena-Álvarez *et al*., 2017).

Para a confecção de guias de acesso endodôntico, são utilizadas impressoras 3D de diversas marcas e modelos. Desta forma, é importante entender como ocorre a impressão 3D, quais os tipos de impressão e qual a resina mais indicada no mercado odontológico com foco na endodontia guiada. Para produzir um objeto em três dimensões é necessário partir de um princípio que o modelo do objeto esteja no meio digital *CAD* (*Computer Aided Design*) e ligado ao computador, a impressora possui um *software* e a partir disso ela une minúsculas partículas de um ou mais materiais em finas camadas sobrepostas formando o objeto desejado que pode ser oco ou preenchido (Matsuura, 2013). A impressora 3D tem que ser vista de três ângulos, no qual o dispositivo de deposição que é o componente que manipula o material para construir o objeto, primeiro eixo a movimenta para os lados, o segundo eixo controla movimentos para frente e para trás e o terceiro eixo controla os movimentos de baixo para cima, gerando assim, o objeto 3D.

Em relação às propriedades mecânicas, diversos estudos mostraram que as resinas impressas 3D têm o melhor desempenho em relação à resistência a fraturas, resistência à flexão, tensão máxima, módulo de elasticidade e resistência ao desgaste em comparação com materiais provisórios convencionais (Alshamrani; Raju; Ellakwa, 2022).

Além de todos os benefícios da endodontia guiada é importante analisar o mercado odontológico. O preço de procedimentos odontológicos teve um grande aumento nos últimos anos, um tratamento de canal convencional varia entre R$ 1.000 a R$ 3.000, dependendo sempre do tipo de dente e da complexidade do caso. Dentro desse sistema ocorre os casos de

retratamento que pode apresentar valores mais altos do que o tratamento convencional. Com a evolução da endodontia, surgiu uma nova técnica que facilitou o tratamento de casos complexos, trazendo diversos benefícios durante o todo o processo, seja em otimização de tempo, conforto do paciente, e até mesmo na preservação da estrutura dentária.

Contudo, esse processo demanda várias etapas como: tomografia, escaneamento intraoral, planejamento digital especializado e impressão 3D do guia a ser utilizado, esses fatores encarecem tanto para o paciente, quanto para o/a profissional que oferece o serviço. Então, quando se analisa o mercado, ele pode apresentar mais pontos positivos do que negativos, isso das perspectivas saúde do dente e taxa de sucesso maior no tratamento, mesmo que o acesso a esse serviço ainda seja limitado à uma boa parcela da população no quesito econômico.

Vale mencionar que para se obter uma boa taxa de sucesso no tratamento, ele depende de alguns fatores como: o organismo do paciente, a indicação do tratamento, se o paciente está disposto, e principalmente, o tipo de material utilizado para a impressão dos guias endodônticos, neste último caso especificamente, é necessário escolher a resina mais indicada.

As pesquisas sobre análise de mercado e viabilidade econômica dos tipos de resinas mostram que o setor de impressão 3D em resinas vem crescendo globalmente, impulsionado pelas áreas de prototipagem rápida e saúde (odontologia e biomodelos), a demanda por materiais mais econômicos, precisos e de rápida cura tem levado empresas como a *HeyGears* a diversificar seu portfólio com opções de resinas voltadas a diferentes aplicações.

Segundo relatórios de mercado, espera-se que o setor de resinas fotopoliméricas ultrapasse US$ 1,5 bilhão até 2030, com crescimento anual médio de 10 a 12%, principalmente em segmentos industriais e biomédicos (*Markets and Markets*, 2023).

No mercado atual, o recipiente de 1 kg da resina H*eyGears* está custando em torno de R$ 170, já a resina Prizma, o recipiente de 250 g está custando em torno de R$ 500, e seu custo é mais alto pela sua alta capacidade de definição, essa resina evita a repetibilidade da impressão, o que reduz falhas durante sua produção, vale ressaltar que, apesar das diferenças comerciais, cada uma tem sua indicação clínica, cabendo ao profissional dentista indicar o melhor para cada caso.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a precisão da fresagem em guias endodônticas confeccionadas com duas diferentes resinas fotopolimerizáveis e entender de onde pode originar desvios durante a fresagem (*HeyGears* e Prizma).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A pesquisa tem como objetivos específicos analisar os desvios entre o planejamento virtual e a execução real nas regiões apical, médio e cervical; entender se a endodontia guiada é um procedimento seguro e quando deve ser indicada; mostrar qual a resina mais indicada para cada caso; apontar quando indicar o procedimento de endodontia guiada; especificar que em casos de desvios ele procede da adaptação do guia endodôntico no bloco ou posicionamento da broca ou do operador e apresentar quais seus benefícios durante o tratamento e a longo prazo para o paciente.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Ao fazer um levantamento em bases de periódicos nacionais e internacionais como *PubMed*, *SciELO (Scientific Electronic Library Online*) e *Google* Acadêmico foram encontrados diferentes tipos de estudos que realizaram revisões de literatura e de produções científicas com as mais variadas denominações relacionadas à endodontia guiada.

A endodontia guiada surgiu como uma solução inovadora para os desafios enfrentados no tratamento de canais calcificados ou obliterados, especialmente em dentes anteriores. Situações como trauma, luxações dentárias, restaurações extensas ou a deposição fisiológica de dentina secundária ao longo da vida, podem levar à obliteração dos canais radiculares, dificultando o acesso e o sucesso do tratamento endodôntico convencional (Cvek *et al*., 1982; Johnstone; Parashos, 2015; Mccabe; Dummer, 2012; Robertson *et al*., 1996).

O advento da tomografia computadorizada de feixe cônico (*CBCT*) e da tecnologia de escaneamento intraoral, possibilitou a integração de imagens tridimensionais que, por meio de *softwares CAD/CAM* (*Computer-Aided Manufacturing*), permite o planejamento virtual do acesso endodôntico. Esse processo viabiliza a confecção de guias cirúrgicos impressos em 3D, os quais direcionam brocas com precisão até o canal radicular, minimizando o risco de desvios, perfurações ou perda de estrutura dentária saudável (Krastl *et al*., 2016; Lara-Mendes *et al*., 2018a; Maia *et al*., 2019; Patel *et al*., 2015).

Desde a introdução do conceito por Krastl *et al*. (2016), diversos estudos têm demonstrado a efetividade da técnica guiada. Relatos de caso evidenciam a viabilidade da abordagem mesmo em canais severamente calcificados, promovendo maior previsibilidade e redução do tempo clínico (Buchgreitz *et al*., 2019; Loureiro *et al*., 2021; Mena-Álvarez *et al*., 2017). A precisão da técnica, no entanto, pode ser afetada por fatores como a profundidade do acesso e a qualidade do guia confeccionado, sendo que desvios maiores tendem a ocorrer em áreas apicais (Zehnder *et al*., 2016).

Em um relato de caso, intitulado "*The impact of new technologies on complex case solution* publicado pela revista *Australian Society of Endodontology*" em 2021, foi mencionado que quanto mais profundo o acesso, maior a chance de desvios (Loureiro *et al*., 2021). Autores como Zehnder *et al*. (2016), mostraram também que a média de desvio mesiodistal foi de 0,29 mm e a média do desvio vestíbulo lingual é de 0,47 mm em dentes humanos, porém, apesar de ainda ocorrer desvios, sua taxa de sucesso é alta e diminui os riscos de iatrogenia durante o procedimento.

As impressoras 3D mais utilizadas na odontologia são do tipo *SLA* (*Stereolithography*), com destaque para os subtipos *DLP* (*Digital light processing*) e *MSLA* (*Masked Stereolithography Apparatus)*, que oferecem maior resolução e velocidade de impressão (Anderson, 2012; Matsuura, 2013). A escolha do tipo de resina fotopolimerizável é um aspecto crítico na obtenção de guias precisos e biomecanicamente estáveis. Estudos comparativos mostraram que as resinas 3D apresentam melhor desempenho em resistência à fratura, módulo de elasticidade e resistência ao desgaste quando comparadas às resinas acrílicas convencionais (Alshamrani *et al*., 2022; Santos *et al*., 2024).

O que difere uma resina 3D da resina acrílica convencional é que a resina 3D é um material líquido que endurece com luz UV para impressão de modelos e peças com alta precisão, enquanto a resina acrílica é um tipo de plástico termoplástico usado tradicionalmente para fazer próteses, dentes artificiais e coroas provisória que é ativado com a mistura do líquido monômero e o polímero em pó (Copps Industries, 2025; Aditek., 2024).

Atualmente, há diversos tipos de impressoras 3D, mas dentro da odontologia o tipo mais o utilizado são as impressoras SLA com três subtipos principais: SLA-*Laser*, *DLP* e *MSLA* com projetores *LCD* (*Liquid Crystal Display*), cada qual tem suas características, porém, a que mais se destaca pela sua agilidade, precisão e velocidade é a tipo DLP (Anderson, 2012).

A impressora *Miicraft* 125 *ultra* de acordo com suas especificações precisa ser mantida em um ambiente com temperatura variando de 10 °C a 30 °C (grau *Celsius*), compatível com sistema *Windows* 7,8 e 10, o tipo do arquivo mais utilizado para impressões são os arquivos *STL* (*Stereolithography*), que é o tipo de arquivo que o sistema *CAD* reconhece (*Miicraft*, 2017).

A resina Prizma *Bio Guide* da *Makertech Labs*, uma das mais utilizadas no Brasil, apresenta excelente definição e repetibilidade, com resistência à flexão de 92,81 MPa (Megapascal), sendo composta por oligômeros acrilados e fotoiniciadores eficientes (*Makertech Labs*, 2019). É uma resina indicada para guias cirúrgicos, guias endodônticos, plastia gengival entre outras, pode ser utilizada em impressoras *DLP* e *LCD* e possui excelente definição, resolução, baixa contração e repetibilidade, o que facilita inserção de anilhas, após sua autoclavagem ela muda discretamente a cor, é composta de monômeros acrilados (10% - dez por cento); monômeros tri-acrilados (20%); oligômeros acrilados (70%); *diphenyl* (2,4,6-*trimethylbenzoyl*) *-phosphine oxide* (5%), sua resistência a flexão é de 92,81 MPa, sua tensão de ruptura é de 56,98 MPa e módulo de flexão de 3060 Mpa, de acordo com pesquisas e análise de mercado são valores compatíveis e com resultados positivos (*Makertech Labs Ltda*, 2019).

Já a resina *HeyGears Ultraprint Surgical Guide*, livre de MMA (metilmetacrilato), destaca-se por sua estabilidade mecânica, baixa contração e biocompatibilidade, sendo amplamente indicada para confecção de guias cirúrgicos e endodônticos, com uma resistência à flexão que varia entre 75,4 e 83,6 MPa e um módulo de flexão de até 1830 MPa, este material garante alta durabilidade e estabilidade dimensional mesmo em procedimentos prolongados. Além disso, seu baixo índice de absorção de água (0,47–0,65 %) contribui para manter a integridade do modelo em ambientes úmidos, prolongando sua vida útil em cenários clínicos exigentes. (*HeyGears*, 2021; Filament2print., 2025). É uma resina transparente, pode ser autoclavada, e é compatível com impressoras *DLP*, sendo indicada para confecção de guias cirúrgicos, placas fixas, modelos, placas oclusais entre outras, ela se destaca por suas características como: baixo consumo de material, alta estabilidade mecânica, rápida impressão e biocompatibilidade, ela é composta por 2-*Hydroxyethyl methacrylate* na concentração de 10-20 e *Tetrahydrofurfuryl methacrylate* na concentração de 10-15 (*HeyGears*, 2021).

No mercado surgem novas resinas a todo tempo e cada empresa faz uso de um tipo de resina para impressão 3D, é importante entender que cada resina tem suas características próprias e impressoras 3D em quais devem ser utilizadas, por isso, a importância de entender sua rugosidade superficial, dureza e resistência mecânica, além de entender também, por que ela apresenta essas características e precisão na hora do tratamento. Em um artigo publicado pela "Revista de Odontologia da Unesp" em 2024, foi realizada uma comparação entre as resinas acrílicas convencionais e a resina de impressão 3D, onde foi observado que a resina 3D apresentou menos alterações superficiais do que as resinas convencionais, esse achado apoia o seu uso clínico, no quesito rugosidade não foi observado diferença com a resina convencional (Santos *et al*., 2024).

A escolha da resina e da tecnologia de impressão, portanto, influencia diretamente o sucesso da endodontia guiada. Em especial, quando se busca o acesso preciso a áreas profundas do canal radicular, materiais que apresentem menor contração, maior resistência e estabilidade dimensional são preferíveis (Connert *et al*., 2018; Clark; Khademi, 2010).

Atualmente, sabe-se que a obliteração dos canais radiculares se caracteriza pela aposição de dentina terciária ao longo da raiz do elemento dentário em respostas a diversas lesões ou processo fisiológico do corpo humano. Um estudo observacional publicado em 2024 pela "Revista de Ciências Médicas e Biológicas" intitulado “Perspectiva ou realidade: uma análise da endodontia guiada” que teve como objetivo apresentar "o olhar profissional do especialistas em endodontia a respeito do procedimento de endodontia guiada", que para tanto,

criou um formulário na plataforma do *Google Forms* com 9 perguntas, as respostas de 103 endodontistas foram analisadas, sendo 68% das respostas de profissionais do sexo feminino e 32% do sexo masculino, a média de idade dos participantes era de 35 anos, nas Figuras abaixo é possível avaliar os resultados dessa pesquisa (Cedraz; Araújo; Matta, 2024).

FIGURA 1 - Perguntas do formulário (1 a 6)

Uso da endodontia guiada		**n**	**(%)**
Idade	35		
Há quanto tempo você exerce a endodontia?	Menos de 1 ano	3	(2,9)
	1 ano	17	(16,5)
	Mais de 5 anos	34	(33)
	Mais de 10 anos	40	(38,8)
	Outros	9	(8,8)
Sexo biológico	Feminino	70	(68)
	Masculino	33	(32)
	Prefiro não informar	0	(0)
Você já ouviu falar sobre endodontia guiada?	Sim	103	(100)
	Não	0	(0)
O estudo de endodontia guiada fez parte do conteúdo programático do seu curso de Especialização?	Sim	57	(55,3)
	Não	46	(44,7)
Qual seu nível de conhecimento sobre a endodontia guiada?	Nenhum	0	(0)
	Superficial	23	(22,3)
	Bom	63	(61,2)
	Alto	17	(16,5)

Fonte: Revista de Ciências Médicas e Biológicas (2024).

FIGURA 2 - Perguntas do formulário (7 a 9)

		n	(%)
Você resolve ou já resolveu casos complexos com endodontia guiada?	Sim	85	(82,5)
	Não	18	(17,5)
Se sim, indique em que situações você utiliza a endodontia guiada.	Canais radiculares calcificados	68	(66)
	Acesso em coroas protéticas	12	(11,7)
	Localização de canais radiculares	27	(26,2)
	Cirurgia Paraendodontica	53	(51,5)
	Remoção de pino de fibra de vidro	32	(31,1)
	Não utilizo a endodontia guiada	17	(16,5)
Qual sua opinião a respeito da endodontia guiada?	Fundamental para resolução de casos complexos na endodontia	91	(88,3)
	Inviável para rotina clínica	11	(10,7)
	Desnecessária	1	(1)

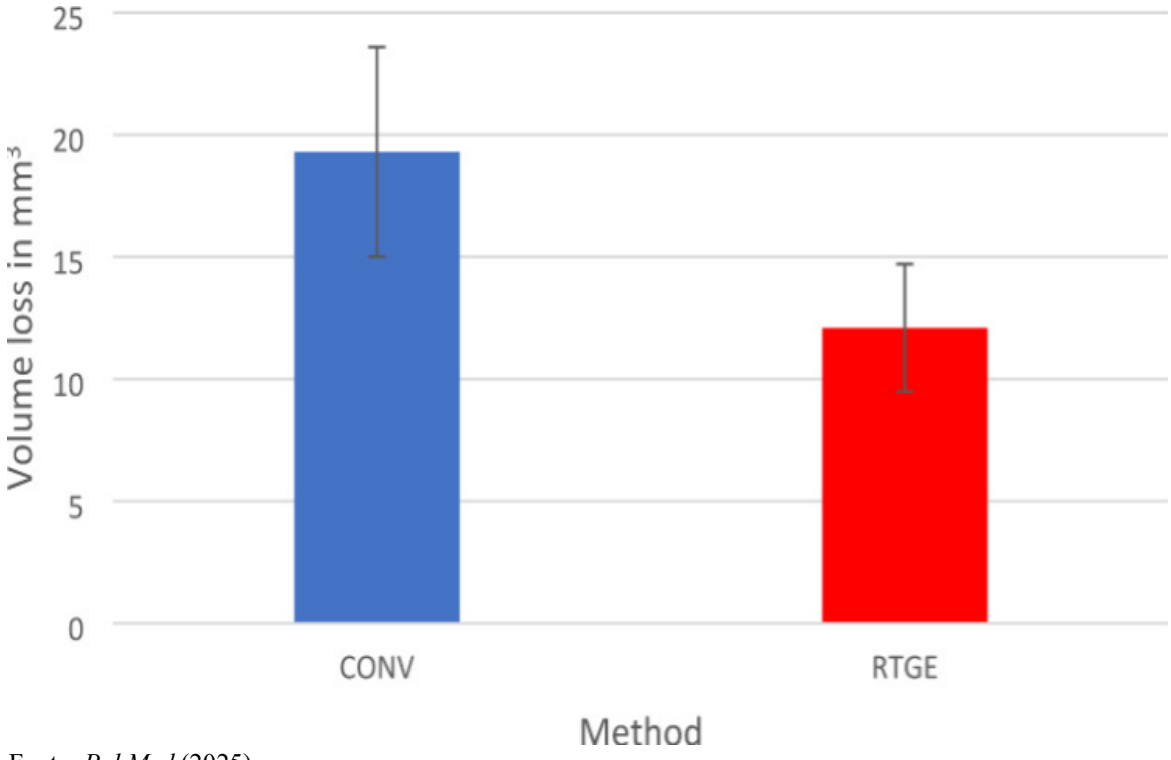
Fonte: Revista de Ciências Médicas e Biológicas (2024).

A publicação desse estudo é de grande importância, pois permite concluir que a endodontia guiada, apesar de recente, tem recebido uma adoção crescente entre os profissionais da área, destacando-se como uma técnica cada vez mais valorizada e empregada na prática clínica (Connert *et al.*, 2017; Dąbrowski *et al*., 2022; Pujol *et al*., 2021).

Um artigo publicado em 2025 no *PubMed* intitulado "*Real-time guided endodontics versus conventional freehand access cavity preparation by a specialist– an ex vivo comparative study*" apresentou um ponto importante da endodontia guiada, que é a diferença entre o acesso convencional ao elemento dentário para tratamento de canal e se ele causa a perda grande de substância e acesso a dentes calcificados, no qual teve como objetivo analisar tempo de procedimento, taxa de detecção de outros canais e perda de estrutura. Para tanto, foram coletados 72 dentes humanos, sendo 48 incisivos e 24 caninos, divido em 2 grupos de 36 cada, eles foram colocados em pares, após essa etapa, esses dentes foram inseridos em modelos maxilares e mandibular, que passaram por tomografia pré-operatória e escaneamento, em seguida, foi realizado o planejamento digital e impressão das guias (Hildebrand *et al*., 2025). A

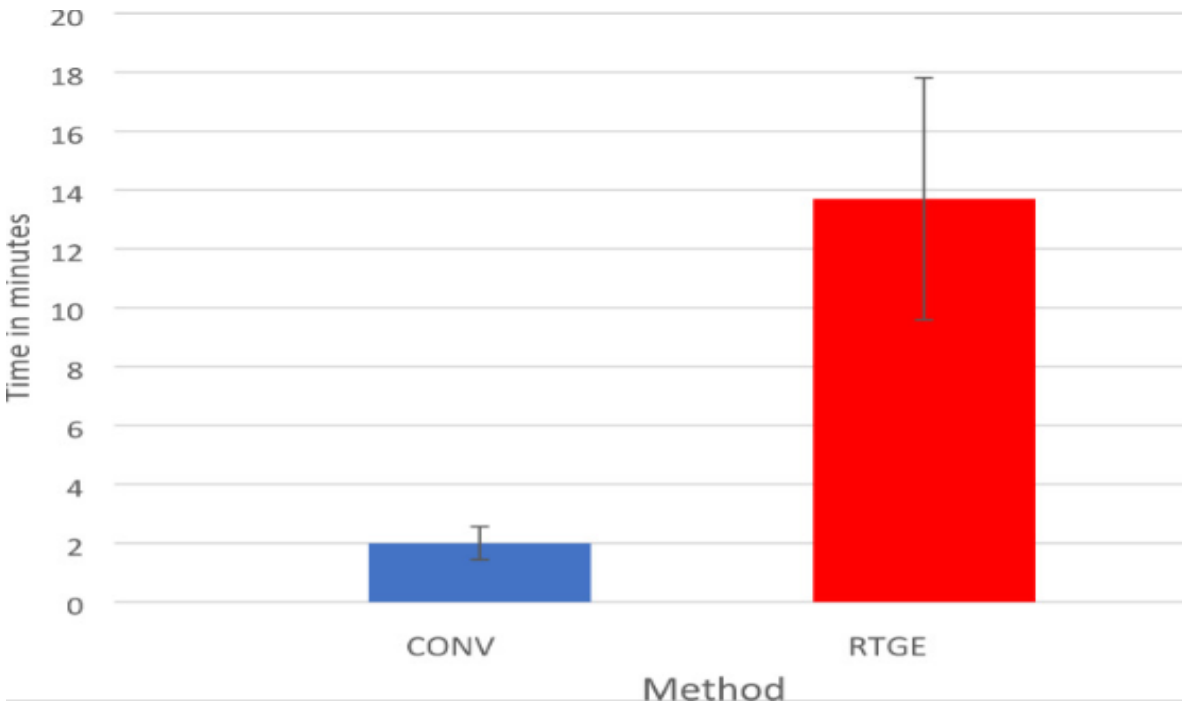
partir desse ponto, são apresentados seis modelos para perfuração convencional, eles foram destinados a dentistas especialistas em endodontia com mais de sete anos de experiência, enquanto os outros seis modelos ficaram sob a responsabilidade de dentistas clínicos gerais com cinco anos de experiência e que não possuíam especialização em endodontia, após realizar todas as perfurações, tanto convencional, quanto guiada, após recolher todos os dados eles analisaram que os especialistas que fizeram a perfuração convencional detectaram 32 de 36 canais enquanto os clínicos gerais localizaram 34 de 36 canais, como mostram as Figuras 3 e 4 (Hildebrand *et al*., 2025).

FIGURA 3 - Volume médio de perda de substância dentária (mm 3; com intervalos de confiança de 95%) para *Compared Conventional Access Cavity Preparation* (*CONV*) e *Real-Time Guided Endodontics* (*RTGE*)



Fonte: *PubMed* (2025).

FIGURA 4 - Tempo médio (minutos, com intervalos de confiança de 95%) necessário para detecção do canal radicular para *CONV* (acesso a cavidade de forma convencional) e *RTGE (endodontia guiada em tempo real).*



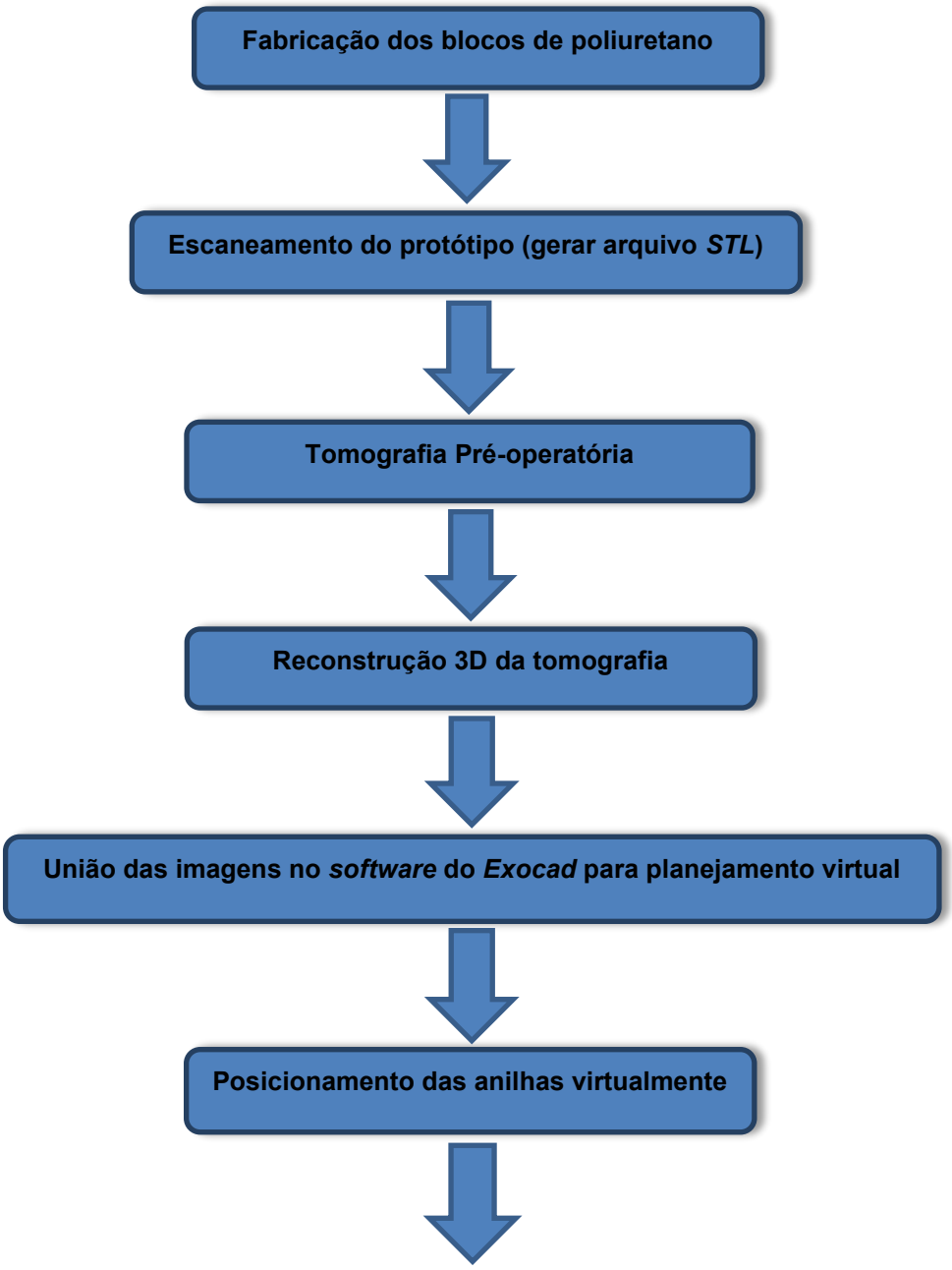
Fonte: *PubMed* (2025).

Com o estudo, concluíram que a perda de estrutura dentária em volume foi maior no método convencional do que na endodontia guiada e em questão de tempo, o modo convencional levou em torno de 2 minutos enquanto o guiado leva em torno de 14 minutos, apresentando menos perfurações e maior detecção de canais. Portanto, observou-se que ambos os métodos apresentam alto sucesso no tratamento, o que corrobora a hipótese de que a endodontia guiada apresenta grande benefício, não apenas para endodontistas, mas também para clínicos gerais, sendo uma abordagem que minimiza erros de procedimento e preserva mais estrutura dentária**.**

4 MATERIAIS E MÉTODOS

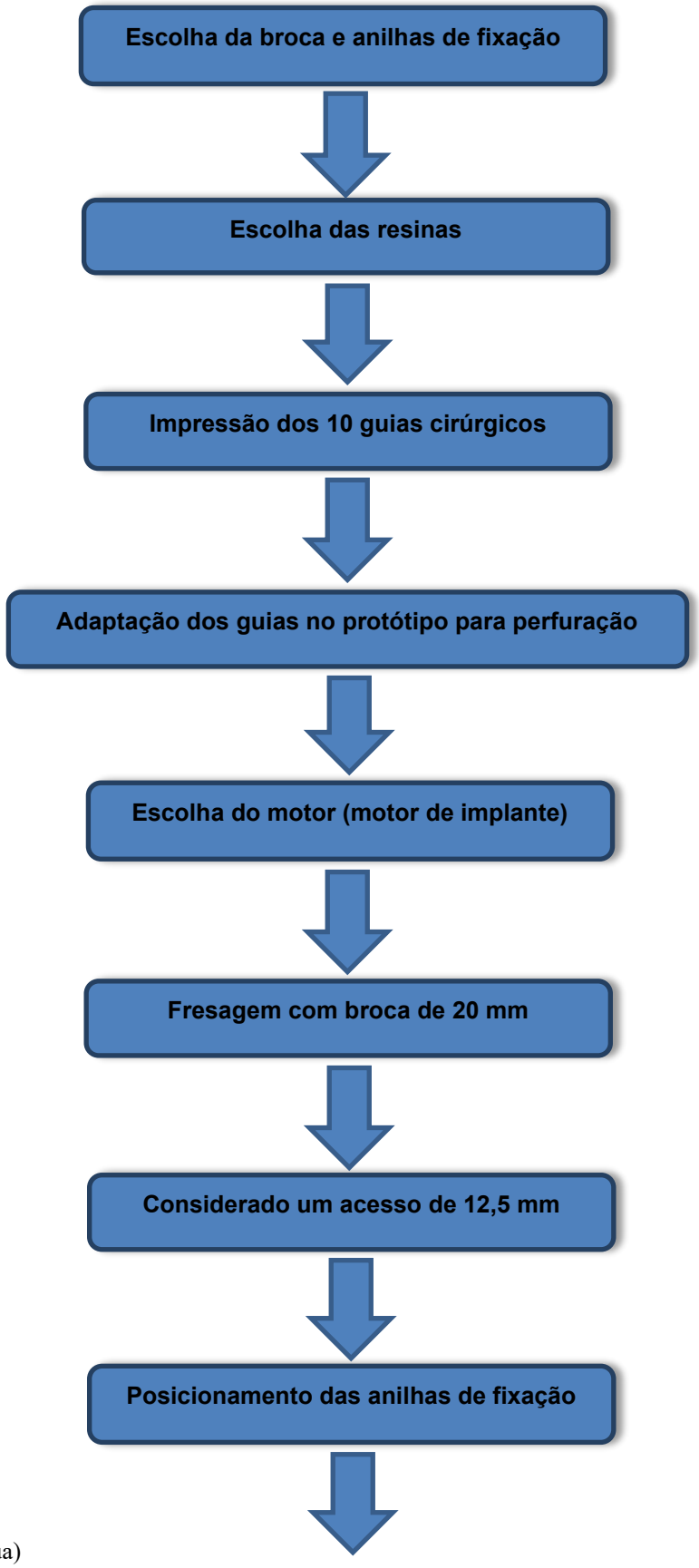
Para o estudo, forma confeccionados dez corpos de prova, eles foram produzidos pela empresa Nacional Ossos localizada em Jaú, cada bloco possui quatro réplicas 3D de dentes unirradiculares em cada um deles, fabricados em poliuretano com propriedades mecânicas e radiográficas semelhantes a osso maxilar e dentes.

FIGURA 5 - Fluxograma da Pesquisa



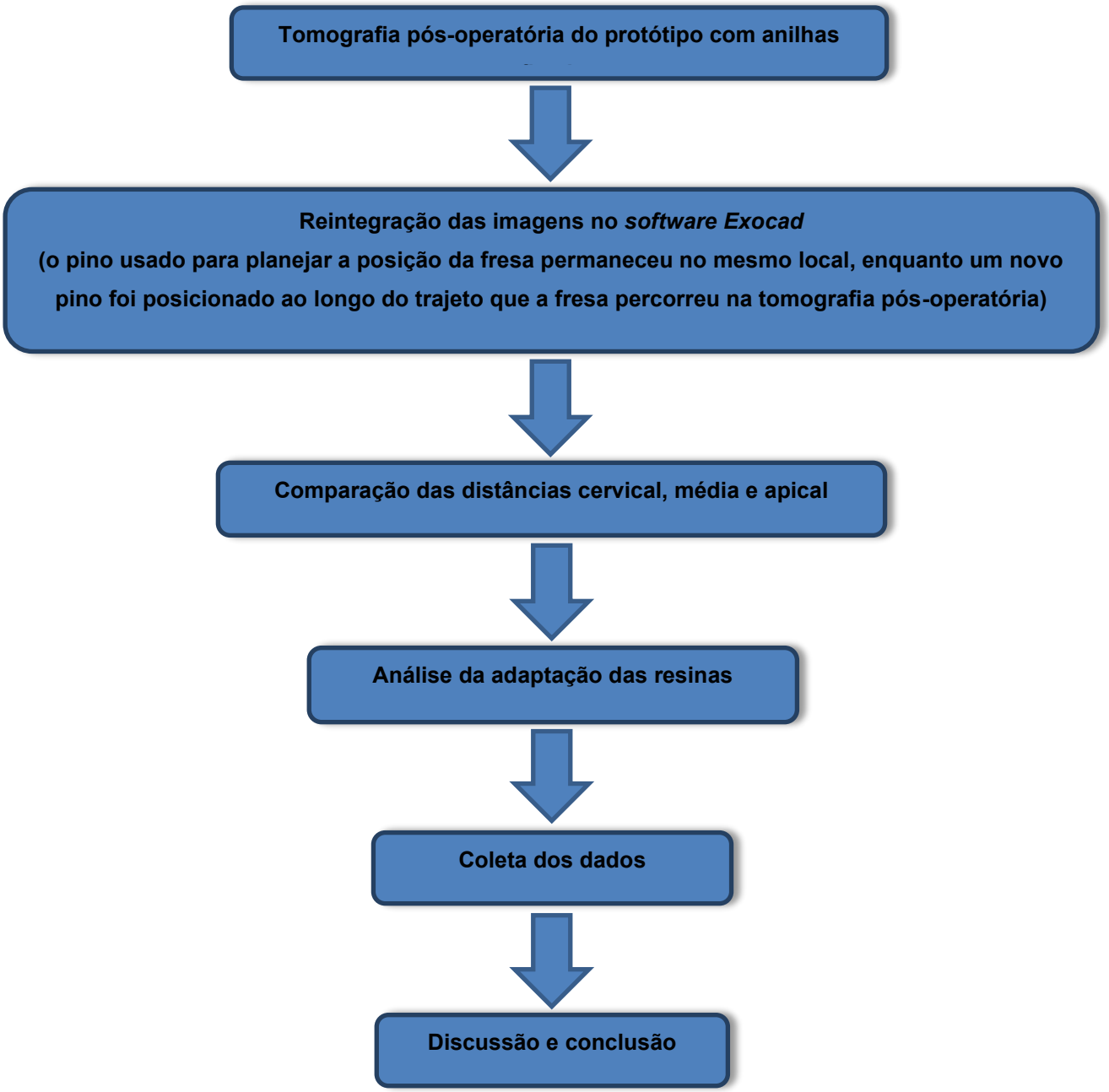
(Continua)

(Continuação)



(Continua)

(Conclusão)



Fonte: própria autora (2025).

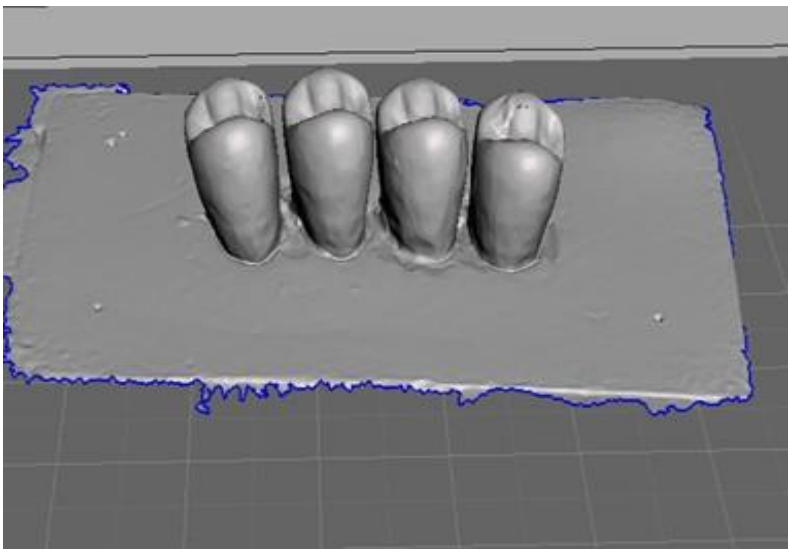
FIGURA 6 - Protótipo de poliuretano



Fonte: própria autora (2025).

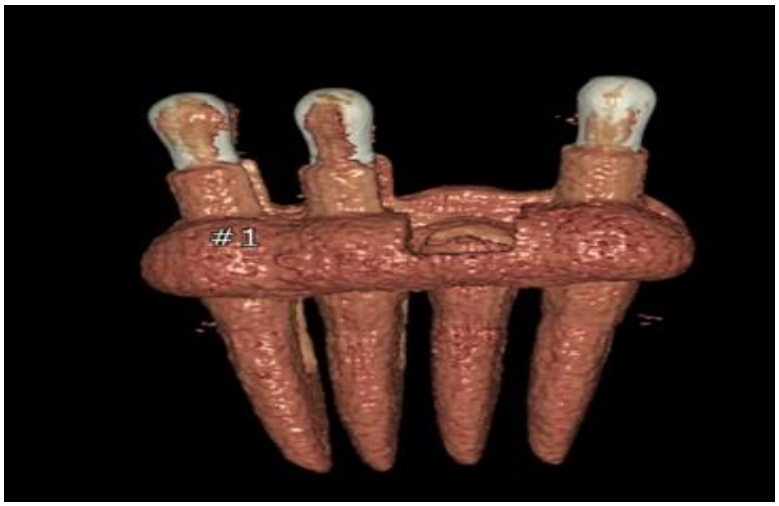
As imagens pré-operatórias de *CBCT* dos modelos foram obtidas com um tomógrafo *Veraview*® X800 (*J. Morita Mfg. Corp*, *Kyoto*, Japão) com uma resolução de voxel de 80.125 mm e exportadas como arquivos no formato *DICOM* (*Digital Imaging and Communication*). Para a aquisição do arquivo *STL* dos modelos, foi utilizado um *scanner* intraoral 3*Shape Trios* 3 (3*Shape*, *Copenhagen,* Dinamarca).

FIGURA 7 - Arquivo *STL* do protótipo



Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 8 – Reconstrução 3D da tomografia

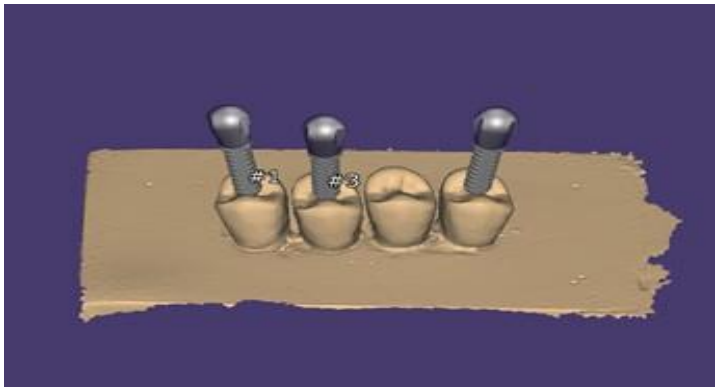


Fonte: própria autora (2025).

Para padronizar as tomadas de aquisição das imagens tomográficas, todas foram realizadas em ambiente fechado, utilizando 71.0 kV (quilovolt) de voltagem e 1.8 mA (miliamperes) de corrente com tempo de exposição de 18 segundos e obtidas pelo mesmo operador. Os escaneamentos também foram padronizados, tendo o mesmo operador para a realização de todos eles.

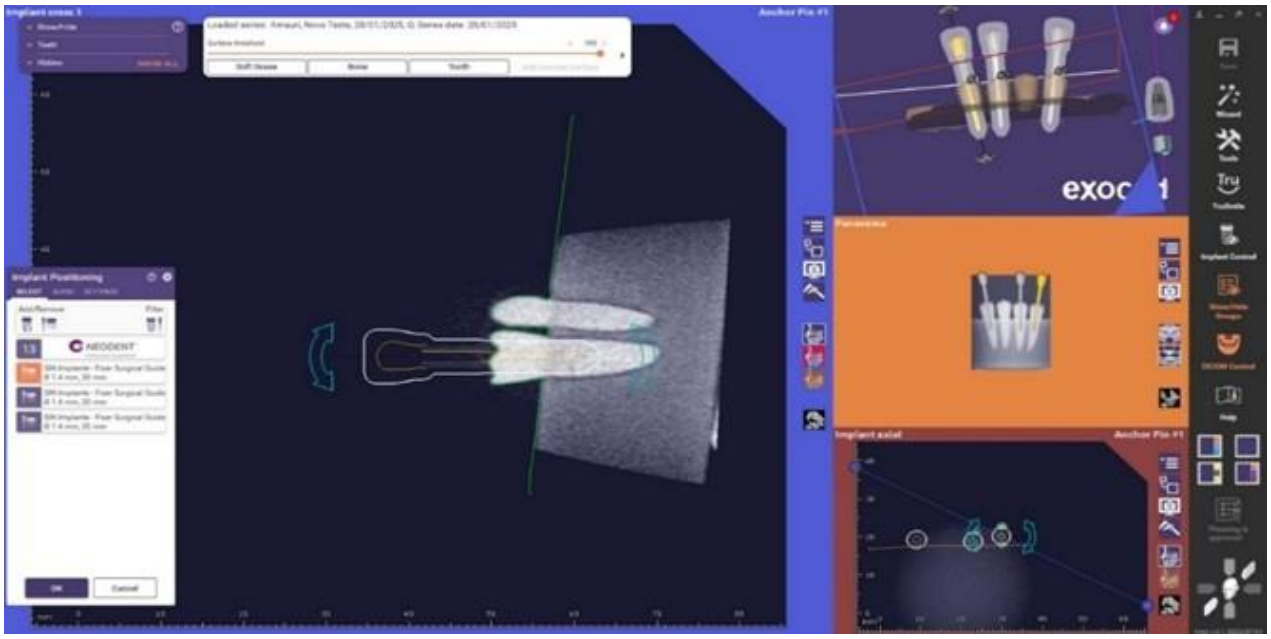
Os arquivos *DICOM* e *STL* foram adicionados ao programa exocad para o planejamento e confecção dos guias, dentro deles, foi feita a união das imagens para alinhar o escaneamento ao arquivo da tomografia. Para o planejamento do acesso, foi utilizado um pino de fixação *Neodent*, com 1.3 mm de diâmetro, REF (referência) 125.142 (*Neodent* Curitiba, PR, Brasil), que simula o diâmetro da fresa utilizada no acesso cavitário – *Neodent Guided Surgery Drill* 1.3, REF 103.395.

FIGURA 9 - Anilhas virtuais



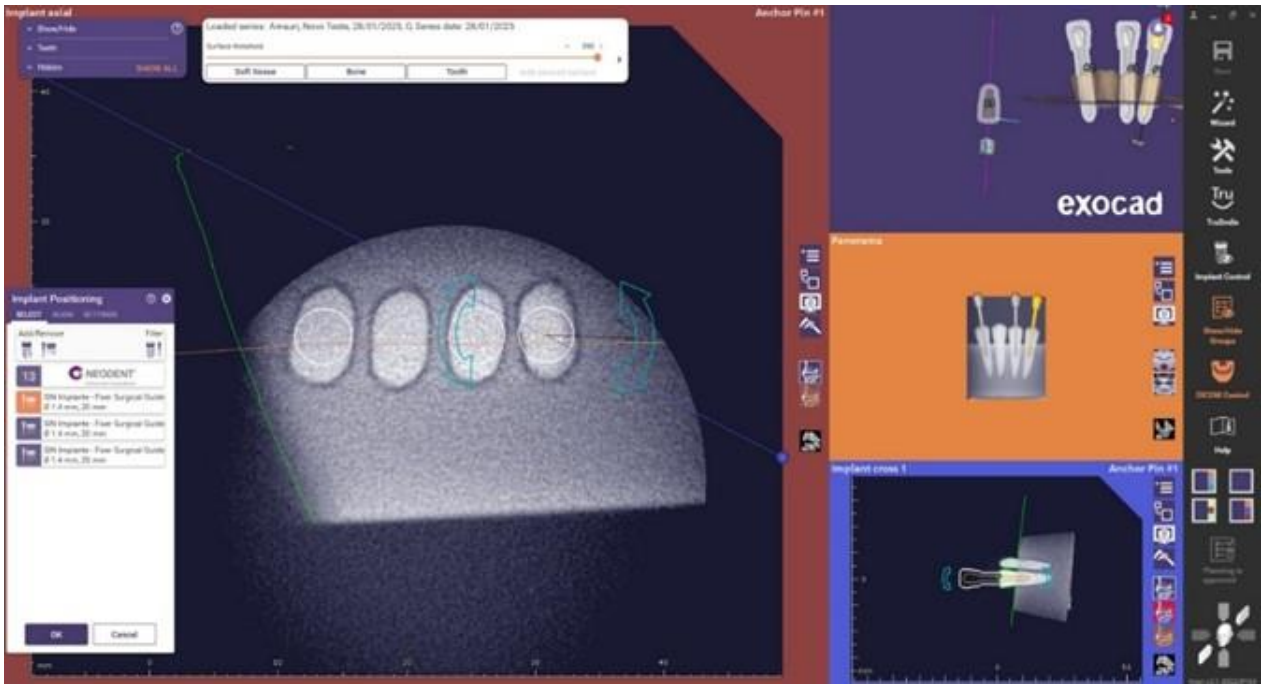
Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 10 - Tomografia e alinhamento das anilhas virtuais



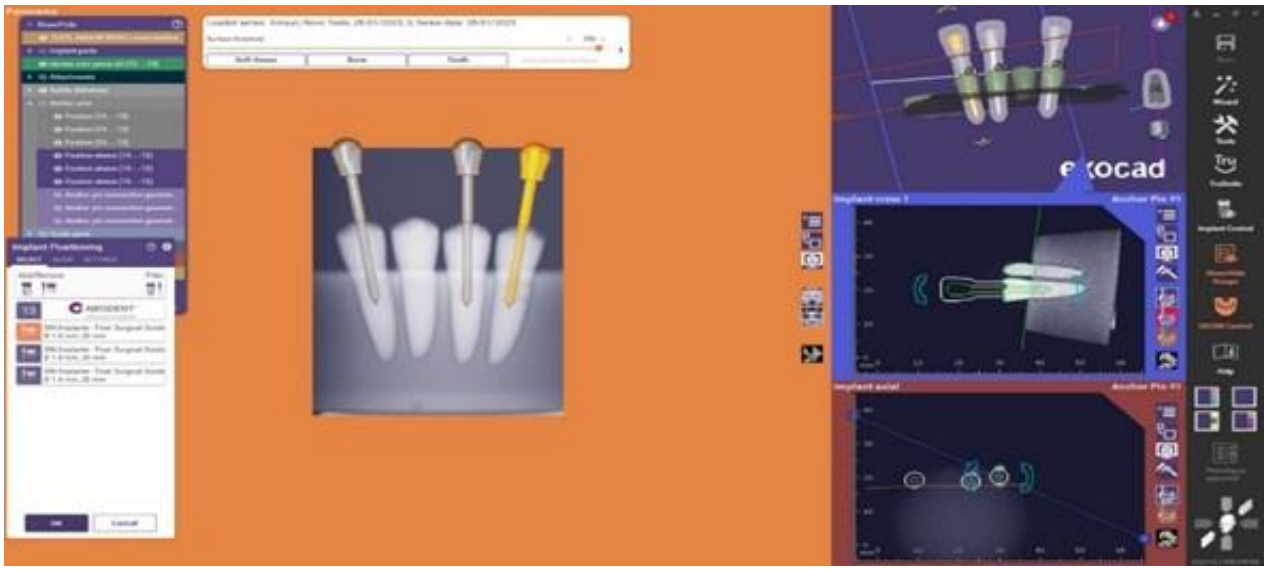
Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 11 - Alinhamento dos pontos



Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 12 - Visualização do alinhamento das anilhas virtualmente



Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 13 - A) Comprimento total da parte ativa da fresa *Neodent* 1.3mm; B) Comprimento total da anilha utilizada no guia



Fonte: própria autora (2025).

Na figura 12 é possível observar a broca utilizada para fresagem nos protótipos e anilha para fixação utilizada nos guias cirúrgicos. Embora o comprimento total da parte ativa da fresa seja de 20 mm, a altura da anilha empregada no guia foi de 7,5 mm, deixando um comprimento disponível de 12,5 mm para o acesso. Durante o planejamento digital dos corpos de prova, foi considerado um acesso de acesso de 10 mm.

Para garantir que os guias apresentassem uma precisão equivalente, com distorções potenciais em níveis e percentuais uniformes, todos foram impressos utilizando a resina Prizma *Bio Guide* âmbar e a resina *Ultraprint Surgical Guide UV* translúcida nas impressoras *MiiCraft* 125 *Ultra* respectivamente, seguindo as recomendações de uso dos fabricantes em relação às impressoras para cada resina.

FIGURA 14 - A) Impressora *MiiCraft* 125 *Ultra*; B) Resina *DLP* Prizma *BioGuide* âmbar



Fonte: *Google* imagens (2025).

FIGURA 15 - Resina *HeyGears* A2D



Fonte: *Google* imagens (2025).

Após concluir o processo de impressão, os guias passaram para a fase de cura e acabamento. Essa etapa envolve a remoção dos suportes, a fixação das anilhas e o polimento, sendo todas essas etapas realizadas pelo mesmo operador para assegurar uniformidade nos acabamentos de todos os guias.

FIGURA 16 - Resina Prizma



Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 17 - Resina *HeyGears*

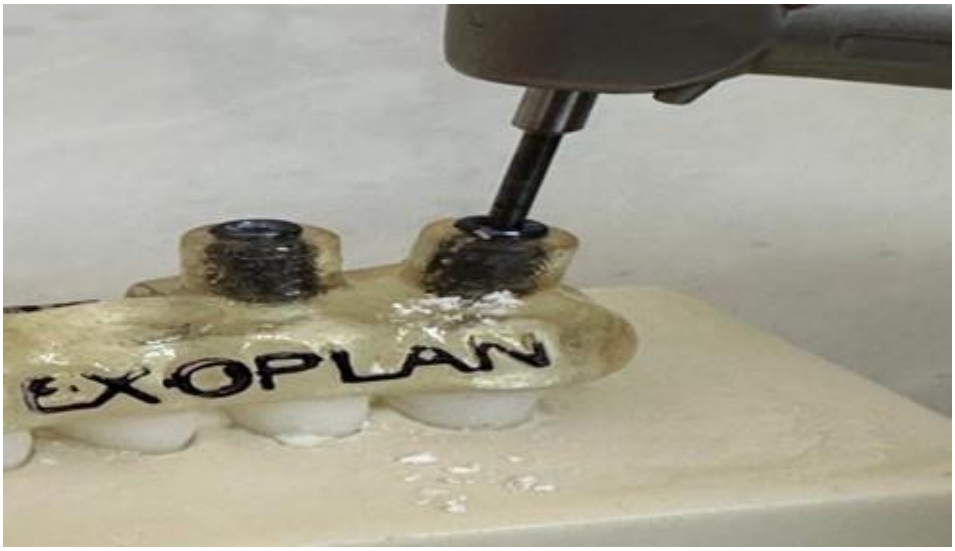


Fonte: própria autora (2025).

Para a fresagem, os guias foram adaptados sobre os corpos de prova. A verificação da adaptação foi feita por meio das janelas de inspeção que tem como objetivo permitir a visualização direta da área de acesso, para confirmação de encaixe, e controle e precisão durante o acesso. Foi empregado um motor de implante da marca *Neodent* modelo *NeoSurgPro* (São Paulo, Brasil) com RPM regulado em 900 rotações e torque de 5.0 para garantir um acesso sem resistências ao interior dos condutos. O processo foi repetido para os 10 corpos de prova. Após

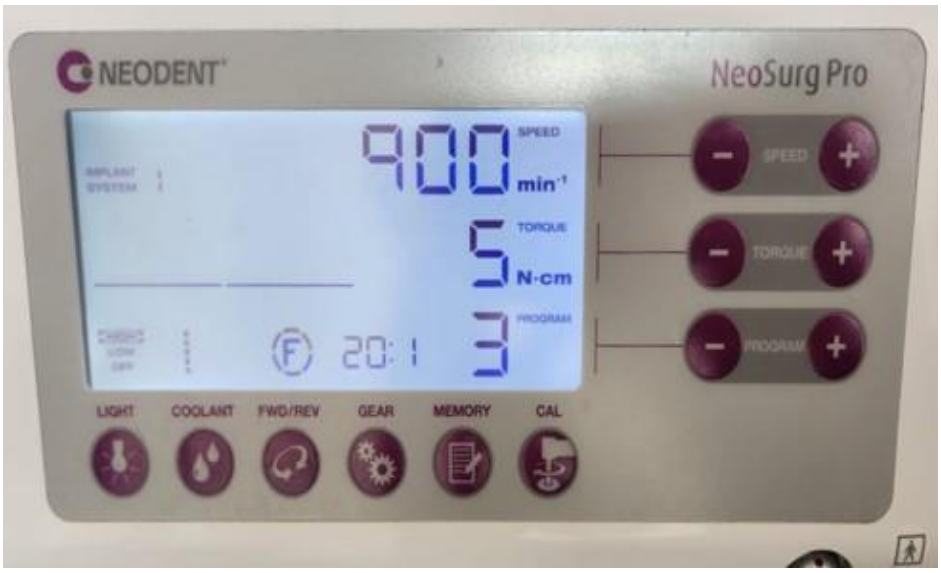
concluir a fresagem de todos os dentes, procedeu-se a uma nova tomografia dos corpos de prova. As imagens pós-operatórias foram salvas em formato *DICOM* e reintegradas aos *softwares* de planejamento, substituindo as imagens pré-operatórias. No *software*, o pino usado para planejar a posição da fresa permaneceu no mesmo local, enquanto um novo pino foi posicionado ao longo do trajeto que a fresa percorreu na tomografia pós-operatória. Isso possibilitou a comparação das distâncias apical, médio e cervical entre o planejado e a posição real sobre o conduto fresado.

FIGURA 18 - Fresagem com brocas



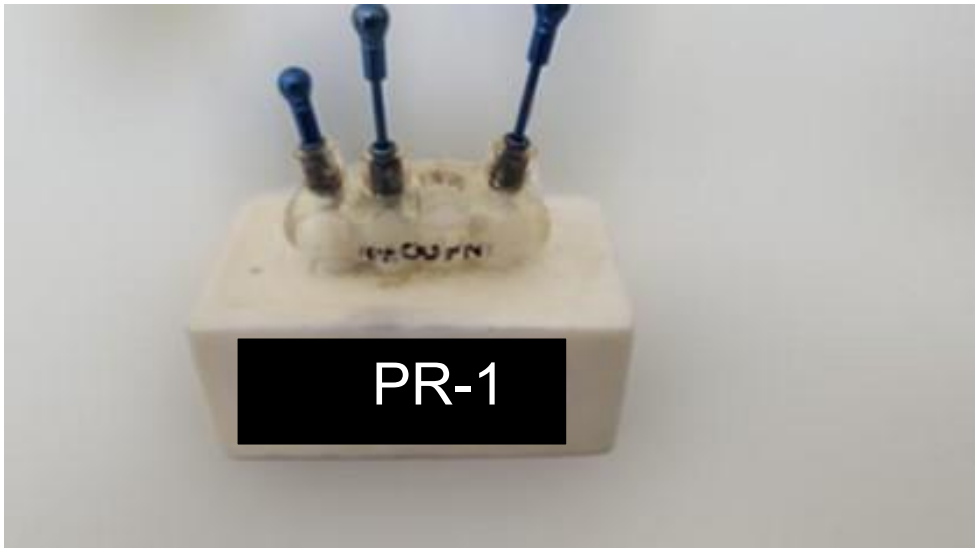
Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 19 - Motor de implante 900 torques e 5N



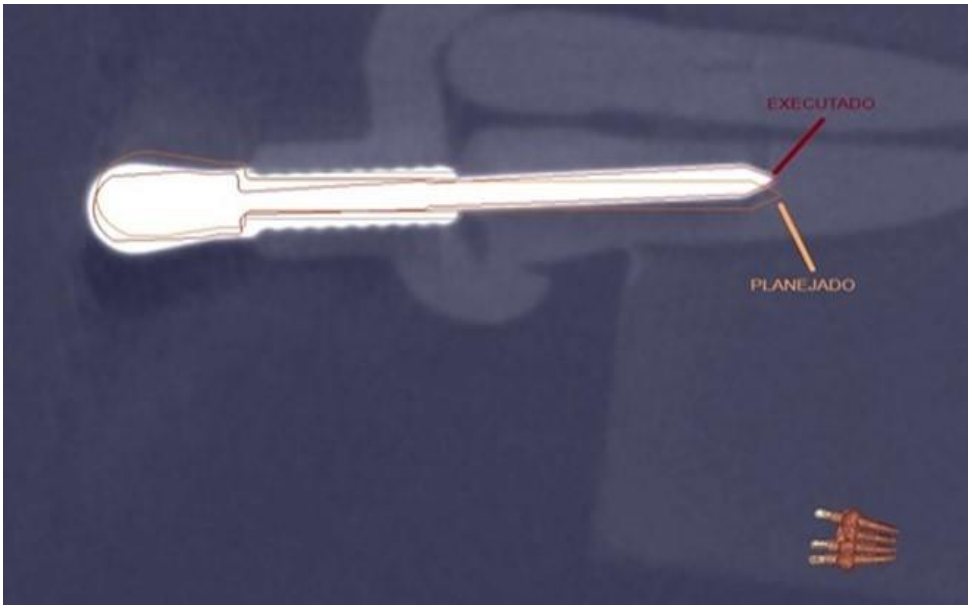
Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 20 - Anilha de fixação



Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 21 - Posicionamento anilha planejada e executada virtualmente



Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 22 - Processo de medidas após fresagem para avaliação de desvios do planejado ao executado



Fonte: própria autora (2025).

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DA ADAPTAÇÃO DAS RESINAS

Para verificar se os guias estavam adaptados foi utilizada a janela de inspeção como referência, a unidade de medida utilizada foi milímetros e para obter as medidas a plataforma *Photo Measure* foi utilizada é um software que permite adicionar e salvar medidas de objetos ou espaços diretamente em fotos.

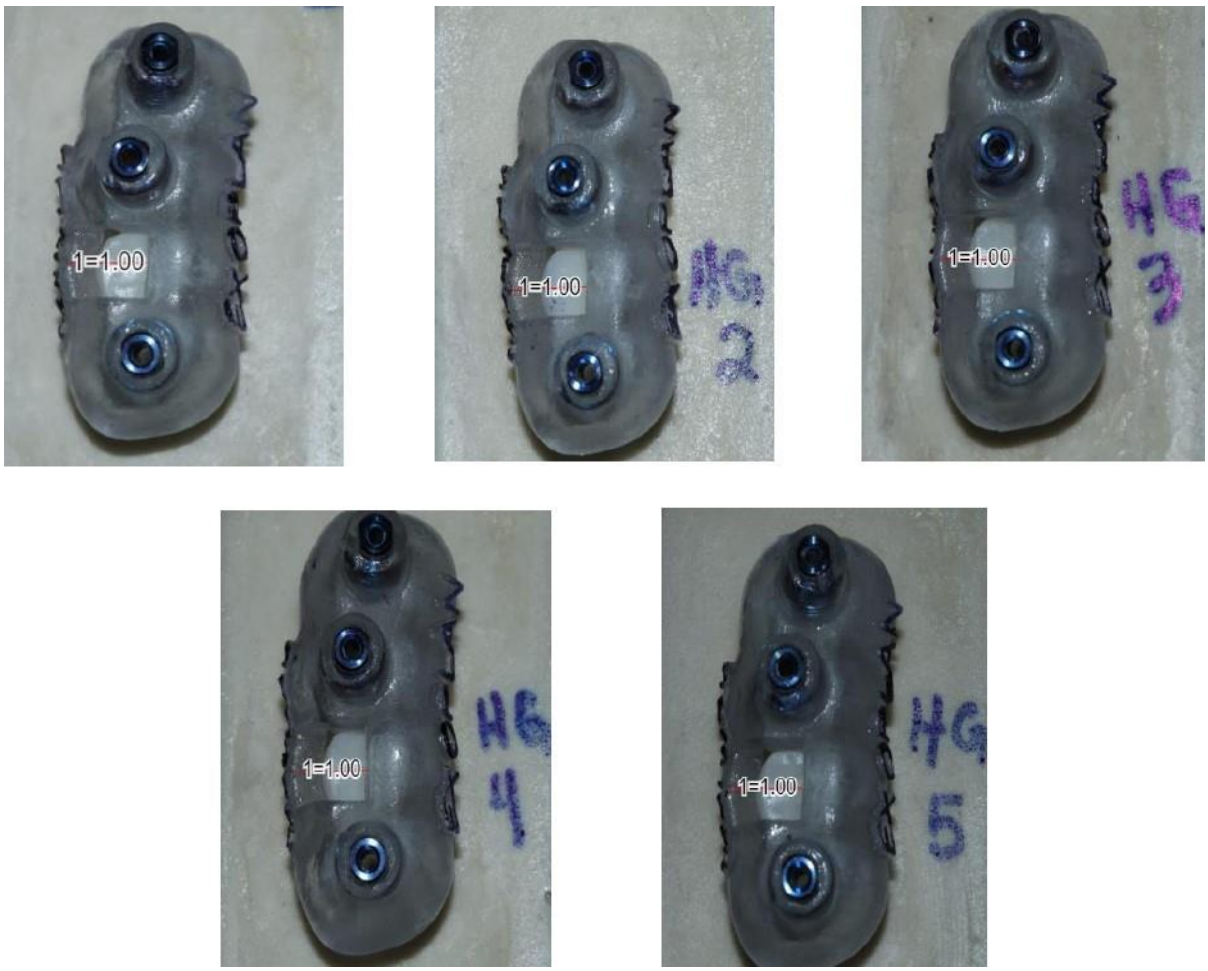
Abaixo, a Figura 23 apresenta as amostras da resina Prizma, e a Figura 24 apresenta as amostras da resina *HeyGears*.

FIGURA 23 - Resina Prizma (amostras 1 a 5)



Fonte: própria autora (2025).

FIGURA 24 - Resina *HeyGears* (amostras 1 a 5)



Fonte: própria autora (2025).

Após análise das imagens foi possível observar que tanto a resina Prizma quanto a resina HeyGears apresentaram as mesmas medidas o que permitiu concluir que ambas estavam bem adaptadas no bloco utilizado para perfuração.

Os dados obtidos referentes aos desvios entre o planejamento virtual e a execução da fresagem com guias confeccionados em duas resinas diferentes (*HeyGears* e Prizma) foram organizados de acordo com três regiões anatômicas: apical, médio e cervical.

Inicialmente, foi realizada a verificação da normalidade da distribuição dos dados em cada grupo por meio do teste de *Shapiro-Wilk*, considerando um nível de significância de 5%. O teste foi escolhido por ser adequado para amostras pequenas ($n < 50$), geralmente o mais indicado para avaliar normalidade dos dados, especialmente em pesquisas científicas, porque ele apresenta maior poder estatístico em comparação com outros testes (Shapiro, 1965;

Conover, 1999). Os resultados indicaram p-valores superiores a 0,05 para todos os grupos e regiões analisadas, permitindo assumir distribuição normal dos dados.

Dessa forma, para a comparação das médias dos desvios entre os grupos *HeyGears* e Prizma em cada região, foi utilizado o teste t de *Student* para amostras independentes. Este teste foi escolhido por ser adequado para:

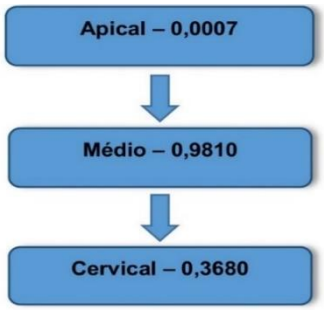
- Comparações entre dois grupos independentes (já que os corpos de prova não se repetem entre os grupos);
- Dados com distribuição normal;
- Avaliação de diferença de médias.

O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$). Valores de p inferiores a 0,05 foram considerados indicativos de diferença estatisticamente significativa entre os grupos analisados. Na sequência, são apresentados os resultados da análise estatística dos desvios entre o planejamento virtual e a execução da fresagem em guias endodônticos confeccionados com duas resinas distintas, HeyGears e Prizma.

Na sequência, apresentam-se os resultados da análise estatística dos desvios entre o planejamento virtual e a execução da fresagem em guias endodônticos confeccionados com as resinas HeyGears e Prizma. A Figura 25 ilustra o fluxograma da comparação estatística realizada entre os grupos nas regiões apical, média e cervical, evidenciando o procedimento metodológico adotado para a análise dos dados.

De forma complementar, as Tabelas 1 a 6 apresentam os valores dos desvios obtidos em milímetros, organizados conforme a resina utilizada, a região analisada e as anilhas avaliadas, possibilitando a visualização da distribuição dos dados e a comparação objetiva do desempenho dos materiais avaliados.

FIGURA 25 - Fluxograma da diferença estatística entre os grupos apical, médio e cervical



Fonte: própria autora (2025).

TABELA 1 - Referente aos valores apicais da fresagem com resina *HeyGears*, letras A, B, C referente às anilhas

Anilhas	**A**	**B**	**C**
HeyGears	apical	apical	apical
*HG*1	0,84	0,94	0,94
*HG*2	1,19	1,30	0,93
*HG*3	0,68	0,88	0,76
*HG*4	1,07	1,48	1,60
*HG*5	0,73	0,74	1,07

Fonte: própria autora (2025).

TABELA 2 - Referente aos valores médios da fresagem com resina *HeyGears*, letras A, B, C referente às anilhas

Anilhas	**A**	**B**	**C**
HeyGears	médio	médio	médio
*HG*1	0,14	0,27	0,37
*HG*2	0,14	0,20	0,07
*HG*3	0,41	0,32	0,22
*HG*4	0,42	0,56	0,28
*HG*5	0,23	0,25	0,18

Fonte: própria autora (2025).

TABELA 3 - Referente aos valores cervicais da fresagem com resina *HeyGears*, letras A, B, C referente às anilhas

Anilhas	**A**	**B**	**C**
HeyGears	cervical	cervical	cervical
*HG*1	0,12	0,18	0,23
*HG*2	0,07	0,18	0,07
*HG*3	0,37	0,27	0,19
*HG*4	0,30	0,44	0,32
*HG*5	0,19	0,24	0,12

Fonte: própria autora (2025).

TABELA 4 - Referente aos valores apicais da fresagem com resina Prizma, letras A, B, C referente às anilhas

Anilhas	**A**	**B**	**C**
Prizma	Apical	Apical	Apical
PR1	0,94	1,09	0,92
PR2	1,25	1,57	1,45
PR3	1,31	1,76	1,56
PR4	1,53	1,51	1,59
PR5	1,55	1,42	1,23

Fonte: própria autora (2025).

TABELA 5 - Referente aos valores médios da fresagem com resina Prizma letras A, B, C referente às anilhas

Anilhas	**A**	**B**	**C**
Prizma	médio	médio	médio
PR1	0,21	0,64	0,52
PR2	0,19	0,08	0,22
PR3	0,41	0,10	0,43
PR4	0,11	0,27	0,42
PR5	0,18	0,16	0,10

Fonte: própria autora (2025).

TABELA 6 - Referente aos valores cervicais da fresagem com resina Prizma, letras A, B, C referente às anilhas

Anilhas	**A**	**B**	**C**
Prizma	cervical	cervical	cervical
PR1	0,04	0,44	0,33
PR2	0,13	0,10	0,10
PR3	0,18	0,08	0,36
PR4	0,12	0,10	0,29
PR5	0,18	0,07	0,20

Fonte: própria autora (2025).

Na região apical, observou-se diferença estatisticamente significativa entre os grupos *HeyGears* e Prizma (p = 0,0007), indicando que a resina utilizada influenciou o desvio da fresagem nesta região. O grupo *HeyGears* apresentou, em média, desvios menores do que o grupo Prizma. Na região média, os resultados do teste t de *Student* mostraram ausência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos (p = 0,9810), sugerindo que ambas as resinas tiveram desempenhos equivalentes na precisão da fresagem e de forma semelhante, na região cervical, também não foi encontrada diferença estatística significativa entre os grupos (p = 0,3680), demonstrando que as duas resinas proporcionaram precisão comparável nesta região.

6 DISCUSSÃO

O estudo teve como objetivo avaliar a precisão da fresagem em guias endodônticos confeccionados com duas diferentes resinas fotopolimerizáveis (*HeyGears* e Prizma), analisando os desvios entre o planejamento virtual e a execução real nas regiões apical, médio e cervical. Os resultados mostraram que houve diferença estatisticamente significativa apenas na região apical, onde os guias fabricados com a resina *HeyGears* apresentaram menores desvios médios do que os fabricados com a resina Prizma ($p = 0,0007$). Nas regiões médio e cervical, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,9810$ e $p = 0,3680$, respectivamente).

Esses resultados indicam que a resina utilizada na impressão 3D influencia diretamente a precisão da fresagem, principalmente em regiões mais profundas, como o ápice radicular. Isso pode estar relacionado à estabilidade dimensional, contração pós-cura e composição química dos materiais utilizados. Segundo o fabricante, a resina *HeyGears Ultraprint Surgical Guide* possui baixa contração, alta estabilidade mecânica e é formulada com monômeros metacrilados e fotoiniciadores estáveis, o que favorece sua precisão dimensional após a cura e esterilização (*HeyGears*, 2021).

Estudos prévios já relataram que desvios apicais são os mais suscetíveis em procedimentos guiados, especialmente em canais calcificados, e que a qualidade do guia é um dos fatores críticos para o sucesso da técnica (Connert *et al*., 2019; Zehnder *et al*., 2016). Zehnder *et al*. (2016) reportaram que a média de desvio apical em dentes humanos foi de aproximadamente 0,47 mm no plano vestíbulo lingual, o que é comparável aos desvios encontrados neste estudo na resina Prizma. Isso reforça que desvios em níveis micrométricos podem ocorrer, mas seu controle pode ser favorecido pela escolha adequada da resina e pela qualidade da impressão 3D.

A ausência de diferença significativa nas regiões médio e cervical pode ser explicada pelo menor grau de complexidade técnica e menor profundidade de fresagem nestas áreas, o que tende a reduzir o impacto de possíveis distorções do guia. Em regiões mais superficiais, a resina e o *design* do guia tendem a apresentar comportamento mecânico semelhante, desde que a impressão tenha sido corretamente executada e o planejamento digital tenha sido preciso (Lara-Mendes *et al*., 2018b; Maia *et al*., 2019).

Vale ressaltar que após análise das resinas é possível concluir que todos os guias estavam adaptados aos blocos, devendo levar em consideração que os desvios apicais, médios

e cervicais podem derivar devido ao movimento de perfuração do operador, uso incorreto ou repetitivo da broca, e desgaste da broca durante a perfuração sugerindo-se análises mais aprofundadas.

Além disso, vale considerar que a tolerância dos sistemas *CAD/CAM* e impressoras 3D também influenciam o resultado. Impressoras baseadas em tecnologia *DLP*, como as utilizadas neste trabalho, oferecem melhor resolução e menor tempo de cura, mas podem apresentar variações dimensionais mínimas que se amplificam em profundidade (Anderson, 2012; Matsuura, 2013).

Do ponto de vista clínico, os resultados reforçam a importância da escolha criteriosa da resina para confecção de guias em endodontia guiada, especialmente quando se busca acessos profundos e minimamente invasivos. Como descrito por Connert *et al*. (2018), a técnica de microendodontia guiada permite preservar mais estrutura dentária, mas exige altíssima precisão, principalmente na região apical, onde desvios podem comprometer o trajeto e gerar riscos como perfurações ou desvios do conduto (Clark; Khademi, 2010; Connert *et al*., 2018).

Portanto, a resina *HeyGears* se mostrou mais estável e precisa na fresagem apical, podendo ser recomendada para casos clínicos onde se exige alta acurácia em regiões profundas, enquanto as resinas prizmas poderiam ser indicadas para casos clínicos mais simples. No entanto, ambas as resinas apresentaram comportamento satisfatório nas regiões mais cervicais e médias, sendo viáveis para casos menos complexos.

Sugere-se que em futuras pesquisas incluam maior número de amostras, variedades de resinas comerciais; confecção e análise de novos corpos de provas, avaliações tridimensionais do desvio angular podem complementar os achados do presente estudo, ampliando a aplicabilidade clínica da endodontia guiada.

7 CONCLUSÃO

Desta forma, o estudo permitiu avaliar e comparar a precisão de fresagem em guias endodônticos confeccionados com duas diferentes resinas fotopolimerizáveis: *HeyGears* e Prizma. Com base na análise estatística dos desvios observados nas regiões apical, médio e cervical, foi possível concluir que a resina *HeyGears* apresentou desempenho superior na região apical, com menor desvio em relação ao planejamento digital, quando comparada à resina Prizma. Essa diferença foi estatisticamente significativa ($p = 0,0007$).

Nas regiões médio e cervical, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,9810$ e $p = 0,3680$, respectivamente), sugerindo que ambas as resinas oferecem precisão satisfatória em áreas mais superficiais do conduto radicular.

Os achados reforçam a influência do material utilizado na confecção de guias cirúrgicos endodônticos, especialmente em procedimentos que demandam alta acurácia na região apical. A estabilidade dimensional da resina *HeyGears*, aliada à sua compatibilidade com impressoras de alta resolução, pode justificar sua superioridade técnica em relação à Prizma nesse contexto.

Dessa forma, sugere-se a utilização da resina *HeyGears* em casos clínicos que envolvam canais calcificados, acesso profundo e necessidade de precisão máxima. No entanto, ambas as resinas se mostraram viáveis para aplicações menos exigentes quanto à profundidade e complexidade anatômica.

Para processo de análise da adaptação das resinas a janela de inspeção foi a referência para entender se o guia estava bem adaptado ao bloco de poliuretano, ambas imagens foram submetidas ao um aplicativo de medidas, foi traçado uma linha no começo da janela de inspeção até aonde ela finaliza com isso foi possível obter a medida em milímetros, todas as amostras tanto da resina *HeyGears* quanto da Prizma apresentaram a mesmas medidas o que corrobora com o fato de que todas estão bem adaptadas e que os desvios que ocorreram durante o processo fresagem podem derivar da posição do operador durante a fresagem, ou então do uso da broca durante o processo que pode perder seu corte após várias fresagens.

Sugere-se que em futuras pesquisas incluam maior número de amostras, variedades de resinas comerciais; confecção e análise de novos corpos de provas, avaliações tridimensionais do desvio angular podem complementar os achados do presente estudo, ampliando a aplicabilidade clínica da endodontia guiada, uso de várias brocas a fim de aprofundar o conhecimento sobre os fatores que impactam a efetividade da endodontia guiada e seu processo

de desvios durante o tratamento. Inclusão de uma discussão comparativa com outros materiais disponíveis no mercado, bem como a consulta com profissionais da área clínica para validar a viabilidade e aceitabilidade das resinas testadas em contextos reais de uso.

.

REFERÊNCIAS

ADITEK. *Impressora 3D de resina na odontologia: como funciona? Saiba mais sobre!* 11 mar. 2024. Disponível em: https://aditek.com.br/blog/impressora-3d-de-resina-na-odontologia/. Acesso em: 24 nov. 2025.

AGAMY, H. A. *et al*. Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp-capping agents in pulpotomized primary teeth. **Pediatric Dentistry**, v. 26, n. 4, p. 302-309, 2004.

ALSHAMRANI, A. A.; RAJU, R.; ELLAKWA, A. Effect of printing layer thickness and postprinting conditions on the flexural strength and hardness of a 3D-printed resin. **BioMed Research International**, v. 2022, n. 1, p. 8353137, 2022.

ANDERSON, C. **Makers: a nova revolução industrial**. São Paulo: Elsevier Brasil, 2012.

ANDREASEN, F. M. *et al*. Occurrence of pulp canal obliteration after luxation injuries in the permanent dentition. **Dental Traumatology**, v. 3, n. 3, p. 103-115, 1987.

BRODIN, P.; LINGE, L.; AARS, H. Instant assessment of pulpal blood flow after orthodontic force application. **Journal of Orofacial Orthopedics**, v. 57, n. 5, p. 306-309, 1996.

BUCHGREITZ, J.; BUCHGREITZ, M.; BJØRNDAL, L. Guided root canal preparation using cone beam computed tomography and optical surface scans–an observational study of pulp space obliteration and drill path depth in 50 patients. **International Endodontic Journal**, v. 52, n. 5, p. 559-568, 2019.

CEDRAZ, C. M., ARAÚJO, D. B. de., MATTA, M. C. da. Perspectiva ou realidade: uma análise da endodontia guiada. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 23, n. 3, 2024. DOI: 10.9771/cmbio.v23i3.64808.

CLARK, D.; KHADEMI, J. Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. **Dental Clinics**, v. 54, n. 2, p. 249-273, 2010.

CONNERT, T. *et al*. Guided endodontics versus conventional access cavity preparation: a comparative study on substance loss using 3-dimensional–printed teeth. **Journal of Endodontics**, v. 45, n. 3, p. 327-331, 2019.

CONNERT, T. *et al*. Microguided Endodontics: accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 5, p. 787-790, 2017.

CONNERT, T. *et al*. Microguided Endodontics: a method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. **International Endodontic Journal**, v. 51, n. 2, p. 247-255, 2018.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. 3. ed. New York: Wiley, 1999.

COPPS INDUSTRIES. Acrylic Resin vs. Epoxy Resin. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: https://www.coppsindustries.com/blog/acrylic-resin-vs-epoxy-resin/. Acesso em: 24 nov. 2025.

CVEK, M.; GRANATH, L.; LUNDBERG, M. Failures and healing in endodontically treated non-vital anterior teeth with posttraumatically reduced pulpal lumen. **Acta Odontologica Scandinavica**, v. 40, n. 4, p. 223-228, 1982.

DĄBROWSKI, W. *et al*. Guided endodontics as a personalized tool for complicated clinical cases. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 16, p. 9958, 2022.

DELIVANIS, H. P.; SAUER, G. J. R. Incidence of canal calcification in the orthodontic patient. **American Journal of Orthodontics**, v. 82, n. 1, p. 58-61, 1982.

FILAMENT2PRINT. Resina UltraPrint – Surgical Guide UV – HeyGears. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: https://filament2print.com/pt/guias-cirurgicas/3299-resina-ultraprint-guia-cirurgica-uv-heygears.html. Acesso em: 24 nov. 2025.

GALVANI, L. D. *et al*. Aloe Vera as an Adjunct in Endodontic Irrigation: Impact on Dentin Bond Strength and Cytotoxicity. **Materials**, v. 18, n. 12, p. 2874, 2025.

HEYGEARS. Resina HeyGears Ultraprint Surgical Guide, 2021. Disponível em: https://www.heygears.com. Acesso em: 27 jan. 2025.

HILDEBRAND, H. *et al*. Real-time guided endodontics versus conventional freehand access cavity preparation by a specialist–an ex vivo comparative study. **Clinical Oral Investigations**, v. 29, n. 5, p. 232, 2025.

JOHNSTONE, M.; PARASHOS, P. Endodontics and the ageing patient. **Australian Dental Journal**, v. 60, p. 20-27, 2015.

KAIAHARA, F. H. *et a*l. Influence of Printing Orientation on the Mechanical Properties of Provisional Polymeric Materials Produced by 3D Printing. **Polymers**, v. 17, n. 3, p. 265, 2025.

KIEFNER, P. *et al*. Treatment of calcified root canals in elderly people: a clinical study about the accessibility, the time needed and the outcome with a three-year follow-up. **Gerodontology**, v. 34, n. 2, p. 164-170, 2017.

KRASTL, G. *et al*. Guided endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. **Dental Traumatology**, v. 32, n. 3, p. 240-246, 2016.

LARA-MENDES, S. T. O. *et al*. A new approach for minimally invasive access to severely calcified anterior teeth using the guided endodontics technique. **Journal of Endodontics**, v. 44, n. 10, p. 1578-1582, 2018a.

LARA-MENDES, S. T. O. *et al*. Guided Endodontic Access in Maxillary Molars Using Cone-beam Computed Tomography and Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing System: A Case Report. **Journal of Endodontics**, v. 44, p. 875-879, 2018b.

LIMA, R. O. *et al*. Influence of using different translucent composite resins for customizing fiber post on the bond strength of self-adhesive cement to root dentin. **Dental Materials Journal**, v. 43, n. 1, p. 112-118, 2024.

LOUREIRO, M. A. Z. *et al*. Guided endodontics: The impact of new technologies on complex case solution. **Australian Endodontic Journal**, v. 47, n. 3, p. 664-671, 2021.

MAIA, L. M. *et al*. Case reports in maxillary posterior teeth by guided endodontic access. **Journal of Endodontics**, v. 45, n. 2, p. 214-218, 2019.

MAKERTECH LABS LTDA. Resina Prizma Bio Guide, 2019. Disponível em: https://www.makertechlabs.com.br. Acesso em: 27 jan. 2025.

MATSUURA, S. Brinquedos, carros e casas impressos em 3D. **O Globo**, Rio de Janeiro, 7 abr. 2013. Disponível em: https://oglobo.globo.com/economia/brinquedos-carros-casas-impressos-em-3d-8049027. Acesso em: 30 out. 2016.

MCCABE, P. S.; DUMMER, P. M. H. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge. **International Endodontic Journal**, v. 45, n. 2, p. 177-197, 2012.

MENA-ÁLVAREZ, J. *et al*. Endodontic treatment of dens evaginatus by performing a splint guided access cavity. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 29, n. 6, p. 396-402, 2017.

MICHETTI, J. *et al*. Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 7, p. 1187-1190, 2010.

MIICRAFT. Miicraft 3D production system makes a better word, 2017. Disponível em: https://miicraft.com/user-manual/. Acesso em: 29 set. 2025.

OGINNI, A. O.; ADEKOYA-SOFOWORA, C. A.; KOLAWOLE, K. A. Evaluation of radiographs, clinical signs and symptoms associated with pulp canal obliteration: an aid to treatment decision. **Dental Traumatology**, v. 25, n. 6, p. 620-625, 2009.

PATEL, S. *et al*. Cone beam computed tomography in e ndodontics – a review. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 1, p. 3-15, 2015.

PUJOL, M. L. *et al*. Guided endodontics for managing severely calcified canals. **Journal of endodontics**, v. 47, n. 2, p. 315-321, 2021.

ROBERTSON, A. *et al*. Incidence of pulp necrosis subsequent to pulp canal obliteration from trauma of permanent incisors. **Journal of Endodontics**, v. 22, n. 10, p. 557-560, 1996.

SANTOS, H. É. S. *et al*. Performance of conventional acrylic resin vs. 3D printed resin in surface roughness, hardness, and mechanical resistance. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 53, p. e20240017, 2024.

SAYEGH, F. S.; REED, A. J. Calcification in the dental pulp. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology**, v. 25, n. 6, p. 873-882, 1968.

SHAH, P.; CHONG, B. S. 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. **Clinical Oral Investigations**, v. 22, n. 2, p. 641-654, 2018.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

TORRES, A. *et al*. Microguided Endodontics: a case report of a maxillary lateral incisor with pulp canal obliteration and apical periodontitis. **International Endodontic Journal**, v. 52, n. 4, p. 540-549, 2019.

VAN DER MEER, W. J. *et al*. 3D Computer aided treatment planning in endodontics. **Journal of Dentistry**, v. 45, p. 67-72, 2016.

ZEHNDER, M. S. *et al*. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 10, p. 966-972, 2016.