

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA - MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DENTÍSTICA RESTAURADORA

GABRIELLA SCHMITZ OLIVEIRA

TÉCNICAS DE ESCANEAMENTO COM SCANNERS INTRAORAIS EM DENTES
COM CANAIS UNIRRADICULARES

PONTA GROSSA
2024

GABRIELLA SCHMITZ OLIVEIRA

TÉCNICAS DE ESCANEAMENTO COM SCANNERS INTRAORAIS EM DENTES
COM CANAIS UNIRRADICULARES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora, linha de pesquisa em Propriedades Físico-Químicas e Biológicas de Materiais

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Gomes
Coorientadora: Profa. Dra. Giovana Mongruel Gomes

PONTA GROSSA

2024

O48 Oliveira, Gabriella Schmitz
Técnicas de escaneamento com scanners intraorais em dentes com canais unirradiculares / Gabriella Schmitz Oliveira. Ponta Grossa, 2024.
50 f.

Dissertação (Mestrado em Odontologia - Área de Concentração: Dentística Restauradora), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Gomes.
Coorientadora: Profa. Dra. Giovana Mongrueel Gomes.

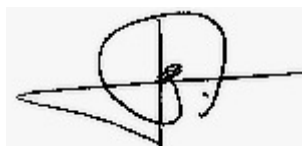
1. Tecnologia odontológica. 2. CAD-CAM. 3. Canal radicular. I. Gomes, João Carlos. II. Gomes, Giovana Mongrueel. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Dentística Restauradora. IV.T.

CDD: 617.6

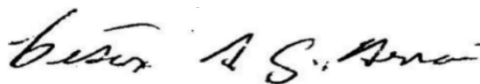
GABRIELLA SCHMITZ OLIVEIRA

TÉCNICAS DE ESCANEAMENTO COM SCANNERS INTRAORAIS EM DENTES
COM CANAIS UNIRRADICULARES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora, linha de pesquisa em Propriedades Físico-Químicas e Biológicas de Materiais Dentários.



Prof. Dr. João Carlos Gomes – Orientador
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof. Dr. César Augusto Galvão Arrais
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof. Dr. Ana Paula Gebert de Oliveira Franco
Universidade Federal do Paraná

Ponta Grossa, 29 de fevereiro de 2024

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador, **Prof. Dr. João Carlos Gomes**, por todo o apoio, orientação e confiança depositada em mim. Obrigada por fazer esse trabalho ser possível e por nos oferecer tantos recursos para o crescimento da odontologia.

À minha coorientadora, **Profa. Dra. Giovana Mongruel Gomes**, pela dedicação e disposição para me auxiliar com a metodologia de pesquisa e todo o conhecimento compartilhado.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, **Iara**, por ser minha companheira e me incentivar a ser cada vez melhor todos os dias em todos os aspectos da minha vida.

Ao meu pai, **Vicente**, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha formação.

À minha família que me acompanhou neste caminho, sempre com amor e zelo.

À minha namorada, **Anna Isis**, por ser minha confidente, incentivadora e melhor amiga, gratidão por sempre estar comigo em todos os momentos desta jornada.

Ao meu amigo, **Jorge Modesto Dominguez Baez**, pela ajuda e ensinamentos desde meus primeiros dias no COD-UEPG até a finalização deste trabalho.

À **COD-UEPG**, por ter sido o local onde mais aprendi durante esses anos e pelos amigos que fiz, vocês foram essenciais para meu crescimento e para que meus dias fossem melhores.

À **LODI-UEPG**, pela oportunidade de me fazer crescer profissionalmente e por me dar amigos tão especiais.

Aos meus amigos e colegas do programa de pós-graduação, por compartilharem comigo tantos momentos de aprendizado e por todo o companheirismo nesta trajetória.

À **Secretaria da Ciência, Educação e Tecnologia de Ensino Superior do Paraná** (SETI-PR) pela bolsa concedida durante o transcorrer do curso.

Ao **Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa**, em especial ao coordenador **Prof. Dr. Cesar Augusto Galvão Arrais**, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

DADOS CURRICULARES

Gabriella Schmitz Oliveira

NASCIMENTO 01.02.1998

Curitiba, PR – Brasil

FILIAÇÃO

Iara Schmitz

Vicente Oliveira Neto

2016 – 2021

Curso de Graduação em
Odontologia pela Universidade
Estadual de Ponta Grossa –
UEPG.

Ponta Grossa, PR – Brasil

2021 – 2023

Curso de Especialização em
Radiologia e Imaginologia
Odontológica. Universidade Estadual
de Ponta Grossa – UEPG.

Ponta Grossa – PR, Brasil

2022 – 2024

Curso de Pós-Graduação em
Odontologia pela Universidade
Estadual de Ponta Grossa –
UEPG. Nível de Mestrado em
Odontologia. Área de
Concentração: Dentística
Restauradora. Ponta Grossa, PR
– Brasil

RESUMO

SCHMITZ OLIVEIRA G. **Técnicas de escaneamento com scanners intraorais em dentes com canais unirradiculares.** [Dissertação - Mestrado em Odontologia - Área de concentração em Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa: 2024.

O estudo teve como objetivo avaliar a efetividade do escaneamento de canais unirradiculares com scanners intraorais, analisando a profundidade (mm) e área de superfície escaneadas (em mm²) e comparar duas técnicas de escaneamento. Para isso, foram utilizados dez segundos pré-molares superiores unirradiculares permanentes humanos, os quais foram seccionados perpendicularmente ao seu longo eixo, e tratados endodonticamente. Os grupos experimentais foram divididos entre os scanners intraorais TRIOS 3 (n=10), MEDIT i600 (n=10), e PRIMESCAN (n=10). Para cada amostra, o canal foi moldado com resina acrílica, e cada moldagem escaneada com o scanner respectivo de cada grupo para ter um controle positivo. Antes dos escaneamentos, as amostras foram embutidas em modelos impressos para simular a dificuldade que o operador teria em uma situação clínica. Foram utilizadas duas técnicas de escaneamento: a convencional, com movimentos de varredura retilínea, e a oscilatória, com movimentos giratórios oscilantes sobre toda a peça a ser escaneada. A análise estatística dos dados foi realizada por meio de ANOVA de medidas repetidas, com o teste Post-hoc de Tukey para comparação entre grupos. Os resultados indicaram que a técnica oscilatória apresentou maior profundidade de escaneamento em comparação com a convencional. O scanner PRIMESCAN obteve as maiores profundidades, especialmente com a técnica oscilatória. Quanto à área de superfície escaneada, a técnica oscilatória mostrou maior eficácia em todos os grupos, enquanto o PRIMESCAN obteve a maior área na técnica convencional.

Palavras-chave: Tecnologia Odontológica, CAD-CAM, Canal Radicular

ABSTRACT

SCHMITZ OLIVEIRA G. **Scanning techniques with intraoral scanners on teeth with single root canals.** [Dissertation – Master's in Dentistry – Area of concentration in Restorative Dentistry]. Ponta Grossa: State University of Ponta Grossa; 2024.

The purpose of the study was to assess the efficacy of intraoral scanners in scanning single-root canals. The study analyzed the depth (mm) and surface area scanned (mm²) and compared two scanning techniques. The experiment involved ten human permanent single-rooted second premolars that were sectioned perpendicularly to their long axis and treated endodontically. The experimental groups were divided between the intraoral scanners, namely TRIOS 3 (n=10), MEDIT i600 (n=10), and PRIMESCAN (n=10). For each specimen, the canal was molded with acrylic resin, and each impression scanned with the scanner for each group to have a positive control. Before the scans, the samples were embedded in printed models to simulate the difficulty the operator would face in a clinical situation. Two scanning techniques were used: conventional, with rectilinear scanning movements, and oscillatory, with rotating oscillating movements over the entire piece to be scanned. The data was analyzed using repeated-measure ANOVA, with Tukey's post-hoc test for comparison between groups. The results indicated that the oscillatory technique presented greater scanning depth compared to the conventional one. The PRIMESCAN scanner obtained the greatest depths, especially with the oscillatory technique. Regarding the scanned surface area, the oscillatory technique showed greater effectiveness in all groups, while PRIMESCAN obtained a greater area in the conventional technique.

Keywords: Dental Technology, CAD-CAM, Root Canal

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Segundo pré-molar superior unirradicular humano permanente extraído e hígido, com comprimento radicular de 14 mm da JCE até o ápice radicular.	24
Figura 2. A) Irrigação com 1 mL de hipoclorito de sódio a 1%; B) A instrumentação do canal radicular foi realizada com Pro Design Logic RT; C) Irrigação dos canais com soro fisiológico, irrigação e aspiração final com solução de ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) 17%; D) Irrigação final com soro fisiológico; E) Os canais foram secos com pontas de papel absorvente; F) e G) Obturação dos 4 mm apicais através do primeiro passo da técnica de condensação vertical de Schilder. 25	25
Figura 3. Canal radicular foi preparado com uma ponta diamantada tronco-cônica nº 4138.	26
Figura 4. Scanners intraorais utilizados. A) Trios 3, 3Shape; B) Medit i600, Medit; C) Primescan, Dentsply Sirona.	27
Figura 5. Pontas com espelhos dos scanners. A) Ponta com vidro de proteção do scanner Primescan; B) Espelho voltado para o corpo do scanner, presente nos scanners Medit i600 e Trios 3.	28
Figura 6. Marcações realizadas com resina composta em quatro pontos da região cervical das amostras.	29
Figura 7. Dente sendo embutido no modelo impresso na impressora 3D Flashforge Hunter para imitar os dentes adjacentes (primeiro pré-molar superior e primeiro molar superior).	30
Figura 8. A) Técnica convencional de escaneamento: movimentos de varredura retilíneos sobre os elementos dentários em torno de toda a extensão da coroa; B) Técnica oscilatória: movimentos giratórios oscilantes sobre toda a coroa dentária, onde a ponta do scanner não permanecia totalmente colada na superfície escaneada.	31
Figura 9. Moldagem dos canais radiculares pela técnica direta com um pino e núcleo intrarradicular padrão de policarbonato em associação com resina acrílica autopolimerizável posicionado em suporte com cera utilidade para digitalização através de um scanner intraoral.	32
Figura 10. Secção em quatro partes para posterior medição das paredes, realizada no software Meshmixer.	33
Fonte: O Autor.	33
Figura 11. Medidas dos pontos cervicais ao ponto mais profundo escaneado, realizada	

no software Meshmixer.	33
Figura 12. Medição da área de superfície da porção escaneada pelo software Meshmixer.....	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Profundidade de escaneamento (mm) dos três scanners intraorais com ambas as técnicas de escaneamento, comparadas com o grupo controle.	35
Gráfico 2. Profundidade de escaneamento (mm) em cada uma das quatro paredes, distal, mesial, palatina e vestibular, escaneadas com os três diferentes scanners, com a técnica convencional.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. ANOVA de medidas repetidas para profundidade de escaneamento (mm) por técnicas e interação com o scanner.....	35
Tabela 2. Medias e desvio padrão (mm ²) da área de superfície de escaneamento comparando as duas técnicas com o grupo controle, nos três scanners intraorais utilizados.	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três dimensões
ANOVA	Análise de variância
AWS	<i>Active Wave Sampling</i>
BDH	Banco de dentes humanos
CAD	Computer-aided desing
CAM	Computer-aided manufacturing
COEP	Comissão de ética em pesquisa
DLP	<i>Digital Light Processing</i>
EDTA	Ácido etilenodiaminoteracético
GPa	Giga Pascal (is)
JCE	Junção cimento-esmalte
mm	Milímetro (mm)
mm ²	Milímetro (s) quadrado
min	Minuto (s)
PLY	<i>Polygon File Format</i>
STL	<i>Standard Tessellation Language</i>
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Retentores intrarradiculares	17
2.2 Técnicas de modelagem para pinos intrarradiculares CAD/CAM	18
2.2.1 Técnica Indireta (Semi-Digital)	19
2.2.2 Técnica Direta (Totalmente Digital)	19
2.2.3 Técnica Direta vs. Indireta	20
2.3 Scanners Intraorais	20
2.4 Tecnologias de scanners intraorais	20
2.4.1 Projeção de captura de luz	21
2.4.2 Triangulação	21
2.4.3 Tecnologia Confocal	21
2.4.4 AWS (Active Wave Sampling)	22
2.4.5 Estereofotogrametria	22
3 OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo geral	23
3.2 Objetivos específicos	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Seleção da Amostra	24
4.2 Preparo dos dentes	24
4.3 Grupos experimentais	25
4.4 Análise Estatística	34
5 RESULTADOS	35
6 DISCUSSÃO	37
7 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

ANEXO A - PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.

.....47

1 INTRODUÇÃO

A preservação da estrutura dentária após tratamento endodôntico é crucial para garantir a durabilidade a longo prazo das restaurações.^{1,2} A utilização de retentores intrarradiculares é uma prática comum nesse contexto, visando melhorar a retenção das restaurações em dentes com consideráveis perdas coronárias. Tradicionalmente, os retentores metálicos fundidos apresentavam desafios relacionados ao módulo de elasticidade discrepante em comparação com a dentina radicular, aumentando o risco de fraturas irreversíveis. Para contornar essa questão, materiais como pinos de fibra de vidro têm sido propostos, proporcionando um módulo de elasticidade semelhante ao da dentina e simplificando o processo restaurador.^{1,3}

A introdução dos pinos de fibra de vidro fresados, produzidos por sistemas CAD/CAM, representa uma inovação significativa. Esses pinos são fabricados de acordo com a anatomia precisa do canal radicular, eliminando a inadequação observada nos pinos pré-fabricados em casos de canais radiculares alargados. No entanto, a conformidade desses pinos com a forma do canal radicular levanta questões sobre as técnicas de escaneamento intraoral para aquisição de imagens do conduto e fabricação desses pinos de fibra de vidro fresados.³⁻⁵

A odontologia digital, impulsionada pela precisão e eficiência, tem integrado cada vez mais a tecnologia CAD/CAM em diversas áreas. A aquisição de imagens, como com o escaneamento intraoral, é uma das primeiras etapas do fluxo de trabalho em odontologia digital. Pesquisas demonstram que os escaneamentos intraorais são uma alternativa efetiva comparada as moldagens convencionais,^{4,6-9} além de ser uma técnica de maior conforto para os pacientes.¹⁰ No contexto de pinos intrarradiculares, as técnicas de escaneamento intraoral têm se destacado, oferecendo conforto ao paciente, acessibilidade facilitada e redução do tempo de trabalho. A transição para técnicas totalmente digitais (diretas) e semi-digitais (indiretas) na fabricação de pinos intrarradiculares CAD/CAM tem sido explorada, apresentando vantagens distintas em termos de precisão e simplicidade do procedimento.^{11,12} Na técnica direta o escaneamento é feito diretamente no espaço para o pino e na técnica indireta é feito o escaneamento da moldagem realizada no espaço para o pino.

A escolha entre técnicas de escaneamento diretas e indiretas para pinos intrarradiculares CAD/CAM é crucial. Moustapha *et al* indica que a técnica direta,

utilizando scanners intraorais, resulta em uma adaptação superior quando comparada à digitalização indireta de padrões ou impressões. Isso destaca a importância de compreender as nuances das técnicas de escaneamento para garantir a eficácia e a precisão na fabricação de pinos de fibra de vidro fresados.¹¹

O avanço das tecnologias de scanners intraorais desempenha um papel fundamental nesse cenário. A aplicação de diferentes tecnologias, como projeção de captura de luz, triangulação, tecnologia confocal, AWS (Active Wave Sampling) e estereofotogrametria, oferece opções diversificadas para a captura precisa da geometria tridimensional dos objetos. A compreensão dessas tecnologias é essencial para orientar a escolha do profissional na busca por resultados otimizados em procedimentos de escaneamento intraoral para confecção de pinos intrarradiculares.¹³⁻¹⁵

Estudos recentes mostram ser possível escanear canais radiculares alargados entre 6 e 10mm de profundidade com eficiência, dependendo do scanner utilizado.^{16,17} Entretanto, não há na literatura uma técnica de escaneamento proposta para a aquisição das imagens dos condutos radiculares com acurácia, estas são realizadas através das instruções do fabricante do scanner.

O presente estudo pretende avaliar a efetividade do escaneamento de canais unirradiculares com três diferentes scanners intraorais, assim como comparar duas técnicas aplicadas pelo operador no momento do escaneamento, para assim, avaliar qual técnica promove uma melhor acurácia na aquisição das imagens tridimensionais e profundidade de escaneamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Retentores intrarradiculares

As restaurações em dentes submetidos a tratamento endodôntico são de extrema importância para garantir sua durabilidade a longo prazo, dadas as diferentes propriedades mecânicas desses dentes em comparação com os dentes vitais. As alterações mecânicas resultam das perdas substanciais de estrutura devido a restaurações prévias, cáries, traumas, perda do órgão pulpar, perda de umidade da estrutura dental e procedimentos endodônticos.^{1,2,18,19}

Os retentores metálicos tradicionais, núcleos metálicos fundidos, possuem um módulo de elasticidade elevado (média de 200 GPa), em comparação com a dentina radicular (18GPa). Essa discrepância considerável possibilita a transmissão interna de forças mastigatórias, concentrando-as na região apical e aumentando o risco de fratura do remanescente, muitas vezes irreversível.^{20,21} Portanto, muitos autores preferem o uso de materiais com módulo de elasticidade semelhante ao da dentina.^{22,23}

Visando aprimorar a retenção das restaurações e a resistência à fratura em dentes com consideráveis perdas coronárias, assim como preservar a estrutura remanescente, têm sido realizados estudos e propostas no contexto dos pinos de fibra de vidro.²⁴⁻²⁷ O módulo de elasticidade desses pinos, variando de 16 a 40 GPa, assemelha-se ao da dentina radicular (18 Gpa).^{1,28,29}

A composição dos pinos de fibra de vidro inclui fibras inorgânicas de vidro imersas em resina epóxi e silano, promovendo a adesão entre os componentes orgânicos e inorgânicos.³⁰ Com coloração branca ou transparente, esses pinos favorecem a estética.³¹

A introdução do pino de fibra de vidro simplificou o processo restaurador e proporcionou biocompatibilidade, principalmente quando combinado com sistemas adesivos e cimentos resinosos. A qualidade da restauração está intrinsecamente ligada à eficácia da união entre o pino de fibra de vidro, o cimento resinoso e a dentina.¹

A desvantagem dos pinos de fibra de vidro pré-fabricados reside na sua falta de conformidade com a forma do canal radicular, requerendo quantidades excessivas de cimento resinoso para a cimentação em casos de canais radiculares alargados. Isso pode resultar em fendas, bolhas e falhas nas interfaces entre o pino,

o cimento e a dentina radicular.³²⁻³⁴

Para superar as limitações associadas aos pinos de fibra de vidro em canais excessivamente alargados, surgem abordagens alternativas visando o preenchimento anatômico do canal radicular. Dentre essas alternativas, destacam-se a técnica de reembasamento direto ou indireto do pino com resina composta e a utilização de núcleos de fibra de vidro fresados. A aplicação da técnica de reembasamento direto ou indireto evidencia uma notável adaptação do pino ao canal radicular, resultando em uma fina camada de cimento resinoso, ampliando a retenção e aprimorando as propriedades mecânicas em comparação com os pinos acessórios e a técnica de reforço radicular.³² No entanto, é importante reconhecer que essa abordagem enfrenta desafios, incluindo a possível formação de bolhas devido as várias interfaces entre os materiais, a contração durante a polimerização da resina.³⁵

Esses núcleos são produzidos pelo sistema CAD/CAM (CAD: Computer-Aided Design, CAM: Computer-Aided Manufacturing), que fresam um bloco de fibra de vidro no formato anatômico do canal radicular. Esse formato é obtido por meio do escaneamento do conduto, resultando em uma adaptação anatômica precisa ao canal e simplificando a técnica, ao mesmo tempo que reduz a espessura do cimento utilizado.^{3-5,36}

2.2 Técnicas de modelagem para pinos intrarradiculares CAD/CAM

A integração da odontologia digital nas diversas áreas odontológicas tem crescido, impulsionada pela precisão e eficiência que oferece. Esse avanço é notável em procedimentos como restaurações, próteses parciais fixas, próteses sobre implantes e reabilitações orais, onde a tecnologia de design auxiliada por computador/manufatura auxiliada por computador (CAD-CAM) desempenha um papel fundamental.¹¹ O fluxo digital, caracterizado pela utilização de escaneamento intraoral, proporciona conforto ao paciente, acessibilidade facilitada, redução do tempo de trabalho e informações diagnósticas valiosas. Além disso, a técnica de escaneamento intraoral elimina etapas convencionais, como a seleção de moldeiras, preparação de materiais de moldagem, desinfecção do molde e envio da moldagem para o laboratório de prótese.³⁷⁻³⁹ Assim como os pinos e núcleos convencionalmente produzidos por fundição, a fabricação de pinos e núcleos CAD/CAM pode ser

realizada de forma indireta ou direta.

2.2.1 Técnica Indireta (Semi-Digital)

A técnica semi-digital envolve o escaneamento do molde do conduto com resina autopolimerizável obtido de forma intraoral ou através de um modelo,⁴⁰⁻⁴⁵ o escaneamento do molde e do modelo do conduto preparado com a utilização de scanbody para conduto,^{43,46,47} o escaneamento intraoral do conduto com a utilização do scanbody de escaneamento intrarradicular.^{11,48,49} Após o escaneamento, o arquivo do escaneamento é exportado para um software especializado, no qual o desenho tridimensional é criado e então a estratégia de fresagem é calculada para por fim a restauração do pino e núcleo ser fresada.^{11,12,40,42,48-50}

Essa técnica foi adotada no primeiro relato sobre pinos e núcleos fabricados por CAD/CAM,⁴⁵ onde um pino e núcleo de zircônia feitos sob medida foram fresados a partir de um bloco de zircônia. Inicialmente, um padrão de resina acrílica direta foi fabricado para registrar a anatomia do conduto para o pino. Posteriormente, o padrão de resina foi digitalizado, fresado e sinterizado para criar um pino e núcleo cerâmicos feitos sob medida. Um relato semelhante demonstrou a fabricação de padrões de pino e núcleo com resina auto-polimerizável.⁴⁴ Após isso, o padrão foi enviado a um laboratório, onde foi escaneado e fresado.

Perucelli *et al.* compararam a adaptação de pinos e núcleos CAD/CAM feitos com diferentes fluxos de trabalho de fabricação indireta (ou seja, o escaneamento de um padrão de resina ou outro material de moldagem realizado no dente ou no modelo). Todas as técnicas tiveram adaptações comparáveis, dentro da faixa clinicamente aceitável.⁵¹

2.2.2 Técnica Direta (Totalmente Digital)

A técnica totalmente digital ou direta envolve o escaneamento direto do espaço para o pino. É realizado através do escaneamento direto do espaço do canal radicular intraoral. Posteriormente, um design de restauração é criado usando software, seguido pela fresagem.⁵² A técnica totalmente digital ou direta é benéfica, pois reduz o tempo no consultório e simplifica o procedimento laboratorial para a fabricação de pinos e núcleos. Além de reduzir os riscos de imprecisões causadas pelo uso de materiais de moldagem, modelos de gesso e materiais de padrão, como resina e

cera.¹²

2.2.3 Técnica Direta vs. Indireta

Nos estudos de Moustapha *et al.* e Hendi *et al.*, foi conduzida uma investigação para avaliar qual das abordagens, técnica direta ou indireta, resulta em pinos e núcleos fresados com melhor adaptação. Conforme observado, o fluxo de trabalho direto ou completamente digital, empregando um scanner intraoral, demonstrou proporcionar uma adaptação efetiva e suficiente em comparação com a técnica indireta de padrões ou moldes.^{11,48}

2.3 Scanners Intraorais

A aplicação da tecnologia digital na prática clínica odontológica tem crescido significativamente ao longo dos anos. Um dos primeiros relatos que descrevem um sistema capaz de registrar um preparo dentário foi encontrado no relatório de Bruce R. Altschuler em 1971.^{53,54} Anos mais tarde a tecnologia de desenho e fabricação assistida por computador (CAD/CAM) foi introduzida por Duret e Termoz Duret and Termoz.⁵⁵ E em 1980, Mörmann e Brandestini desenvolveram o primeiro scanner intraoral para se obter o registro de amostras tridimensionais.⁵³

A aquisição de imagens, como no escaneamento intraoral, é uma das primeiras etapas do fluxo de trabalho em odontologia digital. Pesquisas demonstram que os escaneamentos intraorais são uma alternativa efetiva comparada às moldagens convencionais,⁶⁻⁹ além de ser uma técnica de maior conforto para os pacientes.¹⁰

2.4 Tecnologias de scanners intraorais

Existem diferentes scanners intraorais disponíveis no mercado.¹³ Os scanners intraorais geralmente têm uma área de digitalização de 1-2 dentes.^{14,56} Atualmente, existem tecnologias avançadas de varredura, como técnica de triangulação (usada por Cerec, Dentsply Sirona), AWS amostragem de frente de onda ativa (usada por True Definition, 3M ESPE) e técnica de varredura confocal (usada por iTero, Align Technology e Trios, 3Forms).^{15,57,58} A tecnologia de digitalização confocal é uma tecnologia de digitalização mais rápida que captura imagens focando em um feixe de luz óptico com imagens visuais de alta resolução com maior precisão e menos distorções.^{15,59}

Os scanners intraorais possuem diferentes tecnologias para fazerem a captura de imagem e registrar a geometria tridimensional de um objeto, porém todas necessitam de projeção de luz.⁶⁰ Um scanner intraoral é composto por uma câmera portátil (hardware), um software e um computador. Para visualizar e transportar os escaneamentos podemos utilizar diferentes formatos de arquivos, a mais largamente utilizada é a STL (Standard Tessellation Language) a qual um objeto é descrito através de diversas superfícies trianguladas. Para registrar cor, textura e transparências dos objetos a serem escaneados outros formatos de arquivos foram desenvolvidos como formato de polígonos e arquivos, PLY (Polygon File Format).⁶¹

2.4.1 Projeção de captura de luz

Dentro do campo da reconstrução 3D, existe uma distinção clara entre técnicas passivas e ativas. As técnicas passivas utilizam apenas iluminação ambiente para iluminar os tecidos intraorais e dependem de um certo nível de textura de um objeto. As técnicas ativas usam luzes estruturadas brancas, vermelhas ou azuis projetadas da câmera no objeto que são menos dependentes da textura e cor reais dos tecidos para reconstrução.^{14,15} Nas técnicas ativas, um ponto luminoso é projetado sobre um objeto e a distância até o objeto é calculada por triangulação (processo explicado posteriormente). Uma alternativa é a projeção de padrões de luz, como projeções de linha ou malha Geng.⁵⁷ A reconstrução da superfície pode ser alcançada com uma compilação de imagens, um vídeo que pode capturar várias imagens por segundo em um fluxo contínuo de dados, ou por análise de onda.^{58,59}

2.4.2 Triangulação

A triangulação é baseada no princípio de que a posição de um ponto de um triângulo (o objeto) pode ser calculada conhecendo as posições e ângulos de dois pontos de vista. Esses dois pontos de vista podem ser produzidos por dois detectores, um único detector usando um prisma ou capturados em dois pontos diferentes no tempo.⁶¹

2.4.3 Tecnologia Confocal

A imagem confocal é uma técnica baseada na aquisição de imagens focadas e desfocadas em profundidades selecionadas. Esta tecnologia pode detectar a área de

nitidez da imagem para inferir a distância do objeto que está correlacionada com a distância focal da lente. Um dente pode então ser reconstruído por imagens sucessivas tiradas em diferentes focos e valores de abertura e de diferentes ângulos ao redor do objeto.⁵⁹ A área de nitidez está diretamente relacionada à destreza do operador que pode gerar desfoque de movimento,⁶² e esta técnica também requer grande ótica que pode levar a dificuldades na prática clínica.

2.4.4 AWS (Active Wave Sampling)

AWS é uma técnica de imagem de superfície que requer uma câmera e um módulo de abertura fora do eixo. O módulo se move em um caminho circular ao redor do eixo óptico e produz uma rotação nos pontos de interesse. As informações de distância e profundidade são então derivadas e calculadas a partir do padrão produzido por cada ponto.¹⁴

2.4.5 Estereofotogrametria

A estereofotogrametria estima todas as coordenadas (x, y e z) apenas através de uma análise algorítmica de imagens.⁶³ Como esta abordagem depende de projeção passiva de luz e software, em vez de projeção ativa e hardware, a câmera é relativamente pequena, seu manuseio é mais fácil e sua produção é mais barata.⁶¹

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

1. Avaliar a efetividade do escaneamento de canais unirradiculares com scanners intraorais.

3.2 Objetivos específicos

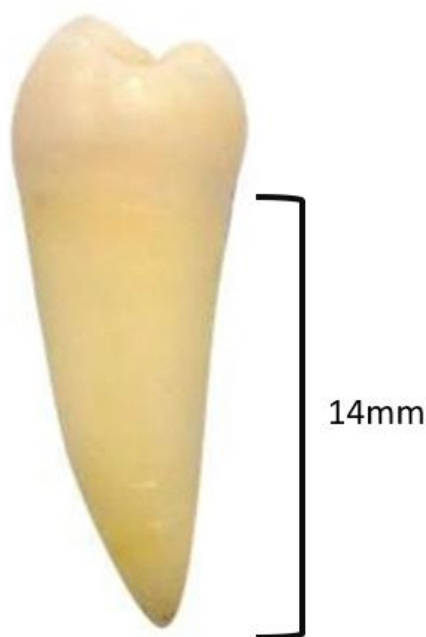
1. Determinar a profundidade e área de superfície do escaneamento de canais unirradiculares com scanners intraorais;
2. Comparar duas técnicas de escaneamento, convencional e oscilatória, para adquirir imagens de canais unirradiculares.
3. Comparar diferentes scanners intraorais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Seleção da Amostra

Foram utilizados 10 segundos pré-molares superiores unirradiculares permanentes humanos extraídos e hígidos, obtidos no Banco de dentes humanos da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), com aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa (COEP) através do parecer nº 5.976.083. Os critérios de inclusão foram: ausência de cárie, ausência de tratamento endodôntico prévio, ausência de dilacerações radiculares, ausência de ápice incompleto e comprimento radicular de pelo menos 14mm da junção cemento-esmalte (JCE) ao ápice radicular.

Figura 1. Segundo pré-molar superior unirradicular humano permanente extraído e hígido, com comprimento radicular de 14 mm da JCE até o ápice radicular.



Fonte: O Autor.

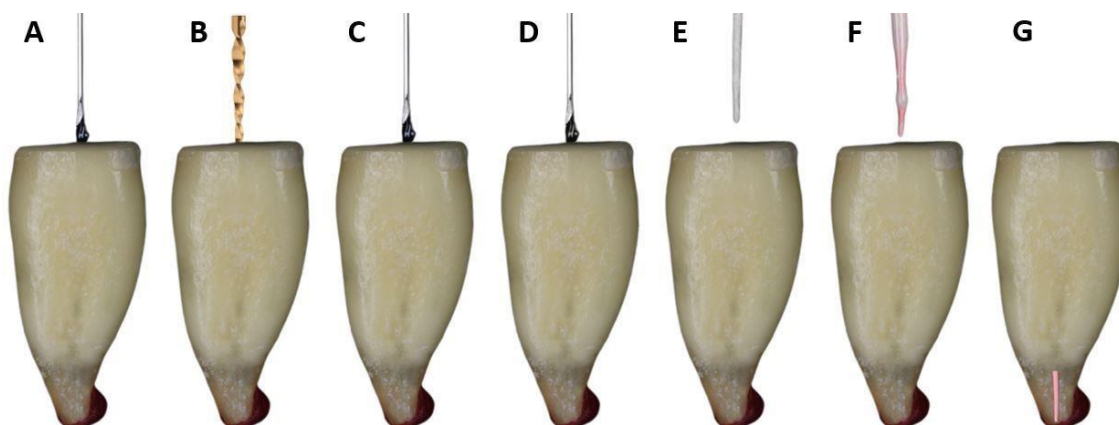
4.2 Preparo dos dentes

Todos os dentes foram seccionados perpendicularmente em relação ao seu longo eixo, mantendo o terço cervical intacto. Os cortes foram realizados com disco de diamante montado em uma máquina de corte ISOMET 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) a uma velocidade de 300 rotações por minuto (rpm) sob refrigeração com água constante, de modo a criar um acesso ao canal radicular JAC ápice radicular.

A instrumentação do canal radicular foi realizada com limas Pro Design Logic RT (Easy Equipamentos Odontológicos, Jardinópolis, BH, Brasil) e irrigação com 1 mL de hipoclorito de sódio a 1% (Figuras 2A e 2B). Após esse procedimento, foi efetuada a irrigação dos canais com soro fisiológico, irrigação e aspiração final com solução de ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) 17% (Fórmula e Ação, São Paulo, SP, Brasil) durante 3 min, trocando a solução a cada minuto, seguidos de irrigação final com soro fisiológico (Figuras 2C e 2D). Posteriormente à instrumentação, os canais foram secos com pontas de papel absorvente (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) e obturados nos 4 mm apicais através do primeiro passo da técnica de condensação vertical de Schilder,⁶⁴ utilizando cones de guta-percha aquecidos (Dentsply Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) e cimento obturador à base de resina epóxica (AH Plus, Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil), seguindo as instruções do fabricante (Figuras 2E, 2F e 2G).

Foram realizadas radiografias periapicais dos canais radiculares (Kodak Ultra, Eastman Kodak, NY, EUA) para conferir a remoção completa de material obturador além dos 4 mm apicais dos canais.

Figura 2. A) Irrigação com 1 mL de hipoclorito de sódio a 1%; B) A instrumentação do canal radicular foi realizada com Pro Design Logic RT; C) Irrigação dos canais com soro fisiológico, irrigação e aspiração final com solução de ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) 17%; D) Irrigação final com soro fisiológico; E) Os canais foram secos com pontas de papel absorvente; F) e G) Obturação dos 4 mm apicais através do primeiro passo da técnica de condensação vertical de Schilder.



Fonte: O Autor.

4.3 Grupos experimentais

Uma semana após o armazenamento em umidade relativa com água destilada a $37^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, os preparos dos condutos foram realizados para posterior escaneamento. Em todas as raízes, os canais radiculares foram preparados com uma ponta

diamantada tronco-cônica, com haste FG, nº 4138 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), de granulometria grossa (G), com 2,2 mm de diâmetro, comprimento de 11mm e adaptada em baixa rotação, de maneira a simular um canal radicular excessivamente alargado, respeitando o limite apical do material obturador de 4 mm (Figura 3). A cada oito preparos, a broca de preparo dos canais foi substituída.

Figura 3. Canal radicular foi preparado com uma ponta diamantada tronco-cônica nº 4138.



Fonte: O Autor.

As amostras foram divididas em três grupos de acordo com os scanners utilizados no estudo: TRIOS 3 (3Shape, Copenhagen, Dinamarca) (n=10), MEDIT i600 (Medit, Seoul, Coreia do Sul) (n=10) e PRIMESCAN (Dentsply Sirona, Charlotte, Carolina do Norte, Estados Unidos) (n=10) e os controles (n=10) (Figuras 4A, 4B e 4C). Os scanners intraorais apresentam diferentes pontas de escaneamento, compostas por um espelho para captar a imagem e proteger a câmera presente no corpo do equipamento ou um vidro que separa a câmera do objeto a ser escaneado (Figuras 5A e 5B). Em todos os grupos, as amostras foram escaneadas com o scanner correspondente (Quadro 1) e nos grupos controle foram realizadas as moldagens com resina acrílica duralay e subsequente escaneamento com o respectivo scanner intraoral do seu grupo. Antes dos escaneamentos, as amostras foram embutidas em modelos impressos imitando os dentes adjacentes (primeiro pré-molar superior e

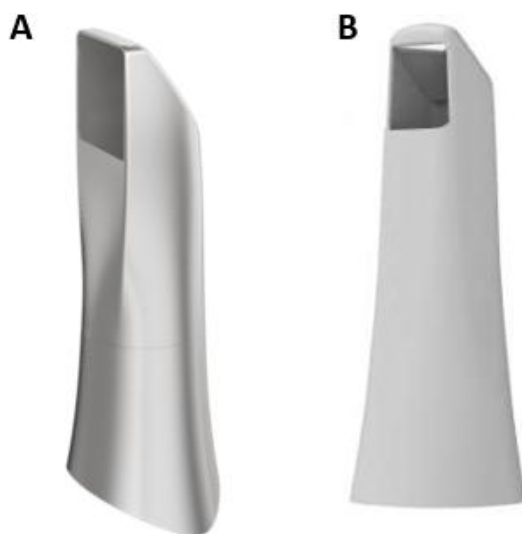
primeiro molar superior) para simular a dificuldade que o operador teria numa situação clínica. Esses modelos foram gerados no software de criação de objetos em 3D Meshmixer versão 3.5.474 (Autodesk, California, EUA), simulando os dentes adjacentes aos da amostra. Tanto nos dentes como nestes modelos foram realizadas marcações para a obtenção de referências para a sobreposição dos escaneamentos, nos dentes as marcações foram realizadas com resina composta em quatro pontos da região cervical para a posterior obtenção das medidas de profundidade e sobreposição das malhas (Figura 6).

Figura 4. Scanners intraorais utilizados. A) Trios 3, 3Shape; B) Medit i600, Medit; C) Primescan, Dentsply Sirona.



Fonte: 3Shape, Medit, Dentsply.

Figura 5. Pontas com espelhos dos scanners. A) Ponta com vidro de proteção do scanner Primescan; B) Espelho voltado para o corpo do scanner, presente nos scanners Medit i600 e Trios 3.



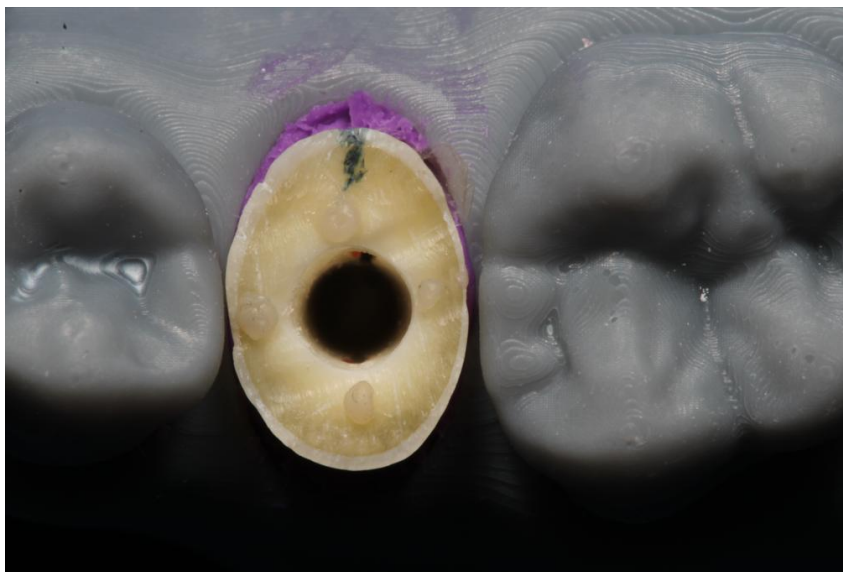
Fonte: Dentsply, Medit.

Quadro 1. Scanners intraorais utilizados.

Tipo de scanner	Scanner	Fabricante	País	Tecnologia de imagem
Intraoral	Trios 3 Basic	3Shape	Dinamarca	Luz estruturada – Microscopia confocal
Intraoral	i600	Medit	Coreia do Sul	Tecnologia de vídeo 3D em movimento
Intraoral	Primescan	Dentsply Sirona	Estados Unidos	Tecnologia de vídeo 3D em movimento

Fonte: O Autor.

Figura 6. Marcações realizadas com resina composta em quatro pontos da região cervical das amostras.



Fonte: O Autor.

Foram impressos 10 modelos (um para cada dente), imitando os lados direito e esquerdo, e esses modelos foram agrupados no software de fatiamento FlashDLPrint da FlashForge para impressão na impressora 3D FlashForge Hunter (FlashForge 3D Technology, Zhejiang, China), que possui uma precisão de $\pm 0.5\text{mm}$ e resolução de projeção de 1920×1080 pixels. Os parâmetros de impressão dos modelos foram os seguintes: altura de cada camada de $0,025\text{mm}$, tempo de cura de $1,7\text{s}$, tempo de cura das camadas de aderência de $8,0\text{s}$, com 8 camadas de transição, intensidade de luz e densidade de preenchimento de 100% , espessura de parede de $2,0\text{mm}$ e espessura de preenchimento de $1,0\text{mm}$. O tapete que ficou sob esses modelos apresentou uma margem de $0,5\text{mm}$ e uma espessura de $1,50\text{mm}$.

A resina utilizada para impressão foi a resina DLP, FH1100 FlashForge DLP (FlashForge 3D Technology, Zhejiang, China), com as seguintes propriedades: densidade de $1.09\text{-}1.12\text{g/ml}$, viscosidade de $400\text{-}550\text{cps}$, força de tração de 42Mpa , alongamento de pausa de 17% , dureza de margem 85 D , profundidade de exposição de 6mj/cm^2 e profundidade de penetração de 8 mil ($0,2\text{ mm}$). Os modelos foram fotopolimerizados no fotopolimerizador de uso laboratorial Magna Box-EDG, com um tempo de polimerização de $9,5$ minutos, potência média de foto polimerização de 600mW/cm^2 e faixa de comprimento de onda de 390 a 440nm .

As amostras foram embutidas no modelo utilizando silicone de condensação REFLEX (Yllor, Pelotas, RS, Brasil), para posterior escaneamento (Figura 7).

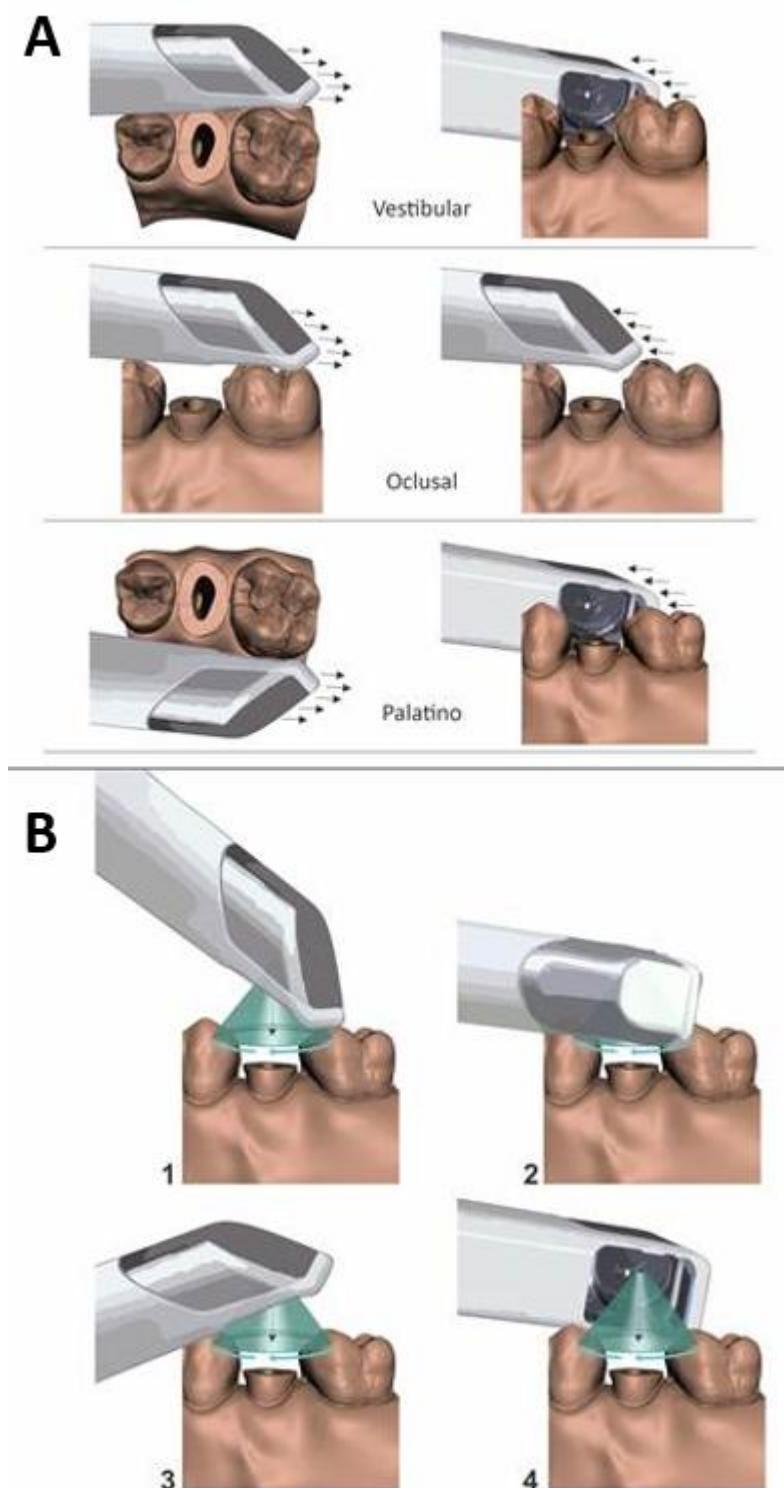
Figura 7. Dente sendo embutido no modelo impresso na impressora 3D Flashforge Hunter para imitar os dentes adjacentes (primeiro pré-molar superior e primeiro molar superior).



Fonte: O Autor.

Os escaneamentos foram realizados utilizando duas técnicas. A primeira técnica de escaneamento foi a convencional, descrita pelos fabricantes dos scanners utilizados, que consistiu em movimentos de varredura retilíneos sobre os elementos dentários em torno de toda a extensão da coroa. A segunda técnica foi a oscilatória, uma nova técnica, nesta foram aplicados movimentos giratórios oscilantes sobre toda a coroa dentária, onde a ponta do scanner não permanecia totalmente colada na superfície escaneada. Em vez disso, a borda girava em torno do eixo longitudinal do dente escaneado, lembrando o movimento que uma moeda faz ao cair sobre uma superfície plana e se mantém oscilando antes de parar sobre a superfície (Figura 8A, 8B).

Figura 8. A) Técnica convencional de escaneamento: movimentos de varredura retilíneos sobre os elementos dentários em torno de toda a extensão da coroa; B) Técnica oscilatória: movimentos giratórios oscilantes sobre toda a coroa dentária, onde a ponta do scanner não permanecia totalmente colada na superfície escaneada.



Fonte: O Autor.

O grupo controle foi constituído pela moldagem interna de todas as amostras (n=10). Essa moldagem foi realizada pela técnica direta com um pino e núcleo

intrarradicular padrão de policarbonato (Pinjet, Angelus, Londrina, PR, Brasil) em associação com resina acrílica autopolimerizável (Duralay, Reliance, Dental Mfg. Co., Worth, IL, EUA) individualizada para cada canal radicular. Foi feita uma cópia fiel da área interna do conduto, que logo após a moldagem foi escaneada com scanner intraoral do seu grupo para obter a área superfície e profundidade real (Figura 9).

Figura 9. Moldagem dos canais radiculares pela técnica direta com um pino e núcleo intrarradicular padrão de policarbonato em associação com resina acrílica autopolimerizável posicionado em suporte com cera utilidade para digitalização através de um scanner intraoral.

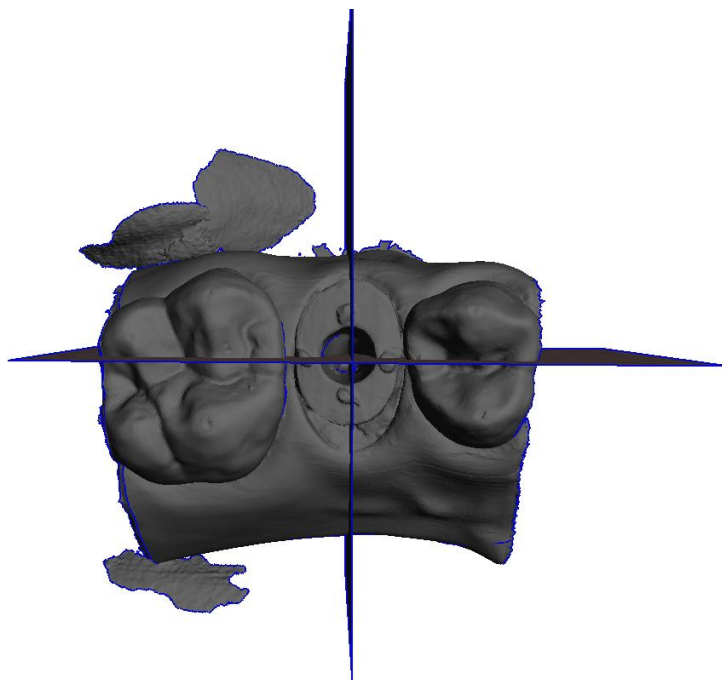


Fonte: O Autor.

Os dados obtidos foram exportados no formato STL para análise subsequente no software Meshmixer. Nesse software, foram realizadas medições da profundidade máxima de escaneamento dentro dos canais e área de superfície.

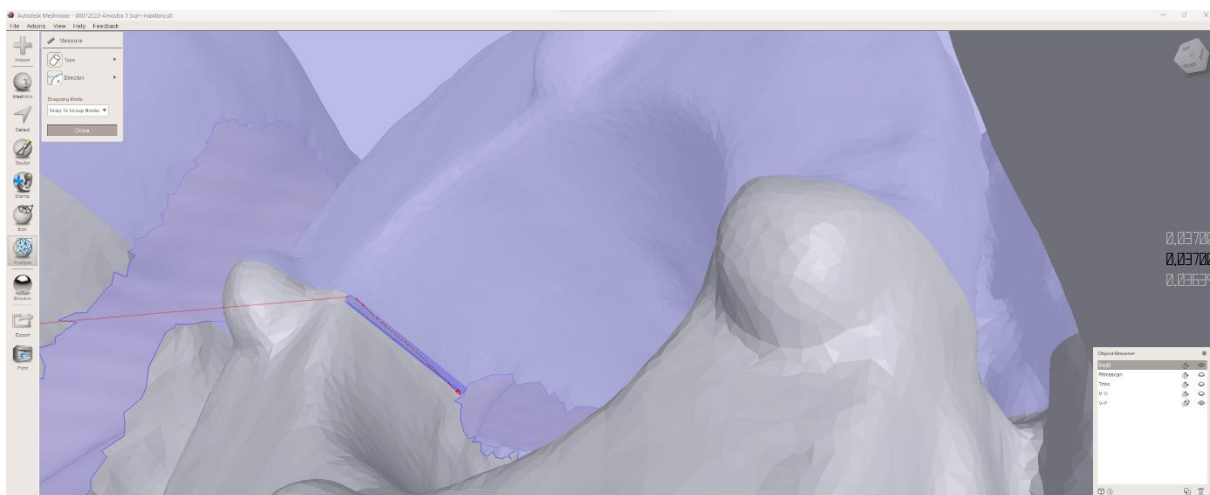
Para a análise de profundidade máxima de escaneamento foram feitas secções nas regiões dos quatro pontos de referência (em resina composta) para estabelecer o início e término linear da medição de profundidade (Figura 10). Foram medidos até os pontos mais profundos escaneados nas paredes vestibular, mesial, distal e palatina através do software Meshmixer (Figura 11) e então foi obtida a média desses pontos para posterior análise.

Figura 10. Secção em quatro partes para posterior medição das paredes, realizada no software Meshmixer.



Fonte: O Autor.

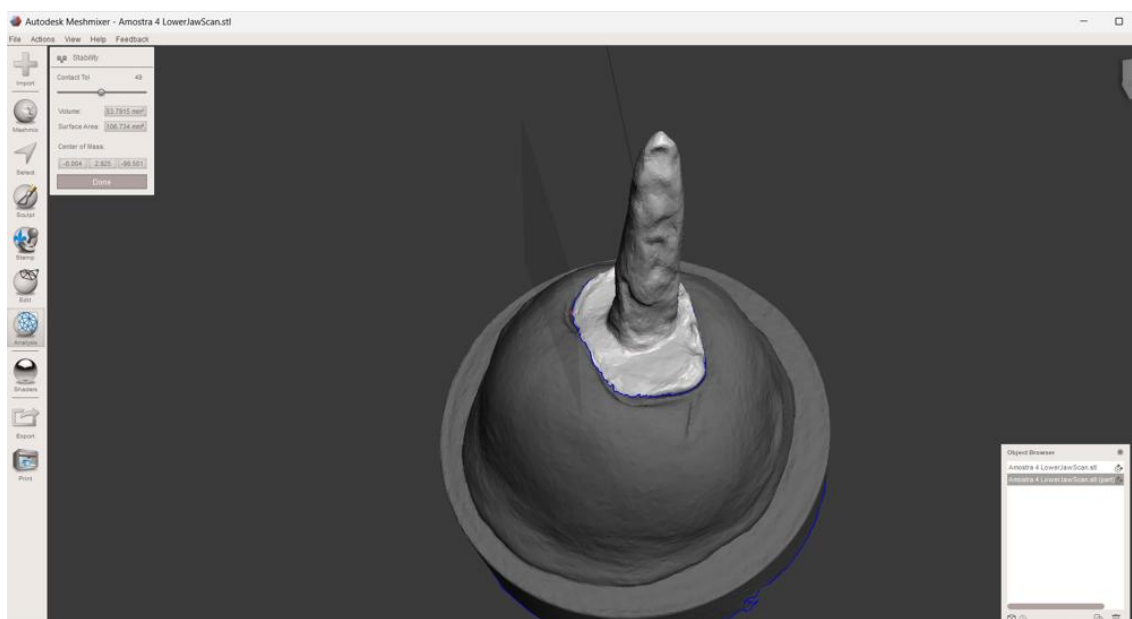
Figura 11. Medidas dos pontos cervicais ao ponto mais profundo escaneado, realizada no software Meshmixer.



Fonte: O Autor.

A análise da área de superfície foi realizada através do software Meshmixer, no qual a área de escaneamento foi isolada e então obteve-se esta medida (Figura 12).

Figura 12. Medição da área de superfície da porção escaneada pelo software Meshmixer.



Fonte: O Autor.

4.4 Análise Estatística

Esses dados foram submetidos a análise estatística por meio da análise estatística ANOVA de medidas repetidas, no software estatístico livre Jamovi (Versão 1.6.23) para todos os grupos. As hipóteses foram formuladas da seguinte forma:

H_0 = Não havia diferença entre as técnicas de escaneamento convencional e oscilatória e entre os scanners intraorais (hipótese nula).

O nível de significância (α) adotado foi de 95% ($p=0,05$).

Posteriormente, foi realizado o teste Post-hoc de Tukey para comparação entre todos os grupos.

5 RESULTADOS

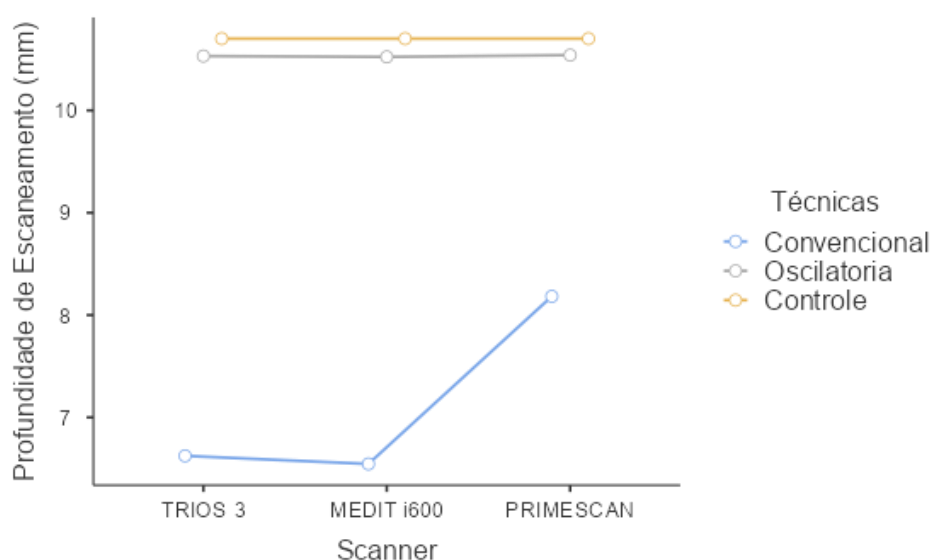
Diferenças estatisticamente significativas na profundidade de escaneamento foram identificadas entre as duas técnicas ($P<0,001$) (Tabela 1), com a técnica oscilatória alcançando maior profundidade em todos os scanners em comparação com o método convencional, indicando um melhor desempenho na captura da morfologia do canal. O Primescan obteve as maiores profundidades de escaneamento em ambas as técnicas, oscilatória e convencional, superando tanto o TRIOS 3 quanto o MEDIT i600 ($P<0,001$) (Gráfico 1). Além disso, foi encontrada uma interação significativa entre o tipo de scanner e a técnica de escaneamento ($P<0,001$), destacando que tanto a escolha do scanner quanto a técnica utilizada desempenham um papel crítico na maximização da precisão da aquisição da imagem.

Tabela 1. ANOVA de medidas repetidas para profundidade de escaneamento (mm) por técnicas e interação com o scanner.

	Mean Square	df	F	<i>P</i>
Técnica	124.4821	2	1284.9	< .001*
Técnica × Scanner	2.7488	4	28.4	< .001*

*Diferença estatisticamente significativa ($P<.05$)

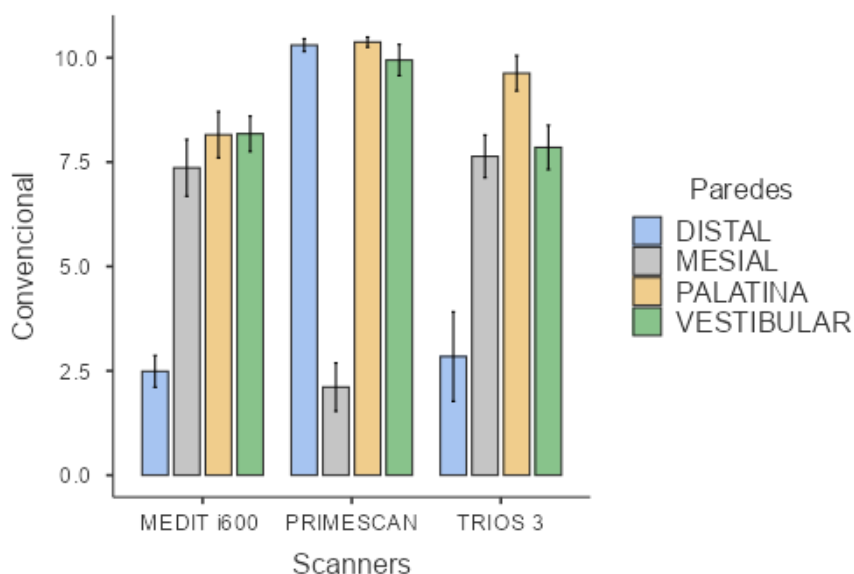
Gráfico 1. Profundidade de escaneamento (mm) dos três scanners intraorais com ambas as técnicas de escaneamento, comparadas com o grupo controle.



Os valores de profundidade de escaneamento (mm) de cada uma das paredes (vestibular, palatina, mesial e distal) com as duas técnicas de escaneamento e do controle mostraram que, entre as técnicas, uma maior discrepância entre as paredes pode ser observada na técnica convencional (Gráfico 2). Os scanners MEDIT i600 e

TRIOS 3 apresentaram menores profundidades de escaneamento na parede distal, enquanto o scanner Primescan apresentou menores profundidades na parede mesial.

Gráfico 2. Profundidade de escaneamento (mm) em cada uma das quatro paredes, distal, mesial, palatina e vestibular, escaneadas com os três diferentes scanners, com a técnica convencional.



A área de superfície (mm²) obtida em cada amostra com as duas técnicas de escaneamento e no grupo controle mostrou que a técnica convencional apresentou consistentemente a menor área de escaneamento em comparação com a técnica oscilatória e o grupo controle ($P < 0,001$) (Tabela 2). O Primescan alcançou a maior área de superfície com a técnica convencional ($P < 0,001$). No entanto, na técnica oscilatória, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os três scanners intraorais ($P > 0,05$).

Tabela 2. Médias e desvio padrão (mm²) da área de superfície de escaneamento comparando as duas técnicas com o grupo controle, nos três scanners intraorais utilizados.

	TRIOS 3	MEDIT i600	PRIMESCAN
CONVENCIONAL	84.9 ±10.1 Bb	83.8 ±8.1 Bb	102 ±3.5 Aa
OSCILATÓRIA	101 ±4.47 Aa	96.2 ±5.87 Aa	103 ±4.02 Aa
CONTROLE	104 ±3.87	104 ±3.97	104 ±3.93

As Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatísticas entre as linhas. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatísticas dentro das colunas ($P < 0,05$).

6 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a efetividade do escaneamento de canais unirradiculares utilizando diferentes scanners intraorais, comparando diferentes técnicas de escaneamento, bem como diferentes scanners intraorais para determinar a profundidade de escaneamento (mm) e área de superfície (mm²). Foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as técnicas convencional e oscilatória, resultando em maiores valores de profundidade e área de superfície para a técnica oscilatória. Em relação aos scanners, verificou-se diferença entre ele com a técnica convencional, obtendo-se maiores valores de profundidade e área de superfície para o scanner Primescan. Essas descobertas estão alinhadas com um estudo anterior de Gurpinar *et al.*, que explorou a precisão de scanner intraorais em várias profundidades para restaurações de endocrown e relatou uma maior profundidade de escaneamento com o scanner Primescan.⁶⁵ Os resultados obtidos nesse estudo rejeitam a hipótese nula, visto que houve diferença entre as técnicas de escaneamento e entre os scanners intraorais.

Pode-se observar que na técnica convencional, os scanners Trios 3 e Medit i600 apresentaram menor profundidade de escaneamento na parede distal, diferente do scanner Primescan, que obteve menor profundidade de escaneamento na parede mesial. Essas disparidades podem ser atribuídas ao posicionamento do espelho ou vidro acoplado na ponta do scanner (Fig. 5). Enquanto nos scanners Trios 3 e Medit i600, o espelho encontra-se inclinado em direção ao corpo do scanner, no Primescan há um vidro reto no seu longo eixo, separando a câmera do objeto a ser escaneado, essa câmera é posicionada inclinada, voltando-se para o final da ponta do scanner. Consequentemente, no momento do escaneamento das arcadas do paciente, utilizando os scanners Trios 3 e Medit i600 com a técnica convencional, na qual o scanner faz movimentos retilíneos, o espelho não capta a imagem da distal. Contrariamente, no scanner Primescan, obtivemos os menores valores na parede mesial, devido ao posicionamento da câmera. Esse resultado concorda com o estudo feito por Ammoun *et al.*, que observa as maiores imprecisões de escaneamento na região interproximal, comprovando que existem limitações nas angulações de escaneamento, que podem levar a imprecisões da aquisição das imagens.⁶⁶

Tais diferenças são menos evidentes na técnica oscilatória, porque com essa técnica o movimento ocorre no longo eixo do dente escaneado, deste modo, ao girar

o scanner, é possível adquirir a imagem das quatro paredes de forma mais uniforme. É possível observar isso nos resultados obtidos, nos quais os valores de profundidade de escaneamento foram iguais para os três scanners.

A profundidade de escaneamento do Primescan foi superior a 10mm na técnica oscilatória, atingindo as maiores profundidades de escaneamento comparada com o mesmo scanner e os outros na técnica convencional. Essa conclusão contrasta com o estudo de Emam *et al.*, no qual o Primescan não obteve os maiores números de profundidade de escaneamento.¹⁶ Entretanto, nesse estudo e em outros estudos não são explicadas as técnicas utilizadas para escanear o canal.^{17,67,68}

Pinto *et al.* utilizando o scanner Trios da 3Shape, observou menor profundidade de escaneamento em canais unirradiculares estreitos, devido à limitação do feixe de luz em alcançar os terços mais profundos do canal. Em contrapartida, no presente estudo, com os canais alargados, as profundidades de escaneamento se aproximaram das do grupo controle com a técnica oscilatória, sugerindo que diâmetros maiores permitem uma melhor entrada de luz no terço apical.⁶⁸

A precisão do fluxo de trabalho digital para confecção de pinos e núcleos é relatada por Moustapha *et al.* e Hendi *et al.* em estudos anteriores. Ambos apresentam um aumento no desvio nos terços apicais, embora a precisão geral tenha permanecido dentro da faixa clinicamente aceitável.^{11,48} Assim como em nosso estudo, a reprodução quase completa do terço apical foi alcançada, corroborando essas conclusões

Até o momento, não foram conduzidos estudos abordando diferentes técnicas de escaneamento para a modelagem de canais unirradiculares, sendo a técnica oscilatória uma novidade ainda não explorada em pesquisas anteriores. Portanto, são necessárias mais investigações para validar as abordagens discutidas.

A principal limitação desse estudo foi a realização do mesmo em um ambiente *in vitro*, que pode não representar totalmente as condições clínicas. Fatores como iluminação, temperatura bucal, mucosa gengival, saliva, adesão do paciente e outras variáveis clínicas que devem ser exploradas em outros estudos.

Neste estudo foram utilizados três scanners intraorais, porém, os resultados podem não ser aplicáveis a outros modelos de scanners. As técnicas de escaneamento são pouco relatadas na literatura, em muitos casos o profissional segue as instruções recomendadas pelo fabricante e ajusta seu fluxo de trabalho digital para sua demanda. Dessa forma, são necessárias mais pesquisas

considerando diferentes tipos de scanners e técnicas de escaneamento.

7 CONCLUSÃO

Dentro das limitações desse estudo, pode-se observar que a utilização da técnica oscilatória para o escaneamento de canais unirradiculares alargados, mostrou-se eficiente enquanto a profundidade e superfície total obtida durante o escaneamento com todos os scanners intraorais utilizados.

REFERÊNCIAS

1. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985). 2008;39(2):117-29.
2. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature--Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985). 2007;38(9):733-43.
3. Vogler JAH, Billen L, Walther KA, Wöstmann B. Fibre-reinforced Cad/CAM post and cores: The new "gold standard" for anterior teeth with extensive coronal destruction?- A fully digital chairside workflow. *Heliyon*. 2023;9(8):e19048.
4. Al-Qarni FD. Customized Post and Cores Fabricated with CAD/CAM Technology: A Literature Review. *International journal of general medicine*. 2022;15:4771-9.
5. Costa TS, Brandão RMR, Farias Vajgel BC, SoutoMaior JR. CAD-CAM glass fiber compared with conventional prefabricated glass fiber posts: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2022.
6. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. 2018;27(1):35-41.
7. Ellakany P, Aly NM, Al-Harbi F. Accuracy of 3D Printed and Digital Casts Produced from Intraoral and Extraoral Scanners with Different Scanning Technologies: In Vitro Study. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. 2022;31(6):521-8.
8. Fang JH, An X, Jeong SM, Choi BH. Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2018;119(5):733-5.
9. Malik J, Rodriguez J, Weisbloom M, Petridis H. Comparison of Accuracy Between a Conventional and Two Digital Intraoral Impression Techniques. *The International journal of prosthodontics*. 2018;31(2):107-13.
10. de Paris Matos T, Wambier LM, Favoreto MW, Rezende CEE, Reis A, Loguercio AD, et al. Patient-related outcomes of conventional impression making versus intraoral scanning for prosthetic rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2023;130(1):19-27.
11. Moustapha G, AlShwaimi E, Silwadi M, Ounsi H, Ferrari M, Salameh Z. Marginal and internal fit of CAD/CAM fiber post and cores. *International journal of computerized dentistry*. 2019;22(1):45-53.
12. Farah RI, Aloraini AS, Al-Haj Ali SN. Fabrication of Custom Post-And-Core Using a Directly Fabricated Silicone Pattern and Digital Workflow. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. 2020;29(7):631-5.

13. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S. Intraoral scanning systems - a current overview. *International journal of computerized dentistry*. 2015;18(2):101-29.
14. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkinen A. Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Optics and Lasers in Engineering*. 2014;54:203-21.
15. Duret F, Pélissier B. Différentes méthodes d’empreinte en CFAO dentaire. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Médecine Buccale. 2010:16.
16. Emam M, Ghanem L, Abdel Sadek HM. Effect of different intraoral scanners and post-space depths on the trueness of digital impressions. *Dental and medical problems*. 2023.
17. Almalki A, Conejo J, Kutkut N, Blatz M, Hai Q, Anadioti E. Evaluation of the accuracy of direct intraoral scanner impressions for digital post and core in various post lengths: An in-vitro study. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]*. 2023.
18. Albani F, Ballesio I, Campanella V, Marzo G. Pit and fissure sealants: results at five and ten years. *European journal of paediatric dentistry*. 2005;6(2):61-5.
19. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *Journal of endodontics*. 2010;36(4):609-17.
20. Naumann M, Blankenstein F, Kiessling S, Dietrich T. Risk factors for failure of glass fiber-reinforced composite post restorations: a prospective observational clinical study. *European journal of oral sciences*. 2005;113(6):519-24.
21. Chieruzzi M, Pagano S, Pennacchi M, Lombardo G, D’Errico P, Kenny JM. Compressive and flexural behaviour of fibre reinforced endodontic posts. *Journal of dentistry*. 2012;40(11):968-78.
22. Cloet E, Debels E, Naert I. Controlled Clinical Trial on the Outcome of Glass Fiber Composite Cores Versus Wrought Posts and Cast Cores for the Restoration of Endodontically Treated Teeth: A 5-Year Follow-up Study. *The International journal of prosthodontics*. 2017;30(1):71-9.
23. Cagidiaco MC, García-Godoy F, Vichi A, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Placement of fiber prefabricated or custom made posts affects the 3-year survival of endodontically treated premolars. *American journal of dentistry*. 2008;21(3):179-84.
24. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *American journal of dentistry*. 2000;13(Spec No):9b-13b.
25. Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Effects of endodontic post surface treatment, dentin conditioning, and artificial aging on the retention of glass fiber-reinforced composite resin posts. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2010;103(1):31-9.
26. Sarkis-Onofre R, Skupien JA, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Operative dentistry*. 2014;39(1):E31-44.

27. Skupien JA, Cenci MS, Opdam NJ, Kreulen CM, Huysmans MC, Pereira-Cenci T. Crown vs. composite for post-retained restorations: A randomized clinical trial. *Journal of dentistry*. 2016;48:34-9.
28. Silva GR, Santos-Filho PC, Simamoto-Júnior PC, Martins LR, Mota AS, Soares CJ. Effect of post type and restorative techniques on the strain and fracture resistance of flared incisor roots. *Brazilian dental journal*. 2011;22(3):230-7.
29. Bonfante EA, Pegoraro LF, de Góes MF, Carvalho RM. SEM observation of the bond integrity of fiber-reinforced composite posts cemented into root canals. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2008;24(4):483-91.
30. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Australian dental journal*. 2011;56 Suppl 1:77-83.
31. Maroli A, Hoelcher KAL, Reginato VF, Spazzin AO, Caldas RA, Bacchi A. Biomechanical behavior of teeth without remaining coronal structure restored with different post designs and materials. *Materials science & engineering C, Materials for biological applications*. 2017;76:839-44.
32. Gomes GM, Rezende EC, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD, Reis A. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. *The journal of adhesive dentistry*. 2014;16(1):71-8.
33. Pang J, Feng C, Zhu X, Liu B, Deng T, Gao Y, et al. Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core. *Dental materials journal*. 2019;38(1):114-9.
34. Eid RY, Koken S, Baba NZ, Ounsi H, Ferrari M, Salameh Z. Effect of Fabrication Technique and Thermal Cycling on the Bond Strength of CAD/CAM Milled Custom Fit Anatomical Post and Cores: An In Vitro Study. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. 2019;28(8):898-905.
35. Faria-e-Silva AL, Pedrosa-Filho Cde F, Menezes Mde S, Silveira DM, Martins LR. Effect of relining on fiber post retention to root canal. *Journal of applied oral science : revista FOB*. 2009;17(6):600-4.
36. Tsintsadze N, Juloski J, Carrabba M, Tricarico M, Goracci C, Vichi A, et al. Performance of CAD/CAM fabricated fiber posts in oval-shaped root canals: An in vitro study. *Journal of oral science*. 2017;30.
37. Ting-Shu S, Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. 2015;24(4):313-21.
38. Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. 2013;24(1):111-5.
39. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC oral health*. 2014;14:10.

40. Liu P, Deng XL, Wang XZ. Use of a CAD/CAM-fabricated glass fiber post and core to restore fractured anterior teeth: A clinical report. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2010;103(6):330-3.
41. da Costa RG, Freire A, Caregnatto de Morais EC, Machado de Souza E, Correr GM, Rached RN. Effect of CAD/CAM glass fiber post-core on cement micromorphology and fracture resistance of endodontically treated roots. *American journal of dentistry*. 2017;30(1):3-8.
42. Bittner N, Hill T, Randi A. Evaluation of a one-piece milled zirconia post and core with different post-and-core systems: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2010;103(6):369-79.
43. Spina D, Costa R, Farias I, Cunha L, Ritter A, Gonzaga C, et al. CAD/CAM post-and-core using different esthetic materials: Fracture resistance and bond strengths. *American journal of dentistry*. 2017;30:299-304.
44. Streacker AB, Geissberger M. The milled ceramic post and core: A functional and esthetic alternative. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;98(6):486-7.
45. Awad MA, Marghalani TY. Fabrication of a custom-made ceramic post and core using CAD-CAM technology. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;98(2):161-2.
46. Passos L, Barino B, Laxe L, Street A. Fracture resistance of single-rooted pulpless teeth using hybrid CAD/CAM blocks for post and core restoration. *International journal of computerized dentistry*. 2017;20(3):287-301.
47. Chen Z, Li Y, Deng X, Wang X. A novel computer-aided method to fabricate a custom one-piece glass fiber dowel-and-core based on digitized impression and crown preparation data. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. 2014;23(4):276-83.
48. Hendi AR, Moharrami M, Siadat H, Hajmiragha H, Alikhasi M. The effect of conventional, half-digital, and full-digital fabrication techniques on the retention and apical gap of post and core restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2019;121(2):364.e1-e6.
49. Jafarian Z, Moharrami M, Sahebi M, Alikhasi M. Adaptation and Retention of Conventional and Digitally Fabricated Posts and Cores in Round and Oval-Shaped Canals. *The International journal of prosthodontics*. 2020;33(1):91-8.
50. Falcão Spina DR, da Costa RG, Correr GM, Rached RN. Scanning of root canal impression for the fabrication of a resin CAD-CAM-customized post-and-core. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2018;120(2):242-5.
51. Perucelli F, Goulart da Costa R, Machado de Souza E, Rached RN. Effect of half-digital workflows on the adaptation of custom CAD-CAM composite post-and-cores. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2021;126(6):756-62.
52. Libonati A, Di Taranto V, Gallusi G, Montemurro E, Campanella V. CAD/CAM Customized Glass Fiber Post and Core With Digital Intraoral Impression: A Case Report. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*. 2020;12:17-24.

53. Brandestini M, Moermann WH. Method and apparatus for the three-dimensional registration and display of prepared teeth. United States patent US 4,837,732. 1989 Jun 6.
54. Young JM, Altschuler BR. Laser holography in dentistry. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1977; 1977/08/01;38(2):216-25.
55. Duret F, Termoz C. Method of and apparatus for making a prosthesis, especially a dental prosthesis. United States patent US 4,663,720. 1987 May 5.
56. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *Journal of prosthodontic research*. 2016;60(2):72-84.
57. Geng J. Structured-light 3D surface imaging: a tutorial. *Adv Opt Photon*. 2011;3(2):128-60.
58. Ireland AJ, McNamara C, Clover MJ, House K, Wenger N, Barbour ME, et al. 3D surface imaging in dentistry - what we are looking at. *British dental journal*. 2008;205(7):387-92.
59. Taneva E, Kusnoto B, Evans CA. 3D Scanning, Imaging, and Printing in Orthodontics. In: Farid B, editor. *Issues in Contemporary Orthodontics*. Rijeka: IntechOpen; 2015. p. Ch. 9.
60. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, et al. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *Journal of prosthodontic research*. 2020;64(2):109-13.
61. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *Journal of healthcare engineering*. 2017;2017:8427595.
62. Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, Pradíes G. Accuracy of a digital impression system based on active wavefront sampling technology for implants considering operator experience, implant angulation, and depth. *Clinical implant dentistry and related research*. 2015;17 Suppl 1:e54-64.
63. Pradíes G, Ferreira A, Özcan M, Giménez B, Martínez-Rus F. Using stereophotogrammetric technology for obtaining intraoral digital impressions of implants. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 2014;145(4):338-44.
64. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. *Journal of endodontics*. 2006;32(4):281-90.
65. Gurpinar B, Tak O. Effect of pulp chamber depth on the accuracy of endocrown scans made with different intraoral scanners versus an industrial scanner: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2022;127(3):430-7.
66. Ammoun R, Suprono MS, Goodacre CJ, Oyoyo U, Carrico CK, Kattadiyil MT. Influence of Tooth Preparation Design and Scan Angulations on the Accuracy of Two Intraoral Digital Scanners: An in Vitro Study Based on 3-Dimensional Comparisons. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*.

2020;29(3):201-6.

67. Elter B, Diker B, Tak Ö. The trueness of an intraoral scanner in scanning different post space depths. *Journal of dentistry*. 2022;127:104352.

68. Pinto A, Arcuri L, Carosi P, Nardi R, Libonati A, Ottria L, et al. In vitro evaluation of the post-space depth reading with an intraoral scanner (IOS) compared to a traditional silicon impression. *ORAL & implantology*. 2017;10(4):360-8.

ANEXO A - PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: TÉCNICAS DE ESCANEAMENTO COM SCANNERS INTRAORAIS EM DENTES COM CANAIS UNIRRADICULARES

Pesquisador: João Carlos Gomes

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 68370123.0.0000.0105

Instituição Proponente: Universidade Estadual de Ponta Grossa

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.976.083

Apresentação do Projeto:

Projeto de Pesquisa:

TÉCNICAS DE ESCANEAMENTO COM SCANNERS INTRAORAIS EM DENTES COM CANAIS UNIRRADICULARES. Serão avaliadas a precisão de três scanners intraorais para o escaneamento de canais unirradiculares e comparadas duas técnicas de escaneamento para adquirir imagens de canais unirradiculares. Para isso serão utilizados 10 pré-molares superiores unirradiculares permanentes humanos extraídos e hígidos, os quais serão preparados endodonticamente e feito o alargamento dos canais. Cada dente será escaneado por um scanner utilizando duas técnicas, a convencional e a oscilatória, e cada técnica se repetirá 5 vezes para cada scanner. Os grupos controle serão constituídos da moldagem interna de todas as amostras.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar a efetividade do escaneamento de canais unirradiculares com scanners

Objetivo Secundário:

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22

Bairro: Uvaranas

CEP: 84.030-900

UF: PR

Município: PONTA GROSSA

Telefone: (42)3220-3282

E-mail: propespsecretaria@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 5.976.083

1. Determinar a precisão de scanners intraorais para o escaneamento de canais unirradiculares; 2. Comparar duas técnicas de escaneamento para adquirir imagens de canais unirradiculares.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Não haverá riscos neste experimento, pois será um estudo in vitro E TODOS OS PESQUISADORES IRÃO SE PROTEGER POR MEIO DOS EPIS.

Benefícios:

A técnica de escaneamento de canais unirradiculares com scanner intraoral pode ser uma ferramenta para a aquisição de imagens com maior rapidez, assertividade e facilidade, tanto para o cirurgião-dentista, como para o paciente.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Esse estudo busca avaliar e comparar a eficácia de duas técnicas de escaneamento na obtenção de imagens tridimensionais em dentes com canais unirradiculares, assim como, comparar três scanners intraorais para as diferentes técnicas. Para isso serão utilizados 10 segundo pré-molares superiores, tratados endodonticamente e com canais alargados para posterior escaneamento com os scanners intraorais Trios 3 Basic (3Shape), i700 (Medit), Primescan (Dentsply Sirona). Cada amostra será escaneada dez vezes por cada scanner intraoral, cinco vezes pela técnica convencional e cinco vezes com a técnica oscilatória. Os grupos controle constituirão da moldagem dos condutos e escaneamento do molde com cada um dos scanners intraorais utilizados previamente, para determinar a real profundidade e área de superfície do canal radicular. Os escaneamentos serão examinados no software Geomagic Wrap (3D Systems) para avaliar tanto a superfície obtida quanto a distância máxima em ambas as técnicas de escaneamento. Os resultados obtidos serão analisados estatisticamente por meio da análise estatística ANOVA de dois fatores, no software estatístico livre Jamovi (Versão 1.6.23.), para todos os grupos. Posteriormente será realizado o teste Post-hoc de Tukey para comparação entre todos os grupos e teste Dunnett para comparação dos grupos com os grupos controle.

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22

Bairro: Uvaranas

CEP: 84.030-900

UF: PR

Município: PONTA GROSSA

Telefone: (42)3220-3282

E-mail: propespsecretaria@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 5.976.083

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Em anexo e de acordo com as normas 466/2012 e 510/2016

Recomendações:

Enviar o relatório final ao término do projeto por Notificação via Plataforma Brasil para evitar pendências.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após análise documental considera-se aprovado este projeto e devidamente autorizado para seu início conforme cronograma apresentado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2102880.pdf	16/03/2023 15:10:58		Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	termoBDH.jpg	16/03/2023 15:10:17	João Carlos Gomes	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO.pdf	13/03/2023 13:13:25	João Carlos Gomes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Protocolo_de_Pesquisa_PPGO_Gabriella.doc	13/03/2023 11:19:55	João Carlos Gomes	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22

Bairro: Uvaranas

CEP: 84.030-900

UF: PR

Município: PONTA GROSSA

Telefone: (42)3220-3282

E-mail: propespsecretaria@uepg.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
PONTA GROSSA - UEPG



Continuação do Parecer: 5.976.083

PONTA GROSSA, 30 de Março de 2023

Assinado por:
ULISSES COELHO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Gen. Carlos Cavalcanti, nº 4748. UEPG, Campus Uvaranas, Bloco da Reitoria, sala 22
Bairro: Uvaranas **CEP:** 84.030-900
UF: PR **Município:** PONTA GROSSA
Telefone: (42)3220-3282 **E-mail:** prospsecretaria@uepg.br