

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Faculdade de Odontologia**  
**Colegiado de Pós-Graduação em Odontologia**

**Camila de Sousa Caneschi**

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA EFICIÊNCIA DE UM NOVO TIPO DE  
PONTA ADIAMANTADA PARA PREPARO DO CANAL  
RADICULAR NA RETENTIVIDADE DE PINOS DE FIBRA DE  
VIDRO**

**Belo Horizonte**  
**2025**

Camila de Sousa Caneschi

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA EFICIÊNCIA DE UM NOVO TIPO  
DE PONTA ADIAMANTADA PARA PREPARO DO CANAL  
RADICULAR NA RETENTIVIDADE DE PINOS DE FIBRA DE  
VIDRO**

Tese apresentada ao Colegiado de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Odontologia – área de concentração em Clínica Odontológica.

**Orientador:** Prof. Allyson Nogueira Moreira

**Coorientador:** Prof. Luís Fernando  
Morgan dos Santos Alves

Belo Horizonte  
2025

## Ficha Catalográfica

C221a Caneschi, Camila de Sousa.  
2025 Avaliação in vitro da eficiência de um novo tipo de  
T ponta adiamantada para preparo do canal radicular na  
retentividade de pinos de fibra de vidro / Camila de Sousa  
Caneschi. -- 2025.

79 f. : il.

Orientador: Allyson Nogueira Moreira.

Coorientador: Luís Fernando dos Santos Alves Morgan.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Odontologia.

1. Preparo de canal radicular. 2. Pinos dentários. 3. Técnica para retentor intrarradicular. I. Moreira, Allyson Nogueira. II. Morgan, Luís Fernando dos Santos Alves. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Odontologia. IV. Título.

BLACK - D047



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA EFICIÊNCIA DE UM NOVO TIPO DE PONTA ADIAMANTADA PARA PREPARO DO CANAL RADICULAR NA RETENTIVIDADE DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO**

**CAMILA DE SOUSA CANESCHI**

Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA, como requisito para obtenção do grau de Doutor em ODONTOLOGIA, área de concentração CLÍNICA ODONTOLÓGICA.

Aprovada em 11 de julho de 2025, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Allyson Nogueira Moreira - Orientador  
Faculdade de Odontologia da UFMG

Prof. Luís Fernando Morgan dos Santos Alves  
Faculdade de Odontologia da UFMG

Prof. Frank Ferreira da Silveira  
PUC - MG

Profa. Eliete Marçal Guimarães Raso  
PUC - MG

Prof. Herbert Haueisen Sander  
Faculdade de Odontologia da UFMG

Profa. Thaís Yumi Umeda Suzuki  
Faculdade de Odontologia da UFMG



Documento assinado eletronicamente por **Frank Ferreira Silveira, Usuário Externo**, em 07/08/2025, às 09:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luis Fernando Morgan dos Santos Alves, Professor do Magistério Superior**, em 07/08/2025, às 10:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Herbert Haueisen Sander, Professor do Magistério Superior**, em 07/08/2025, às 14:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Allyson Nogueira Moreira, Professor do Magistério Superior**, em 07/08/2025, às 16:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thaís Yumi Umeda Suzuki, Professora do Magistério Superior**, em 07/08/2025, às 20:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eliete Marçal Guimarães Raso, Usuária Externa**, em 08/08/2025, às 07:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4441368** e o código CRC **73304C17**.

Dedico este trabalho à minha família que tanto incentivou meu crescimento profissional. Sem eles seria ainda mais difícil superar os desafios desse trajeto.

## **AGRADECIMENTOS**

A conclusão desta tese representa o fim de uma importante etapa da minha vida acadêmica e pessoal, impossível de alcançar sem o apoio de muitas pessoas, às quais sou profundamente grata.

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças nos momentos de dificuldade e por me permitir chegar até aqui.

À minha família, especialmente ao meu pai, aos meus irmãos e ao meu marido, agradeço por todo amor, compreensão, incentivo e por acreditarem em mim, mesmo nos momentos em que duvidei da minha própria capacidade. Foram tantos momentos difíceis que, sem vocês, nada disso teria sido possível.

Aos meus orientadores, professores Allyson e Luís, agradeço pela orientação dedicada, pela paciência, pelos conselhos, pelo olhar crítico e pelas inúmeras contribuições, que foram fundamentais para o desenvolvimento tanto deste trabalho quanto do meu desenvolvimento profissional. Ao longo desses anos, construímos uma relação de amizade e confiança que foi fundamental nessa jornada.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-graduação, minha sincera gratidão pelas discussões enriquecedoras, pelo companheirismo e pelo ambiente acadêmico inspirador. À professora Carolina Bosso, um agradecimento especial por toda contribuição neste trabalho.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio, palavras de encorajamento e momentos de descontração, o meu muito obrigado. A amizade de vocês tornou essa caminhada mais leve e significativa.

À empresa Indusbello, meus sinceros agradecimentos pela parceria e pelo apoio concedido durante a realização desta pesquisa. A disponibilidade na confecção das pontas experimentais foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

“Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que você faz com aquilo que sabe.”

Aldous Huxley

## RESUMO

Dentes tratados endodonticamente e extensamente destruídos necessitam de restauração coronária associada à utilização de pinos intrarradiculares para atender a premissas retentivas. Uma das principais causas de falha dos pinos intrarradiculares é a sua perda de retenção resultando em desprendimento do conduto radicular. Dois fatores são primordiais para a retenção desse pino, sua adaptação, que está relacionada com a retenção friccional, e sua adesão às paredes do conduto radicular, que está associado aos cimentos adesivos e sua interação com esses substratos. Com o intuito de aumentar a retentividade desses pinos, novas pontas experimentais foram desenvolvidas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de união ao deslocamento de pinos pré-fabricados em fibra de vidro e o substrato dentinário intrarradicular a partir da modificação do substrato radicular com as novas pontas experimentais. Dentes bovinos, sem defeitos aparentes e de dimensões semelhantes, foram extraídos e armazenados em água destilada. Eles foram divididos aleatoriamente em 9 grupos (n = 10) com a padronização das raízes em 17 mm de comprimento. O trabalho foi dividido em três fases. Na fase I, foi avaliada a resistência de união entre o pino pré-fabricado e o conduto radicular quando o preparamos com a ponta adiamantada experimental em diferentes granulometrias (15, 30 e 45 micrômetros), no formato cilíndrico. Na fase II, as camadas de esfregaço produzidas por essas pontas foram levadas para análise das características em microscópio eletrônico de varredura. Na fase III, após análise dos resultados obtidos nas fases I e II, foram selecionadas as pontas com melhores resultados. Dessa forma, foi avaliada a resistência de união entre o pino pré-fabricado e o conduto radicular quando o preparamos com a ponta adiamantada experimental em duas granulometrias (30 e 15 micrômetros), no formato tronco-cônico e com duas conicidades distintas. O mesmo tipo de pino foi utilizado em todos os grupos. Todas as raízes foram preparadas utilizando as fresas de Largo 1 e 2 previamente a ponta correspondente ao grupo teste. Os grupos tiveram suas raízes preparadas a 12 mm de profundidade para cimentação dos pinos. Os pinos foram cimentados conforme orientação do fabricante e utilizando cimento resinoso autoadesivo. As raízes foram, então, fixadas em base de resina acrílica e seccionadas pela máquina de corte preciso transversalmente ao seu eixo longitudinal, resultando em 3 discos de 1mm de espessura em cada um dos três terços avaliados. Os corpos de prova foram submetidos a cargas compressivas no pino até o momento do deslocamento. A resistência de união foi calculada considerando a área adesiva. Na análise comparativa da fase I, o grupo preparado com a ponta experimental de 30 micrômetros apresentou resultados significativamente superiores aos resultados observados nos grupos preparados apenas com a fresa de Largo e nos grupos em que foram utilizadas as pontas experimentais de 45 micrômetros. Diferenças significativas foram observadas entre os grupos preparados com ponta de 15 e a de 45 micrômetros, com resultados superiores no grupo com menor granulometria. Na fase II, as imagens da microscopia eletrônica de varredura mostraram diferentes aspectos da camada de esfregaço resultante do uso das pontas. A ponta com 45 micrômetros de granulometria resultou em uma

camada de esfregaço mais espessa e as pontas de 30 e 15 micrômetros mostraram camadas mais finas, respectivamente. Na fase III, os resultados mostraram que o grupo em que foram utilizados somente as fresas de Largo 1 e 2 apresentou valores de resistência de união inferiores aos grupos com as granulometrias de 15 e de 30 micrômetros nas duas conicidades utilizadas. Mas entre esses grupos não houve diferença significativa. Podemos concluir que a modificação do tecido dentinário intrarradicular a partir da utilização de pontas experimentais adiantadas de granulometria fina foi capaz de produzir melhora da qualidade da interface adesiva entre o cimento e dentina intrarradicular. O aumento da resistência de união da interfase adesiva está associado ao padrão de smear layer produzida pelas pontas experimentais diamantadas e com granulometria de 15 e 30 micrômetros.

Palavras-chave: interface adesiva; pinos intrarradiculares; adesão; substrato radicular.

## ABSTRACT

### **In vitro evaluation of the efficiency of a new type of diamond bur for root canal preparation on the retentivity of glass fiber posts**

Endodontically treated and extensively destroyed teeth require coronal restoration combined with the use of intraradicular posts to meet retentive requirements. One of the main causes of intraradicular post failure is loss of retention, resulting in root canal detachment. Two factors are essential for post retention: adaptation, which is related to frictional retention, and adhesion to the root canal walls, which is associated with adhesive cements and their interaction with these substrates. To increase the retentiveness of these posts, new experimental tips were developed. The objective of this study was to evaluate the bond strength to displacement of prefabricated fiberglass posts and the intraradicular dentin substrate by modifying the root substrate with the new experimental tips. Bovine teeth, without apparent defects and of similar dimensions, were extracted and stored in distilled water. They were randomly divided into 9 groups (n = 10), with roots standardized to 17 mm in length. The study was divided into three phases. In phase I, the bond strength between the prefabricated post and the root canal was evaluated when prepared with the experimental diamond bur in different particle sizes (15, 30, and 45 micrometers) and in a cylindrical shape. In phase II, the smear layers produced by these burs were analyzed under a scanning electron microscope. In phase III, after analyzing the results obtained in phases I and II, the burs with the best results were selected. Thus, the bond strength between the prefabricated post and the root canal was evaluated when prepared with the experimental diamond bur in two particle sizes (30 and 15 micrometers), in a frustoconical shape and with two different tapers. The same type of post was used in all groups. All roots were prepared using Largo 1 and 2 burs prior to the corresponding bur for the test group. The roots of each group were prepared to a depth of 12 mm for post cementation. The posts were cemented according to the manufacturer's instructions using self-adhesive resin cement. The roots were then fixed in an acrylic resin base and sectioned transversely to their longitudinal axis using a precision cutting machine, resulting in three 1 mm-thick discs in each of the three thirds evaluated. The specimens were subjected to compressive loads on the post until displacement. Bond strength was calculated considering the adhesive area. In the comparative analysis of phase I, the group prepared with the 30-micrometer experimental tip presented significantly superior results compared to the groups prepared with only the Largo bur and the groups using the 45-micrometer experimental tips. Significant differences were observed between the groups prepared with 15- and 45-micrometer burs, with superior results in the group with the smaller grain size. In phase II, scanning electron microscopy images showed different aspects of the smear layer resulting from the use of the burs. The 45-micrometer bur resulted in a thicker smear layer, and the 30- and 15-micrometer burs showed thinner layers, respectively. In phase III, the results showed that the group using only Largo 1 and 2 burs had lower bond strength values than the groups using the 15- and 30-micrometer grain sizes at both tapers. However, there was no significant difference between these groups. We can conclude that the modification of the

intraradicular dentin tissue through the use of experimental fine-grain diamond burs was able to improve the quality of the adhesive interface between the cement and intraradicular dentin. The increased bond strength of the adhesive interface is associated with the smear layer pattern produced by the experimental diamond burs with particle sizes of 15 and 30 micrometers.

Keywords: adhesive interface; intraradicular posts; adhesion; root substrate.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Projeto representativo utilizado para produção da ponta adiamantada experimental cilíndrica .....	25
Figura 2 Pontas experimentais adiamantadas cilíndricas com granulometrias de 45, 30 e 15 micrômetros, respectivamente .....	26
Figura 3 Projeto representativo utilizado para produção da ponta adiamantada experimental cônica .....	27
Figura 4 Ponta adiamantada experimental em que podemos observar ponta ativa, intermediário e base para encaixe em baixa rotação .....	28
Figura 5 Pontas adiamantadas experimentais com formato tronco-cônico, granulometria de 30 micrômetros e diâmetro cervical de 1,4 e 1,6 mm respectivamente.....	29
Figura 6 Pontas adiamantadas experimentais com formato tronco-cônico, granulometria de 15 micrômetros e diâmetro cervical de 1,4 e 1,6 mm respectivamente.....	30
Figura 7 Imagem comparando as diferentes granulometrias e diâmetros citados anteriormente.....	31
Figura 8 Limpeza de todo dente com pedra-pomes .....	33
Figura 9 Padronização dos corpos de prova .....	34
Figura 10 Dentes excluídos por apresentarem ápices abertos .....	35
Figura 11 Dentes excluídos por apresentarem condutos radiculares muito amplos .....	36
Figura 12 Remoção de guta-percha do conduto radicular.....	39
Figura 13 Pino utilizado em todos os grupos.....	40
Figura 14 Preparo do pino: esfregaço com álcool e aplicação de silano.....	41
Figura 15 Cimentação do pino com utilização da seringa Centrix.....	42
Figura 16 - Corte dos corpos de prova em máquina de precisão.....	45
Figura 17 Corte do corpo de prova em discos cervical, médio e apical com espessura aferida por paquímetro digital .....	46
Figura 18 - Posicionamento do corpo de prova na máquina de ensaios universal para o teste de resistência de união ao deslocamento por extrusão (push-out). A) Corpo de prova posicionado durante a aplicação da carga; B) Deslocamento do pino após o teste de push-out.....	48

Figura 19 Imagem comparativa da camada de esfregaço produzida pelas fresas Largo e pelas pontas adiantadas experimentais com granulometria de 45, 30 e 15 micrômetro, respectivamente.....	51
Figura 20 Imagem da microscopia eletrônica de varredura – Magnificação de 5000x - representativa do grupo GL, utilizando fresa LargoTabela 4 Média (DP) da resistência de união por push-out de acordo com os grupos testados e terços da raiz. ....	68
Figura 21 Imagem da microscopia eletrônica de varredura – Magnificação de 2000x - representativa do grupo GL, utilizando fresa Largo.....	69
Figura 22 Imagem da microscopia eletrônica de varredura – Magnificação de 1000x - representativa do grupo GL, utilizando fresa Largo.....	70
Figura 23 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 5000x - representativa do GL45C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 45 micrômetros .	71
Figura 24 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 2000x - representativa do GL45C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 45 micrômetros .	72
Figura 25 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 1000x - representativa do GL45C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 45 micrômetros .	73
Figura 26 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 5000x - representativa do GL30C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 30 micrômetros .	74
Figura 27 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 2000x - representativa do GL30C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 30 micrômetros .	75
Figura 28 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 1000x - representativa do GL30C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 30 micrômetros .	76
Figura 29 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 5000x - representativa do GL15C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 15 micrômetros .	77
Figura 30 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 2000x - representativa do GL15C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 15 micrômetros .	78
Figura 31 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 1000x - representativa do GL15C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 15 micrômetros .	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Nome, fabricante, composição, lote e validade dos materiais utilizados e instruções para a cimentação dos pinos.....	43
Tabela 2 Média (DP) da resistência de união por push-out, de acordo com os grupos testados e terços da raiz.....	50
Tabela 3 Média (DP) da resistência de união por push-out de acordo com os grupos testados e terços da raiz.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%.	Porcento
°C	Graus Celsius
min	Minuto
mm	Milímetro
Push-out	Teste de Resistência de União ao Deslocamento por Extrusão
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
Prof.	Professor
=	Igual
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
Mpa	Megapascal
MG	Minas Gerais
Av.	Avenida
n°	Número
Tel.	Telefone
EUA	Estados Unidos da América
N/cm	Newton por centímetro
Rpm	Rotação por minuto
ml	Mililitro
EDTA	Ácido etilenodiaminotetraacético
CONCEA	Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal
mm/min	Milímetro por minuto
g/f	grama-força
N	Newton
kV	Kilovolt
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
<	Menor
ANOVA	Análise de variância

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>HIPÓTESE NULA.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>24</b>
4.1	Objetivo geral .....	24
4.2	Objetivos específicos.....	24
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA EXPANDIDA .....</b>	<b>25</b>
5.1	Delineamento do estudo.....	25
5.2	Cálculo amostral .....	32
5.3	Obtenção, seleção, limpeza e armazenamento dos dentes.....	32
5.3.1	Preparo dos dentes.....	32
5.3.2	Seleção dos dentes.....	34
5.4	Tratamento Endodôntico das Raízes .....	36
5.5	Preparo do conduto e cimentação dos pinos intrarradiculares .....	38
5.5.1	Preparo das raízes.....	38
5.5.2	Preparo dos pinos.....	40
5.5.3	Cimentação dos pinos aos condutos radiculares.....	41
5.5.4	Corte dos espécimes.....	44
<b>6</b>	<b>ENSAIOS LABORATORIAIS.....</b>	<b>47</b>
6.1	Ensaio Mecânico por Extrusão (Push-out).....	47
6.1.1	Análise Estatística.....	47
6.2	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	49
<b>7</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>61</b>

**REFERÊNCIAS ..... 62**

**ANEXOS..... 68**

## 1 INTRODUÇÃO

Restaurar dentes tratados endodonticamente e com grande perda de estrutura dentinária ainda é um procedimento desafiador na Odontologia (Fathi *et al.*, 2022). Esse procedimento necessita de atenção especial, já que tem como objetivo devolver função e estética ao dente. É demonstrado que perda de dentina e de estruturas como cristas marginais, pontes de esmalte e faces proximais, seja devido a fraturas, a lesões cariosas ou até mesmo devido ao acesso para tratamento endodôntico, pode levar à diminuição da resistência mecânica desses dentes, quando comparados a dentes hígidos (Shillinburg JR, 1998), o que pode comprometer a retenção da futura restauração direta ou núcleo de preenchimento, e sua respectiva restauração indireta.

Diante disto, situações clínicas com grande perda de estrutura geralmente necessitam de pinos intrarradiculares para viabilizar retenção do material restaurador coronário (Albuquerque *et al.*, 2015). Sob essa perspectiva, desde o século XVII, Saboia e colaboradores (2011) vem se estudando e desenvolvendo artifícios para aumentar retenção dos procedimentos restauradores realizados sobre estruturas remanescentes desses dentes (Mezzomo *et al.*, 2006)

Pinos intrarradiculares e os núcleos de preenchimento são importantes meios de reconstrução coronária a partir da utilização do conduto radicular para sua ancoragem (Albuquerque, Alvim, Morgan, 2015). Pinos de madeira, metálicos aparafusados, pinos metálicos cimentados, de fibra de carbono, de fibra de vidro, o formato desses pinos e os materiais para cimentação representam evolução no conhecimento científico ao longo dos anos, no que diz respeito ao desenvolvimento desse tipo de artifício. Diferentes materiais e diferentes técnicas de cimentação já foram estudadas e possuem protocolos sólidos (De Sousa, 2014).

A utilização de pinos pré-fabricados na reconstrução desses dentes já é bem estabelecida pela literatura (Albuquerque *et al.*, 2003, Marchionatti *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2019; Kosan *et al.*, 2021). Portanto, com o objetivo de proporcionar estabilidade para a coroa clínica e criar retenção para o trabalho restaurador, os pinos intrarradiculares são indicados no tratamento restaurador de dentes tratados endodonticamente e extensamente destruídos que necessitam de retenção adicional.

Nas últimas décadas, pinos de fibra de vidro têm sido amplamente indicados por serem estéticos e quimicamente compatíveis com os materiais resinosos (Alovisi *et al.*, 2014). Além disso, apresentam o módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, o que permite que as forças mastigatórias que incidem sobre a coroa, sejam distribuídas de maneira uniforme ao longo da raiz (Albuquerque *et al.*, 2003), minimizando as chances de fratura radicular (Baratieri *et al.*, 2007). Eles apresentam comportamento biomecânico compatível ao comportamento da estrutura dentinária e a possibilidade de confecção em sessão única (Asmussen *et al.*, 1999; Ruschel *et al.*, 2018). Segundo Abdelaziz e colaboradores (2018), pinos com modelagem biomecânica contínua, de formato cônico, que acompanham a formatação do conduto radicular e com módulo de elasticidade próximo ao da dentina são os mais indicados para esse tipo de procedimento.

A longevidade do tratamento restaurador está diretamente relacionada à união entre pino, dentina radicular e o cimento resinoso (Gomes *et al.*, 2018). A retenção do pino baseia-se na força de união com as superfícies das paredes que circundam o canal radicular por meio de cimentos resinosos. Outro fator importante para a retenção de pino intrarradicular é a sua adaptação às paredes internas do conduto radicular (Naumann *et al.*, 2008). Assim, quanto melhor adaptado o retentor estiver ao conduto, maiores serão as chances de sucesso retentivo do tratamento restaurador.

Com objetivo de melhorar os resultados do tratamento restaurador realizados sobre o conjunto pino intrarradicular – núcleo de preenchimento e garantir sua longevidade, estudos têm sido conduzidos no sentido de aumentar a adesão entre pino, agente cimentante e paredes do conduto radicular (Koibuchi, Yasuda, Nakabayashi, 2001; Ogata *et al.*, 2001; Bakaus *et al.*, 2018).

Segundo Foxton e colaboradores (2003), é difícil obter irradiação direta com luz em regiões profundas do conduto radicular. Dessa forma, os cimentos mais indicados para a cimentação desses tipos de pinos são os cimentos resinosos dual. Os estudos demonstram quantidades extremamente baixas de luz nos terços médio e apical sendo suficientes para polimerização adequada do cimento naquelas regiões (Silva *et al.*, 2017)

Muitos estudos já discutiram sobre a utilização dos cimentos ionoméricos, dos cimentos resinosos autopolimerizáveis, dos cimentos resinosos fotoativados. Contudo, devido à baixa resistência coesiva do cimento à base de ionômero de vidro e à pobre

polimerização em profundidade dos cimentos fotoativados, há consenso na literatura do uso dos cimentos resinosos duais para esse tipo de procedimento (Cagidiaco *et al.*, 2008; Mehta, Millar, 2008; Naumann *et al.*, 2012). O cimento resinoso auto-adesivo apresenta técnica simplificada de uso, uma vez que dispensa o pré-tratamento do tecido dentário. Segundo Gomes e colaboradores (2013), a redução do número de etapas na cimentação é fator importante na obtenção de colagem mais confiável e forte. Portanto, a simplificação do protocolo de cimentação, com utilização de cimentos autoadesivos, visa eliminar etapas críticas do processo de adesão, como aplicação do ácido fosfórico, lavagem com água, secagem e aplicação do sistema adesivo, e ainda permite redução do tempo de atendimento (Gomes *et al.*, 2013).

A matriz orgânica dos cimentos autoadesivos consiste em matriz multifuncional composta metacrilatos. O cimento se liga ao substrato dentinário por meio de ligações iônicas, com o cálcio presente no tecido (Dal Paz, 2023). Cimentos resinosos autoadesivos promovem união à estrutura dentária, sem requerer qualquer tratamento prévio de superfície. Seu mecanismo de adesão depende de interação química e mecânica entre cimento e estrutura dentária. A interação química é atribuída às ligações iônicas com o cálcio da estrutura e à ligação mecânica à rede tridimensional criada a partir da polimerização do cimento (Dal Paz, 2023). Portanto, segundo Ferracane e colaboradores (2011), o mecanismo de união dos cimentos resinosos autoadesivos se dá por meio de condicionamento químico, ligações iônicas e a polimerização dual.

A eliminação das etapas de condicionamento ácido, lavagem com água, secagem e de aplicação de primer e de adesivo pela utilização dos cimentos resinosos autoadesivos simplifica o protocolo de cimentação, podendo diminuir o risco de falhas, já que elimina etapas críticas do processo de adesão (Marques *et al.*, 2016).

Muito se estuda sobre características dos agentes cimentantes, e poucos são os estudos que se dedicam às modificações do substrato do conduto radicular a partir da utilização fresas dentro desse conduto (Bakaus *et al.*, 2018). A necessidade de melhoria na retenção pode ser entendida quando a principal causa de falha na reconstrução de dentes tratados endodonticamente com pinos fibra de vidro é apontada para perda da retenção do pino (Kurt *et al.*, 2012; Mastoras *et al.*, 2012, Marchionatti *et al.*, 2017). O elo frágil da cimentação do pino é a interface cimento-parede do conduto radicular (Sarkis-

Onofre *et al.*, 2014). O elo cimento resinoso/pino de fibra já tem protocolos eficientes bem estabelecidos (Marques *et al.*, 2016). Além da perda de retenção friccional, a desadaptação do pino resulta em camadas mais espessas de cimento que diminuem a resistência de união, uma vez que maior volume de cimento leva à maior contração de volume, gerando maior tensão de contração na interface adesiva e levando à formação de lacunas dentro do canal radicular, fazendo com que a força de união entre esses substratos fique diminuída (Lazari *et al.*, 2013; Marcos *et al.*, 2016).

A camada de esfregaço produzida durante preparo do conduto radicular previamente à cimentação do pino pode interferir na qualidade adesiva. Quando se pensa em estratégias adesivas em dentina, as características dessa camada formada, como rugosidade, aderência e espessura, podem interferir na resistência adesiva (Tay *et al.*, 2000; Reis *et al.*, 2005). Camada de esfregaço espessa pode se tornar barreira impermeável para materiais autocondicionantes ou, ainda, neutralizar sua acidez por meio da ação tamponante de seus componentes. Estes fatores podem impedir a progressão do cimento em profundidade, através da *smear layer* (Tay *et al.*, 2000; Reis *et al.*, 2005; Marcos *et al.*, 2016).

A lama dentinária criada a partir do contato da dentina com pontas adiamantadas tendem a ser mais uniformes, compactas e com baixa espessura. Por outro lado, fresas carbide levam a formação de *smear layer* mais rugosa e menos consistente, além de mais espessa (Tay *et al.*, 2000).

Nesse contexto, pontas experimentais adiamantadas com diferentes granulometrias foram desenvolvidas, com a proposta de alterar o corte produzido no substrato intrarradicular e, com isso, alterar essa lama dentinária, melhorando resistência de união entre cimento resinoso e dentina intrarradicular. O desenvolvimento dessas pontas tem como objetivo modificar a camada de *smear layer* produzida e aumentar a força de união dos agentes cimentantes, sem aumentar o desgaste interno da raiz.

Segundo Trivedi e colaboradores (2014), características da camada de esfregaço são influenciadas pelas condições operacionais, como tipo de instrumento usado, tipo de corte do substrato (seco ou úmido) e velocidade do corte.

Pontas específicas para preparo intrarradicular previamente à cimentação de

pinos com cimentos autoadesivos foram desenvolvidas e protegidas por depósito de patente realizado junto ao INPI (BR 10 2021 013899 8). Essas pontas foram confeccionadas para serem utilizadas em baixa rotação com encaixe conforme padronização ISO 1797-1, permitindo melhor controle pelo operador. Apresentam formato ergonômico que facilita o acesso aos canais radiculares. Apresentam comprimento de 32 mm e ponta ativa de 9 mm com intermediário flexível, garantindo segurança ao procedimento operatório por minimizar as chances de desgastes às paredes internas do conduto.

## 2 JUSTIFICATIVA

A falha mais comum que acomete dentes tratados endodonticamente e reconstruídos com pinos de fibra de vidro pré-fabricados é o deslocamento do conjunto restaurador-pino intrarradicular e restauração. Esse deslocamento está relacionado à qualidade da interface adesiva entre pino-cimento e cimento-dentina intrarradicular. A interface adesiva parece ser melhorada a partir da utilização de diferentes pontas adiamantadas no interior do conduto, que promovem modificações na dentina intrarradicular. Portanto, avaliar eficiência e segurança de novas pontas no preparo do conduto radicular se torna relevante para construção do conhecimento nesta linha de pesquisa.

### **3 HIPÓTESE NULA**

A hipótese nula a ser testada é que não haverá diferença estatisticamente significativa na resistência de união ao canal radicular de pinos em fibra de vidro pré-fabricados, cimentados com um mesmo cimento resinoso, entre preparos de conduto feitos com pontas adiamantadas experimentais ou com fresa tradicionalmente indicada para este tipo de procedimento.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo geral

Analisar o desempenho das pontas adiamantadas experimentais no preparo de condutos radiculares a partir da avaliação da resistência de união ao deslocamento por extrusão de um pino de fibra de vidro (*push-out*) e avaliação do esfregaço por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

### 4.2 Objetivos específicos

Analisar a resistência de união de pinos de vidro pré-fabricados a partir da modificação do substrato com as pontas experimentais adiamantadas, com ponta ativa cilíndrica, com diâmetro de 1,1 mm e três granulometrias distintas: 15, 30 e 45 micrômetros.

Avaliar as características da camada de esfregaço após utilização das pontas adiamantadas, por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Analisar a resistência de união de pinos de vidro pré-fabricados a partir da modificação do substrato com as pontas experimentais adiamantadas, com ponta ativa tronco-cônica, de diâmetro cervical 1,6 mm e diâmetro apical de 0,85 mm, com duas granulometrias distintas: 15 e 30 micrômetros.

Analisar a resistência de união de pinos de vidro pré-fabricados a partir da modificação do substrato com as pontas experimentais adiamantadas, com ponta ativa tronco-cônica, de diâmetro cervical 1,4 mm e diâmetro apical de 0,55 mm, com duas granulometrias distintas: 15 e 30 micrômetros.

## 5 METODOLOGIA EXPANDIDA

### 5.1 Delineamento do estudo

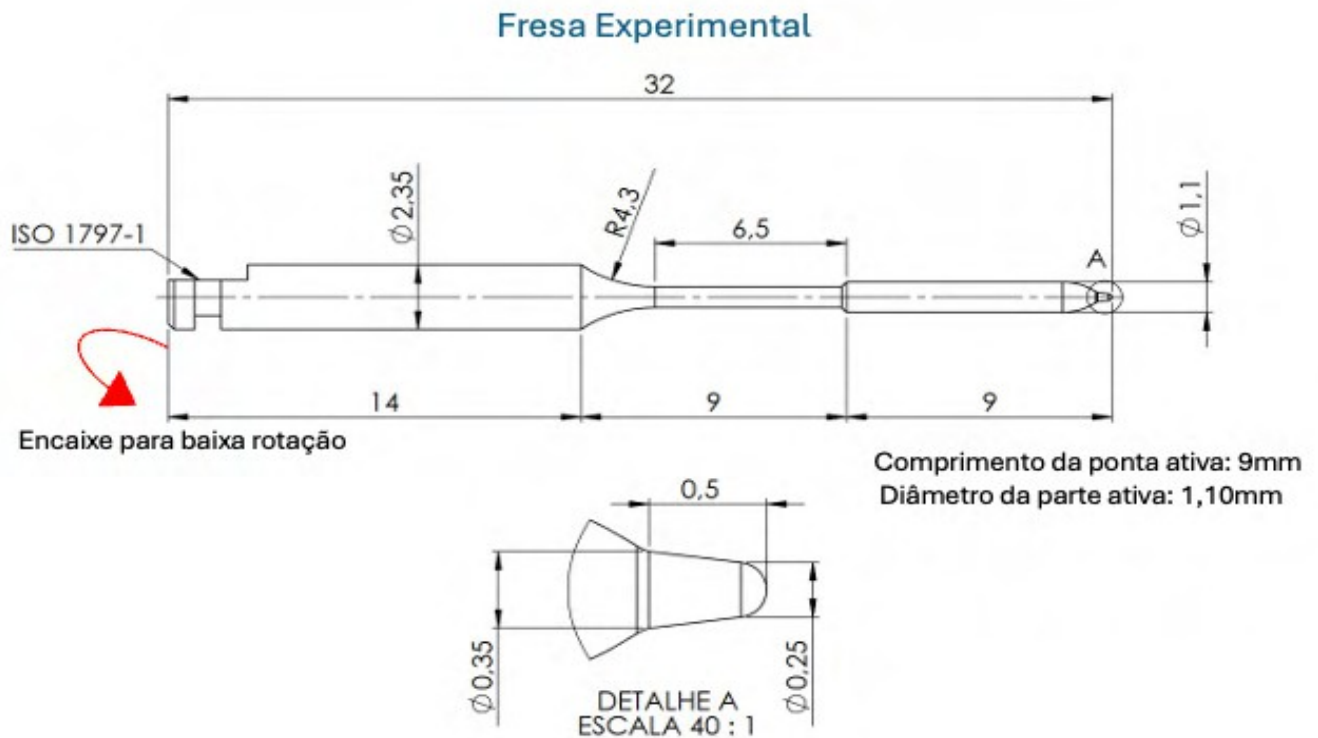
Estudo laboratorial in vitro quantitativo comparativo e qualitativo. As variáveis independentes analisadas foram os diferentes tipos de ponta adiamantada.

#### Fase I

As pontas adiamantadas utilizadas na fase I para o preparo do conduto radicular foram (FIGURAS 1 e 2): Fresa Largo números 1 e 2;

Pontas experimentais adiamantadas com ponta ativa cilíndrica, diâmetro de 1,1mm e granulometria de 15, 30 ou de 45 micrômetro.

Figura 1 Projeto representativo utilizado para produção da ponta adiamantada experimental cilíndrica



Fonte: Projeto Indusbello/UFMG, registro FUNDEP 30514, 2023.

Figura 2 Pontas experimentais adiantadas cilíndricas com granulometrias de 45, 30 e 15 micrômetros, respectivamente



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

## Fase II

Na fase II foram avaliadas, por meio de microscopia eletrônica de varredura, as superfícies da dentina intrarradicular preparadas com as pontas utilizadas na fase I.

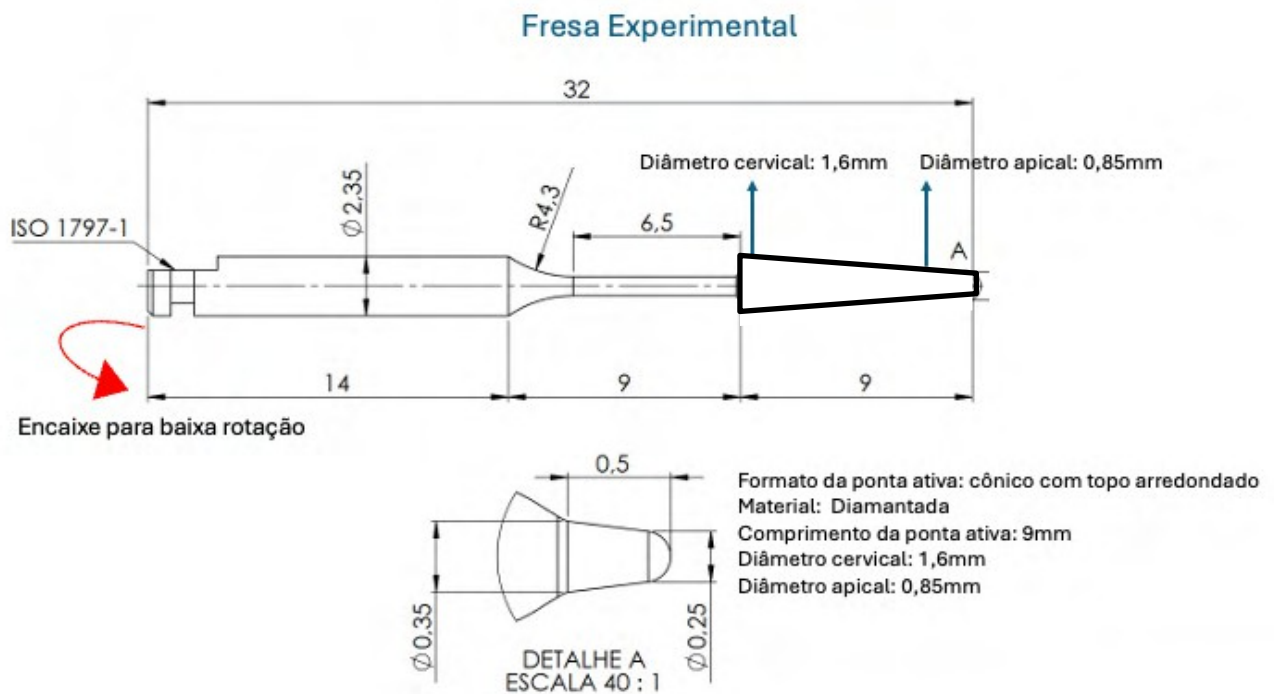
### Fase III

Nessa fase, as pontas utilizadas para preparo do conduto radicular foram (FIGURAS 3, 4, 5, 6 e 7):

Pontas experimentais adiamantadas, tronco-cônicas com diâmetro cervical 1,4 mm e diâmetro apical de 0,55 mm e duas granulometrias distintas: 15 e 30 micrômetro;

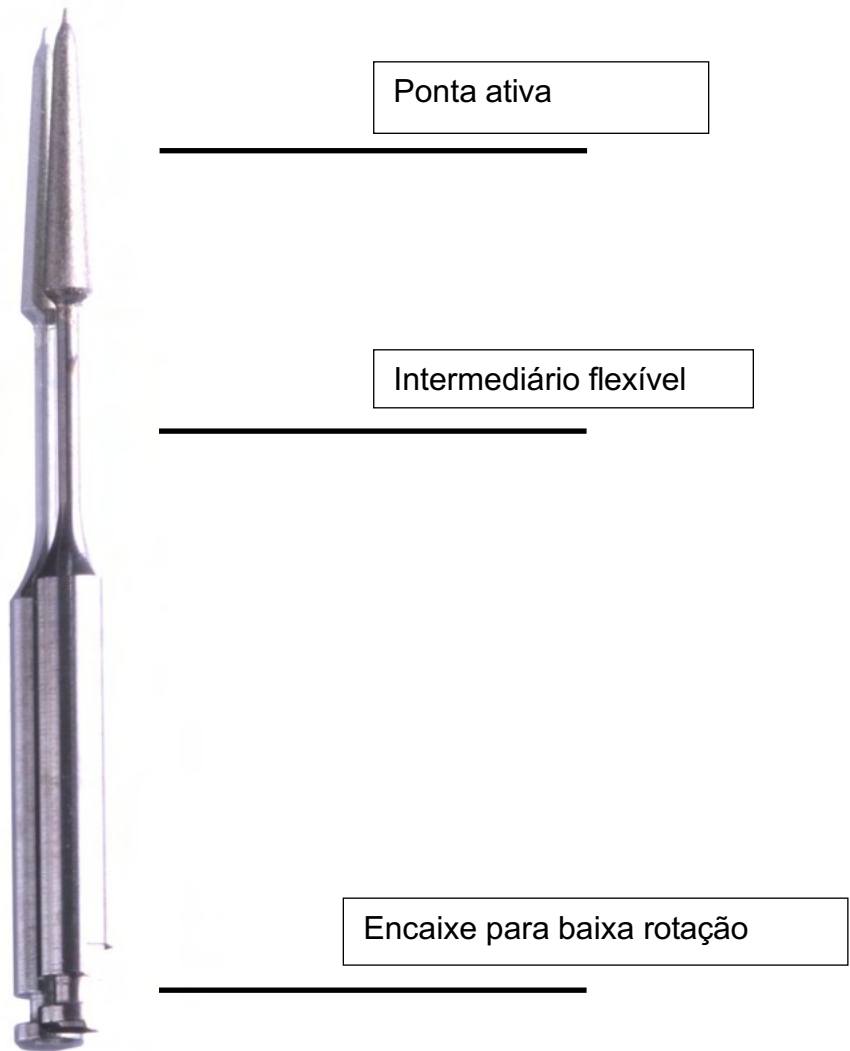
Pontas experimentais adiamantadas, tronco-cônicas com diâmetro cervical 1,6 mm e diâmetro apical de 0,85 mm e duas granulometrias distintas: 15 e 30 micrômetro;

Figura 3 Projeto representativo utilizado para produção da ponta adiamantada experimental cônica



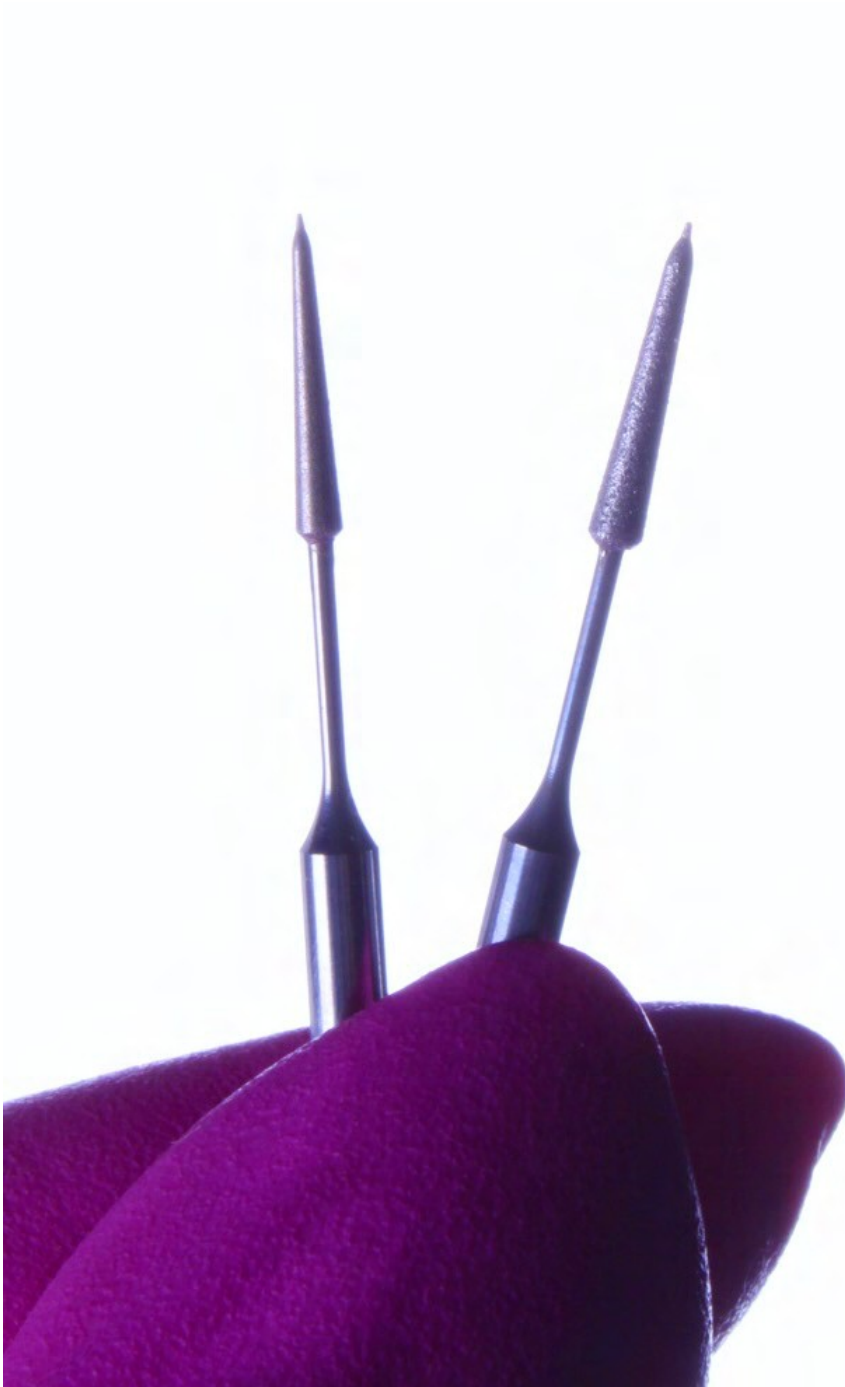
Fonte: Projeto Indusbello/UFMG, registro FUNDEP 30514, 2023.

Figura 4 Ponta adiamantada experimental em que podemos observar ponta ativa, intermediário e base para encaixe em baixa rotação



Fonte: Imagem cedida pelo Prof. Dr. Luís Morgan, 2024.

Figura 5 Pontas adiantadas experimentais com formato tronco-cônico, granulometria de 30 micrômetros e diâmetro cervical de 1,4 e 1,6 mm respectivamente



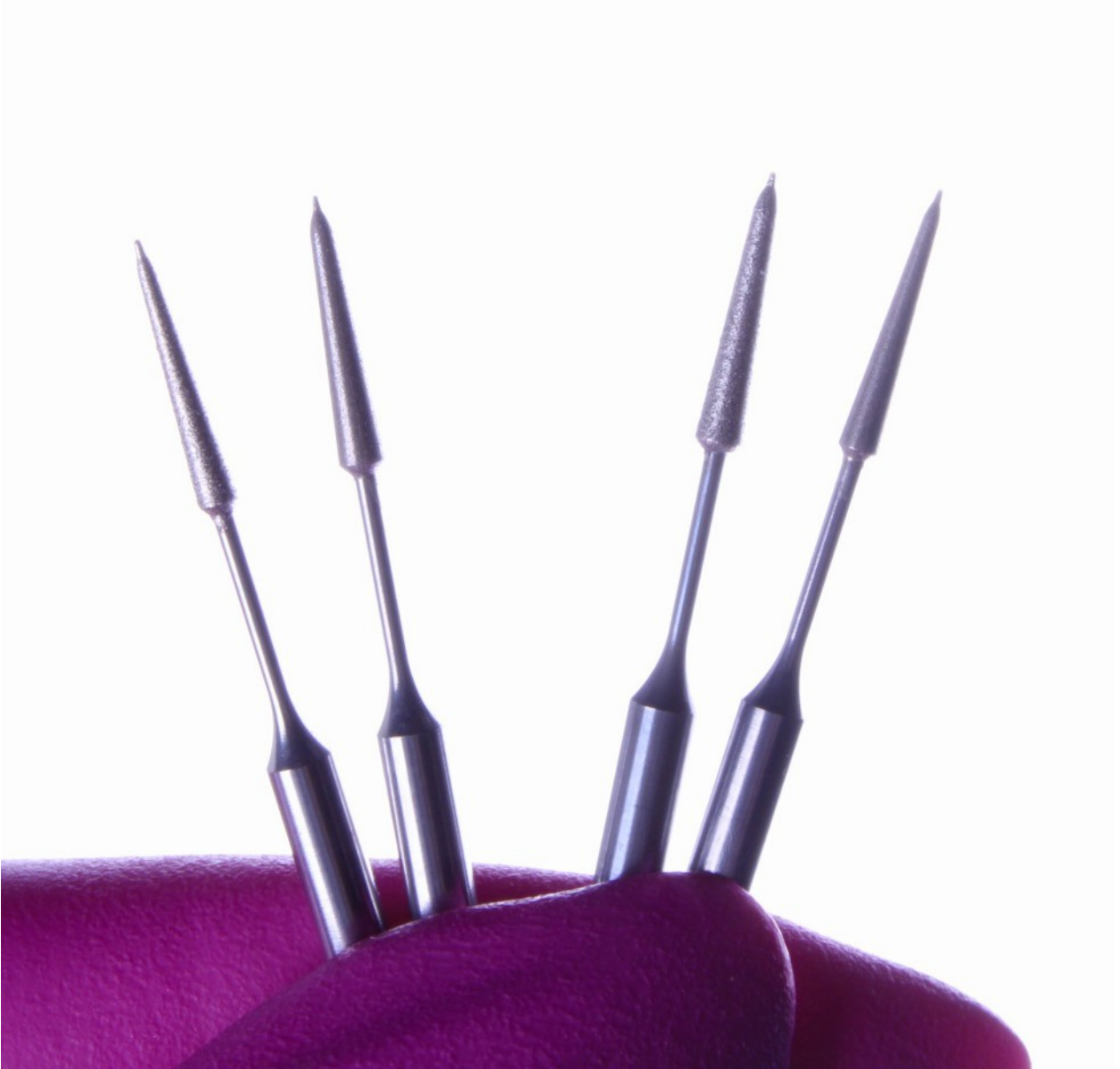
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 6 Pontas adiantadas experimentais com formato tronco-cônico, granulometria de 15 micrômetros e diâmetro cervical de 1,4 e 1,6 mm respectivamente



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 7 Imagem comparando as diferentes granulometrias e diâmetros citados anteriormente



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

## 5.2 Cálculo amostral

O tamanho da amostra (n) foi definido a partir de estudo piloto (n=3). Os resultados serviram de base para o cálculo amostral utilizando a calculadora disponível em

[http://estatistica.bauru.usp.br/calculoamostral/ta\\_comparacao\\_multipla\\_independentes.php](http://estatistica.bauru.usp.br/calculoamostral/ta_comparacao_multipla_independentes.php). Para tanto, foi utilizado nível de significância de 5%, poder da amostra de 90%, considerando 4 grupos com estimativa de desvio padrão de 1,5 MPa e diferença mínima a ser detectada de 3 MPa. O resultado obtido foi de 8 dentes por grupo, no entanto, foram utilizados n=10, considerando que quanto maior o número amostral maior é o poder do teste.

## 5.3 Obtenção, seleção, limpeza e armazenamento dos dentes

Foram coletados 198 incisivos bovinos obtidos de animais abatidos no Frigorífico Dimeza Alimentos – Fricon, localizado na Av. Doutor Antônio Chagas Diniz, nº 555 – Cidade Industrial – Contagem- MG. Tel.: (31) 2104-0799.

### 5.3.1 Preparo dos dentes

Após extração, os dentes foram limpos mecanicamente com curetas periodontais, taça de borracha, e pasta de pedra-pomes e água, em baixa rotação (FIGURA 8). Finalizada a limpeza, passaram pelo processo de seleção.

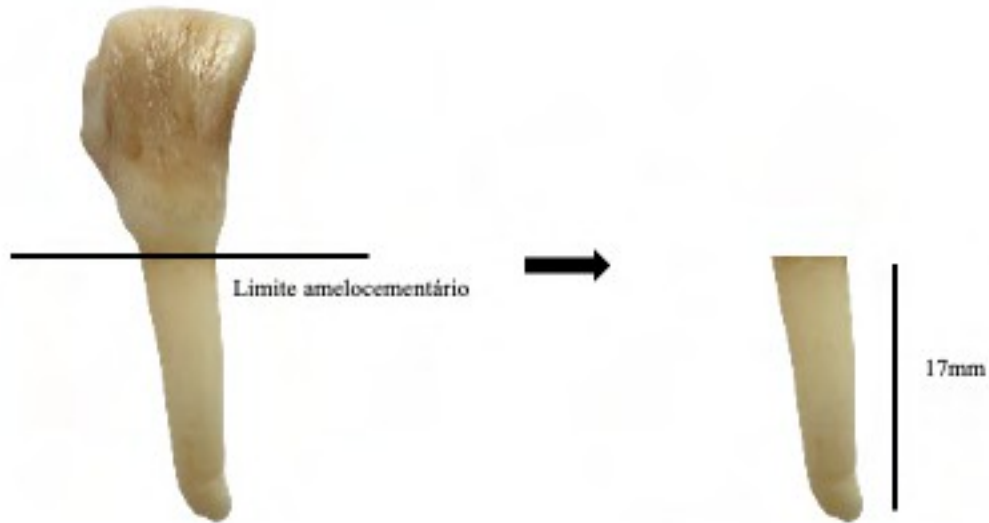
Figura 8 Limpeza de todo dente com pedra-pomes



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Após limpeza, os dentes foram cortados no limite amelocementário utilizando disco adiantado (Discoflex, KG Sorensen, Cotia, Brasil) e armazenados em água destilada refrigerada a 4°C, por 96 horas, previamente ao tratamento endodôntico, para adequada hidratação dos espécimes. Para padronização do comprimento, os espécimes foram seccionados na cortadeira metalográfica de precisão (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, EUA) de forma a garantir raízes com comprimento de 17 mm, conferido por paquímetro digital (FIGURA 9)

Figura 9 Padronização dos corpos de prova



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

### 5.3.2 Seleção dos dentes

Foram selecionados e armazenados em água destilada 100 incisivos bovinos.

Os critérios de seleção foram: pinças laterais com similaridades externa e interna (comprimento e diâmetro), com ápice completamente formado e sem curvatura radicular.

Os critérios de exclusão foram: dentes com curvatura radicular significativa, dentes com fratura radicular, dentes com ápice aberto e dentes com conduto radicular muito amplo (FIGURA 10).

Figura 10 Dentes excluídos por apresentarem ápices abertos



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Para padronização do diâmetro do conduto radicular, os espécimes foram selecionados a partir da ponta ativa da fresa Largo (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) número 2 (FIGURA 11). Os condutos que apresentaram resistência para entrada da fresa Largo foram selecionados e os demais foram excluídos (Daleprane *et al.*, 2014; Mesquita *et al.*, 2013).

Figura 11 Dentes excluídos por apresentarem condutos radiculares muito amplos



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

#### 5.4 Tratamento Endodôntico das Raízes

Tecidos pulparem remanescentes foram removidos dos canais radiculares com as limas K-file 35 e 40 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Os canais foram instrumentados por instrumentos rotatórios de níquel-titânio do Sistema Protaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) com o equipamento VDW Silver Reciproc com torque a 3,5 N/cm e velocidade de 350 rpm (VDW, Munich, Alemanha). Entre cada instrumento utilizado, os canais foram irrigados com 5 ml de hipoclorito de sódio a 2,5% (Biodinâmica, Ibioporã, Brasil) e solução de ácido etilendiamino tetra-acético (EDTA) (Biodinâmica, Ibioporã, Brasil) foi utilizada para irrigação final antes da obturação, para limpeza do conduto. Os canais foram obturados com guta-percha (Odous, Belo Horizonte, Brasil) e cimento à base de resina epóxica (AH Plus, Dentsply, Petrópolis, Brasil), usando a técnica de condensação lateral. Em seguida, os condutos foram selados e os espécimes armazenados em água destilada a 37°C, por 7 dias (Daleprane *et al.*, 2014; Mesquita *et al.*, 2014; Da Silva *et al.*, 2015).

Os dentes foram divididos aleatoriamente em 9 (n=10) grupos para os experimentos da fase I e da fase III do projeto, e 4 dentes foram separados para análise em MEV.

### **Grupos da fase I:**

GL1 (controle) - pino pré-fabricado associado ao preparo do conduto com fresa tipo Largo números 1 e 2;

G15C- pino pré-fabricado associado à modificação do substrato com a ponta experimental adiamantada, com ponta ativa cilíndrica e granulometria de 15 micrômetros;

G30C- pino pré-fabricado associado à modificação do substrato com a ponta experimental adiamantada, com ponta ativa cilíndrica e granulometria de 30 micrômetros;

G45C- pino pré-fabricado associado à modificação do substrato com a ponta experimental adiamantada, com ponta ativa cilíndrica e granulometria de 45 micrômetros.

A partir dos resultados obtidos na fase I, foram selecionadas duas f pontas que apresentaram os melhores resultados de resistência de união. Elas possuíam granulometrias distintas de 30 micrômetro e de 15 micrômetros. Essas pontas foram confeccionadas com formato tronco-cônico e com dois diâmetros cervicais e apicais diferentes para realização dos testes da fase III.

### **Grupos da fase II:**

Para avaliação da camada de esfregaço por meio da MEV, os grupos foram:

GL- (controle): raízes preparadas com as fresas de Largo números 1 e 2

GL15C: raízes preparadas com a ponta experimental adiamantada, com ponta ativa cilíndrica e granulometria de 15 micrômetros.

GL30C: raízes preparadas com a ponta experimental adiamantada, com ponta ativa cilíndrica e granulometria de 30 micrômetros.

GL45C: raízes preparadas com a ponta experimental adiamantada, com ponta ativa cilíndrica e granulometria de 45 micrômetros.

### **Grupos da fase III:**

GL2- (controle) - pino pré-fabricado associado à preparo do conduto com fresa tipo Largo números 1 e 2

G30T1- pino pré-fabricado associado à modificação do substrato com a ponta experimental adiamantada, tronco-cônica, com diâmetro cervical 1,4 mm, diâmetro apical de 0,55 mm e granulometria de 30 micrômetros.

G15T1- pino pré-fabricado associado à modificação do substrato com a ponta experimental adiamantada, tronco-cônica, com diâmetro cervical 1,6 mm, diâmetro apical de 0,85 mm e granulometria de 15 micrômetros.

G30T2- pino pré-fabricado associado à modificação do substrato com a ponta experimental adiamantada, tronco-cônica, com diâmetro cervical 1,6 mm, diâmetro apical de 0,85 mm e granulometria de 30 micrômetros.

G15T2- pino pré-fabricado associado à modificação do substrato com a ponta experimental adiamantada, tronco-cônica, com diâmetro cervical 1,4 mm, diâmetro apical de 0,55 mm e granulometria de 15 micrômetros.

## **5.5 Preparo do conduto e cimentação dos pinos intrarradiculares**

### **5.5.1 Preparo das raízes**

Para preparo do conduto radicular, a guta-percha foi removida do interior do conduto utilizando fresas Largo números 1 e 2, com o cuidado de sempre manter 5 mm de guta-percha na região apical, garantindo selamento da obturação endodôntica e comprimento de trabalho de 12 mm. Para isso, nas fresas Largo foi utilizado um “stop” a 12 mm, conforme mostrado na figura 12, e seguindo metodologia semelhante utilizada por Zanatta e colaboradores (2015).

Após desobstrução dos condutos no comprimento de trabalho pré-estabelecido de 12 mm, os mesmos foram instrumentados com as fresas e/ou pontas adiamantadas correspondentes a cada grupo, controle e teste.

A utilização das fresas e pontas foi padronizada para as três etapas do trabalho, e o mesmo operador realizou todos os preparos. Esses instrumentos rotatórios

foram introduzidos e removidos dos condutos em giro, realizando o pincelamento das paredes radiculares, de modo que todas as paredes fossem tocadas pelo instrumento por cerca de 20 segundos. A cada dois espécimes a ponta experimental foi substituída.

Finalizada a instrumentação intrarradicular, cada conduto radicular foi irrigado com 5 ml de soro fisiológico, seguido de aspiração com cânulas endodônticas e secagem com cones de papel absorvente, utilizando um cone por vez e padronizado três trocas de cone.

Após o preparo do conduto delineado para cada grupo experimental, o pino de fibra de vidro pré-fabricado cônico DUREVOLE (Indusbello, Londrina, Brasil) modelo número 1, de diâmetro cervical de 1,6mm e diâmetro apical 0,85mm (FIGURA 13), foi utilizado.

Figura 12 Remoção de guta-percha do conduto radicular



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 13 Pino utilizado em todos os grupos



Fonte: [www.indusbello.com.br](http://www.indusbello.com.br), 2024.

### 5.5.2 Preparo dos pinos

Previamente à cimentação, os pinos de fibra de vidro DUREVOLE número 1 (Indusbello, Londrina Brasil), receberam esfregação com álcool etílico 70% por 30 segundos, seguido de rigorosa secagem com jatos de ar por 30 segundos. Posteriormente, uma camada do agente silano (Silano, Angelus, Londrina, Brasil) foi aplicada, com auxílio de pincel descartável (Aplik, Angelus, Londrina, Brasil), e aguardado 1 min para completa evaporação do produto, seguindo recomendações do fabricante (Pereira *et al.*, 2015) (FIGURA 14)

Figura 14 Preparo do pino: esfregaço com álcool e aplicação de silano

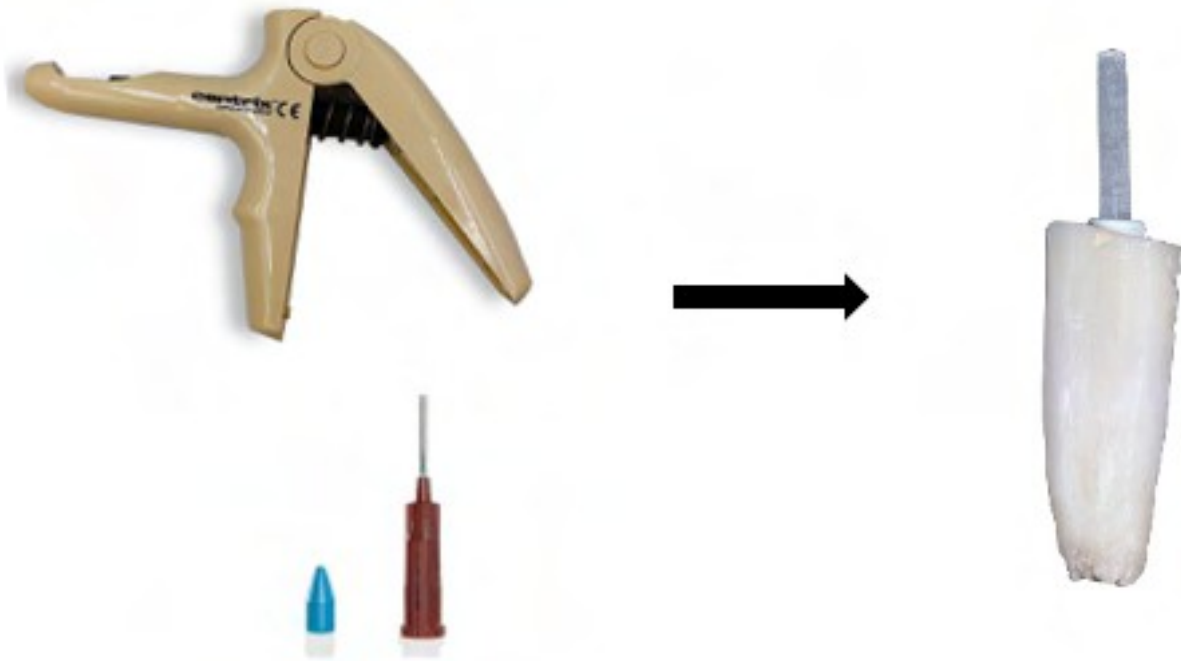


Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

### 5.5.3 Cimentação dos pinos aos condutos radiculares

Para cimentação dos pinos de todos os grupos, foi utilizado cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200, 3MESPE, St. Paul, EUA). O cimento foi inserido no conduto radicular por pontas do tipo “agulha”, com seringa Centrix (Centrix, DFL). Os pinos foram então levados aos espaços radiculares preparados e inseridos com leve pressão digital (FIGURA 15). Cinco minutos após inserção do cimento e do pino, a fotoativação do cimento foi realizada, utilizando aparelho fotoativador Radium-expert (SDI, Victoria, Austrália) por 40 segundos, posicionado perpendicularmente ao pino. As raízes preparadas foram armazenadas em água destilada.

Figura 15 Cimentação do pino com utilização da seringa Centrix.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Tabela 1 Nome, fabricante, composição, lote e validade dos materiais utilizados e instruções para a cimentação dos pinos

Material	Composição	Fabricante	Lote/Validade	Instruções
<b>Etanol</b>	Álcool etílico 70%	Itajá, Goiânia, Brasil	101903/ 29-11-26	Aplicar no pino de forma ativa por 30 segundos
<b>Silano</b>	Silano e etanol. Fórmula química: X-R- Si (OR) <sub>3n</sub>	Angelus, Londrina, Brasil	67479/ 06-25	Aplicar silano no pino e aguardar 1 min para evaporação do produto
<b>Rely X U200™</b>	<p>Pasta Base: pó de vidro tratado com silano, ácido 2-propenóico, TEGDMA, fibra de vidro, persulfato de sódio</p> <p>Pasta Catalisadora: pó de vidro tratado com silano, dimetacrilato substituto, sílica tratado com silano, sais de cálcio, hidróxido de cálcio, dióxido de titânio</p>	3MESPE, St. Paul, EUA	10728168/ 02-09-25	<p>Após a instrumentação do canal, lavar com soro fisiológico e secar com cone de papel absorvente.</p> <p>Dispensar o cimento em um bloco de espatulação e misturar com espátula durante 10 segundos.</p>

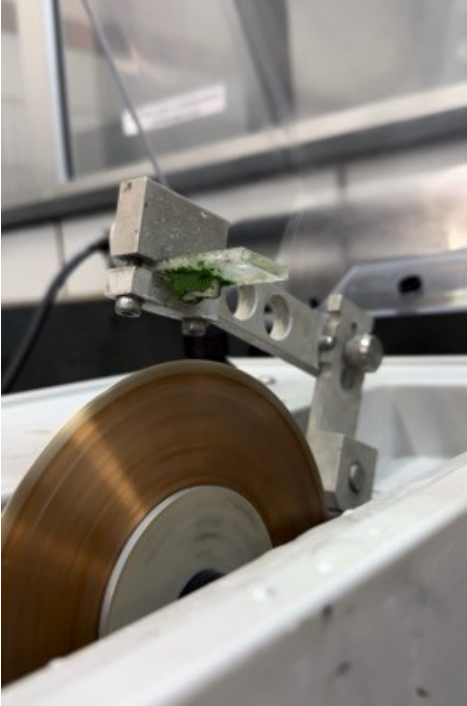
				Aplicar o cimento no interior do conduto radicular com auxílio da seringa Centrix. Posicionar o pino no conduto radicular e proceder a fotoativação durante 40 segundos para fixação do pino na posição.
<b>Pino de fibra de vidro Durevole 1</b>	Fibras de vidro, resina epóxi e agente radiopacificador.	Indusbello, Londrina, Brasil	067078/ 22-07-26	Cimentado no conduto radicular previamente preparado.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

#### 5.5.4 Corte dos espécimes

Uma semana após cimentação dos pinos, as raízes foram seccionadas em máquina de cortes precisos (Isomet 1000, Buehler, EUA) transversalmente ao seu eixo longitudinal, a partir da borda cervical, em 9 discos de 1,0 mm de espessura, cada (FIGURA 16). O topo cervical de todas as raízes foi desprezado, e obtivemos três discos na região de terço cervical, três na região de terço médio e três na região de terço apical (FIGURA 17). Os discos foram armazenados em água destilada, em temperatura ambiente, por 24 horas.

Figura 16 - Corte dos corpos de prova em máquina de precisão.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.



Figura 17 Corte do corpo de prova em discos cervical, médio e apical com espessura aferida por paquímetro digital



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

## 6 ENSAIOS LABORATORIAIS

### 6.1 Ensaio Mecânico por Extrusão (Push-out)

Após preparo de todos os corpos de prova, eles foram submetidos a cargas compressivas sobre o pino, no sentido ápico-cervical do eixo longitudinal do dente. A máquina de ensaios universal (Instron TTDML<sup>®</sup>, Norwood, EUA) foi ajustada com velocidade de 0,5mm/min, 50g/f até o momento do deslocamento (FIGURA. 18). A força de deslocamento (carga máxima) foi medida para todas as amostras.

Resultados obtidos com o ensaio mecânico por extrusão (*push-out*) foram registrados em Newton (N), e a resistência de união foi calculada em Megapascal (MPa) a partir dos dados de força e da área do pino, assim como D´Arcangelo e colaboradores (2007). Os valores foram obtidos considerando a área do pino em mm<sup>2</sup>. Fórmula da área do cone:  $(R + r) [(h^2 + (R - r)^2)^{0.5}]$ , R é o raio maior, r raio menor e h altura do corpo de prova foi utilizada.

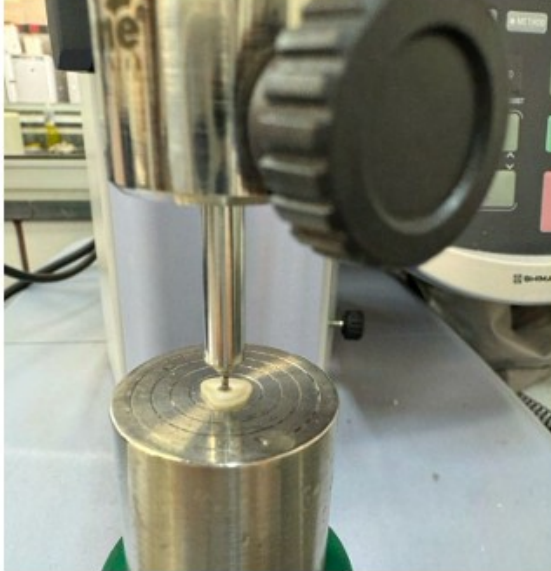
#### 6.1.1 Análise Estatística

Dados de resistência de união foram submetidos à análise estatística, da seguinte forma:

Fase I: Foi utilizado modelo linear generalizado seguido das comparações múltiplas de Bonferroni;

Fase III: Foi utilizada a Análise de Variância com dois fatores, seguida das comparações múltiplas de Tukey.

Figura 18 - Posicionamento do corpo de prova na máquina de ensaios universal para o teste de resistência de união ao deslocamento por extrusão (push-out). A) Corpo de prova posicionado durante a aplicação da carga; B) Deslocamento do pino após o teste de push-out



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

## 6.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Para analisar o padrão morfológico da lama dentinária formada por cada instrumento, uma raiz de cada grupo foi selecionada aleatoriamente, após preparação dos canais radiculares utilizando as pontas adiamantadas experimentais de granulometria de 45, 30 e 15 micrômetro (fase I do estudo), para análise em MEV. Essas raízes foram clivadas longitudinalmente em 2 hemisseções, usando serra de corte de baixa rotação (Southbay modelo 650 com serra de diamante e rotação de 300rpm), deixando todo o comprimento do canal radicular exposto.

Os espécimes (hemisseções) passaram por bateria de desidratação, com concentração crescente de etanol (35, 50, 70, 85, 95 e 100%), permanecendo por cerca de 10 minutos em cada concentração. O ciclo foi repetido por duas vezes (Daleprane *et al.* 2016).

Foi realizada secagem em ponto crítico de CO<sub>2</sub> utilizando equipamento LEICA modelo EM CPD030. Amostras foram montadas em placa de alumínio, usando fita dupla face de carbono. Em seguida foram metalizadas, com 10 nanômetros de carbono, usando o equipamento EVAPORADORA LEICA EM SCD 500, e então observadas em microscópio eletrônico de varredura (FEG – FEI, FEG Quanta 200F, Hillsboro, EUA), sob aceleração de voltagem 30kV. Observou-se nas imagens o aspecto da lama dentinária produzida a partir da utilização das diferentes pontas adiamantadas, conforme cada grupo experimental.

## 7 RESULTADOS

### FASE I

Valores médios de resistência de união e desvio padrão dos diferentes grupos, nos respectivos terços cervical, médio, apical de cada grupo do estudo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Média (DP) da resistência de união por push-out, de acordo com os grupos testados e terços da raiz

GRUPO	CERVICAL	MÉDIO	APICAL	SOMATÓRIA
GL1	9,04 (1,72)	9,61 (2,03)	5,37 (1,73)	8,01 (2,67) bc
G15C	10,17 (2,43)	10,35 (3,24)	7,44 (2,44)	9,32 (3,09) ab
G30C	9,99 (1,84)	9,67 (1,75)	9,62 (1,71)	9,76 (1,81) a
G45C	8,14 (1,83)	7,44 (1,87)	6,76 (1,09)	7,45 (1,76) c

\*Modelos lineares generalizados e Bonferroni. Letras distintas indicam diferença estatística ( $p < 0,05$ ). GL1 controle; G15C ponta adiamantada de 15 micrômetro cilíndrica; G30C ponta adiamantada de 30 micrômetro cilíndrica; G45C ponta adiamantada de 45 micrômetro cilíndrica. Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O grupo C30C apresentou os maiores valores de resistência de união, com diferença estatisticamente significativa para os grupos GL1 e G45C. Os menores valores foram encontrados para o grupo G45C com diferença estatisticamente significativa para os grupos G15C e G30C.

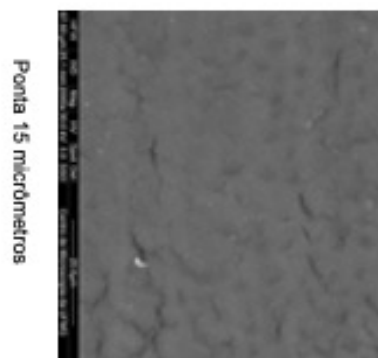
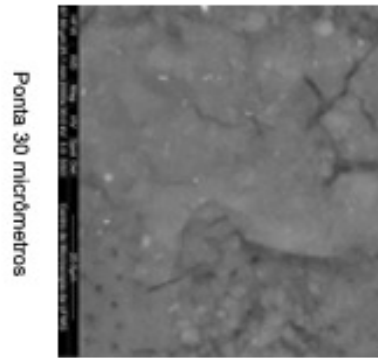
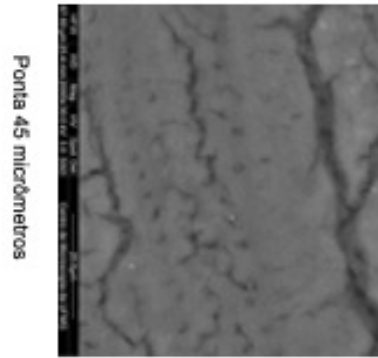
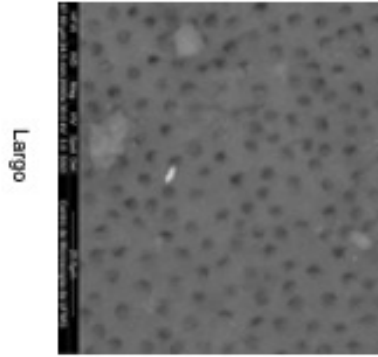
### FASE II

Imagens obtidas na microscopia eletrônica de varredura permitiram avaliação da camada de esfregaço de forma comparativa, entre as diferentes granulometrias

analisadas (FIGURA 19). Todas as demais imagens obtidas foram disponibilizadas no anexo desse trabalho.

Superfícies tratadas com diferentes pontas adiantadas mostraram diferentes características. A ponta experimental de 45 micrômetros de granulometria produziu camada de esfregaço espessa e irregular, enquanto pontas de granulometria mais finas, 30 e 15 micrômetros, produziram camada de esfregaço mais delgada e regular.

Figura 19 Imagem comparativa da camada de esfregaço produzida pelas fresas Largo e pelas pontas adiantadas experimentais com granulometria de 45, 30 e 15 micrômetro, respectivamente.



### FASE III

A partir dos resultados obtidos na Fase I, selecionamos as granulometrias de 15 e 30 micrômetro para a fase III.

Resultados médios de resistência de união e desvio padrão dos diferentes grupos, nos respectivos terços cervical, médio, apical de cada grupo do estudo são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Média (DP) da resistência de união por push-out de acordo com os grupos testados e terços da raiz.

GRUPO	CERVICAL	MÉDIO	APICAL	SOMATÓRIA
GL2	3,07 (1,15)	3,67 (0,72)	2,50 (0,55)	3,08 (0,58) b
G30T1	5,48 (1,11)	6,04 (0,85)	4,69 (1,20)	5,40 (0,68) a
G15T1	5,43 (1,47)	3,64 (1,31)	5,15 (1,87)	4,74 (0,96) a
G30T2	4,69 (1,81)	5,92 (1,53)	5,88 (1,50)	5,50 (0,70) a
G15T2	6,00 (1,40)	4,47 (1,78)	4,75 (2,05)	5,07 (0,81) a

\*ANOVA dois fatores seguido de Tukey. Letras distintas indicam diferença estatística ( $p < 0,05$ ). GL2 controle; G30T1 Ponta adiamantada de 30 micrômetro e diâmetro cervical 1,4; G15T1 Ponta adiamantada de 15 micrômetro e diâmetro cervical 1,4; G30T2 Ponta adiamantada de 30 micrômetro e diâmetro cervical 1,6; G15T2 Ponta adiamantada de 15 micrômetro e diâmetro cervical 1,6. Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Foi utilizada Análise de Variância com dois fatores, seguida das comparações múltiplas de Tukey. Resultados mostraram que não existe interação entre os fatores grupo e terço, ou seja, diferenças observadas entre os terços são as mesmas nos cinco grupos, e as diferenças observadas entre os grupos são as mesmas, nos três terços. Dessa forma, foram realizadas comparações múltiplas entre os terços, independente do grupo, e entre os grupos, independente do terço. Resultados não mostraram diferenças significativas entre os terços.

Quando a somatória dos valores de cada terço para cada grupo foi analisada, os resultados mostram que o grupo GL2 (controle) apresentou resultados significativamente inferiores, quando comparado com os demais grupos. E, nenhuma diferença significativa entre os grupos G30T1, G30T2, G15T1 e G15T2 foi identificada.

## 8 DISCUSSÃO

Pinos de fibra de vidro têm sido amplamente utilizados para reconstrução de dentes tratados endodonticamente e com grande perda de estrutura coronária, onde há a necessidade de aumentar a retentividade da futura restauração. Vários estudos na literatura comprovam sua eficiência em reter o material restaurador e corroboram com a longevidade dos trabalhos restauradores quando eles são utilizados. Contudo, seu deslocamento em razão de sua descimentação ainda aparece como falha importante, comprometendo efetividade e longevidade do tratamento clínico (Penteado *et al.*, 2023).

Dificuldades e tipos de falhas inerentes ao processo restaurador envolvendo o conduto radicular têm estimulado o desenvolvimento de técnicas e de materiais que propiciem união mais efetiva entre dentina radicular e retentores intrarradiculares (Bakaus *et al.*, 2018).

O presente estudo se propôs a analisar resistência de união de pinos pré-fabricados em fibra de vidro cimentados em raízes bovinas após modificação do substrato intrarradicular com diferentes tipos de pontas experimentais adiamantadas quando comparadas à fresa de tungstênio tradicionalmente utilizada nesse tipo de preparo.

De acordo com os resultados, a hipótese nula foi rejeitada, porque houve diferença estatisticamente significativa na resistência de união ao deslocamento para os diferentes tipos de pontas experimentais testadas.

Trata-se de estudo laboratorial, em que foram utilizados incisivos bovinos para a cimentação dos pinos. A utilização de dentes bovinos é bem estabelecida na literatura, e estudos já compararam composição química dos dentes humanos com o de outros mamíferos, e concluíram que a dentina e o esmalte bovinos são muito semelhantes aos mesmos substratos dos dentes humanos (Laurance-Young *et al.*, 2011; Yassen *et al.*, 2011).

Além disto, seu uso também é justificado pela facilidade de obtenção e pela dispensa do Comitê de Ética que se baseia nas normativas do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) o qual desobriga a submissão de projetos realizados exclusivamente com dentes bovinos à apreciação ética. Uma vez que esses animais já têm como destino final o abate, a utilização de seus dentes não

necessita avaliação prévia.

O teste *push-out* foi utilizado para avaliar resistência de união dos pinos intrarradiculares à dentina radicular. Este ensaio laboratorial é capaz de simular o estresse de cisalhamento na interface entre pino, cimento resinoso e dentina radicular, quantificando a carga necessária para romper a interface de união entre esses substratos.

Embora dados coletados em estudos *in vitro* possam não refletir exatamente condições encontradas na realidade clínica, eles representam importante etapa do desenvolvimento científico e da construção do conhecimento, norteando os próximos passos a serem seguidos como, por exemplo, pesquisas clínicas. Apesar disso, estudos laboratoriais possuem vantagens como padronização das variáveis para diminuir margens de erro, maior controle de todas as etapas da pesquisa e, com isso, ajudam a obter maiores esclarecimentos acerca de novos materiais e técnicas.

As pontas experimentais desenvolvidas têm por objetivo modificar o substrato intrarradicular e, com isso, melhorar a qualidade da interface adesiva entre cimento e dentina radicular. Seu uso, nesse estudo, foi preconizado após remoção da guta-percha do conduto radicular, como último passo operatório antes da cimentação dos pinos.

A espessura da camada de esfregaço produzida é dependente de fatores como tipo de fresa (ou ponta) utilizada, sua velocidade de rotação e uso de *spray* de água. Diferentes tipos de fresas produzem lama dentinária com diferentes morfologias, e a interface adesiva é distinta conforme a característica da lama produzida por determinada fresa (Trivedi *et al.*, 2014). Segundo Yiu e colaboradores (2008) e Bakaus e colaboradores (2018), o tipo de instrumento rotatório utilizado sobre dentina altera quantitativa e qualitativamente a morfologia da camada de esfregaço, interferindo na interação entre substrato e adesivo, corroborando com nossos achados.

Bakaus e colaboradores (2018) demonstraram que raízes que tiveram o substrato dentinário intrarradicular modificado por instrumento rotatório adiamantado previamente à cimentação de pinos de fibra de vidro apresentaram melhores resultados de resistência de união. Isso ocorreria porque o mecanismo de adesão à dentina é baseado na interação dos monômeros de resina na estrutura dentinária. No presente estudo, o instrumento rotatório adiamantado foi capaz de produzir uma lama dentinária

mais fina e mais uniformes, favorecendo a interação do cimento com o substrato, logo, aumentando valores de resistência de união nessa interface. Isso está de acordo com os achados de Yiu e colaboradores (2008) e também de Bakaus e colaboradores (2018).

Durante preparo do conduto radicular com instrumentos rotatórios, sejam eles adiamantados ou de tungstênio, a superfície da dentina é coberta por camada de esfregaço, que pode melhorar ou dificultar a interação com o substrato. Essa camada de esfregaço é composta por resíduos do próprio preparo, podendo ser resíduos orgânicos e inorgânicos, que são espalhados por toda superfície trabalhada. A modificação dessa camada é essencial para formação de interface adesiva de alta qualidade e, portanto, capaz de produzir melhor adesão do cimento à parede do conduto (Ermis *et al.*, 2008; Bakaus *et al.*, 2018).

A espessura da camada de esfregaço produzida pelo preparo dentinário depende do tipo de instrumento rotatório utilizado. Instrumentos à base de carbetto de tungstênio produzem camada mais irregular e espessa, que pode interferir negativamente na interação do substrato com o cimento. Segundo Saikaew e colaboradores (2022), essa camada, quando modificada por instrumentos adiamantados, apresenta menor espessura, logo maior poder de interação do pino e do cimento com o substrato. Esse relato está em concordância com os achados de nosso trabalho: quando o substrato foi modificado utilizando instrumentos rotatórios adiamantados, independentemente da sua granulometria, a resistência de união do conjunto pino-cimento ao conduto radicular teve seu valor aumentado, quando comparado ao grupo controle.

Isso, provavelmente está relacionado à morfologia da camada de esfregaço produzida pelos diferentes instrumentos. Esses resultados também são consistentes com aqueles de Ermis e colaboradores (2008), Bakaus e colaboradores (2018) e de Saikaew e colaboradores (2022).

Avaliando o efeito da granulometria sobre resistência de união, foram observados resultados relevantes. O grupo G30C apresentou resultados estatisticamente superiores aos resultados observados nos grupos GL1 (controle) e G45C. Além disto, foram identificadas diferenças significativas entre os grupos G15C e G45C, com resultados superiores no G15C. Os resultados entre G15C e G30C não apresentaram diferença significativa. Isso porque o desgaste promovido pelas pontas adiamantadas são mais

regulares. Quanto menor a granulometria dessa ponta melhores são os valores de resistência de união. Os achados do presente estudo demonstram que a modificação do substrato intrarradicular com ponta adiamantada foi capaz de produzir melhora na adesão entre a interface pino – cimento – dentina, com valores mais altos de resistência de união, quando comparados às raízes preparadas com fresa de tungstênio. Os referidos resultados estão em conformidade com os achados de Bakaus e colaboradores (2018), em que a resistência de união foi aumentada a partir da utilização de instrumento rotatório adiamantado. O grupo G45C apresentou resultados semelhantes ao grupo controle GL1. Isso pode ser devido à maior espessura dos grânulos de diamante presentes nesse instrumento, quando comparada à dos demais grupos. Sua granulação mais espessa produziu rugosidade mais expressiva, semelhante à que foi gerada pela fresa de tungstênio, usada no grupo controle, levando danos na porção mineral superficial da raiz.

Assim, a partir dos resultados na primeira etapa do trabalho, observou-se que houve aumento significativo da adesão na interface mais crítica do sistema pino – cimento – dentina intrarradicular. A partir da comprovação da efetividade das pontas adiamantadas experimentais, a segunda etapa foi executada, para avaliação crítica da camada de esfregaço produzida.

Nas imagens de MEV, observamos que a ponta experimental de granulometria maior (45 micrômetro) produziu camada de esfregaço mais espessa. Essa camada tem influência direta na interface adesiva, sendo que, quanto mais espessa, maior a tendência de que os valores de resistência de união adesiva sejam menores. Esses resultados corroboram com aqueles dos trabalhos de Ermis e colaboradores (2008) e de Bakaus e colaboradores (2018). A adesão entre pino, cimento e dentina radicular fica mais dificultada, em virtude da lama dentinária espessa, pois essa característica impede interação do agente cimentante com o substrato radicular, segundo Trivedi e colaboradores (2014).

As pontas adiamantadas experimentais utilizadas nesse estudo, que eram inicialmente cilíndricas, passaram a ser tronco-cônicas, acompanhando a formatação do conduto radicular, e sendo compatíveis com a abertura dos canais radiculares. O objetivo do novo formato foi promover íntimo contato com as paredes internas do conduto, respeitando sua anatomia pós tratamento endodôntico. Foram desenvolvidos dois

diâmetros distintos: 1,4 mm de diâmetro cervical / 0,55 mm de diâmetro apical e 1,6 mm de diâmetro cervical / 0,85 mm de diâmetro apical, para analisar se a alteração de diâmetro levaria à alteração na linha de cimentação. A expectativa era de que a linha de cimentação poderia ser aumentada, caso a maior conicidade desgastasse, em maior volume o tecido intrarradicular. E, com linha de cimentação mais espessa, valores de resistência de união tenderiam a ser menores. Contudo, não houve diferença nos resultados de resistência de união para os dois diâmetros analisados.

O objetivo da ponta adiamantada foi pincelar levemente a parede do conduto, sendo esse pincelamento o suficiente para gerar alteração da lama dentinária produzida e melhorar a interface adesiva. A partir dos resultados da fase I, selecionamos os dois melhores grupos para configurarem as pontas com o formato cônico, as quais foram empregadas na fase III desse estudo. As pontas que apresentaram melhores resultados foram as com 30 e 15 micrômetro. Resultados dessas duas granulometrias no formato cônico mostram que ambas produziram efeitos similares na resistência de união, e superiores ao grupo controle. Isso pode ser justificado pela proximidade dos valores das granulometrias, o que levou a alterações similares na camada de esfregaço e, conseqüentemente, nos valores de resistência de união. Resíduos gerados pelos instrumentos utilizados no preparo do conduto radicular são espalhados sobre todo substrato dentinário, formando parte dessa camada. Segundo Hosoya e colaboradores (2004), morfologia, composição e espessura da camada de esfregaço são determinadas pelo tipo de instrumento e da sua granulometria. Portanto, granulometrias muito próximas podem alterar de forma semelhante essa camada, e produzir resultados de adesão também semelhantes, estatisticamente.

Para utilização dos pinos intrarradiculares deve ser realizada remoção parcial e planejada do material obturador, e preparo do canal com fresas de diâmetro crescente, até que seja compatível com o do pino a ser utilizado. É sabido que a adaptação do pino ao conduto radicular e sua adesão aos diferentes substratos representam fatores críticos para sucesso do tratamento. Quanto melhor adaptado o pino estiver ao conduto radicular, menor será a linha de cimentação e maiores as chances de sucesso do tratamento restaurador (Cagidiaco *et al.*, 2007; Goracci *et al.*, 2011; Park *et al.*, 2017). Somado a isso, quanto melhor a interface adesiva do conjunto pino-cimento-dentina

intrarradicular, maiores as chances de sucesso e longevidade do tratamento.

A falha adesiva na interface dente-cimento-pino é multifatorial, e pode ser associada a fatores como qualidade e heterogeneidade da dentina radicular, remoção incompleta da guta-percha e do cimento obturador das paredes do conduto, assim como formato e adaptação do pino, tipo de cimento resinoso utilizado e sua interação com substratos dentinários, limitação da penetração da intensidade de luz ao longo do canal radicular, dentre outros fatores (Freitas *et al.*, 2019).

Outro ponto de extrema importância para longevidade está relacionado à qualidade da adesão entre o conjunto pino-cimento-dentina radicular. Essa efetividade da união adesiva entre diferentes substratos intrarradiculares ainda não foi totalmente elucidada pela literatura científica. Poucos autores se dedicaram ao estudo dessa modificação da lama dentinária intrarradicular. Existem diversos trabalhos buscando conhecer e aprimorar cimentos e sua interação com a superfície do pino e do conduto (Karkera *et al.*, 2016; da Silveira Pedrosa *et al.*, 2016; Pereira JR *et al.*, 2021), contudo, poucos autores se dedicaram ao entendimento da modificação do substrato intrarradicular e sua interação com os cimentos. Há uma lacuna quando se trata dessa alteração do substrato do conduto radicular e sua correlação com materiais adesivos.

Vários estudos mostraram que a resistência de união dos cimentos resinosos autoadesivos aos canais radiculares é eficaz no terço cervical, mas é fraca no terço apical (D'arcangelo *et al.*, 2007; Hayashi *et al.*, 2008; Giachetti *et al.*, 2009). Assim, aumentar a qualidade adesiva no terço cervical do canal radicular pode ser suficiente para promover a retenção mais adequada do pino (Macedo *et al.*, 2010). Nosso estudo mostrou que a utilização de pontas adiamantadas aumenta a resistência de união em todos terços do conduto radicular, não havendo diferença estatística significativa entre eles.

Estudos incluindo outros tipos de agentes cimentantes também são necessários, para melhor compreensão dessa interface adesiva.

## 9 CONCLUSÃO

Resultados desse estudo mostraram a eficiência em se modificar dentina intrarradicular a partir da utilização de pontas adiamantadas. A ponta adiamantada foi capaz de alterar o substrato intradentinário, a partir da modificação da camada de esfregaço produzida, promovendo aumento da resistência de união na interface adesiva. Pontas adiamantadas com granulometrias de 15 e 30 micrômetro apresentaram melhores valores de resistência de união e camada de esfregaço mais delgada e regular.

## REFERÊNCIAS

- 1 FATHI A. *et al.* An Umbrella Review of Systematic Reviews and Meta-Analyses Evaluating the Success Rate of Prosthetic Restorations on Endodontically Treated Teeth. *International Journal of Dentistry.*, v. 22, 2022:4748291, 2022. SHILLINGBURG JR HT; HOBOS S. *Fundamentos de Prótese Fixa*. 3 ed. São Paulo: Quintessence, 1998. 149-82 p.
- 2 ALBUQUERQUE RC, ALVIM HH, MORGAN LF. Pinos pré-fabricados e núcleos de preenchimento. In: Baratieri LN *et al.* *Odontologia Restauradora: fundamentos e possibilidades*. 2ed. São Paulo: Santos, p. 639-727, 2015.
- 3 SABOIA RC, VAZ MAK, ULBRICH NL, MAZUR RF, MILANI PAP, FRANCO APGO. Desafios da retenção intrarradicular com pinos de fibra de vidro – revisão de literatura. *Full Dentistry in Science*. São Paulo, v. 3 n. 9: 70-75, 2011.
- 4 MEZZOMO, E. *et al.* Reabilitação oral contemporânea. In: MEZZOMO, E.; MASSA, F. *Restauração de dentes pré-coroa protética – núcleos e pinos*. São Paulo: Santos, p. 519-574, 2006
- 5 DE SOUSA, CN. A evolução dos retentores intra-radulares: revisão de literatura. 2014. 24p. Monografia (Especialização em Endodontia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais.
- 6 ALBUQUERQUE RC *et al.* Stress analysis of an upper central incisor with different posts. *Journal of Oral Rehabilitation*, Araraquara, v. 30, n. 9, p. 936-943, oct. 2003.
- 7 MARCHIONATTI AME *et al.* Clinical performance and failure modes of pulpless teeth restored with posts: a systematic review. *Brazilian Oral Research*, Santa Maria, v. 31, p. 64, jun. 2017.
- 8 WANG X *et al.* Evaluation of fiber posts vs metal posts for restoring severely damaged endodontically treated teeth: a systematic review and meta-analysis. *Quintessence International*, v. 50, n. 1, p. 8–20. 2019.
- 9 KOSAN E. *et al.* Root canal pre-treatment and adhesive system affect bond strength durability of fiber posts ex vivo. *Clinical Oral Investigation*, v. 25, p. 6419–6434 jun 2021.
- 10 ALOVISI M, *et al.* Influence of Contracted Endodontic Access on Root Canal Geometry: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, v. 44, n. 4, p. 614-620, apr 2014.
- 11 BARATIERI LN, MONTEIRO JUNIOR S, ANDRADA MAC, VIEIRA LCC, RITTER AV, CARDOSO AC. *Odontologia Restauradora - Fundamentos e Possibilidades*. São Paulo: Santos; 2007. *Abordagem restauradora de dentes tratados endodonticamente –*

Pinos/núcleos e restaurações unitárias. p. 619-71

12 RUSCHEL GH *et al.* Mechanical properties and superficial characterization of milled CAD-CAM glass fiber post. *Journal Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. Ribeirão Preto, v. 82, p. 187-192, jun. 2018.

13 ASMUSSEN E, PEUTZFELDT A, HEITMANN T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontics posts. *Journal of Dentistry*, Copenhagen, v. 27, p. 275-278, mai 1999.

14 ABDELAZIZ KM, KESH CK *et al.* Fracture resistance of endodontically treated premolars with optimum and over prepared post spaces. *International Journal Contemporary Dental Medical Reviews*., v. 2018, 2018.

15 GOMES KGF *et al.* Influence of laser irradiation on the push-out bond strength between a glass fiber post and root dentin. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Ribeirão Preto, v. 119, n.1, p.97-102, jan 2018.

16 NAUMANN M *et al.* Interface homogeneity of adhesively luted glass fiber posts. *Dental Materials*, Leipzig, v. 24, n. 11, p. 1512-1517, nov 2008.

17 BAKAUS TE *et al.* Bond strength values of fiberglass post to flared root canals reinforced with different materials. *Brazilian Oral Research*., v. 32, p. 1-9, jan 2018.

18 OGATA M, HARADA N, YAMAGUCHI S, NAKAJIMA M, PEREIRA PN, TAGAMI J. Effects of different burs on dentin bond strengths of self-etching primer bonding systems. *Operative Dentistry* 2001;26:375–82.

19 KOIBUCHIH, YASUDAN, NAKABA YASHIN. Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. *Dental Materials*, 2001;17:122–6.

20 FOXTON RM, NAKAJIMA M, TAGAMI J, MIURA H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Operative Dentistry*, 2003 Sep-Oct;28(5):543-51. PMID: 14531600.

21 SILVA ALF, Arias VG, Soares LES, Martin AA, Martins LRM. Influence of fiber- post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin cement. *Journal of Endodontics*, 2007;33:303–5.

22 GOMES GM *et al.* Effect of Operator Experience on the outcome of fiber post cementation with different resin cements. *Operative Dentistry*, v. 38, n. 5, p. 555-564, 2013

23 ABOU-ID LR *et al.* Ultrastructural evaluation of the hybrid layer after cementation of fiber posts using adhesive systems with different curing modes. *Brazilian Dental Journal*, Ribeirão Preto, v. 23, n. 2, p. 116-121, apr 2012.

24 MORGAN LF *et al.* Light transmission through a translucent fiber post. *Journal of Endodontics*, v. 34 n. 3, p. 299-302 mar 2008.

25 CAGIDIACO MC *et al.* Clinical studies of fiber posts: a literature review. *The International Journal Prosthodontics*, v. 21, n. 4, p. 328-336 jul 2008.

26 MEHTA SB, MILLAR BJ. A comparison of the survival of fibre posts cemented with two different composite resin systems. *Brazilian Dental Journal*, v. 205, n 11, p.13 dec 2008.

27 NAUMANN M *et al.* 10-year survival evaluation for glass-fiber-supported postendodontic restoration: a prospective observational clinical study. *Journal of Endodontics*, v. 38, n. 4, p. 432-435 apr 2012.

28 SARKIS-ONOFRE R, *et al.* 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*, v. 39, n. 1, p. 31-44, jan 2014.

29 DAL PAZ, J. Cimentos resinosos: características e protocolos de utilização em cerâmicas odontológicas - uma revisão de literatura. *Journal of Multidisciplinary Dentistry*, v.2, n11, p. 92–100, 2023.

30 UBALDINI ALM, BENETTI AR, SATO F, PASCOTTO RC, MEDINA NETO A, BAESSO ML, PEUTZFELDT A. Challenges in luting fibre posts: Adhesion to the post and to the dentine. *Dental Materials*, 2018 Jul;34(7):1054-1062.

31 FERRACANE JL, STANSBURY JW, BURKE FJ. Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2011 Apr;38(4):295-314.

32 YOUM SH, JUNG KH, SON SA, KWON YH, PARK JK. Effect of dentin pretreatment and curing mode on the microtensile bond strength of self-adhesive resin cements. *Journal of Advanced Prosthodontics*, v. 4, n. 7, p. 317-22, 2015.

33 KURT *et al.* Effects of different surface treatments on the bond strength of glass fiber-reinforced composite root canal posts to composite core material. *Journal of Dental Science*, v.7, v. 1, p. 20-25, mar 2012.

34 MASTORAS *et al.* Evaluation of Push-out Bond Strength of Two Endodontic Post Systems. *Journal of Endodontics*, v. 38, n.4, p. 510-514, apr 2012.

35 LAZARI PC, OLIVEIRA RC, ANCHIETA RB, ALMEIDA EO, FREITAS JUNIOR AC, KINA S, ROCHA EP. Stress distribution on dentin-cement-post interface varying root canal and glass fiber post diameters. A three-dimensional finite element analysis based on micro-CT data. *Journal of Applied Oral Science*, 2013 Nov-Dec;21(6):511-7.

36 MARCOS RM, KINDER GR, ALFREDO E, QUARANTA T, CORRER GM,

CUNHA LF, *et al.* Influence of the resin cement thickness on the push-out bond strength of glass fiber posts. Brazilian Dental Journal, Rio Preto, v. 27, n. 5, p. 592-598, sep- oct 2016.

37 TAY FR, CARVALHO R, SANO H, PASHLEY DH. Effect of smear layer on the bonding of a self-etching primer to dentin. J Adhes Dent. 2000; 2: 99-116.

38 TAY FR, SANO H, CARVALHO R, PASHLEY DH. Anultrastrucutural study of the influence of acidity of self-etching primers and smear layer thickness on bonding to intact dentin. Journal of Adhesive Dentistry, 2000; 2: 83-98.

39 TRIVED P, DUBE M, PANDYA M, SONIGRA H, VACHHANI K, ATTUR K. Effect of different burs on the topography of smear layer foarmation on the dentinal surface: A scanning electron microscope study. The Journal of Contemporary Dental Practice, 2014; 15: 161-164.

40 REIS A, GRANDI V, CARLOTTO L, BORTOLI G, PATZALAFF R, ACCORINE MLR, *et al.* Effect of smear layer thickness and acidity of self-etching solutions on early and long-term bond strength to dentin. Journal of Dentistry. 2005; 33: 549-59.

41 DALEPRANE B, *et al.* The effect of light-curing access and diferente resin cements on apical bond strength of fiber posts. Operative Dentistry, v. 39, n. 2, p. E93-100, mar./abr. 2014.

42 MESQUITA GC, *et al.* Can the cure time of endodontic sealers affect bond strength to root dentin. Brazilian Dental Journal, Ribeirão Preto, v. 24, n. 4, p. 340-343, jul 2013.

43 SILVA NR *et al.* Effect of resin cement porosity on retention of glass-fiber posts to root dentin: an experimental and finite element analysis. Brazilian Dental Journal, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 630-636, nov./dez. 2015.

44 ZANATTA RF, *et al.* Effect of punch and orifice base sizes in different push-out test setups: stress distribution analysis. The Journal of Adhesive Dentistry, v. 17, n. 1, p. 45-50, fev. 2015.

45 PEREIRA RD, *et al.* Effect of photoactivation timing on the mechanical properties of resin cements and bond strength of fiberglass post to root dentin. Operative Dentistry, v. 40, n. 5, p. 206-221. Sep./oct. 2015.

46 D'ARCANGELO C, *et al.* The effect of resin cement film thickness on the pullout strength of a fiber-reinforced post system. Journal of Prosthetic Dentistry, v. 98, n. 3, p. 193-198, set 2007b.

47 PENTEADO MM *et al.* Fatigue survival of endodontically treated teeth restored with different fiber-reinforced composite resin post strategies versus universal 2- piece fiber post system: An in vitro study. Journal of Prosthetic Dentistry, v. 129, n. 3, p 456-463, mar 2023.

- 48 LAURANCE-YOUNG P *et al.* A review of the structure of human and bovine dental hard tissues and their physicochemical behaviour in relation to erosive challenge and remineralisation. *Journal of Dentistry*, v. 39, n. 4, p. 266-272, apr 2011.
- 49 YASSEN GH, PLATT JA, HARA AT. Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. *Journal of Oral Science*, v.53, n. 3, p. 273-282, sep 2011.
- 50 YIU, C. K. *et al.* Effect of dentinal surface preparation on bond strength of self-etching adhesives. *The Journal of Adhesive Dentistry* v. 10, n. 3, p. 173-182, 2008.
- 51 CAGIDIACO MC, *et al.* Clinical performance of fiber post restorations in endodontically treated teeth: 2-year results. *The International Journal of Prosthodontics.*, v. 20, n. 3, p. 293- 298, may-Jun 2007.
- 52 GORACCI C, FERRARI M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Australian Dental Journal.*, v. 56, n. 1, p. 77-83, 2011 Jun 2011.
- 53 FREITAS TL *et al.* Effect of Glass Fiber Post Adaptation on Push-Out Bond Strength to Root Dentin. *Brazilian Dental Journal.* v. 30, n. 4, p. 350-355 jul 2019.
- 54 KARKERA R *et al.* Comparison of the solubility of conventional luting cements with that of the polyacid modified composite luting cement and resin-modified glass ionomer cement. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, v. 17, n. 12, p 1016–1021 dec 2016.
- 55 DA SILVEIRA-PEDROSA DM *et al.* Push-out bond strength of glass fiber posts cemented in weakened roots with different luting agents. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, v.17, n.2, p,119-124 feb 2016.
- 56 PEREIRA JR *et al.* Push-out bond strength of fiberglass posts cemented with adhesive and self-adhesive resin cements according to the root canal surface. *The Saudi Dent Journal*, v. 33, n. 2, p 22-26 jan 2021.
- 57 MANSO AP, CARVALHO RM. Dental Cements for Luting and Bonding Restorations: Self-Adhesive Resin Cements. *Dental Clinics of North America*, v.61, n. 4, p. 821-834 oct 2017.
- 58 ERMIS RB *et al.* Bond strength of self-etch adhesives to dentin prepared with three different diamond burs. *Dental Materials*, v. 24, n. 7, p. 978-985, jul 2008.
- 59 SAIKAEW P *et al.* Role of the smear layer in adhesive dentistry and the clinical applications to improve bonding performance. *Japanese Dental Science Review*, v. 58, p. 59-66, nov 2022.

60 HAYASHI M *et al.* The root canal bonding of chemical-cured total etch resin cements. *Journal of Endodontics*, v.34, n. 5, p. 583–6, mar 2008.

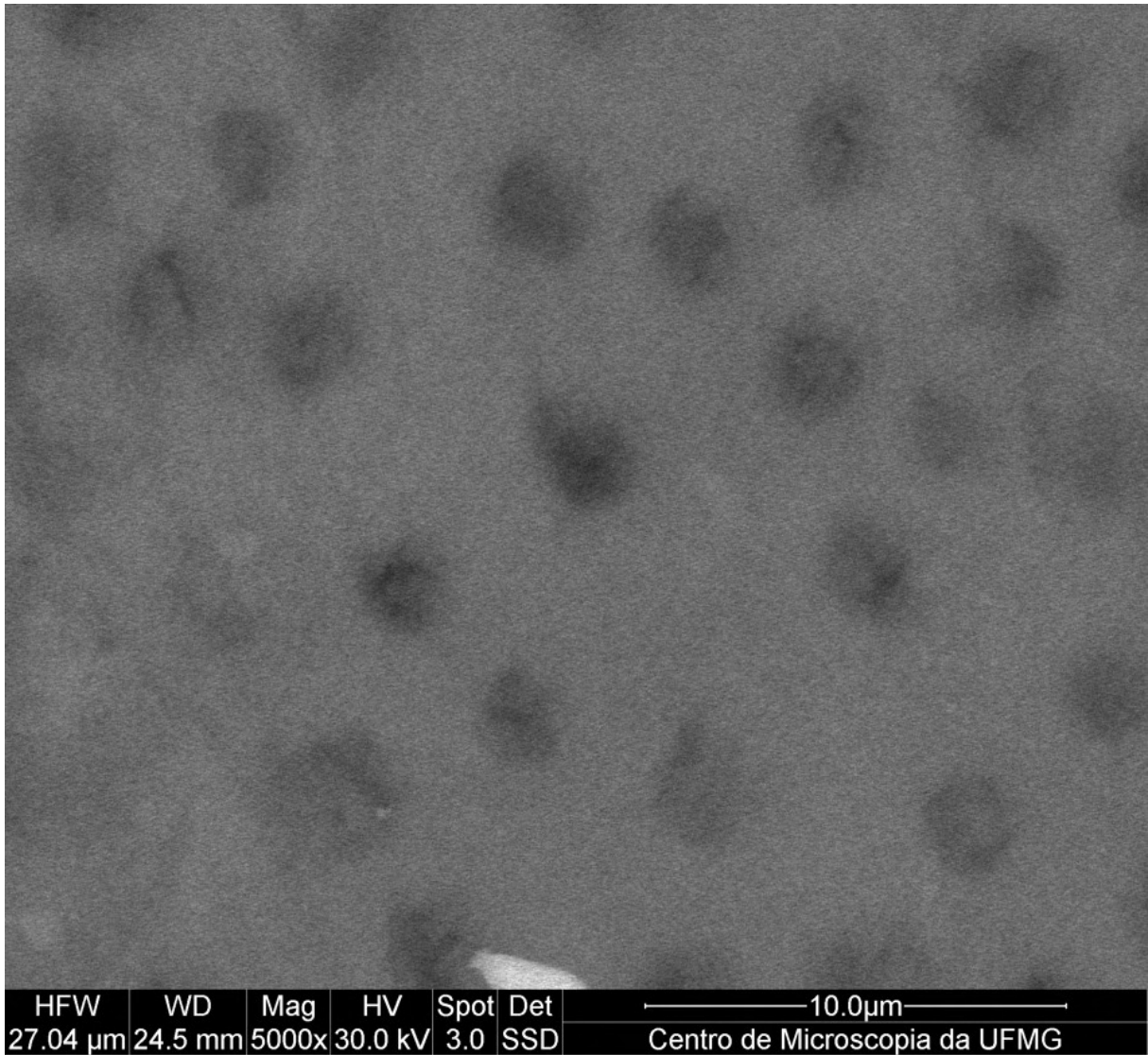
61 GIACHETTI L *et al.* Translucent fiber post cementation using light- and dual- curing adhesive techniques and a self-adhesive material: push-out test. *Journal of Dentistry*, v. 37, n. 8, p. 638-648, aug 2009;

62 MACEDO VC, FARIA E SILVA AL, MARTINS LR. Effect of cement type, relining procedure, and length of cementation on pull-out bond strength of fiber posts. *Journal of Endodontics*, v.36, n. 9, p. 1543-1546, sep 2010.

63 HOSOYA Y *et al.* Effects of diamond bur particle size on dentin bond strength. *American Journal of Dentistry*, v. 17, p. 359-364, oct 2004.

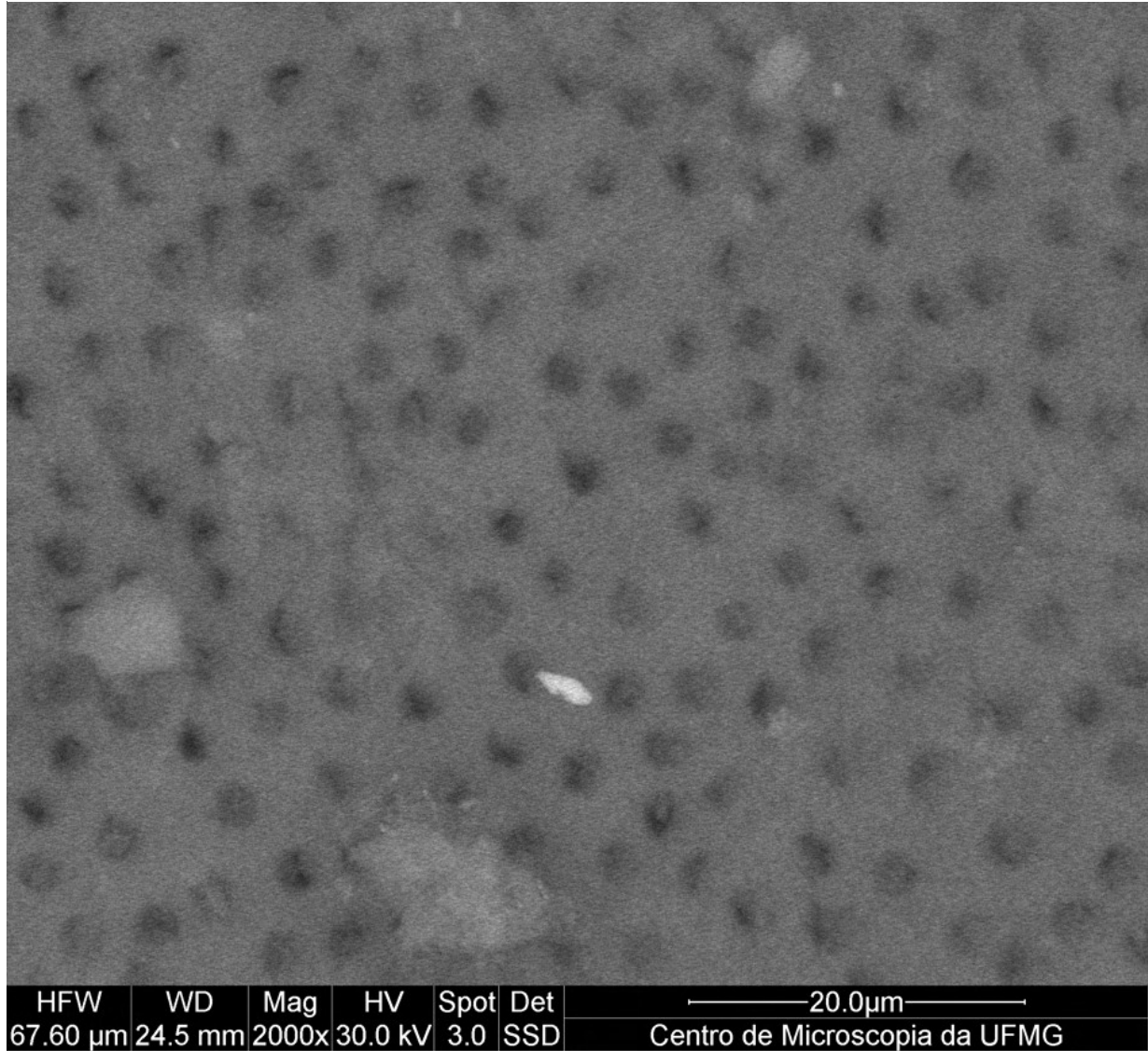
**ANEXOS**

Figura 20 Imagem da microscopia eletrônica de varredura – Magnificação de 5000x - representativa do grupo GL, utilizando fresa Largo



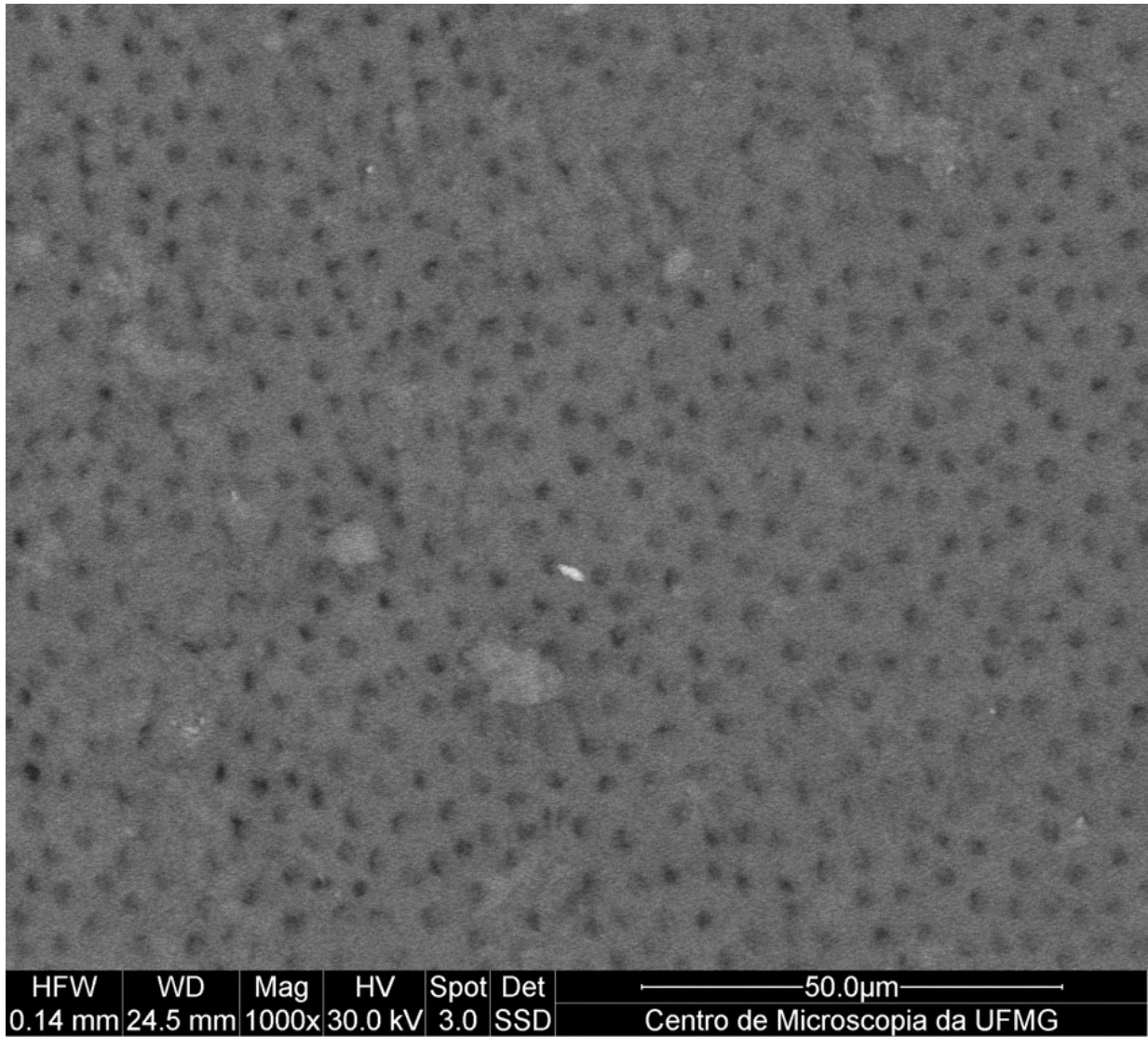
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 21 Imagem da microscopia eletrônica de varredura – Magnificação de 2000x - representativa do grupo GL, utilizando fresa Largo



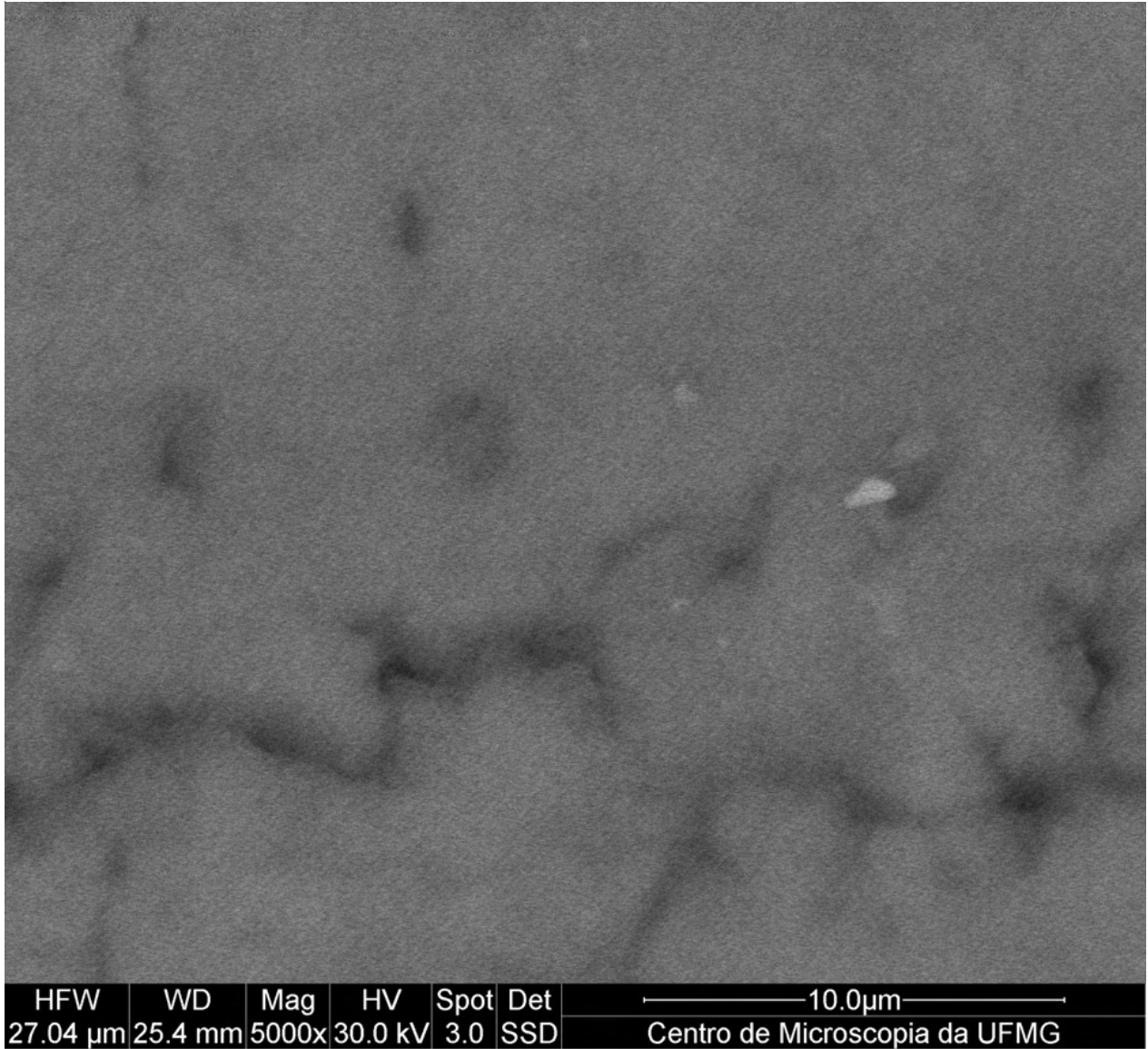
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 22 Imagem da microscopia eletrônica de varredura – Magnificação de 1000x - representativa do grupo GL, utilizando fresa Largo



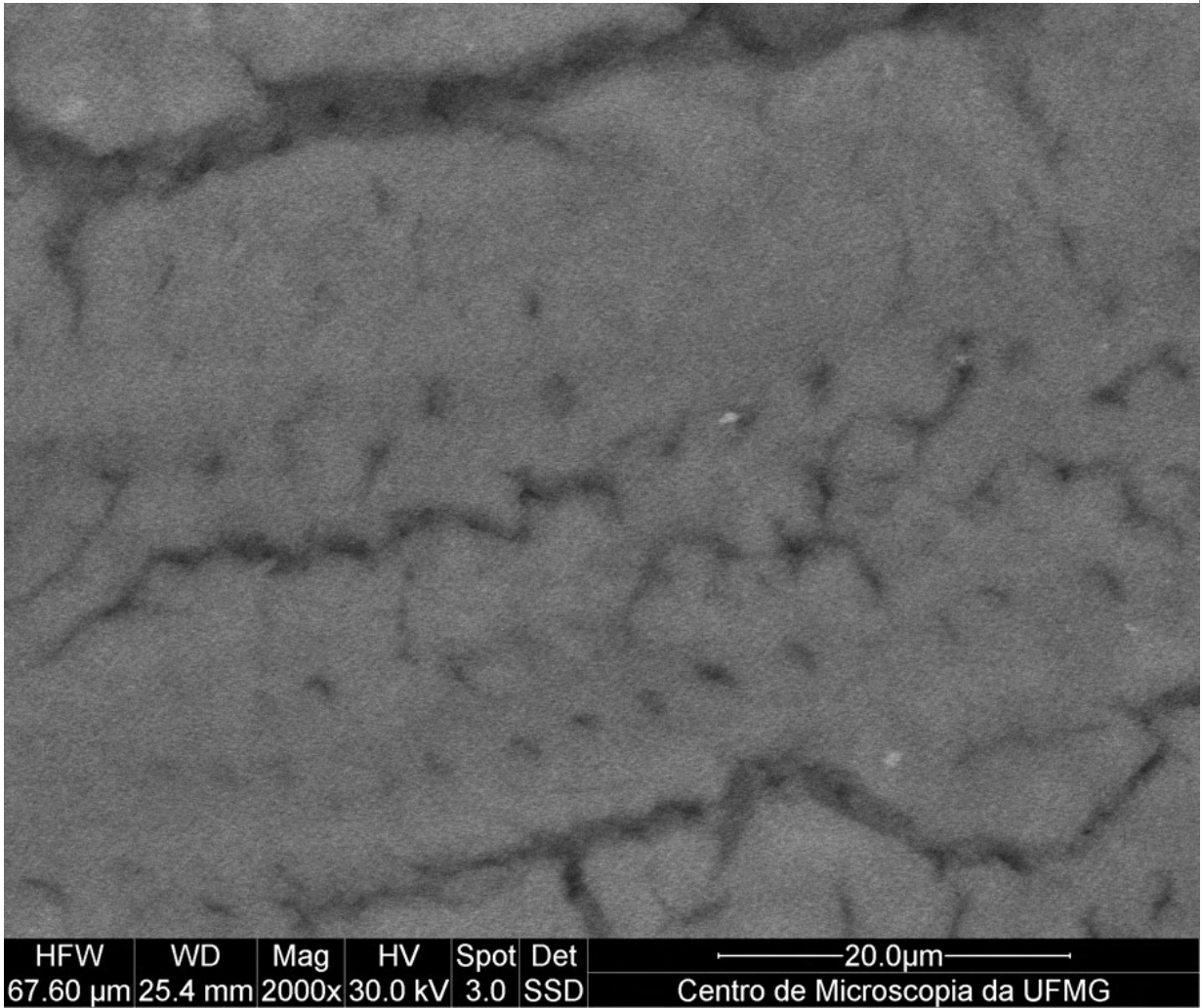
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 23 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 5000x - representativa do GL45C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 45 micrômetros



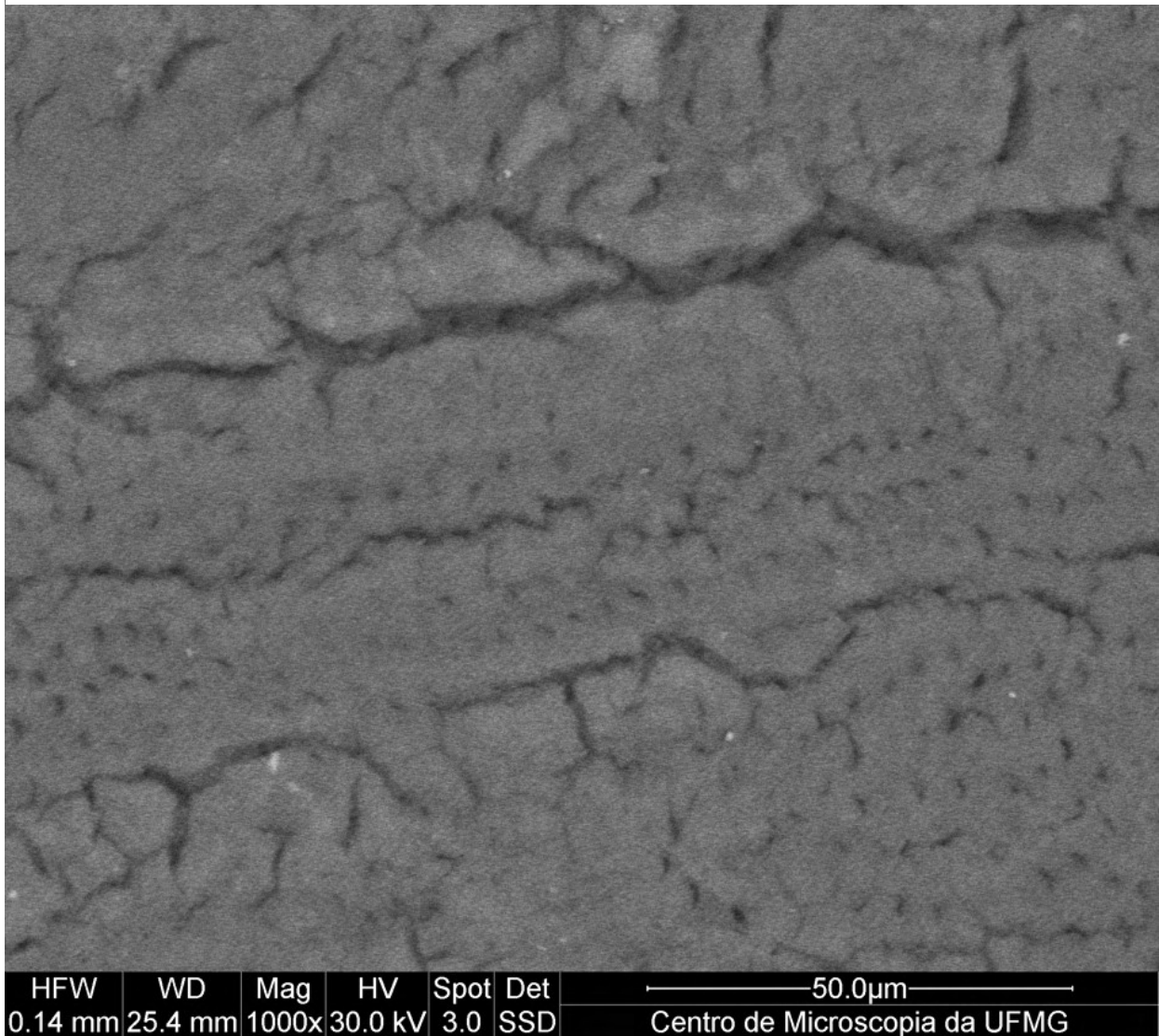
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 24 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 2000x - representativa do GL45C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 45 micrômetros



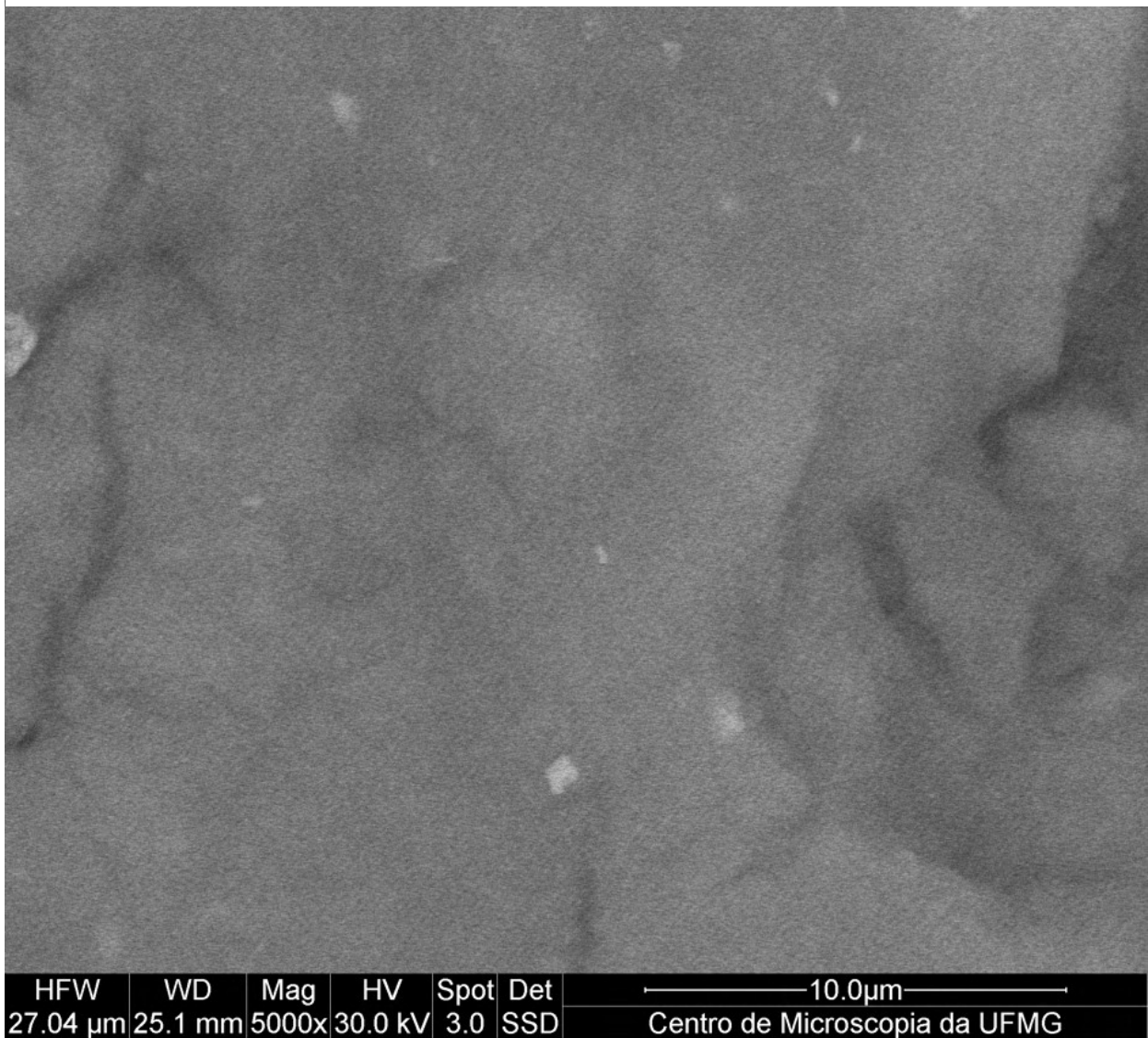
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 25 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 1000x - representativa do GL45C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 45 micrômetros



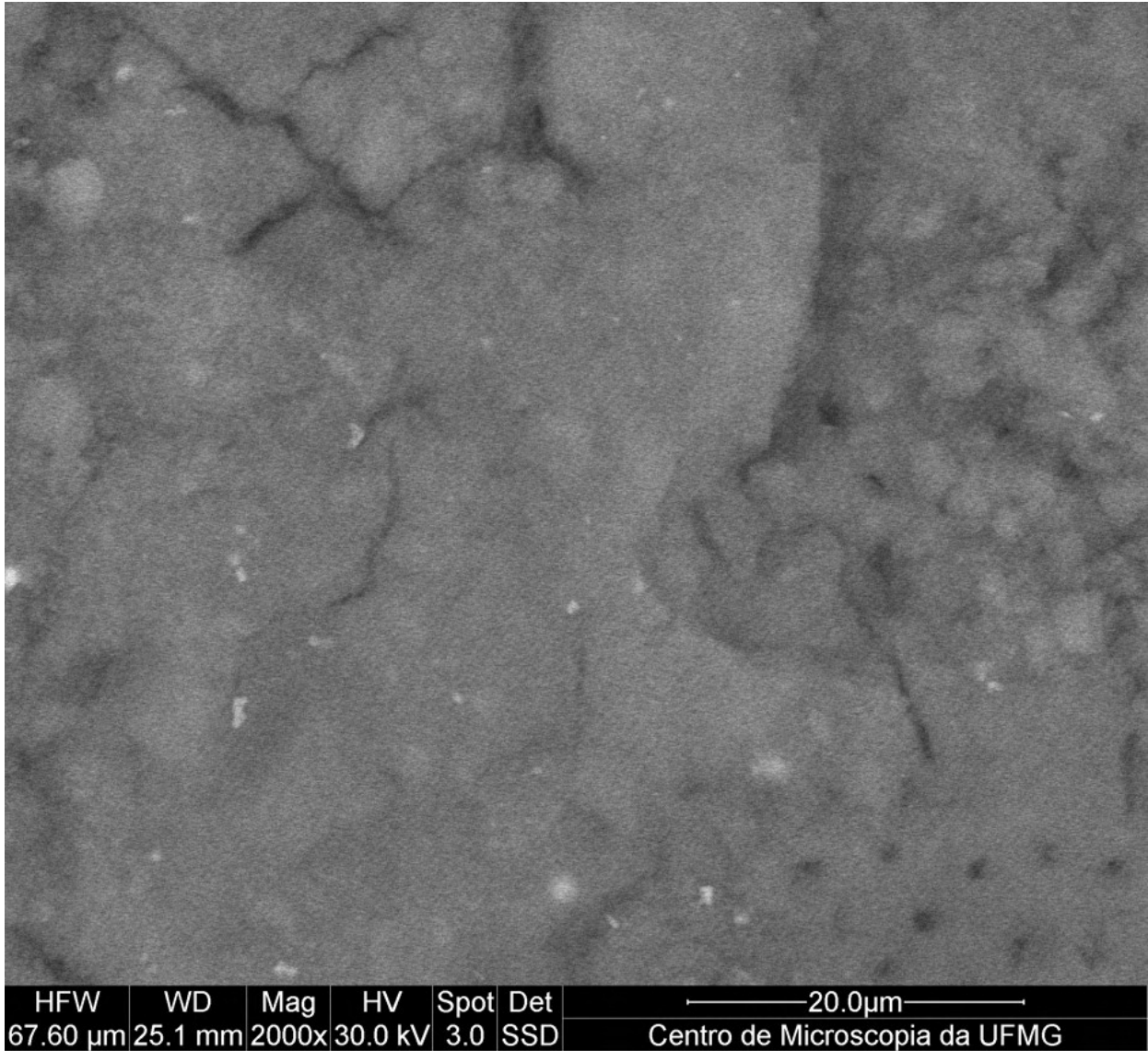
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 26 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 5000x - representativa do GL30C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 30 micrômetros



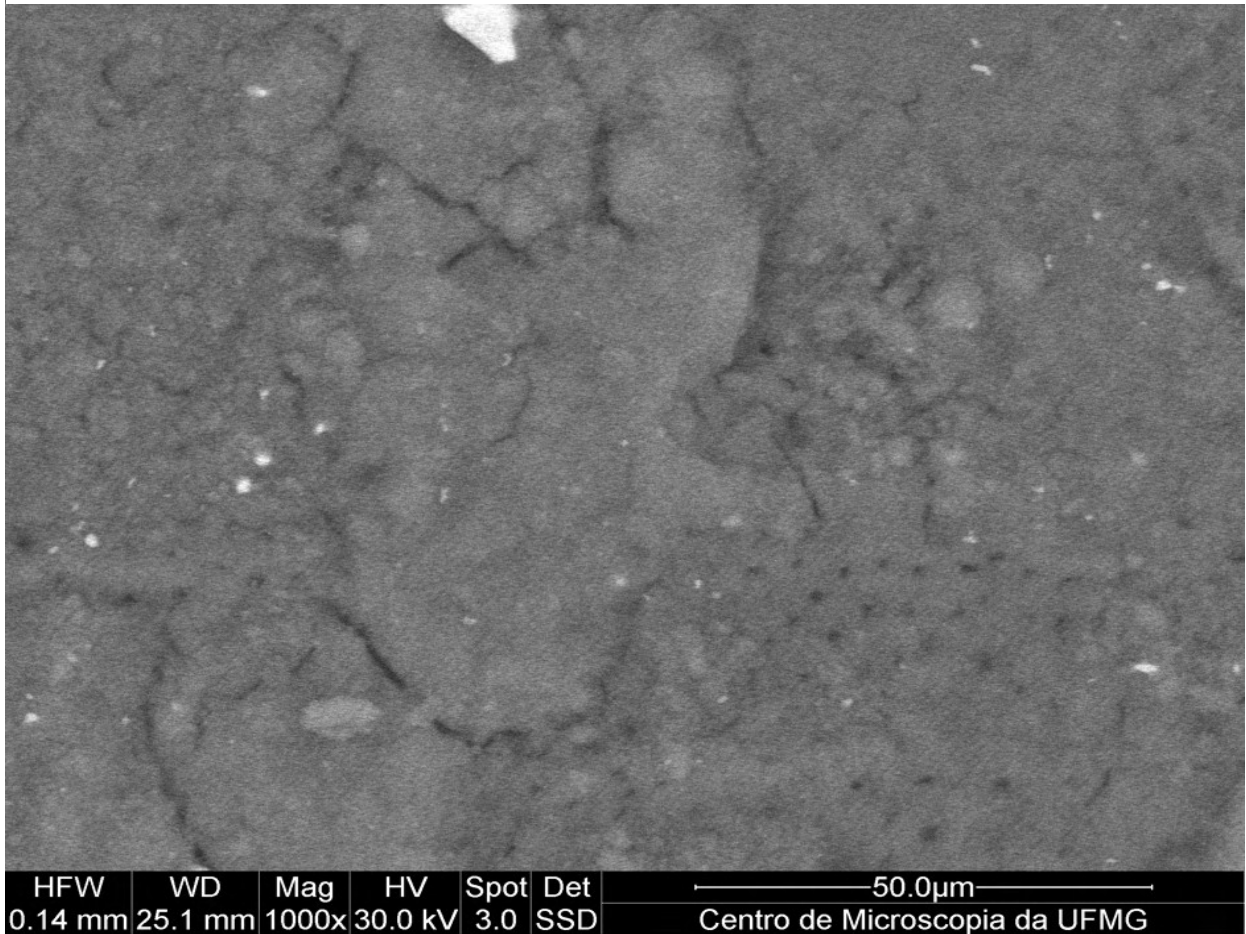
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 27 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 2000x - representativa do GL30C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 30 micrômetros



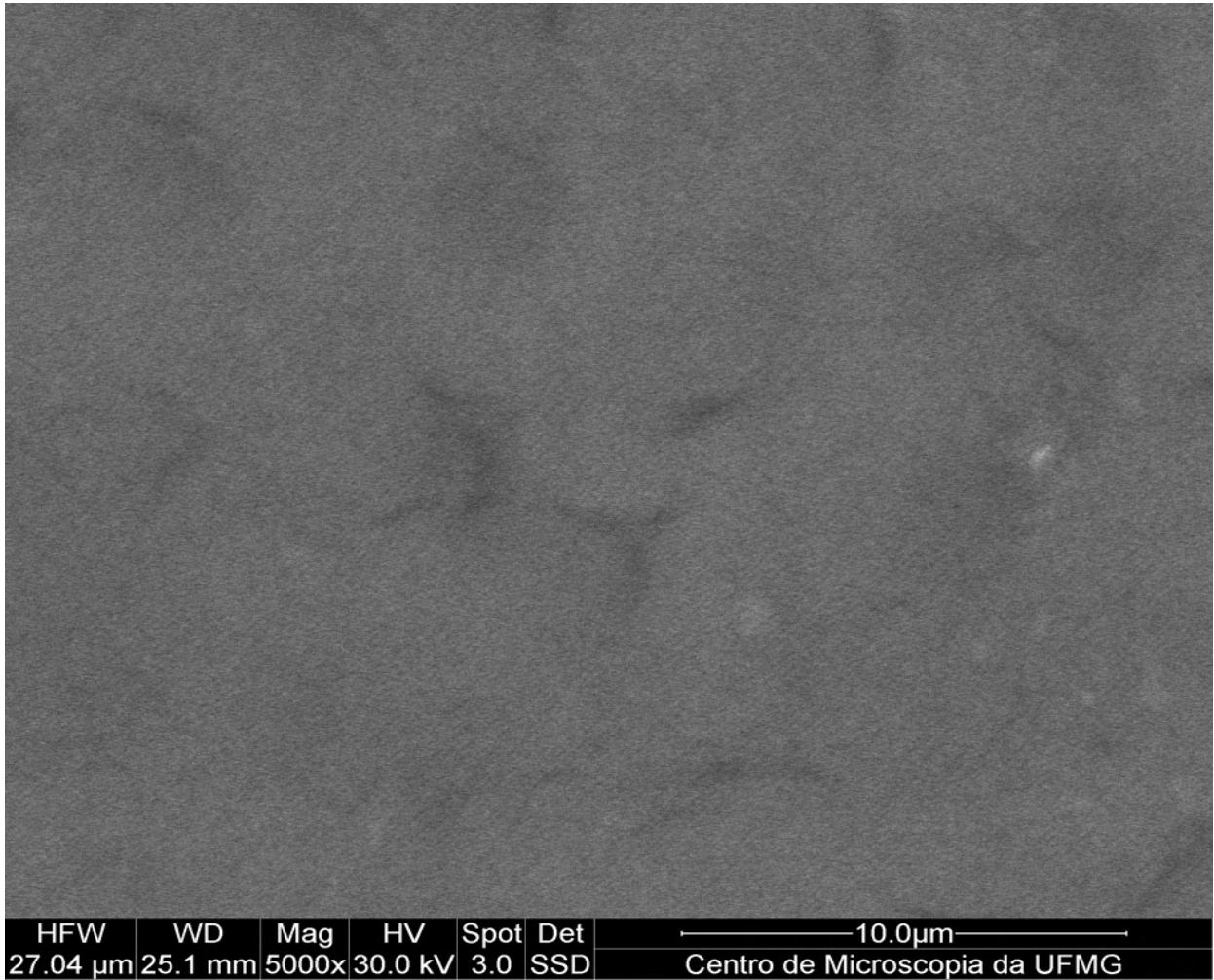
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 28 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 1000x - representativa do GL30C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 30 micrômetros



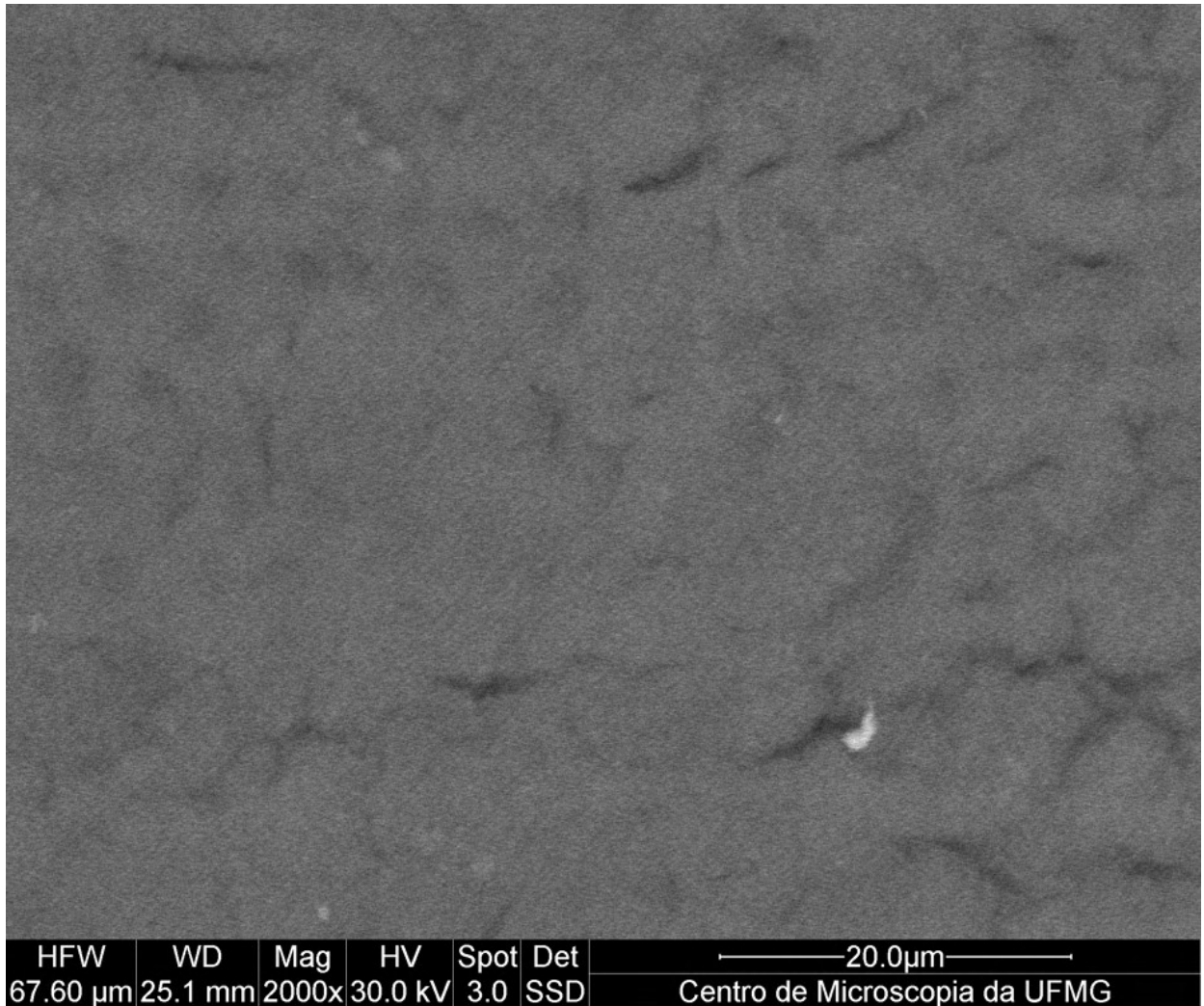
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 29 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 5000x - representativa do GL15C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 15 micrômetros



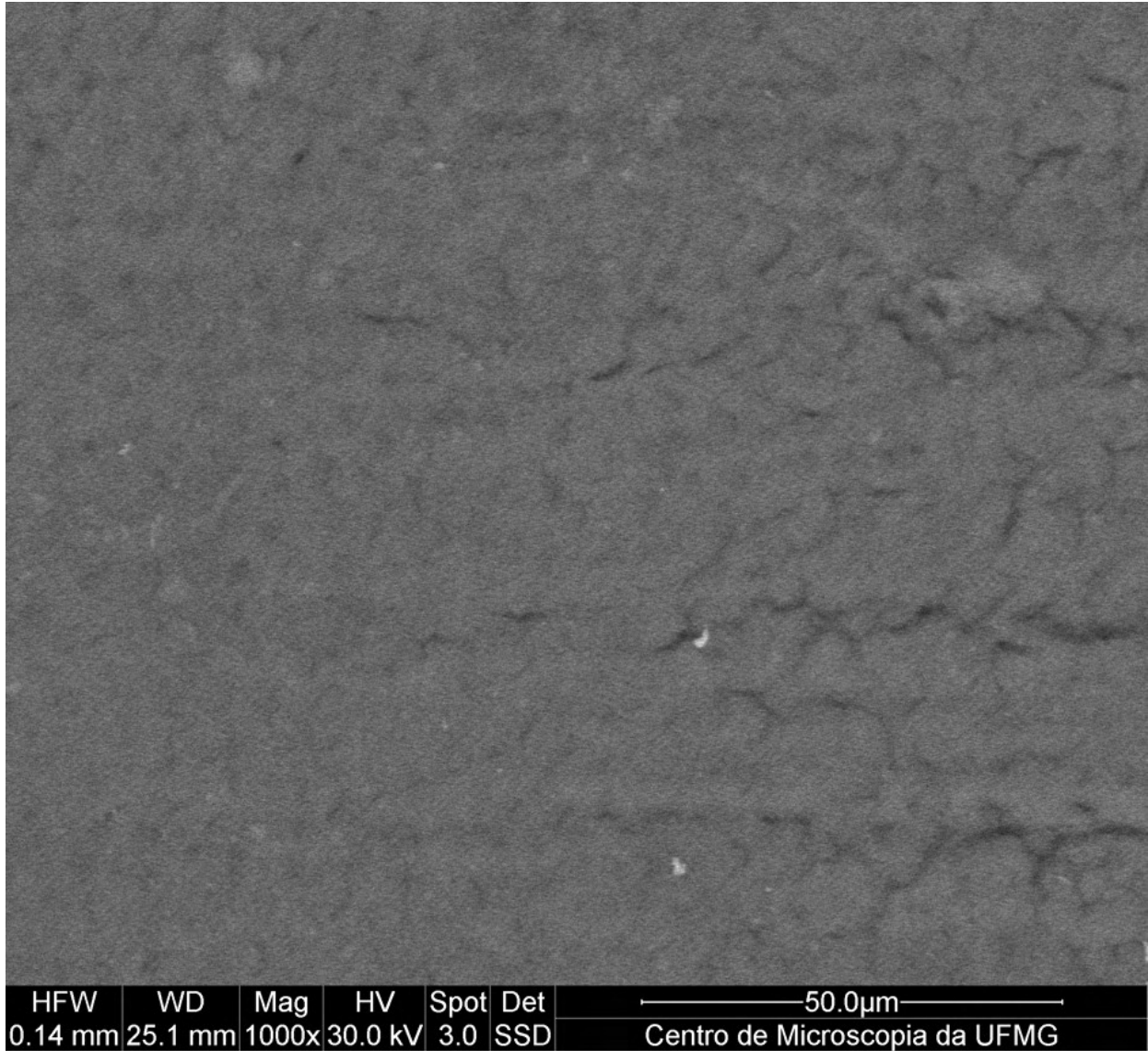
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 30 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 2000x - representativa do GL15C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 15 micrômetros



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 31 Imagem da microscopia eletrônica de varredura - Magnificação de 1000x - representativa do GL15C, utilizando ponta experimental cilíndrica de 15 micrômetros



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.