

**UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS - UniEVANGÉLICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**DANIEL CARLOS ZANON**

**EFEITO DO SELAMENTO DENTINÁRIO IMEDIATO NA RESISTÊNCIA À  
FRATURA E MODO DE FALHA DE *ENDOCROWNS* ANTERIORES**

**ANÁPOLIS**

**2024**

DANIEL CARLOS ZANON

**EFEITO DO SELAMENTO DENTINÁRIO IMEDIATO NA RESISTÊNCIA À  
FRATURA E MODO DE FALHA DE *ENDOCROWNS* ANTERIORES**

Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Odontologia apresentado à banca de defesa de mestrado.

Área de concentração: Clínica Odontológica

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio de Carvalho

Co-orientadora: Profa. Dra. Priscilla Cardoso Lazari-Carvalho

ANÁPOLIS

2024

Z33

Zanon, Daniel Carlos.

Efeito do selamento dentinário imediato na resistência à fratura e modo de falha de *Endocrowns* anteriores./ Daniel Carlos Zanon - Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás, 2024.

46 p.; il.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio de Carvalho

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Priscilla Cardoso Lazari Carvalho.

Dissertação (mestrado) – Programa de pós - graduação em Odontologia – Universidade Evangélica de Goiás, 2024.

1. Coroa Dentária 2. Dente não vital 3. Aderência Dentária. 4. Resistência à fratura I. Carvalho, Marco Aurélio de. II. Carvalho, Priscilla Cardoso Lazari. III. Título.

CDU 616.314



## FOLHA DE APROVAÇÃO

### EFEITO DO SELAMENTO DENTINÁRIO IMEDIATO NA RESISTÊNCIA À FRATURA DE ENDOCROWNS ANTERIORES DANIEL CARLOS ZANON

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia - PPGO da Universidade Evangélica de Goiás - UniEVANGÉLICA como requisito parcial à obtenção do grau de MESTRE.

Aprovado em 16 de julho de 2024.

Linha de Pesquisa: Técnicas, Materiais e Substâncias de Aplicação Clínica e Laboratorial em Odontologia

#### Banca examinadora

---

Prof. Dr. Marco Aurélio de Carvalho  
Presidente/Orientador/UniEVANGÉLICA

---

Prof. Dr. Helder Fernandes de Oliveria  
Examinador Interno/UniEVANGÉLICA

---

Prof. Dr. Érica Miranda de Torres  
Examinador Externo/FO-UFG

## DEDICATÓRIA

*Agradeço a Deus, por estar sempre ao meu lado, me guiando e auxiliando-me nos momentos que mais necessito e dando-me fortaleza para continuar.*

*A minha mãe, Iracema Perin Zanon, quem devo toda minha vida, agradeço o carinho e compreensão; por formar-me com bons hábitos e valores que me ajudaram a sair adiante buscando sempre o melhor caminho; a minha esposa e meus filhos por toda a força, incentivo, paciência e apoio durante a realização do meu mestrado; a minha irmã, quem com muita convicção me motivou a cursar odontologia, me deu conselhos, me orientou e sempre me apoiou em todo o decorrer da faculdade.*

*Aos meus professores, fonte de exemplo; os quais me deram apoio bem como sabedoria que me transmitiram ao longo da minha formação, em especial ao meu orientador Marco Aurélio de Carvalho, minha principal fonte de inspiração, por ter me motivado tanto a fazer esse mestrado, por ter me dado muita força e apoio nos momentos mais difíceis, por me orientar no desenvolvimento deste trabalho com maestria e alcançado a excelência do mesmo.*

***IN MEMORIAM*** em honra ao meu pai Danilo Antônio Zanon, minha fonte de inspiração, sabedoria e dedicação. Por mais que não esteja fisicamente comigo, teu espírito e amor continuam me guiando em cada passo desse caminho.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Evangélica de Goiás pela infraestrutura e apoio durante a realização da pesquisa.

Ao meu orientador, Professor Doutor Marco Carvalho, por toda dedicação, atenção, cuidado e empenho em cuidar com muito esmero da orientação do meu trabalho.

À minha co-orientadora, Professora Doutora Priscilla Lazari-Carvalho, por toda atenção e dedicação durante a orientação do trabalho.

Agradeço a todos os integrantes da equipe de professores que compõem a Pós-graduação da Faculdade Evangélica de Goiás.

Desejo igualmente agradecer a todos os meus colegas do Mestrado em Odontologia da Turma 2023/2024 pela parceria durante esse período.

## EPÍGRAFE

“O aprendizado é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.”

Leonardo da Vinci

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1. Selamento dentinário Imediato.....	12
2.2. Restauração do tipo <i>endocrown</i> .....	13
3. PROPOSIÇÃO.....	16
3.1. Proposição geral.....	16
3.2. Proposições específicas .....	16
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
4.1. Tipologia do estudo .....	17
4.2. Desenho do Estudo .....	18
4.3. Local.....	19
4.4. População e amostra.....	20
4.5. Critérios de inclusão e exclusão .....	20
4.1. Aspectos éticos.....	20
4.2. Análise dos riscos e benefícios.....	21
4.3. Obtenção das raízes .....	21
4.4. Tratamento endodôntico .....	23
4.5. Embasamento das raízes .....	24
4.6. Selamento dentinário imediato.....	25
4.7. Moldagem e provisionalização .....	26
4.8. Fresagem da restauração <i>endocrown</i> .....	26
4.9. Cimentação adesiva.....	28
4.10. Teste de resistência à fratura .....	31
4.11. Classificação do modo de falha .....	33
4.12. Análise dos dados .....	35
5. RESULTADOS .....	36
6. DISCUSSÃO.....	39
7. CONCLUSÃO .....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

## RESUMO

A restauração do dente tratado endodonticamente severamente comprometido ainda é um desafio na odontologia atual. O risco de fraturas catastróficas dessas raízes comprometidas pode ser diminuído através de abordagens sem retentor intrarradicular, como a *endocrown*, que tem sido estudada atualmente até mesmo para dentes anteriores. Por se tratar de abordagens inovadoras, os primeiros estudos de *endocrowns* anteriores são laboratoriais pode interferir nos resultados de resistência. A adesão otimizada à dentina através do selamento dentinário imediato é especialmente importante em *endocrowns*, visto que a retenção micromecânica tem um papel importante na estabilidade da restauração. O objetivo desse estudo foi avaliar a influência do momento da hibridização dentinária na resistência à fratura e modo de falha de *endocrowns* anteriores em raízes severamente comprometidas. Para isso, 20 raízes bovinas foram divididas em dois grupos (n=10) advindos da combinação: selamento dentinário imediato (SDI) e selamento dentinário tardio (SDT). As amostras com SDI tiveram a dentina hibridizada imediatamente após o preparo, enquanto as amostras com SDT tiveram a dentina hibridizada apenas no momento da cimentação final. Todas as raízes foram restauradas com *endocrowns* feitas de resina nanocerâmica em sistema CAD/CAM. Os grupos foram submetidos ao teste de resistência à fratura com velocidade de 1mm/min, força aplicada à 30 graus por uma superfície plana de resina com  $\frac{3}{4}$  de contato na borda incisal da *endocrown*. O modo de falha foi classificado em reparável (fratura restrita à restauração), possivelmente restaurável (fratura na raiz e acima da inserção na base de acrílico) e catastrófica (fratura na raiz que se estende abaixo da inserção na base de acrílico). As médias de resistência à fratura do carregamento estático foram comparadas por teste t de Student. O grupo SDI obteve maiores valores de resistência à fratura (SDI: 400 N  $\pm$  55,6 e SDT: 291  $\pm$  48,7), enquanto o grupo SDT obteve menores quantidades de fraturas catastróficas. Conclui-se que o momento da hibridização dentinária influencia a resistência à fratura de *endocrowns* anteriores.

**Palavras-chave:** Coroa dentária, Dente não vital, Aderência Dentária, Resistência à Fratura.

## ABSTRACT

The restoration of the broken-down endodontically treated tooth remains a great challenge in modern dentistry. The risk of catastrophic root fractures may be decreased with postless approaches such as endocrowns. Those pioneer studies are essentially in vitro. The optimized dentin adhesion is crucial for endocrowns, as the micromechanical retention is more demanded, for the absence of a post. The aim of this study was to evaluate the effect of immediate dentin sealing on the resistance of broken-down incisor roots restored with nanoceramic endocrowns. Therefore, 20 ferruleless bovine roots was randomly distributed in two groups, immediate dentin sealing (IDS) and delayed dentin sealing (DDS). Samples with IDS had the dentin hybridized immediately after preparation, prior to any contamination, meanwhile samples with DDS had the dentin hybridized with the final restoration delivery. All roots were restored with a CAD/CAM nanoceramic endocrown. Single load-to-failure was used to evaluate the fracture resistance (1 mm/min speed with 30 degrees of oblique load applied by a flat composite resin surface with  $\frac{3}{4}$  of contact with the endocrown incisal edge). Failure mode was classified in reparable (restrict to restoration), possible repairable (root fracture above acrylic base) and catastrophic (vertical root fracture below acrylic base). The SDI group achieved higher fracture resistance values, whereas the SDT group exhibited fewer catastrophic fractures. It is concluded that the timing of dentin hybridization influences the fracture resistance of anterior endocrowns.

**Keywords:** Tooth crown, Non-vital tooth, Dental Bonding.

## 1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que os dentes tratados endodonticamente (DTE) encontram-se enfraquecidos devido à perda da estrutura dentária, resultando em uma redução da resistência mecânica da dentina(1,2). Assim, frente à necessidade de se restaurar um dente tratado endodonticamente e fragilizado é necessário observar a quantidade e qualidade do remanescente, como também, sua posição no arco dentário uma vez que os dentes posteriores e anteriores ficam sujeitos a cargas oclusais diferentes. Ainda hoje há uma grande dificuldade para os cirurgiões-dentistas dentro da odontologia restauradora, reabilitar dentes tratados endodonticamente, já que os mesmos sofrem alterações em suas estruturas, tornando-se mais vulneráveis e susceptíveis às fraturas(3).

O espiral da morte do dente compreende os procedimentos restauradores e subsequentes falhas dos mesmos que acontecem até a perda do elemento dental(4,5). A prevenção das lesões primárias e interrupção do ciclo da morte do dente são as abordagens mais eficientes para a manutenção do elemento dentária em função e estética. O dente tratado endodonticamente normalmente está acometido por grandes destruições coronárias e requerem preparos mais extensos, como coroas totais. Alguns casos ainda há remanescente coronário, conhecido como férula. Sabe-se que quanto mais estrutura dentária se desgasta, menos resistente o dente se apresenta(1).

Quando a estrutura dentária remanescente não é capaz de promover retenção suficiente para um núcleo de preenchimento, o canal radicular pode ajudar na retenção com o uso de um retentor intrarradicular. Portanto, em um dente com pouco remanescente coronário, núcleos e retentores são comumente necessários (6). No entanto, com o advento da odontologia adesiva, o conceito clássico da necessidade de retentor intrarradicular tem sido questionado(7–12). Uma alternativa aos retentores tem sido a adesão às paredes da câmara pulpar dos dentes tratados endodonticamente, através de uma restauração indireta monobloco, conhecida como *endocrown*(12,13). *Endocrown* é uma coroa total colada a um dente tratado endodonticamente na porção interna da câmara pulpar e nas margens da cavidade como retenção adicional para impedir seu

deslocamento quando sujeita às forças oclusais (14). Essa modalidade terapêutica tem mostrado longevidade e se tornou uma alternativa promissora no que se refere à estética e à biomecânica, com técnica simples, baixo-custo e recuperação funcional de molares tratados endodonticamente (12,15,16). Apesar de seu uso em dentes posteriores já ser consagrado, ainda há pouca evidência sobre a abordagem com *endocrowns* em dentes anteriores severamente comprometidos. Alguns estudos laboratoriais têm demonstrado um melhor comportamento biomecânico de restaurações endocrown em dentes anteriores quando comparado a núcleos com ou sem retentor intrarradicular(11). No entanto, este estudo utilizou em todas suas amostras uma abordagem de adesão à dentina otimizada, ainda não utilizada comumente, o selamento dentinário imediato (SDI).

O selamento dentinário imediato representa uma excelente alternativa para melhorar a resistência de união entre a dentina e a restauração indireta. Além de diminuir a sensibilidade pós-operatória e a formação de *gaps*, está relacionado com a formação de uma interface adesiva resistente, que é um dos fatores relacionados ao sucesso das restaurações indiretas. Essa técnica sugere a aplicação de um sistema adesivo com carga, selando imediatamente a dentina recém-cortada previamente à exposição a agentes deletérios como saliva, sangue, material de moldagem e cimentos provisórios (17–26). Os relatos de sucesso com restaurações sem retentor do tipo *endocrown* foram realizados com o emprego do selamento dentinário imediato (11,15), e não se sabe ainda se o selamento dentinário tardio (hibridização dentinária apenas no dia da cimentação da restauração final) teria alguma influência no comportamento biomecânico dessas *endocrowns*.

Uma restauração biomimética é aquela que protege a estrutura dentária remanescente(11) A forma de resistência e retenção empregada por retentores intrarradiculares tem sido questionada (8,9,11,27–29) quando do emprego de restaurações adesivas associadas à técnicas otimizadas de adesão dentária (SDI) e núcleos resinosos reforçados ou *endocrows*. Esse questionamento se dá pela associação de fraturas catastróficas ao uso de retentores intrarradiculares(8,9,30,31), mesmo quando retentores de fibra de vidro são

preferidos à retentores metálicos(32). A tentativa de diminuir o risco de fraturas radiculares verticais através de abordagens restauradoras adesivas que não necessitam de retentores intraradiculares ainda requer de mais estudos para se tornar uma opção viável clinicamente.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Selamento dentinário Imediato**

Em 1992, Pashley *et. al* desenvolveram um estudo analisando a permeabilidade dentinária e concluíram que selar a dentina imediatamente após o preparo seria uma boa alternativa para melhorar o potencial adesivo. A partir deste, mais de 30 trabalhos foram desenvolvidos até que Pascal Magne (2005) elaborou uma revisão que justificou, nomeou e protocolou os passos do Selamento Dentinário Imediato (17,20). Dados de potencial de adesão em estudos que avaliam a interface de união entre sistema adesivo e dentina, utilizam a dentina recém-cortada como substrato. Esta apresenta ser mais satisfatória quando comparada à dentina que já entrou em contato com saliva e materiais odontológicos. Nas restaurações realizadas de forma direta, é possível prever longevidade e uma forte interface de união devido ao selamento dentinário ser realizado sempre no momento da confecção da restauração (33).

Nas restaurações indiretas que envolvem dentina, poderá haver exposição ao cimento provisório, saliva e material de moldagem, o que interfere na resistência de união como já avaliado em inúmeros estudos (34,35). Magne *et. al* (2007) compararam, em um estudo laboratorial amostras com restaurações direta (controle) e restaurações indiretas com e sem SDI(33). Nos resultados da microtração, o grupo controle e o com SDI não apresentaram diferenças estatisticamente significantes e excederam 45MPa. Fato não observado no grupo com SDT que obteve valores de união próximos a 12MPa. Gresnigt *et al.* (2019) observaram clinicamente após onze anos que dentes com exposição de mais de 50% de dentina, se beneficiam significativamente do uso do Selamento Dentinário Imediato (36).

A moldagem e a instalação da restauração provisória ocorrem sobre a superfície selada. A camada superficial da hibridização não é totalmente

polimerizada em presença de oxigênio. Estudos mostram que pode ocorrer a interação desta com materiais de moldagem e de restaurações provisórias. Dessa forma Magne e Nielsen (2009) propõem a polimerização por dez segundos com gel de glicerina após a hibridização e limpeza com escova de Robson e pasta de pedra-pomes previamente à moldagem(37). Ghiggi *et al.* (2014) preconizam realizar o esfregaço da camada com álcool principalmente quando a camada entrará em contato com materiais provisórios de origem resinosa (35,38).

Previamente à restauração definitiva, a literatura indica realizar limpeza de superfície, seja esta selada ou não. Este processo aumenta a energia de superfície e descontamina a região para a intalação da peça protética final (18,39). As sugestões de uso englobam aplicação de ácido fosfórico, pedra-pomes e água, jateamento com óxido de alumínio, entre outras técnicas. Podendo ainda haver a associação de métodos, o correto tratamento de superfície tende a influenciar na adesão final (40,41).

## **2.2. Restauração do tipo *endocrown***

No intuito de simplificar a restauração do dente tratado endodonticamente posterior, sem a necessidade da construção de um núcleo de preenchimento sem ou com reforço com pino de fibra de vidro ou núcleo metálico fundido, em 1995, pela primeira vez por foi introduzida por Pissis (14) a técnica de monobloco, que posteriormente ficou conhecida com *endocrown*. Cada vez mais tem aumentado a utilização de restaurações do tipo *endocrown*, que consiste em uma restauração indireta, que abrange totalmente a coroa dental e integra apicalmente uma retenção na câmara pulpar, sem a colocação de um pino/núcleo(16). Este tipo de restauração está indicado na restauração de dentes posteriores tratados endodonticamente com uma coroa com grande destruição e em dentes que apresentam coroas clínicas curtas e exigem um desgaste adicional da estrutura dentária. Nesta técnica utiliza-se a câmara pulpar, incorporada ao corpo da coroa cerâmica, apresentando vantagem no aumento da resistência do material restaurador, devido a maior espessura obtida. A crescente demanda por restaurações estéticas e duradouras, aliada

ao desenvolvimento de materiais restauradores adesivos e a tecnologia atual, permitiu que tais restaurações sejam realizadas.

Dejak e Młotkowsk (2013), avaliaram a dissipação das tensões em dentes molares tratados endodonticamente, restaurados e reabilitados com retentores intrarradiculares e *endocrown*, por meio do método de elementos finitos (MEF), através de uma simulação de mastigação(42). Nesse estudo, os autores afirmam que o retentor exerce uma função bastante importante na reparação do elemento dental, pois ele substitui as estruturas dentárias subgingivais, dando assim ao dente um melhor suporte. Entretanto, o emprego de retentores ao ser comparado com método do *endocrown*, resultou na observação dos autores que o *endocrown* apresenta mais vantagens em relação aos retentores intrarradiculares, uma vez que possui uma maior adesão à estrutura dentária, diminuindo assim os riscos de fratura. Para tanto, os autores criaram quatro amostras de molares inferiores em que realizaram suas pesquisas. Os modelos criados foram: dentes intactos, dente restaurado por *endocrown* de cerâmica, dentes com retentores, núcleo composto e coroa de cerâmica e dentes com pilar e coroa cerâmica. Os resultados obtidos foram que os dentes restaurados com *endocrown* apresentaram menor tensão durante a simulação de mastigação, a análise do mesmo foi feita através do método de elementos finitos. Portanto, segundo os autores, pôde-se concluir que os *endocrowns* utilizados na restauração de dentes posteriores mostraram menor nível de estresse na dentina, fato que aumenta as chances de sucesso no tratamento, diminuindo assim as possibilidades de fratura da raiz do elemento dental.

Laden et al. (2017), realizaram uma pesquisa com o objetivo de avaliar os efeitos de dois modelos endocrown e materiais de CAD/CAM na distribuição de tensões e na probabilidade de falhas de restaurações aplicadas em dentes pré-molares superiores endodonticamente tratados e severamente destruídos(43). Dois tipos de restaurações com extensões intrarradiculares de 3 mm, endocrown (E) e endocrown modificado (ME), foram modelados em um modelo 3D de elementos finitos (FE). Os materiais Vitablocks Mark II (VMII), Vita Enamic (VE) e Lava Ultimate (LU) foram utilizados para cada tipo de restauração. Em relação às tensões ocorridas no esmalte, para cada grupo de material, a *endocrown*

modificada transmitiu menos estresse do que a *endocrown*. Durante a função oclusal normal, a probabilidade geral de falha foi mínima para EM com VMII. A *endocrown* modificada com VE foi a melhor opção restauradora para dentes pré-molares com perda extensiva da estrutura coronal sob altas cargas oclusais. Portanto, o desenho da EM poderia ser uma opção de tratamento favorável para pré-molares superiores endodonticamente tratados e severamente destruídos.

Belleflamme et al. (2017), realizou este estudo para avaliar casos de selamento imediato de dentina em dentes posteriores (pré-molares e molares), realizada com cerâmica e identificar algumas falhas que podem ser evitadas durante a execução(15). Foi introduzida a “Técnica de porcelana monobloco” em que a retenção da restauração se baseia no uso de adesivo de cimentação e retenção macromecânica na entrada do canal. Foram documentados 99 casos e apenas 10 falhas foram detectadas.

### **3. PROPOSIÇÃO**

#### **3.1. Proposição geral**

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar o tipo selamento dentinário na resistência à fratura de *endocrowns* anteriores.

#### **3.2. Proposições específicas**

- Avaliar o efeito do tipo de selamento dentinário na resistência à fratura (carga máxima) de *endocrowns* anteriores submetidas ao carregamento estático;
- Avaliar o efeito do tipo de selamento dentinário no modo de falha de *endocrowns* anteriores submetidas ao carregamento estático;

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Tipologia do estudo**

A modalidade desta pesquisa é experimental em laboratório (*in vitro*) com objetivo analítico, com ênfase no quantitativo (resultados da sobrevivência e resistência à fratura).

## 4.2. Desenho do Estudo

O presente estudo é composto pelas etapas de preparo de amostra, testes biomecânicos e obtenção de resultados conforme apresentado na Figura 1.

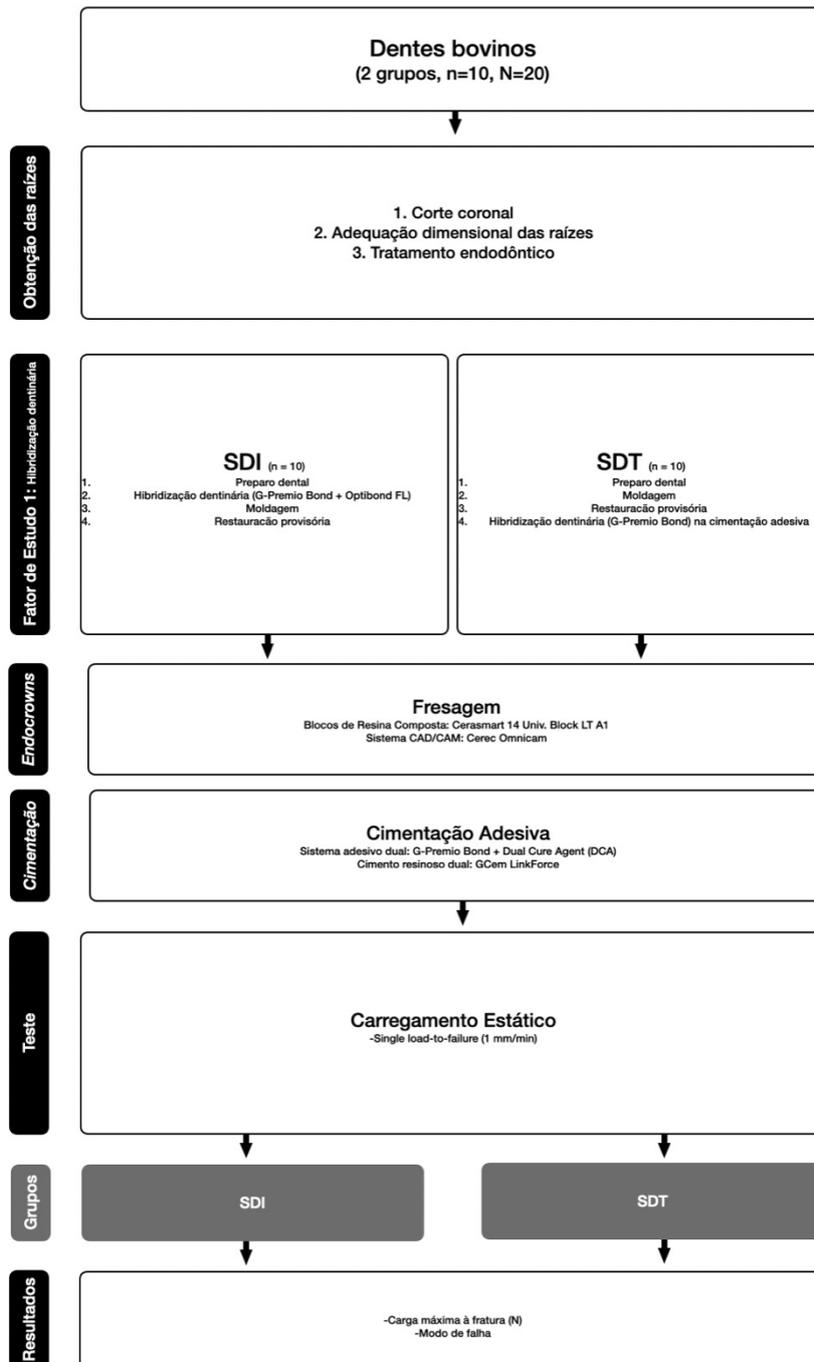


Figura 1: Fluxo do estudo, desde a obtenção das amostras aos resultados.

Fonte: Próprio autor

Após a execução dos testes, a carga máxima à fratura foi obtida para os dois grupos submetidos ao carregamento estático. A avaliação do modo de falha foi avaliada para cada um dos dois grupos.

A análise estatística foi feita para avaliar a influência do selamento dentinário imediato nos resultados (carga máxima à fratura e modo de falha).

#### **4.3. Local**

A pesquisa proposta se desenvolveu em múltiplas instituições, no intuito de se utilizar os diferentes equipamentos necessários para a realização da mesma. O acesso aos diversos laboratórios se deu por meio das parcerias estabelecidas entre os orientadores do presente projeto de pesquisa e professores responsáveis por tais laboratórios.

As etapas de delineamento experimental, redação de projeto, execução das amostras e tratamento estatístico dos resultados, redação de dissertação e redação de artigo científico foram realizados nas dependências do Laboratório de Pesquisa Básica e Aplicada em Odontologia (LPBA-O) do Centro de Excelência em Pesquisa e Inovação (CEPinova) da Universidade Evangélica de Goiás, localizado em Anápolis – Goiás.

O teste de carregamento estático foi realizado no Centro de Pesquisas Odontológico Biomecânica, Biomateriais e Biologia Celular (CPbio) da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, localizado em Uberlândia – Minas Gerais, em parceria com o Prof. Dr. Carlos José Soares.

#### **4.4. População e amostra**

Após ciência pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) do Centro Universitário de Anápolis, foram selecionados 20 incisivos inferiores bovinos (N=20) divididos em dois grupos com 10 amostras cada (n=10). Os dentes foram extraídos de bovinos abatidos para consumo humano, limpos com cureta, armazenados em água destilada e enviados para os pesquisadores no Centro Universitário de Anápolis. Os dentes recebidos foram então armazenados em solução de Timol 0,2% a 4 °C(46).

#### **4.5. Critérios de inclusão e exclusão**

A seleção dos dentes bovinos para o estudo foi criteriosa, no intuito de controlar a variabilidade anatômica e propiciar amostras o mais padronizadas possível, evitando assim viés no estudo, aumentando sua validade interna. Incisivos inferiores de bovinos jovens (36 à 48 meses de idade) abatidos para consumo humano serão selecionados. Os mesmos estavam íntegros, sem trincas, e com ápice radicular fechado, garantindo assim um lúmen do canal radicular mais aproximado daquele encontrado em humanos.

Dentes bovinos com marcas de trauma ou trincas, raízes curvas ou dimensões discrepantes foram excluídos. Semelhantemente, dentes bovinos com ápice ainda não formado foram excluídos.

#### **4.1. Aspectos éticos**

O presente estudo se encontra de acordo com a lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008 que regula a experimentação animal e cria o Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA. Por se tratar do uso de subproduto animal (dentes de animais que serão abatidos para fins de consumo), o projeto não precisou ser submetido para apreciação da Comissão de Ética e Uso Animal (CEUA) da Universidade Evangélica de Goiás, mas foi encaminhado para ciência da instituição.

## **4.2. Análise dos riscos e benefícios**

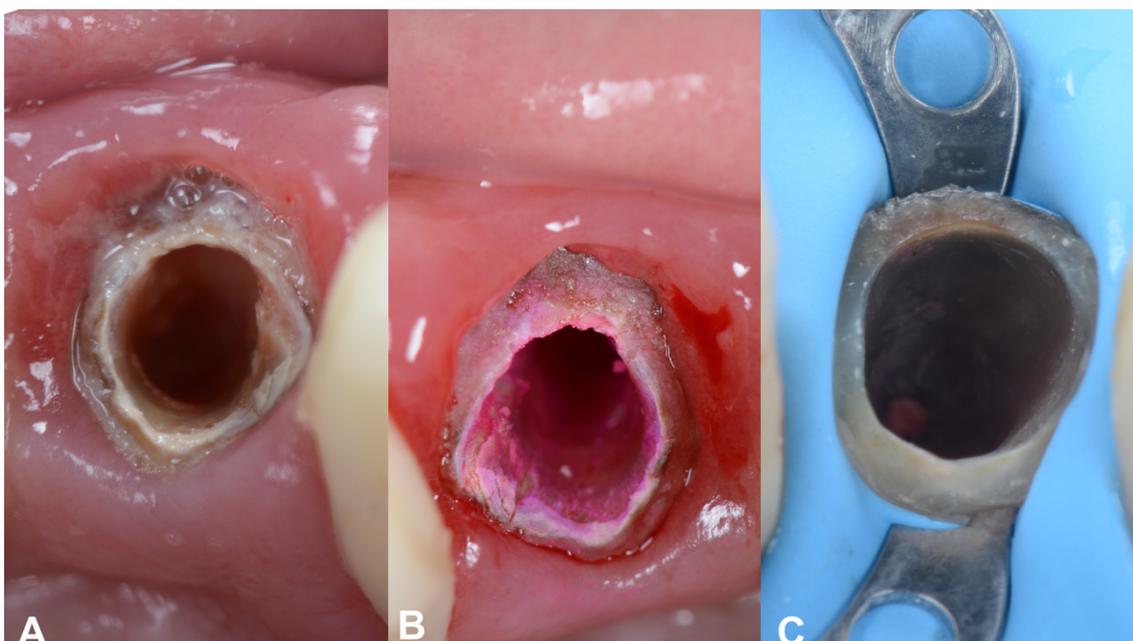
Os riscos atribuídos a este estudo foram de natureza biológica relacionado ao manuseio de dentes bovinos, que compõe a amostra do estudo. O controle de infecção se fez pelo correto uso de equipamentos de proteção individual durante os procedimentos de confecção de amostra e testes.

No presente estudo, entende-se que os benefícios são o maior entendimento da biomecânica envolvida nos testes de resistência à fratura, amplamente aplicados em pesquisa experimental laboratorial em odontologia. O momento da hibridização dentinária, entende-se que ao melhor elucidar o seu papel na resistência à fratura, a técnica poderá ter mais evidência para a sua indicação ou irrelevância, melhorando assim a abordagem biomimética em odontologia reabilitadora adesiva.

## **4.3. Obtenção das raízes**

Os vinte dentes bovinos selecionados (N=20) tiveram sua coroa seccionada em velocidade de 3.000 rotações por minuto, utilizando disco diamantado montado em peça reta e motor elétrico (PM 1:1 e iOptima, Bien Air Dental, Biel, Suíça) deixando 13 milímetros de altura da raiz remanescente. Com o objetivo de padronizar as dimensões dos dentes para evitar diferenças nas dimensões e conseqüente viés, mensurações foram realizadas, com paquímetro digital de alta precisão (iGaging Absolute Zero, Anytime Inc., Los Angeles, EUA) dos diâmetros vestibulo-lingual (7 mm) e mesio-distal (6 mm) no terço cervical. As raízes que tiveram suas dimensões diferentes das predeterminadas foram preparadas com broca de acrílico (Mastercut PM 79GX040, Wilcos, Quissamã, Brasil), montada em peça reta, à 3.000 rotações por minuto sobre refrigeração (PM 1:1 e iOptima, Bien Air Dental, Biel, Suíça).

Um preparo foi realizado para simular uma condição clínica de cárie intrarradicular em incisivo central humano, conforme ilustrado na Figura 2 de uma condição clínica.

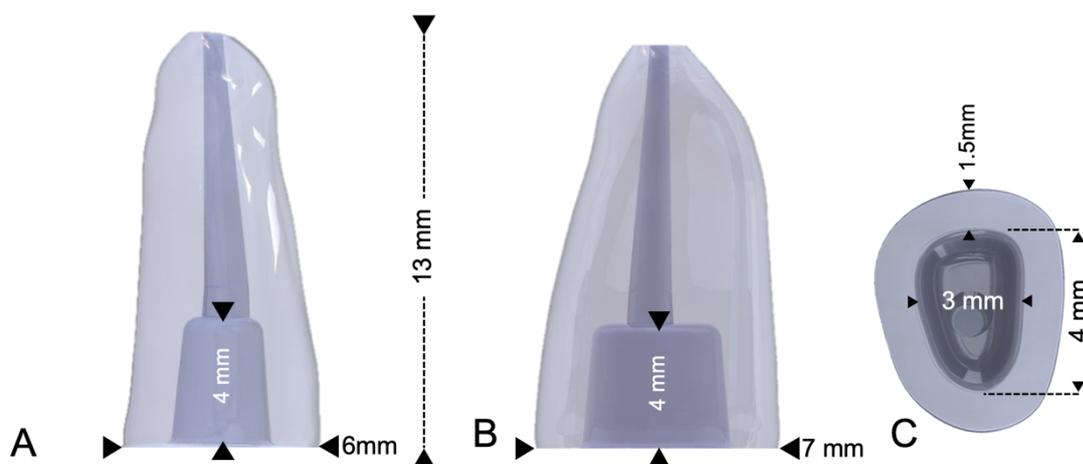


**Figura 2:** Condição clínica simulada no presente estudo. Incisivo central superior amplamente destruído, sem férula e com cárie radicular. A) Condição inicial. B) Utilização de corante específico para identificar colágeno desnaturado (Caries Detector, Kuraray, Japão). C) Aspecto final do remanescente radicular após isolamento absoluto e remoção da cárie.

**Fonte:** Próprio autor

Esse preparo intrarradicular foi realizado para simular uma condição clínica extremamente desfavorável, em que o remanescente dental apresentado é apenas a raiz do dente, sem férula alguma e com destruição intrarradicular conforme utilizado em outros estudos(8,9,11). As dimensões finais das raízes estão ilustradas na Figura 3 e 4. Em alta rotação, à 10.000 rpm em motor elétrico (CA 1:5 e iOptima, Bien Air Dental, Biel, Suíça) foi realizado o preparo intrarradicular inicialmente com ponta diamantada 4137 (KG Sorensen, Cotia, Brasil) e refinada, após o tratamento endodôntico, com broca multilaminada tronco-cônica 118L (Angelus Prima Dental, Londrina, Brasil) deixando apenas 1,5 mm de parede dentina circunferencial. A utilização de broca multilaminada para refinar o preparo é necessária pois se utilizou um sistema adesivo dentinário do tipo autocondicionante, em que a *smear layer* foi impregnada na camada

híbrida e portanto, um cuidado para a obtenção de uma *smear layer* mais delgada deve ser tomado(50).



**Figura 3:** Dimensões finais das raízes bovinas a serem utilizadas no estudo. A) vista vestibular; B) vista proximal; e C) vista incisal.

**Fonte:** Próprio autor.

#### 4.4. Tratamento endodôntico

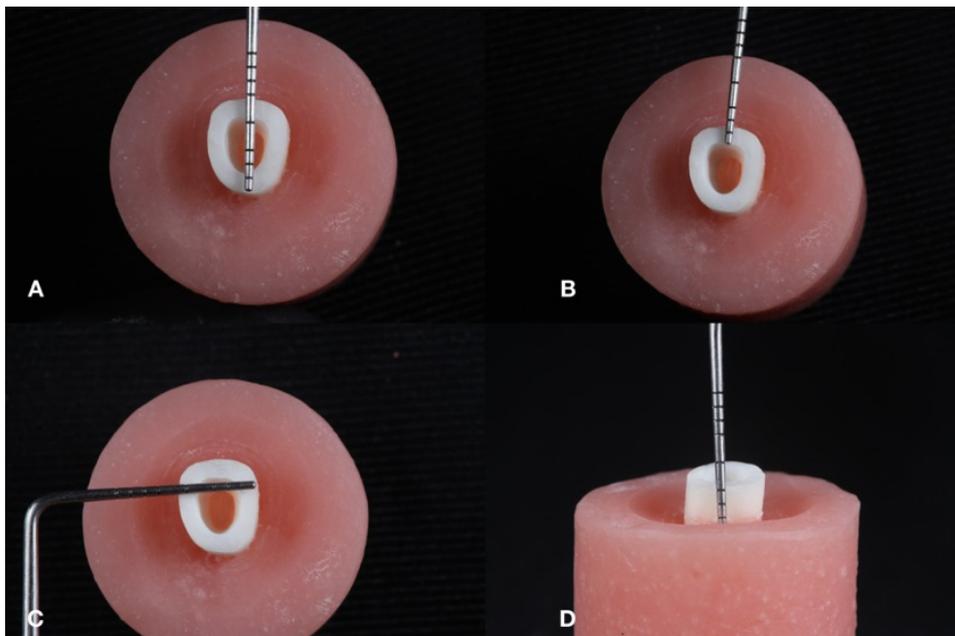
O preparo e obturação dos canais radiculares foi realizado logo após a padronização das raízes no formato e dimensões finais descritos anteriormente. Instrumentos de NiTi, ProTaper Next X4 (0.40/.06) e X5 (0.50/.06) 21 mm de comprimento (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), foram utilizados para instrumentação do canal radicular de forma sequencial a 300 rpm de velocidade e 2 Ncm de torque (CA 1:1 e iOptima, Bien Air Dental, Biel, Suíça). O terço cervical não foi preparado, visto que a caixa intrarradicular já havia sido preparada na etapa anterior. Os canais radiculares foram irrigados com hipoclorito de sódio a 2,5 % (Asfer, Indústria Química, São Paulo, Brasil) durante a instrumentação (3 aplicações com 1 minuto cada) utilizando-se a seringa acoplada à agulha Navitip (Ultradent Products Inc., South Jordan, EUA) para dispensar 30 mL de solução. Após secagem com cone de papel absorvente, foi empregado o agente quelante EDTA trissódico 17% por 3 minutos (Biodinâmica, Ibiraporã, Brasil), seguida por nova secagem, e a irrigação final realizada novamente com hipoclorito de sódio a 2,5 % por mais um minuto. Os canais

radiculares foram secos com cones de papel absorvente e obturados com cones de guta-percha n .50 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e cimento obturador resinoso (AH Plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) por meio da técnica de condensação termo-mecânica McSpadden com condensador de guta-percha específico (McSpadden 050 21mm, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça).  
Técnica híbrida de tagger

#### 4.5. Embasamento das raízes

A raiz de 13 mm foi embebida em resina acrílica autopolimerizável (Vipi Flash, VIPI, Pirassununga, Brasil), com auxílio de delineador (B2 Paralelômero, BioArt, São Carlos, Brasil) cobrindo 10 mm de raiz e deixando 3 mm de raiz descoberta. A base de acrílico tem 15 mm de altura e 15 mm de diâmetro.

Após a polimerização da resina acrílica e do cimento obturador, a limpeza da caixa intrarradicular e conseqüente refinamento do preparo foi realizado com broca multilaminada 118L (Angelus Prima Dental, Londrina, Brasil) deixando apenas 1,5 mm de parede dentina circunferencial. Na seqüência, para todos os grupos, foi aplicado uma fina camada de 0,5 mm de cimento de ionômero de vidro (Ionoseal, Voco) para evitar o contato do sistema adesivo autocondicionante com o material obturador do canal radicular.



**Figura 4:** Dimensões das raízes bovinas preparadas e padronizadas para todos os grupos experimentais: medida vestibulo-lingual, 7 mm (A); medida da espessura de dentina, 1,5 mm (B); medida méso-distal, 6 mm (C); medida de inserção da raiz na base de resina acrílica, 3 mm (D).

**Fonte:** Adaptado de Carvalho, 2017. (51)

#### **4.6. Selamento dentinário imediato**

Para o grupo com selamento dentinário imediato (SDI) imediatamente após o refino do preparo com broca multilaminada, a hibridização dentinária ocorreu seguida pela aplicação de um *liner* caracterizando a técnica do selamento dentinário imediato, previamente à moldagem e provisionalização. Para o grupo com selamento dentinário tardio (SDT) a hibridização dentinária aconteceu apenas no momento da cimentação adesiva, após a moldagem e provisionalização.

Para a técnica de selamento dentinário imediato, imediatamente após o refino do preparo, foi utilizado o sistema adesivo autocondicionante simplificado G-Premio Bond (GC Corporation, Tóquio, Japão) seguido pela aplicação de um *liner* hidrofóbico com alta concentração de carga inorgânica, o Optibond FL Adhesive (Kerr Dental, Orange, EUA). Iniciou-se com a aplicação do sistema monocomponente G-Premio Bond na dentina com microaplicador por 10 segundos seguido pela evaporação do solvente com jato de ar livre de umidade por 5 segundos, conforme recomendação do fabricante. A fotoativação foi realizada por 20 segundos a 1000 mW/cm<sup>2</sup> (de acordo com informação do fabricante) com a utilização de unidade polimerizadora Valo Grand (Ultradent, South Jordan, EUA). Todas as etapas de fotoativação do estudo foram executadas com essa unidade polimerizadora nessa configuração de irradiância. Seguiu-se com a aplicação de uma camada de adesivo hidrofóbico altamente carregado, Optibond FL Adhesive, para proteção da camada híbrida. O adesivo Optibond FL foi aplicado por 10 segundos, excessos removidos com microaplicador seco, e polimerizado por 20 segundos. Para a polimerização da camada inibida por oxigênio do adesivo, uma camada de gel hidrossolúvel (KY gel, Johnson & Johnson, São Paulo, Brasil) foi aplicada sobre o adesivo e este

polimerizado por mais 10 segundos. Seguiu-se com a aplicação de álcool etílico 70° (Rialcool 70, Rioquímica, São José do Rio Preto, Brasil) com microaplicador por 5 segundos sobre a camada de adesivo para remoção dos monômeros residuais.

Para a técnica de selamento dentinário tardio, a hibridização dentinária aconteceu somente no momento da cimentação adesiva e, portanto, será descrita adiante.

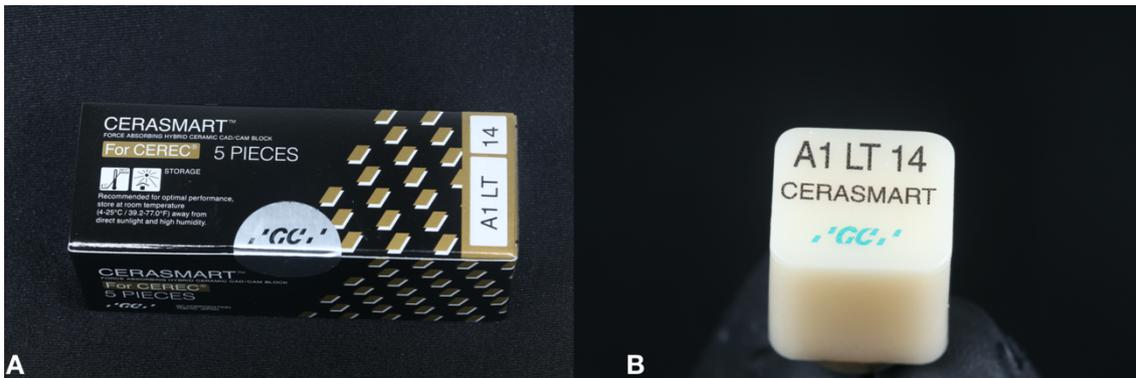
#### **4.7. Moldagem e provisionalização**

Os preparos foram digitalizados (CEREC Omnicam, Dentsply Sirona, Charlotte, EUA), no intuito de obter a restauração final, visto que a mesma foi realizada a partir da fresagem de bloco CAD/CAM, no fluxo digital. A obtenção das restaurações pelo sistema CAD/CAM foi escolhida por permitir o melhor controle de viés, já que a replicação das dimensões das mesmas é mais precisa, garantindo a maior padronização das amostras.

Os preparos de todos os grupos foram cobertos com restaurações provisórias em resina composta provisória (Revotek LC, QC Corporation, Tóquio, Japão) após serem isolados com vaselina sólida (Rioquímica, São José do Rio Preto, Brasil). Em seguida as amostras foram estocadas em saliva artificial por duas semanas a 37°C em estufa para simular o tempo de obtenção de restaurações indiretas em laboratório de prótese dentária.

#### **4.8. Fresagem da restauração *endocrown***

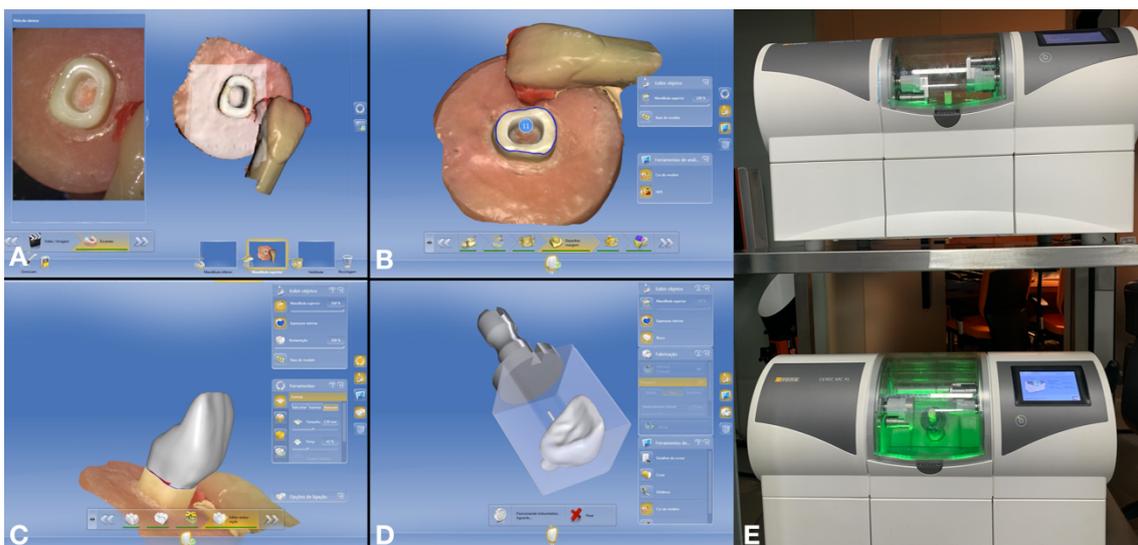
Blocos pré-fabricados foram utilizados para a confecção das restaurações do tipo *endocrown*. O bloco selecionado foi o Cerasmart 14 for CEREC Block LT A1 (GC Corporation, Tóquio, Japão), que consiste em um bloco de resina nanocerâmica (Figura 5).



**Figura 5:** Bloco de resina nanocerâmica para o sistema de CAD/CAM Cerec.

**Fonte:** Próprio autor

O sistema CAD/CAM CEREC foi utilizado para a moldagem digital, desenho e fresagem das endocrowns conforme já realizado em outros estudos (8,9,11) e descrito na Figura 6. Após a digitalização do preparo, o mesmo foi posicionado no software CAD como um incisivo central superior direito. Uma coroa total com projeção intrarradicular (*endocrown*) foi desenhada com as dimensões de 10 mm de altura por 8 mm de largura e uma projeção intrarradicular de 4 mm de profundidade, e espaçador de 80 micrometros. A unidade fresadora CEREC MCXL foi utilizada para a obtenção da restauração final.



**Figura 6:** Fluxo de moldagem digital, desenho tridimensional da restauração e fresagem. Em A, a visualização no CEREC software 4.6 da etapa de digitalização do preparo. Em B, a delimitação das margens do preparo. Em C, o desenho final da *endocrown*. Em D, o posicionamento da restauração no bloco CAD/CAM previamente à fresagem. Em E, as máquinas fresadoras CEREC MC XL, do Instituto Plástica Oclusal, em Brasília, DF.

**Fonte:** Próprio autor

#### **4.9. Cimentação adesiva**

Uma vez obtidas as restaurações *endocrowns*, o assentamento passivo das mesmas ao preparo foi avaliado e, caso necessário algum ajuste, este se aconteceu com evidenciador de contato líquido (Arti-spray BK 288, Bausch, Colônia, Alemanha) e ponta diamantada de granulação fina (3038F, KG Sorensen, Cotia, Brasil) à 3.000 rpm (CA 1:5 e iOptima, Bien Air Dental, Biel, Suíça). Iniciou-se então com a limpeza da peça com álcool etílico 70° para remoção de qualquer remanescente gorduroso, seguida por banho ultrassônico (Cristófoli, Campo Mourão, Brasil) com água destilada por 180 segundos. Seguiu-se com a microabrasão com jato de óxido de alumínio de 30  $\mu\text{m}$  por 10 segundos a 2 bar de pressão e 10 mm de distância. O silano (G-Multi Primer, GC, Tóquio, Japão) foi então aplicado na restauração e aquecido por 60 segundos com aquecedor de insulfilme de controle digital (52) em temperatura de 100 graus Celsius (DSUNYK 2000W, China).

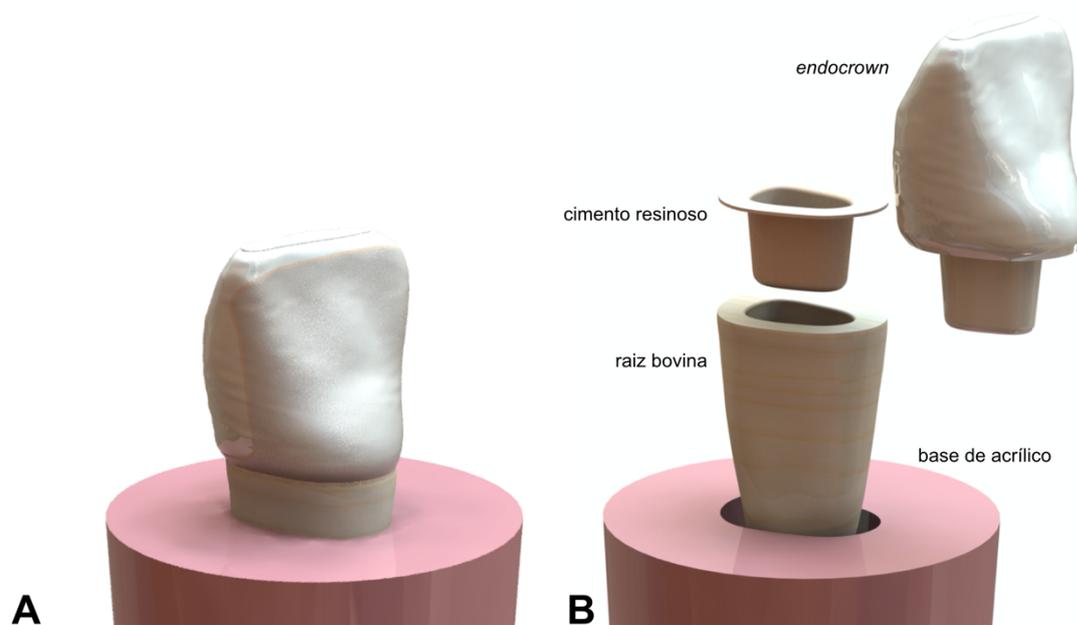
A restauração provisória foi então removida, e o preparo com dentina previamente hibridizada (SDI) ou não (SDT) foi limpo inicialmente com microescova e pedra pomes (CA 1:1 e iOptima, Bien Air Dental, Biel, Suíça) e então microabrasão com jato de óxido de alumínio (Danville Materials, Anaheim, EUA) de 30  $\mu\text{m}$  por 10 segundos a 2 bar de pressão e 10 mm de distância. Seguiu-se com a aplicação da mistura do sistema adesivo G-Premio Bond (GC Corporation, Tóquio, Japão) com o ativador dual em proporção 1:1 (G-Premio Bond DCA, GC Corporation, Tóquio, Japão) por 10 segundos no preparo. Após aguardados 20 segundos, fez-se a secagem com jato de ar livre de contaminantes por mais 5 segundos.

O preparo foi então carregado com o cimento resino de polimerização dual G-CEM LinkForce (Figura 7) e a restauração foi imediatamente assentada no preparo, sob leve pressão. Excessos foram removidos e a fotoativação foi realizada por 40 segundos na face vestibular e mais 40 segundos na face lingual. Nas figuras 8 e 9 pode-se observar os componentes das amostras e o aspecto final prévio ao teste.



**Figura 7:** Sistema de cimento resinoso de polimerização dual utilizado no estudo.

**Fonte:** Próprio autor.



**Figura 8:** Desenho tridimensional para ilustrar os componentes das amostras: base em resina acrílica, raiz bovina, camada de cimento resinoso e restauração *endocrown* em resina nanocerâmica.

**Fonte:** Próprio autor



**Figura 9:** Imagem representativa de uma amostra após finalizada a cimentação.

**Fonte:** Adaptado de Magne et al., 2017.

#### 4.10. Teste de resistência à fratura

Decorridos 24h de armazenamento em água destilada à 37°C, desde sua confecção, as amostras dos grupos foram submetidas diretamente ao teste resistência à fratura. As amostras foram carregadas até a fratura numa velocidade de 1mm/min em máquina de ensaio (ElectroPuls E3000; Instron, Norwood, EUA) conforme figura 10.

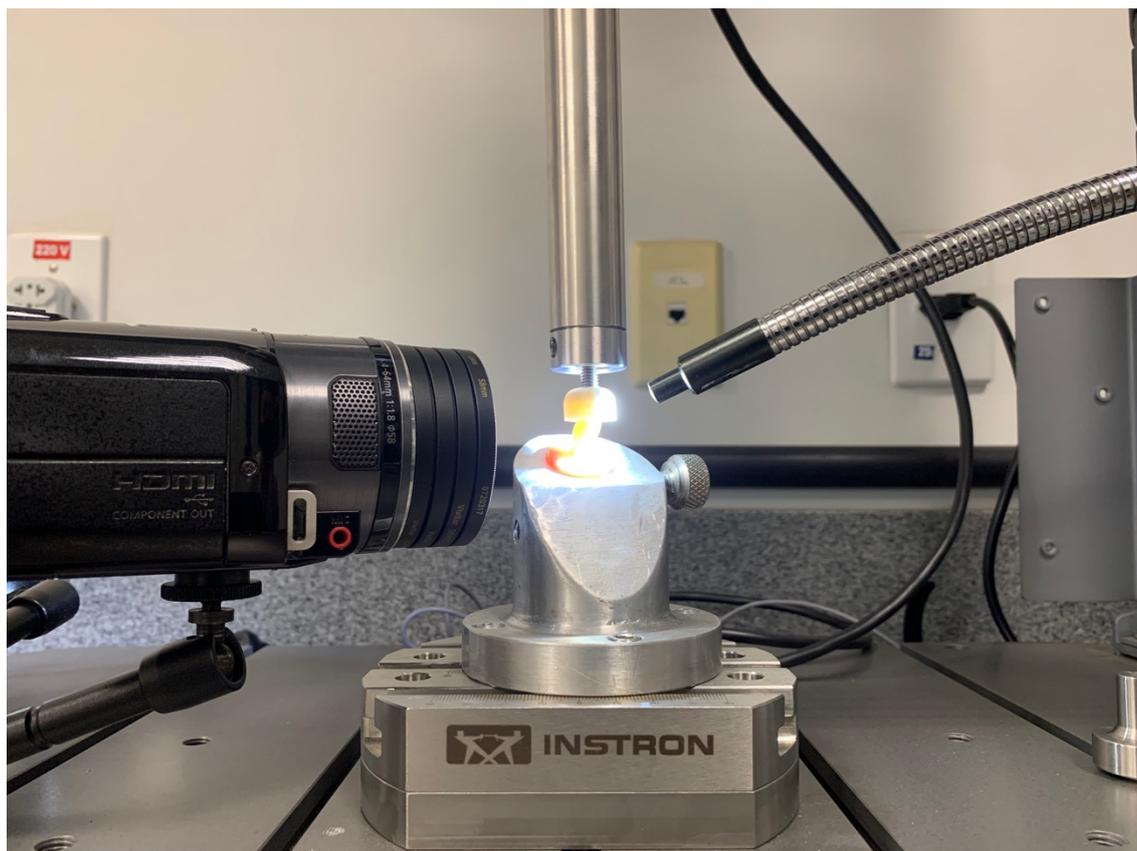


**Figura 10:** Máquina de ensaio universal (ElectroPuls E3000; Instron, Norwood, EUA) acoplada a computador com software específico para análise (Bluehill, Instron, Norwood, EUA). Equipamento situado no no Centro de Pesquisas Odontológico Biomecânica, Biomateriais e Biologia Celular (CPbio), da Faculdade de Odontologia de Uberlândia (UFU), Uberlândia – MG.

**Fonte:** Próprio autor

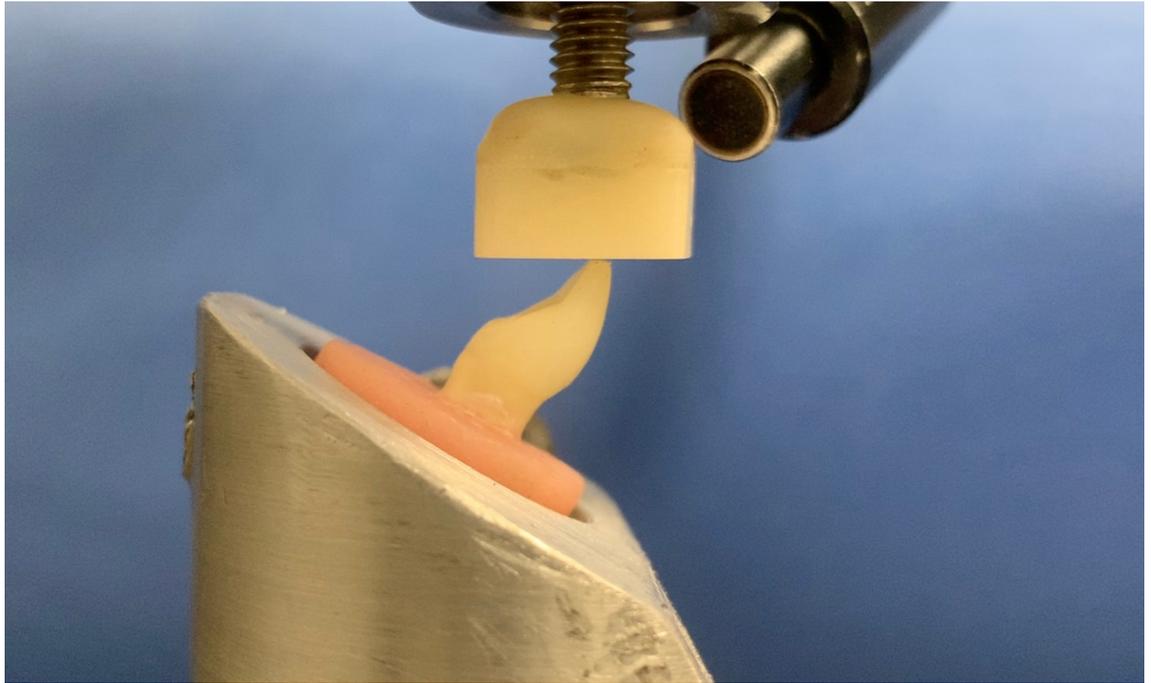
A ponta de aplicação de carga foi adaptada para oferecer uma superfície plana de resina nanocerâmica (Cerasmart, GC, Tóquio, Japão) de um bloco colado com resina composta ao precursor (Z100, 3M ESPE, St Paul, EUA) no

intuito de evitar trincas pelo impacto com antagonista metálico. No intuito de exemplificar o teste, algumas amostras foram filmadas com câmera filmadora (Canon EOS) e luz de fibra óptica para transiluminação (Figura 11) Com uma inclinação de 30 graus em relação ao longo eixo do dente e apoiado em pelo menos  $\frac{3}{4}$  da área incisal da restauração, a carga simulou o movimento mais desafiador, que é o de incisão (Figura 12). Os valores de carga máxima à fratura foram obtidos em Newtons para comparação entre grupos.



**Figura 11:** Conjunto de filmagem do teste para exemplificação do mesmo: câmera filmadora (Canon EOS), luz de fibra óptica de microscópio para transiluminação.

**Fonte:** Próprio autor

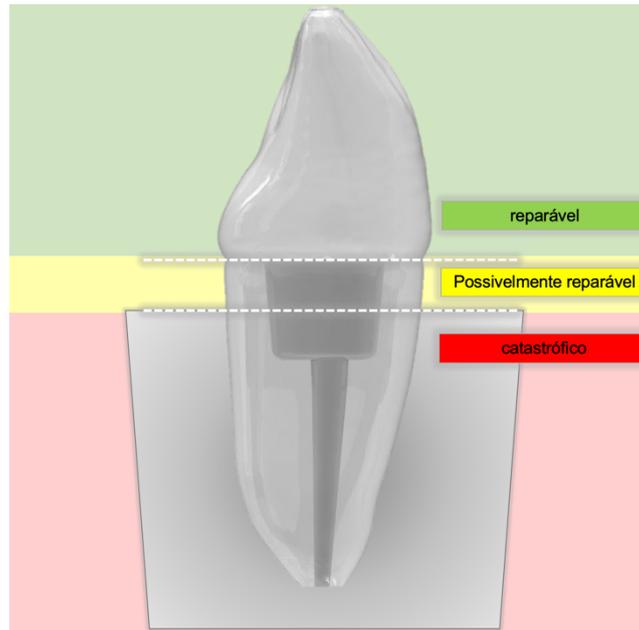


**Figura 12:** Observa-se a aplicação da carga em 30 graus em relação ao longo eixo do dente com contato de  $\frac{3}{4}$  da incisal da restauração com a superfície plana de resina nanocerâmica do pino de aplicação de carga.

**Fonte:** Próprio autor

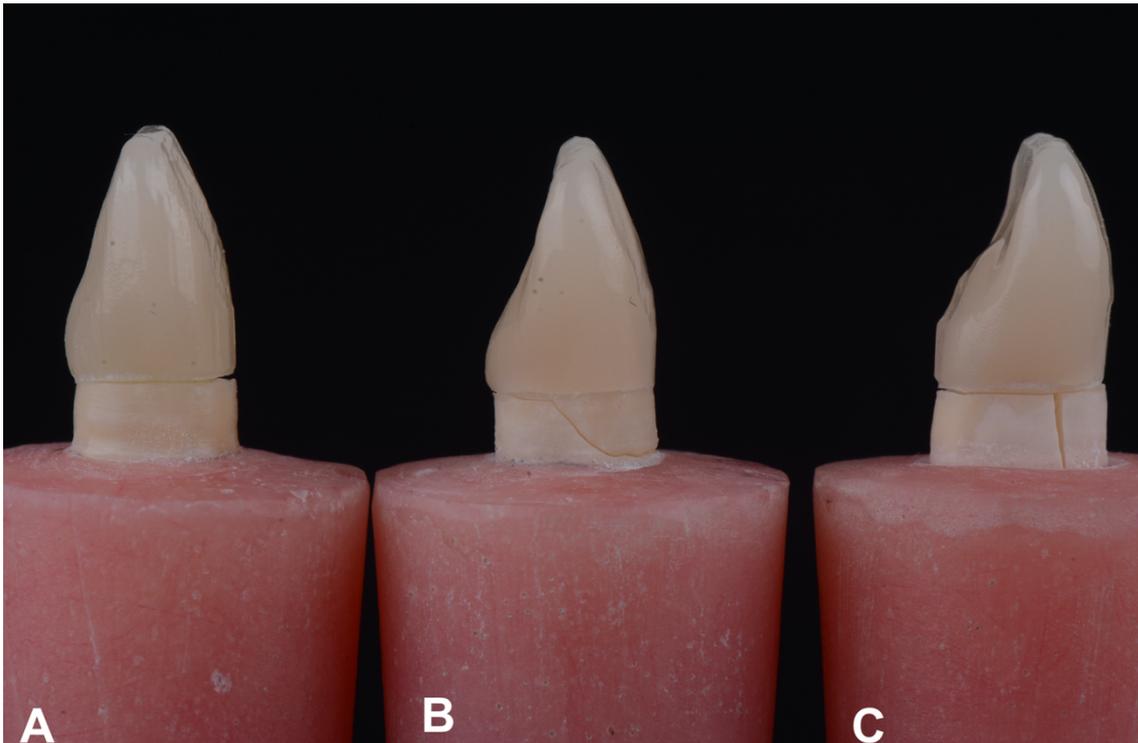
#### **4.11. Classificação do modo de falha**

Após o teste de carregamento estático, cada amostra foi avaliada para a distinção visual do modo de falha entre fraturas exclusivas na restauração (reparável), fraturas que acometem a raiz acima da base de acrílico (possivelmente reparável) e fraturas que acometem a raiz e progridem para apical, ultrapassando a inserção da raiz na base de acrílico (catastróficas)(8,9,11). A ilustração dos tipos de fraturas se encontra na Figura 13. Exemplos dessa classificação em amostras de outro estudo(51) podem ser observados na Figura 14.



**Figura 13:** Ilustração das áreas de propagação das fraturas com suas respectivas classificações: em verde, fratura restrita à restauração, classificada em reparável; em amarelo, fratura que atinge a raiz, mas que não ultrapassa o nível da base de resina, e portanto classificada em possivelmente reparável; e em vermelho, fratura que atinge a raiz abaixo do nível da base de resina acrílica.

**Fonte:** Adaptado de Carvalho, 2017. (51)



**Figura 14:** Exemplo de fraturas em amostras de um estudo semelhante. Em A, fratura restrita à restauração e, portanto reparável. Em B, fratura na raiz, mas que não ultrapassa o limite de inserção, e portanto possivelmente reparável. Em C, a fratura se estende para além da inserção, caracterizando uma fratura catastrófica.

**Fonte:** Adaptado de Carvalho, 2017(51).

#### 4.12. Análise dos dados

Os dados foram analisados com *software* estatístico Jamovi (The jamovi project 2024) com um nível de significância de 5%. Os valores de carga máxima à fratura foram avaliados quanto à normalidade de distribuição por meio do teste de Shapiro-Wilk. O teste de normalidade dos dados mostrou que os mesmos possuíram uma distribuição normal para a carga máxima à fratura ( $W=0,921$  para SDI e  $W=0,940$  para SDT;  $p=0,364$  para SDI e  $p=0,558$  para SDT).

Para o teste de resistência à fratura, o teste estatístico paramétrico de T de Student foi utilizado para comparar as médias das cargas máximas à fratura dos grupos SDI e SDT.

O modo de falha tanto para o carregamento estático foi plotado em relação às três classificações em porcentagem.

## **5. RESULTADOS**

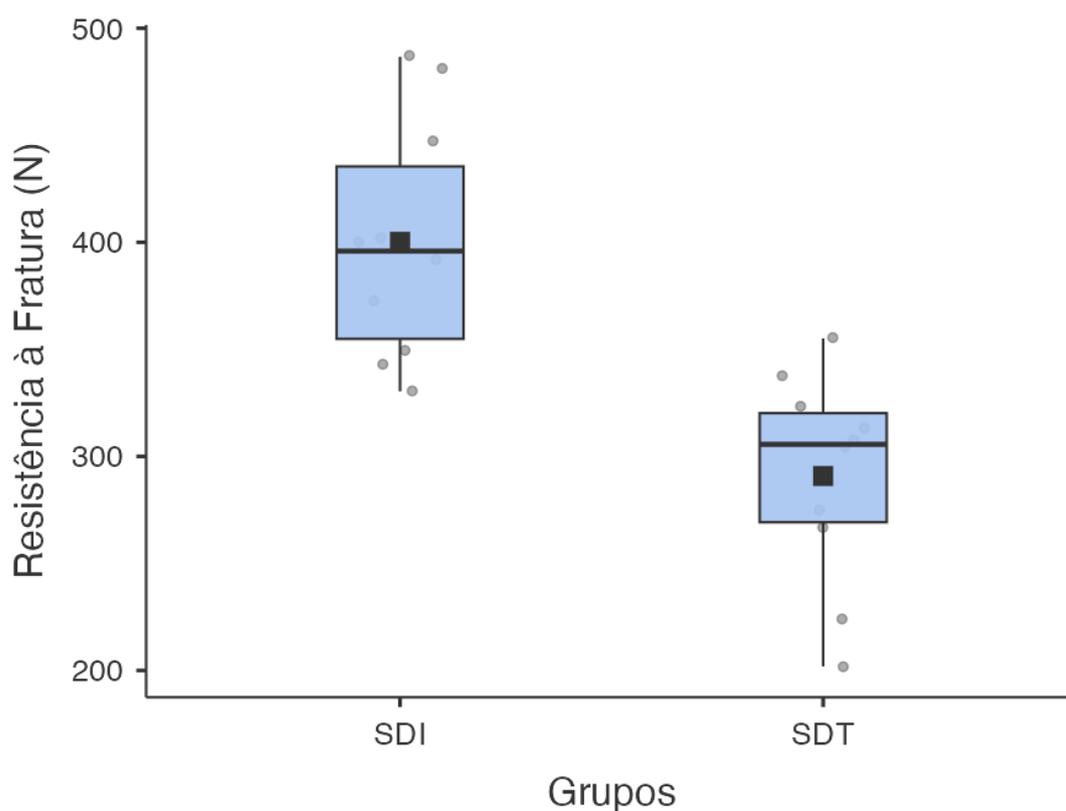
Os valores de resistência à fratura, em Newtons, foram obtidos para ambos os grupos SDI e SDT, e por ter uma distribuição normal, suas médias e desvios padrão foram comparados. O grupo SDI teve maior resistência à fratura (média = 400, desvio-padrão = 55,6) que o grupo SDT (média = 291, desvio-padrão = 48,7) com  $p < 0,001$  no teste T de Student de amostras independentes. Apesar de ter sua média de resistência à fratura menor, o grupo SDT apresentou maior frequência de falhas reparáveis e possivelmente reparáveis, enquanto o grupo SDI apresentou maior frequência de falhas catastróficas.

A tabela 1 mostra a estatística descritiva para os grupos e variável resposta enquanto a tabela 2 apresenta o teste estatístico. A figura 15 apresenta a distribuição dos dados de resistência à fratura em gráficos de diagrama de caixa. A frequência do modo de falha pode ser observada na figura 16.

**Tabela 1.** Valores de estatística descritiva para grupos SDI e SDT e variável resposta de resistência à fratura (Newtons).

<b>Grupo</b>	<b>n</b>	<b>Resistência à fratura (DP)</b>	<b>p, Shapiro wilk</b>	<b>p, t de Student</b>
<b>SDI</b>	10	400 ( $\pm 55,6$ )	0,364	<.001
<b>SDT</b>	10	291 ( $\pm 48,7$ )	0,558	

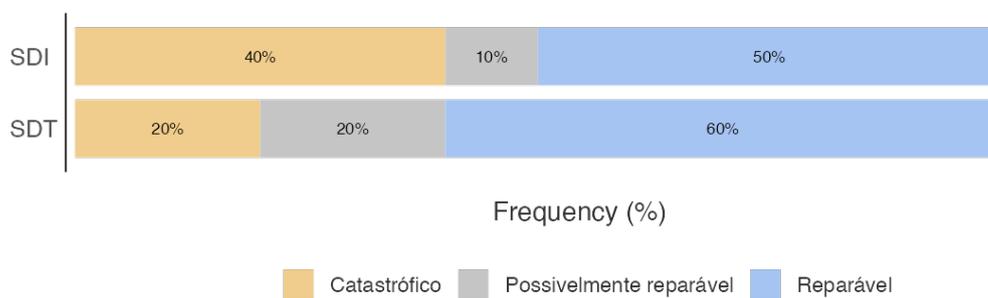
**Fonte:** próprio autor



**Figura 15.** Gráfico de diagrama de caixa com a distribuição dos dados de resistência à fratura para grupo SDI e SDT.

**Fonte:** próprio autor

Modo de falha



**Figura 16.** Frequência do modo de falha para ambos os grupos do estudo.

**Fonte:** próprio autor

## 6. DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou o efeito do momento da hibridização dentinária (selamento dentinário imediato ou tardio) na resistência à fratura de *endocrowns* de resina composta em raízes de incisivo central superior severamente comprometida. A hipótese nula, em que não haveria diferença de resistência à fratura entre os dois grupos foi rejeitada, e o grupo com selamento dentinário imediato apresentou maiores valores de resistência à fratura. Já quanto ao modo de falha, o grupo de selamento dentinário tardio apresentou mais falhas não catastróficas, apesar de sua resistência à fratura ser menor.

Há estudos de revisão sistemática avaliando o sucesso e sobrevivência clínica de endocrowns (53), no entanto entre os fatores de estudo considerados, o momento da hibridização dentinária não é avaliado. O sucesso e sobrevivência clínicos de endocrowns posteriores cimentadas em preparos com selamento dentinário imediato chega a 99% e 89% respectivamente em 44 meses (15), no entanto ainda não há estudos clínicos para *endocrowns* anteriores. Endocrowns anteriores já se mostraram com melhor resistência à fadiga em estudo in vitro que as comparou com grupos de coroas cerâmicas cimentadas sobre núcleo resinoso sem pino e com pino, no entanto todas as amostras foram cimentadas sobre preparos com selamento dentinário imediato(11).

O único estudo que avalia o efeito do selamento dentinário imediato para cimentação de endocrowns, utilizou endocrowns em pré-molares humanos submetidas à resistência à fratura após envelhecimento térmico (54). Ao contrário dos resultados do presente estudo, o selamento dentinário imediato apresentou menores valores de resistência à fratura em endocrowns em pré-molares. Isso pode se dar pela falta da proteção da camada híbrida com uma camada hidrófoba e com carga (*resin coating*) que é imperativo para a técnica de selamento dentinário imediato, no intuito de se prevenir o dano na camada híbrida no momento de limpeza de preparo na hora da cimentação(26). Continuar explicando o 26. Tbm falar do envelhecimento

Força máxima de mordida

A importância clínica de uma adesão otimizada à dentina é especialmente relevante em casos que aplicam os conceitos biomiméticos de mínima invasividade com restaurações indiretas aderidas a preparos pouco retentivos como o caso das *endocrowns*, uma vez que a retenção da restauração depende exclusivamente da adesão às estruturas dentais. O conhecimento atual sobre a adesão à dentina(55), revela que essas falhas podem ser evitadas ao se alterar o momento da hibridização dentinária,(17,56). Diferentemente do selamento dentinário tardio (SDT), o SDI consiste na hibridização da dentina (formação da camada híbrida) imediatamente após o preparo do dente, antes da moldagem, das restaurações provisórias e de qualquer contato da dentina com os fluidos orais. Na técnica convencional (SDT), a hibridização dentinária é realizada apenas no momento da colagem da restauração final (“cimentação adesiva” da “restauração definitiva”), em uma condição menos favorável, onde a dentina foi previamente exposta a vários agentes deletérios. No presente estudo esses efeitos deletérios tiveram influência na resistência à fratura de endocrowns anteriores, apesar de em estudo similar em endocrowns posteriores, o selamento dentinário imediato piorou a resistência à fratura(54).

A utilização de raízes bovinas para simular dente humanos unirradiculares já tem sua aplicação muito bem validada (47). A adesão à dentina bovina se assemelha à dentina humana(48,49) e o formato de raízes de incisivos superiores humanos pode ser simulado através de preparo das raízes bovinas, adequando-as às dimensões pretendidas(8,9,11). A utilização de raízes bovinas implica numa melhor condição de padronização das amostras devido à sua ampla disponibilidade em relação à incisivos centrais humanos íntegros e semelhantes. Explicar que foi feito a endo e depois o preparo e discutir isso. Discutir a vedação com ionomero

No presente estudo, blocos de resina nanocerâmica já se mostraram eficientes para igual resistência e melhor comportamento quanto ao modo de falha em estudos com endocrowns anteriores (11) e por esse motivo foi a opção para o presente estudo. Outro benefício desse tipo de bloco, é a possibilidade de preparo vestibular para melhoria estética com recobrimento por faceta cerâmica, quando necessário. A opção por restauração do tipo pelo fluxo digital

em vez de restauração pelo fluxo analógico também se justifica pela agilidade e facilidade de obtenção de restaurações com dimensões padronizadas, diminuindo assim o viés de variabilidade dimensional entre amostras.

Estudos in vitro estão na base da pirâmide de evidência científica e seus resultados devem ser analisados com cautela, visto que a validade externa dessa modalidade de pesquisa não é semelhante a estudos mais próximos ao topo da pirâmide de evidência(44). A validade externa de um estudo diz a respeito da generalização de seus resultados, grau de aplicabilidade ou extrapolação para outros contextos, enquanto a validade interna de um estudo diz a respeito extensão em que os resultados observados representam uma verdade para a população sendo estudada e, portanto, não se devem a erros metodológicos(45). Em estudos experimentais laboratoriais, a validade interna é um ponto forte, visto que o controle de vieses é mais rigoroso e factível através da seleção e preparo adequados das amostras e rigoroso controle na execução dos testes. Apesar do teste de resistência à fratura ser bem aceito em pesquisa odontológica, o mesmo é uma simplificação dos desafios que restaurações sofrem na boca de pacientes e, portanto, deve ser avaliado com cautela(57). O envelhecimento termo-mecânico de amostras antes do teste de resistência à fratura parece oferecer condições mais parecidas com os desafios clínicos. Uma limitação do presente estudo é que o mesmo aconteceu apenas com o teste de resistência à fratura sem envelhecimento das amostras. Novos estudos devem ser conduzidos, com testes de fadiga, por exemplo, para avaliar posteriormente, clinicamente, o efeito do momento da hibridização dentinária para endocrowns anteriores.

## 7. CONCLUSÃO

Considerando as limitações deste estudo *in vitro*, pode-se concluir que:

- O selamento dentinário imediato aumenta a resistência à fratura de endocrowns anteriores em dentes severamente destruídos;
- A maior resistência à fratura aumenta a frequência de falhas catastróficas, observadas mais frequentemente quando realizado o selamento dentinário imediato.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence Int.* 2007 Oct;38(9):733–43.
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 II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int.* 2008 Feb;39(2):117–29.
3. Von Arx T, Bosshardt D. Vertical root fractures of endodontically treated posterior teeth. *SWISS Dent J SSO SWISS Dent J SSO Barbar Bosshardt SWISS Dent J SSO.* 2017;127(127):14–23.
4. Elderton RJ. Restorations without conventional cavity preparations. *Int Dent J.* 1988 Jun;38(2):112–8.
5. Simonsen RJ. New Materials on the Horizon. *J Am Dent Assoc.* 1991;122(7):24–31.
6. Meyenberg K. The ideal restoration of endodontically treated teeth - structural and esthetic considerations: a review of the literature and clinical guidelines for the restorative clinician. *Eur J Esthet Dent.* 2013;8(2):238–68.
7. Magne P, Goldberg J, Edelhoff D, Güth J-F. Composite Resin Core Buildups With and Without Post for the Restoration of Endodontically Treated Molars Without Ferrule. *Oper Dent.* 2016;41(1):64–75.
8. Magne P, Lazari PC, Carvalho MA, Johnson T, Del Bel Cury AA. Ferrule-Effect Dominates Over Use of a Fiber Post When Restoring Endodontically Treated Incisors: An In Vitro Study. *Oper Dent.* 2017;42(4):396–406.
9. Lazari PC, de Carvalho MA, Del Bel Cury AA, Magne P. Survival of extensively damaged endodontically treated incisors restored with different types of posts-and-core foundation restoration material. *J Prosthet Dent.* 2018 May 16;119(5):769–76.
10. Carvalho MA de, Lazari PC, Gresnigt M, Del Bel Cury AA, Magne P. Current options concerning the endodontically-treated teeth restoration with the adhesive approach. *Braz Oral Res.* 2018 Oct 18;32(suppl 1):e74.
11. de Carvalho MA, Lazari-Carvalho PC, Del Bel Cury AA, Magne P. Accelerated fatigue resistance of endodontically treated incisors without ferrule restored with CAD/CAM endocrowns. *Int J Esthet Dent.* 2021 Oct 29;16(4):534–52.

12. Sedrez-Porto JA, Rosa WL de O da, da Silva AF, Münchow EA, Pereira-Cenci T. Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2016 Sep;52:8–14.
13. Sevimli G, Cengiz S, Oruc MS. Endocrowns: review. *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2015;49(2):57–63.
14. Pissis P. Fabrication of a metal-free ceramic restoration utilizing the monobloc technique. *Pract Periodontics Aesthet Dent*. 1995;7(5):83–94.
15. Belleflamme MM, Geerts SO, Louwette MM, Grenade CF, Vanheusden AJ, Mainjot AK. No post-no core approach to restore severely damaged posterior teeth: An up to 10-year retrospective study of documented endocrown cases. *J Dent*. 2017 Apr 27;63(April):1–7.
16. Biacchi GR, Mello B, Basting RT. The endocrown: an alternative approach for restoring extensively damaged molars. *J Esthet Restor Dent*. 2013 Dec;25(6):383–90.
17. Magne P. Immediate Dentin Sealing : A Fundamental Procedure for Indirect Bonded Restorations. :144–54.
18. Magne P, Kim TH, Cascione D, Donovan TE. Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *J Prosthet Dent*. 2005 Dec;94(6):511–9.
19. Magne P. IDS: Immediate Dentin Sealing (IDS) for tooth preparations. *J Adhes Dent*. 2014;16(6):594.
20. Pashley EL, Comer RW, Simpson MD, Horner JA, Pashley DH, Caughman WF. Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. *Oper Dent*. 1992;17(1):13–20.
21. Leesungbok R, Lee S-M, Park S-J, Lee S-W, Lee DY, Im B-J, et al. The effect of IDS (immediate dentin sealing) on dentin bond strength under various thermocycling periods. *J Adv Prosthodont*. 2015;7(3):224–32.
22. Qanungo A, Aras MA, Chitre V, Mysore A, Amin B, Daswani SR. Immediate dentin sealing for indirect bonded restorations. *J Prosthodont Res*. 2016 Oct;60(4):240–9.
23. Dalby R, Ellakwa A, Millar B, Martin FE. Influence of immediate dentin sealing on the shear bond strength of pressed ceramic luted to dentin with self-etch resin cement. *Int J Dent*. 2012;2012:310702.
24. de Andrade OS, Giannini M, Hirata R, Jr AS. Selamento imediato da dentina em prótese fixa. Aplicação e considerações clínicas. *Dent Press Estética*. 2008;5(1):55–68.
25. Choi Y-S, Cho I-H. An effect of immediate dentin sealing on the shear

- bond strength of resin cement to porcelain restoration. *J Adv Prosthodont.* 2010 Jun;2(2):39–45.
26. de Carvalho MA, Lazari-Carvalho PC, Polonial IF, de Souza JB, Magne P. Significance of immediate dentin sealing and flowable resin coating reinforcement for unfilled/lightly filled adhesive systems. *J Esthet Restor Dent.* 2021 Jan;33(1):88–98.
  27. Polesel A. Restoration of the endodontically treated posterior tooth. *G Ital Endod.* 2014;28(1):2–16.
  28. Rocca GT, Sedlakova P, Saratti CM, Sedlacek R, Gregor L, Rizcalla N, et al. Fatigue behavior of resin-modified monolithic CAD–CAM RNC crowns and endocrowns. *Dent Mater.* 2016;1–13.
  29. Carvalho AO, Bruzi G, Anderson RE, Maia HP, Giannini M, Magne P. Influence of Adhesive Core Buildup Designs on the Resistance of Endodontically Treated Molars Restored With Lithium Disilicate CAD/CAM Crowns. *Oper Dent.* 2015;41(1):76–82.
  30. Zicari F, Van Meerbeek B, Scotti R, Naert I. Effect of ferrule and post placement on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. *J Dent.* 2013 Mar;41(3):207–15.
  31. Magne P, Carvalho A, Bruzi G, Anderson R, Maia H, Giannini M. Influence of No-Ferrule and No-Post Buildup Design on the Fatigue Resistance of Endodontically Treated Molars Restored With Resin Nanoceramic CAD/CAM Crowns. *Oper Dent.* 2014 Aug 1;0–7.
  32. Figueiredo FED, Martins-Filho PRS, Faria-E-Silva AL. Do metal post-retained restorations result in more root fractures than fiber post-retained restorations? A systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2015 Mar;41(3):309–16.
  33. Magne P, So WS, Cascione D. Immediate dentin sealing supports delayed restoration placement. *J Prosthet Dent.* 2007;98(3):166–74.
  34. Santschi K, Lussi A. Effect of Salivary Contamination and Decontamination on Bond Strength of Two One-Step Self-Etching Adhesives to Dentin of Primary and Permanent Teeth. *J Adhes Dent.* 2015;17(1):51–7.
  35. Ghiggi PC, Steiger AK, Marcondes ML, Mota EG, Burnett LH, Spohr AM. Does immediate dentin sealing influence the polymerization of impression materials? *Eur J Dent.* 2014 Jul;8(3):366–72.
  36. Gresnigt MMM, Cune MS, Schuitemaker J, van der Made SAM, Meisberger EW, Magne P, et al. Performance of ceramic laminate veneers with immediate dentine sealing: An 11 year prospective clinical trial. *Dent Mater.* 2019;35(7):1042–52.

37. Magne P, Nielsen B. Interactions between impression materials and immediate dentin sealing. *J Prosthet Dent.* 2009 Nov;102(5):298–305.
38. Magne P, Nielsen B, Angeles L. Interactions between impression material and immediate dentin sealing. *J Prosthet Dent.* 2009;102(5).
39. Duarte S, de Freitas CRB, Saad JRC, Sadan A. The effect of immediate dentin sealing on the marginal adaptation and bond strengths of total-etch and self-etch adhesives. *J Prosthet Dent.* 2009;102(1):1–9.
40. Dillenburg ALK, Soares CG, Paranhos MPG, Spohr AM, Loguercio AD, Burnett LHJ. Microtensile bond strength of prehybridized dentin: storage time and surface treatment effects. *J Adhes Dent.* 2009;11(3):231–7.
41. Falkensammer F, Arnetzl GV, Wildburger A, Krall C, Freudenthaler J. Influence of different conditioning methods on immediate and delayed dentin sealing. *J Prosthet Dent.* 2014 Aug;112(2):204–10.
42. Dejak B, Młotkowski A. 3D-Finite element analysis of molars restored with endocrowns and posts during masticatory simulation. *Dent Mater.* 2013;29(12):e309–17.
43. Gulec L, Ulusoy N. Effect of Endocrown Restorations with Different CAD/CAM Materials: 3D Finite Element and Weibull Analyses. *Biomed Res Int.* 2017;
44. Forrest JL, Miller SA. *EBDM in Action: Developing Competence in EB Practice.* ebdLibrary, LLC; 2016. 88 p.
45. Patino CM, Ferreira JC. Internal and external validity: can you apply research study results to your patients? *J Bras Pneumol.* 2018 May;44(3):183–183.
46. Humel MMC, Oliveira MT, Cavalli V, Giannini M. Effect of storage and disinfection methods of extracted bovine teeth on bond strength to dentin. *Brazilian J Oral Sci.* 2007;6(22):1402–6.
47. Yassen GH, Platt J a., Hara AT. Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. *J Oral Sci.* 2011;53(3):273–82.
48. Soares FZM, Follak A, da Rosa LS, Montagner AF, Lenzi TL, Rocha RO. Bovine tooth is a substitute for human tooth on bond strength studies: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Dent Mater.* 2016;32(11):1385–93.
49. de Carvalho MFF, Leijôto-Lannes ACN, Rodrigues MCN de, Nogueira LC, Ferraz NKL, Moreira AN, et al. Viability of Bovine Teeth as a Substrate in Bond Strength Tests: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Adhes Dent.* 2018;20(6):471–9.

50. Dias WRL, Pereira PNR, Swift EJ. Effect of bur type on microtensile bond strengths of self-etching systems to human dentin. *J Adhes Dent*. 2004;6(3):195–203.
51. Carvalho MA de. Avaliação da resistência à fadiga e modo de falha de coroas cerâmicas sem pino em incisivos sem férula tratados endodonticamente. Universidade Estadual de Campinas; 2017.
52. de Carvalho RF, Cotes C, Kimpara ET, Leite FPP, Özcan M. Heat treatment of pre-hydrolyzed silane increases adhesion of phosphate monomer-based resin cement to glass ceramic. *Braz Dent J*. 2015;26(1):44–9.
53. Al-Dabbagh RA. Survival and success of endocrowns: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2020 Mar 17;1–9.
54. El-Damanhoury HM, Gaintantzopoulou M. The effect of immediate dentin sealing and optical powder removal method on the fracture resistance of CAD/CAM-fabricated endocrowns. *Int J Comput Dent*. 2016;19(2):135–51.
55. De Munck J, Mine A, Poitevin A, Van Ende A, Cardoso MV, Van Landuyt KL, et al. Meta-analytical review of parameters involved in dentin bonding. *J Dent Res*. 2012;91(4):351–7.
56. Magne P, Kim TH, Cascione D, Donovan TE. Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *J Prosthet Dent*. 2005 Dec;94(6):511–9.
57. Kelly JR. Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *J Prosthet Dent*. 1999 Jun;81(6):652–61.