

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Alison Flávio Campos dos Santos**

**AVALIAÇÃO DA ESTRATÉGIA RESTAURADORA DE  
DENTES UNIRRADICULARES TRATADOS  
ENDODONTICAMENTE NA FADIGA E CARGA PARA  
FRATURA**

**Taubaté – SP**  
**2023**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Alison Flávio Campos dos Santos**

**AVALIAÇÃO DA ESTRATÉGIA RESTAURADORA DE  
DENTES UNIRRADICULARES TRATADOS  
ENDODONTICAMENTE NA FADIGA  
E CARGA PARA FRATURA**

Trabalho de Tese apresentado para obtenção do  
Título de Doutor pelo Curso de Pós Graduação em  
Ciências da Saúde Universidade de Taubaté.

Área de concentração:

Orientadora: Prof. Dra. Marina Amaral

Co-orientador: Prof. Dr.Kusai Baroudi

**Taubaté – SP**

**2023**

**Grupo Especial de Tratamento da Informação – GETI  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi  
Universidade de Taubaté - UNITAU**

S237a Santos, Alison Flávio Campos dos  
Avaliação da estratégia restauradora de dentes unirradiculares  
tratados endodonticamente na fadiga e carga para fratura / Alison  
Flávio Campos dos Santos. -- 2023.  
38 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade de Taubaté, Pró-reitoria  
de Pesquisa e Pós-graduação, Taubaté, 2023.  
Orientação: Profa. Dra. Marina Amaral, Departamento de  
Odontologia.  
Coorientação: Profa. Dra. Kusai Baroudi, Departamento de  
Odontologia

1. Endocrown. 2. Dissilicato de lítio. 3. Pino. 4. Cerâmica.  
5. Endodontia. I. Universidade de Taubaté. Programa de  
Pós-graduação em Odontologia. II. Título.

CDD – 617.634

**AUTOR**

Data: \_\_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dra. Marina Amaral Universidade de Taubaté (orientadora)

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof.

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof.

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof.

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof.

Assinatura \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais **Marilene** e **Benedito Flávio** exemplo de dedicação, esperança e amor. Obrigado pela criação que me proporcionaram. Obrigado pai por cortar os tubos de PVC para a metodologia do meu trabalho.

Aos meus irmãos **Mérisse** e **João Miguel** que nunca me deixaram esmorecer e desistir, e por contribuir nos momentos que precisei que estivessem comigo.

Ao meu companheiro de vida **Eliseu** que me ofereceu como ato de amor e confiança, apoio constante na realização desse trabalho, que me viu chorar, que chorou comigo e principalmente, enxugou as minhas lágrimas, obrigado vida.

**A vocês eu dedico esse trabalho!**

## AGRADECIMENTO

A **Deus**, meu maior refúgio, minha base para ter confiança e por nunca me deixar esmorecer na fé e dedicação aos estudos.

A **Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Marina Amaral**, por todo conhecimento a mim compartilhado, pela orientação segura e eficaz, e pelo estreitamento na amizade e pela confiança depositada em mim, serei seu eterno discípulo, tenho um carinho inenarrável pela profissional e pelo ser humano impar que você é, me espelho muito na senhora e me honra muito ter a oportunidade de tê-la junto a mim.

Ao **Programa de Pós Graduação da Universidade de Taubaté**, por ter um programa muito bem consolidado e com profissionais incríveis e de garbo científico.

A **Fapesp**, por concessão de auxílio pesquisa que inclui esse projeto (Processo Fapesp 2019/20801-4)

A **CAPES**, pela bolsa e incentivo a pesquisa, que proporcionou que esse momento fosse realizado.

**Um pouco de ciência nos afasta de Deus. Muito, nos aproxima.**

**Louis Pasteur**

## **Resumo:**

**Objetivos:** Avaliar a fadiga e carga para fratura de dentes unirradiculares tratados endodonticamente após restauração com pinos de fibra de vidro/coroa total, pino/núcleo em dissilicato de lítio/coroa total, ou endocrowns fabricadas em dissilicato de lítio (DL) ou cerâmica de matriz resinosa (CR). **Metodologia:** 60 raízes bovinas foram padronizadas em 14 mm e submetidas a tratamento endodôntico com instrumentação mecanizada. Os dentes foram restaurados com pino de fibra de vidro e reabilitadas com coroa total em dissilicato de lítio(G1); pino/núcleo em dissilicato de lítio e coroa total em dissilicato de lítio (G2). As endocrowns foram fabricadas em DL (G3) e CR (G4). As amostras foram submetidas à fadiga mecânica (n=15, 10<sup>6</sup> ciclos, 100 N 4Hz), com aplicação de carga na face lingual. As amostras sobreviventes após fadiga foram submetidas ao teste de carga para fratura. As principais falhas encontradas na fadiga e carga para fratura foram falhas reparáveis com descimentação da peça e/ou fratura do retentor. **Conclusão:** O tipo de material para reabilitação pode influenciar na fadiga e carga para fratura. A reabilitação com pino/núcleo e coroa em dissilicato de lítio comparada com as demais foi a que teve pior desempenho tanto na fadiga quanto na carga para fratura. Endocrown é uma possibilidade viável para reabilitação de dentes anteriores, devendo ser mais estudada e a peça monolítica em cerâmica de matriz resinosa é uma opção para substituição do pino de fibra de vidro e coroa em dissilicato de lítio.

## **Palavras-chave:**

Endocrown, dissilicato de lítio, pino, cerâmica, endodontia

## **Summary:**

**Objectives:** To evaluate fatigue and load for fracture of endodontically treated lower incisors after restoration with fiberglass posts/total crown, lithium disilicate post/core/total crown, or endocrowns made of lithium disilicate (DL) or lithium disilicate ceramic. resin matrix (CR). **Methodology:** 60 bovine roots were standardized in 14 mm and submitted to endodontic treatment with mechanized instrumentation. The teeth were restored with a fiberglass post and rehabilitated with a total crown in lithium disilicate (G1); pin/core in lithium disilicate and total crown in lithium disilicate (G2). The endocrowns were manufactured in DL (G3) and CR (G4). The samples were submitted to mechanical fatigue (n=15, 106 cycles, 100 N 4Hz), with application of load on the lingual surface. Samples surviving after fatigue were subjected to the fracture load test.

**Conclusion:** The type of rehabilitation material can influence fatigue and fracture load; The main failures found in fatigue and load for fracture were repairable failures with descementation of the part and/or fracture of the retainer. Rehabilitation with post/core and crown in lithium disilicate, compared to the others, had the worst performance both in terms of fatigue and load for fracture. Endocrown is a viable possibility for the rehabilitation of anterior teeth, which should be further studied, and the monolithic piece in ceramic with a resin matrix is an option for replacing the fiberglass post and lithium disilicate crown.

**Key-words:** Endocrown, lithium disilicate, post, ceramic, endodontics

## **SUMÁRIO**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>13</b>
<b>3 PROPOSIÇÃO</b>	<b>17</b>
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>18</b>
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>28</b>
<b>6 DISCUSSÃO</b>	<b>32</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b>	<b>34</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>35</b>

## INTRODUÇÃO

A restauração de dentes tratados endodonticamente representa um desafio em relação ao controle de falhas clínicas (Fennis et al., 2002; Sagsen & Aslan, 2006). Este tipo de tratamento costuma envolver o uso de retentores intrarradiculares para promover retenção adicional ao material de reconstrução coronária (Bitter & Kielbassa., 2007), porém sem oferecer qualquer tipo de reforço à estrutura dental (Assif & Gorfil, 1994).

Uma das opções de retentores intrarradiculares são os pinos de fibra de vidro. Seu uso aumenta a taxa de sobrevivência clínica dos elementos dentais (Bittet al., 2009; Ferrari et al., 2007; Cagidiaco et al., 2008; Ferrari et al., 2012), porém a ausência de férula (remanescente coronário) aumenta o risco de falhas clínicas (Ferrari et al., 2007) em reabilitações indiretas com qualquer tipo de retentor.

A principal falha dos pinos de fibra de vidro se deve a perda de retenção, sendo a fratura do pino e do núcleo também relatados após 6 anos de acompanhamento clínico (Bergoli et al 2018).

Pinos cerâmicos também são indicados para uso como retentores intrarradiculares, inclusive sendo confeccionados de forma individualizada (Lee J, 2018; Spina et al. 2018). Uma das críticas em relação aos pinos cerâmicas é o seu módulo de elasticidade muito superior ao da dentina, ocasionando mais fraturas radiculares, sendo que estes geralmente são fabricados em zircônia (Lee J, 2018).

O uso de retentores intrarradiculares porém, aumenta o risco de perfuração radicular acidental (Genovese et al., 2005). E os pinos de fibra de vidro em especial, ainda apresentam a descimentação como desvantagem (Genovese et al., 2005). A evolução dos materiais restauradores e dos agentes de cimentação levou ao questionamento da necessidade do uso retentores intrarradiculares e núcleos para restauração de dentes tratados endodonticamente. Uma alternativa para restauração desses elementos é o uso de *endocrowns* (Bindl & Mormann, 1999), descritas como “peças monolíticas cerâmicas, a serem cimentadas em preparos que consistem de uma linha de termino arredondada e uma cavidade central para retenção localizada dentro da câmara pulpar, retenção esta que é adesivo-dependente” (Lin et al., 2011; Govare & Contrepolis 2020). Sendo uma peça única, a endocrwon diminui o número de interfaces geradas na restauração, favorecendo a distribuição de tensões no sistema

dente-restauração, quando comparada a um pino de fibra de vidro, associado a núcleo em resina composta e coroa total (Zarone et al. 2006).

Em uma revisão de literatura recente, endocrowns mostraram taxas de sucesso de 94 a 100% em estudos clínicos e laboratoriais, sendo considerada uma opção com potencial para a restauração de dentes tratados endodonticamente (Sedrez-Porto et al 2016). Porém, dos oito estudos incluídos na revisão, apenas 1 estudo foi realizado em dentes anteriores. Incisivos e caninos recebem mais cargas oclusais oblíquas quando comparados aos molares e pré-molares, gerando maior concentração de tensões, possível motivo para serem evitados em estudos clínicos e laboratoriais (Sedrez-Porto et al 2016). Além disso, o comprimento do pino influencia na concentração de tensões, sendo que pinos mais curtos geram um pior cenário (Santos-Filho 2014). Na comparação entre um retentor intrarradicular convencional e uma endocrown, a endocrown seria comparada a um retentor de menor comprimento na distribuição das cargas aplicadas à coroa dental. A indicação da literatura é clara para a região de molares (Magne & Knezevic 2009), porém seu uso em pré molares e dentes anteriores ainda é controversa (Zarone et al., 2006; Lin et al., 2010).

O material da restauração pode influenciar na distribuição de tensões durante a aplicação de carga no conjunto dente-restauração (Dejak 2018), e no modo de falha dos elementos restaurados (Bankoglu 2017). A distribuição de tensões pelo conjunto dente-restauração representa um fator determinante na longevidade clínica dos trabalhos protéticos (Tay & Pashley, 2007). Para que isso ocorra, uma união forte e estável e a similaridade nos módulos elásticos entre os diferentes componentes do sistema dente-restauração são imperativos (Tay & Pashley, 2007). Esses requisitos seguem o conceito da biomimética, onde o intuito é desenvolver um material restaurador compatível com os tecidos dentais, mecânica, biológica e esteticamente (Magne & Belser, 2002). Para resinas compostas, os materiais com maior módulo elástico apresentaram a menor concentração de tensões (Bicalho et al., 2014). Já quando comparadas às cerâmicas, as resinas compostas apresentaram a formação de tensões de maior magnitude no elemento dental e maior deslocamento de cúspides de pré-molares, além de menor resistência à fratura (Costa et al., 2014, Çelik Koycu & Imirzalioglu, 2015). As cerâmicas possuem maior resistência e maior tenacidade à fratura, porém não necessariamente o material mais resistente apresentaria maior longevidade (Ramos et al., 2016); materiais com propriedades mecânicas semelhantes ao dente íntegro aumentam a confiabilidade do sistema dente-restauração (Zarone et

al. 2006). Até o momento, não existem estudos experimentais avaliando o efeito de endocrowns na fadiga de dentes anteriores, que seja do conhecimento dos proponentes.

## REVISÃO DE LITERATURA

Sorrentino et. al 2021 Fizeram uma revisão narrativa focada nas propriedades ópticas, tratamento de superfície, adesão e indicações clínicas da cerâmica de dissilicato de lítio reforçada com zircônia (ZLS) para reprodução em CAD/CAM. Três pesquisadores independentes e calibrados realizaram pesquisa nas bases de dados e os artigos incluídos foram os que: 1) artigos abordando pelo menos uma das seguintes variáveis sobre ZLS: propriedades ópticas, tratamento de superfície, adesão e indicações clínicas; 2) estudos in vitro, in silico ou in vivo ; 3) relatos de casos; 4) revisões sistemáticas. Foram incluídos 98 artigos entre estudos in vitro e relatos de caso. Concluíram que não há evidências indiscutíveis que demonstrem a melhoria das propriedades ópticas em relação ao Dissilicato de lítio (LS2), apesar da peculiar configuração microestrutural, caracterizada por matriz vítrea e presença de grãos de zircônia; O ZLS apresenta alterações de cor clinicamente aceitáveis quando tratado com glaze convencional ou polimento, enquanto ciclos prolongados e/ou repetidos de queima de glaze podem afetar negativamente a cor final das restaurações. O ZLS mostra uma usinabilidade mais pobre do que o LS2. Após a cristalização, o polimento mecânico é o método mais eficaz para reduzir a rugosidade de sua superfície; O ZLS pode ser usado para coroas adesivas unitárias anteriores e posteriores coroas parciais monolíticas, facetas laminadas e coroas unitárias suportadas por implantes. Não parece ser uma opção viável para endopróteses em dentes posteriores ou próteses parciais fixas.

Silva-Sousa et al 2020 Avaliaram o efeito do tratamento restaurador com endocrown e férula no comportamento mecânico de dentes anteriores tratados endodonticamente. 50 caninos humanos foram tratados endodonticamente e divididos em 5 grupos (n=10, dentes hígidos (S), coroa associada a pino de fibra de vidro (CPF) e férula (CFPf+) e sem férula (CFPf-), e endocrown com férula (Ef+) e sem ponteira (Ef-). As coroas foram obtidas em vitrocerâmica à base de dissilicato de lítio e cimentadas com resina. O carregamento termomecânico apresentou maior número de fraturas para os grupos sem férula (CFPf- = 7, CFPf+ = 3, Ef- = 10 e Ef+ = 2) e menor probabilidade média de carga de fratura (CFPf+ = 300 N, CFPf- = 280 N, Ef+ = 320 N, Ef- = 188 N). Concluíram que a presença de férula favoreceu a longevidade e a resistência a fadiga de dentes tratados endodonticamente. A reabilitação com pino de fibra e férula mostrou-se mais resistente tanto a fadiga quanto a fratura e pode ser

indicada para dentes anteriores, o uso de endocrown com férula parece ser viável para reabilitação de dentes anteriores tratados endodonticamente.

Govare & Contrepois 2020 Realizaram uma revisão sistemática sobre endocrowns com o objetivo de determinar se endocrowns são uma alternativa confiável para restaurações para dentes extensamente danificados tratados endodonticamente e determinar qual desenho de preparo é mais apropriado e quais materiais são mais adequados para a fabricação dessas peças monolíticas. A literatura analisada abrangeu endocrowns de 1995 a junho de 2018. Foi realizada uma pesquisa de estudos *in vitro* e clínicos em inglês em 3 bases de dados de pesquisa, relatos de casos foram excluídos. Concluíram que endocrowns são uma alternativa confiável para restaurações para molares e parecem promissoras para pré-molares. Devendo-se respeitar um determinado desenho de preparo e um rigoroso protocolo de adesão. Dentre os materiais disponíveis, destacam-se a vitrocerâmica de dissilicato de lítio e a resina composta nanoparticulada.

Ghoul et al 2020 Avaliaram e compararam a adaptação marginal e interna de endocrowns de dissilicato de lítio fresadas e prensadas a quente. Trinta molares inferiores foram preparados seguindo as preparações circunferenciais de endocrowns de margem de topo; a margem cervical é paralela à superfície oclusal sem design de férula. Um escaneamento digital dos molares foi feito usando um scanner digital intraoral. As amostras foram separadas em dois grupos (n=15) grupo 1: as endocrowns foram fresadas usando blocos de dissilicato de lítio; grupo 2: as endocrowns foram prensadas a quente usando a técnica de cera perdida. A adaptação marginal e interna foi avaliada com técnica de réplica e microscópio estéreo, selecionando 32 medidas em cada endocrown. Concluíram que as endocrowns de dissilicato de lítio prensadas a quente são clinicamente adequadas, mas a técnica fresada apresentou um ajuste melhor do que a técnica prensada a quente quando a adaptação marginal e interna que foram examinadas.

El Makawi & Khattab 2019 Avaliaram o efeito de endocrowns de dissilicato de lítio em comparação com coroas de zircônia pré-fabricadas usadas para restaurar molares decíduos que foram pulpotomizados, em sua resistência à fratura e comparar as cargas para falha dessas diferentes restaurações de cerâmica com forças oclusais posteriores previamente relatadas. 20 segundos molares inferiores foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos (n=10); grupo coroa de zircônia e grupo endocrown de dissilicato de lítio. Todas as amostras foram carregadas até a falha usando uma

máquina de teste universal (Instron, EUA), e a força compressiva foi aplicada. Concluíram que o grupo coroa de zircônia (G1) apresentou resistência à fratura significativamente maior do que o grupo (G2) endocrown de dissilicato de lítio ( $p < 0,05$ ). No entanto, tanto a coroa de zircônia testada quanto a endocrown de dissilicato de lítio resistiram à aplicação de forças oclusais axiais maiores que os valores de referência para cargas oclusais posteriores.

Datora et al 2019 Compararam o desempenho à fadiga e a distribuição de tensão de molares tratados endodonticamente restaurados com endocrowns obtidos com cerâmica vítrea de dissilicato de lítio ou uma rede de cerâmica infiltrada com polímero, ambas processadas por CAD-CAM, e restaurações diretas de resina composta. Quarenta e oito molares inferiores humanos foram distribuídos aleatoriamente em 03 grupos ( $n = 16$ ) e restaurados com endocrowns (DL – vitrocerâmica de dissilicato de lítio ou PICN – rede cerâmica infiltrada com polímero) ou com restaurações diretas de resina composta. Não houve diferença na carga de falha por fadiga, número de ciclos até a fratura e probabilidades médias de sobrevivência entre os grupos. No entanto, endocrowns tiveram maior confiabilidade estrutural mecânica e as endocrowns de DL duraram mais tempo antes de começar a falhar. E chegam a conclusão que quase todas as fraturas foram restritas ao material restaurador (sem envolvimento dentário), e as origens foram identificadas na superfície oclusal. O tipo de restauração não influenciou a carga de falha por fadiga, o número de ciclos até a fratura e as probabilidades médias de sobrevivência das estratégias restauradoras. Apesar disso, a confiabilidade estrutural mecânica das endocrowns, especialmente aquelas feitas de dissilicato de lítio, foi maior e durou mais tempo antes de começar a falhar.

Vijayakumar et al 2021 Realizaram uma revisão sistemática para comparar a resistência à fratura de endocrowns à base de dissilicato de lítio (LDS) e endocrowns à base de resina (RB) de estudos in vitro e também compararam as falhas castatráficas. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica abrangente nas bases de dados. Apenas estudos in vitro que compararam a resistência à fratura de endocrowns baseadas em LDS e endocrowns RB indiretas em molares foram incluídos. Cinco estudos foram incluídos nesta revisão sistemática. O risco geral de viés para os estudos incluídos foi moderado. Sob carga axial, as endocrowns à base de resina mostraram resistência à fratura semelhante quando comparadas com as endocrowns à base de dissilicato de lítio. No entanto, eles mostraram melhor resistência à fratura quando comparados com

endocrowns de silicato de lítio reforçado com zircônia (ZLS). Além disso, endocrowns à base de resina mostraram menos falhas catastróficas do que endocrowns em dissilicato de lítio. Chegando a conclusão que as endocrowns à base de resina têm resistência à fratura semelhante ou melhor e menos falhas catastróficas quando comparadas às endocrowns de dissilicato de lítio.

Tribst et al 2021 testaram se três diferentes espessuras de camada de cimento (60, 120 e 180  $\mu\text{m}$ ) forneceriam a mesma capacidade de união entre dissilicato de lítio cimentado adesivamente e dentina humana. Os blocos de cerâmica foram cortados em 20 blocos com uma serra diamantada de baixa velocidade sob água de resfriamento e foram então cimentados à dentina plana humana com um protocolo adesivo. A montagem foi seccionada em vigas de seção transversal de 1  $\text{mm}^2$  compostas de cerâmica/cimento/dentina. A espessura da camada de cimento foi medida e três grupos foram formados. Metade das amostras foi imediatamente testada para avaliar a resistência de união a curto prazo e a outra metade foi submetida a uma simulação de envelhecimento. Os espécimes fraturados foram examinados sob estereomicroscopia. Os testes de Kruskal-Wallis mostraram que o fator “espessura da camada de cimento” influenciou significativamente os resultados de resistência de união para as amostras envelhecidas ( $p = 0,028$ ); no entanto, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos imediatamente testados ( $p = 0,569$ ). Quanto maior a espessura da camada de cimento, maior a tensão residual gerada na interface adesiva devido à contração da polimerização do cimento. Em conclusão, a espessura da camada de cimento não afeta a resistência de união imediata em restaurações de dissilicato de lítio; no entanto, camadas de cimento mais finas são mais estáveis a curto prazo, apresentando resistência de união constante e menor tensão residual.

## **PROPOSIÇÃO**

O objetivo do trabalho foi avaliar a fadiga e carga para fratura de dentes tratados endodonticamente após restauração com pinos de fibra de vidro/coroa total, pino/núcleo em dissilicato de lítio/coroa total, ou endocrowns, e o material de confecção das endocrowns: dissilicato de lítio (DL) ou cerâmica de matriz resinosa (CR).

## METODOLOGIA:

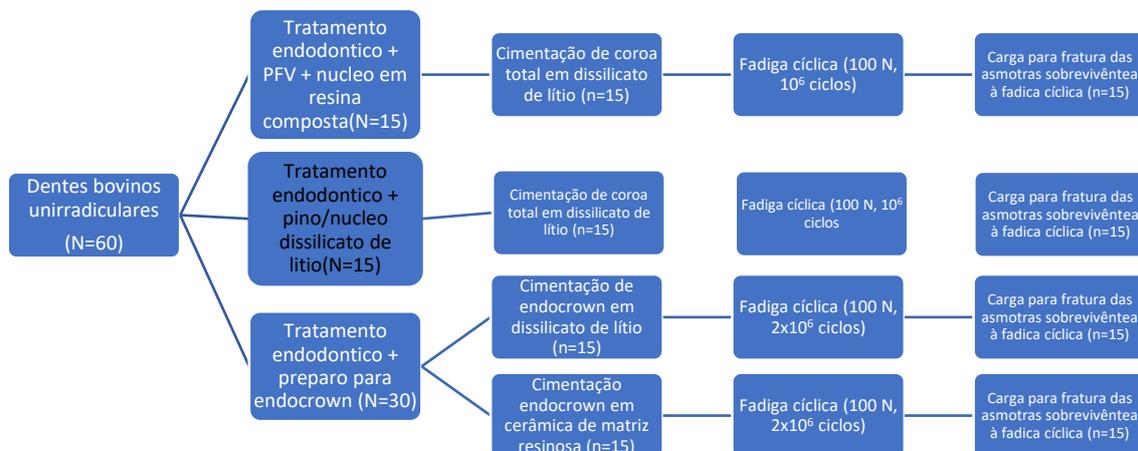


Figura 01: Delineamento experimental, estudo *in vitro*

Foram obtidos 60 dentes incisivos inferiores bovinos unirradiculares, provenientes de um frigorífico certificado, submetidos ao Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade de Taubaté. A porção coronária dos dentes foi seccionada padronizando os dentes em 14 mm (Figura 02) (máquina de corte, IsoMet 1000, Buehler). Os dentes foram instrumentados com limas rotatórias (U-File, TDK aFILES), com movimento suave de entra-e-sai utilizando motor específico (Silver Reciproc, VDW) conforme orientação do fabricante, a sequência de instrumentação foi T file glide path em 300 RPM 3 N-CM, seguida #25.08 (lima com tratamento térmico, rotação contínua no sentido horário, secção transversal tipo isostress e resistente a fratura) em 300 RPM 3N-CM até a lima chegar no comprimento de trabalho.



Figura 2- paquímetro e elementos dentais marcados em 14 mm para posterior corte e padronização do comprimento

Após a finalização da instrumentação, foi realizada uma lavagem final dos condutos, com agitação como easy clean com 5 ml de EDTA aquoso por 1 min e 5 ml de hipoclorito de sódio 5,25% durante 1 min. A lavagem final foi executada com 5 ml de água destilada. Os condutos foram então secos com pontas de papel absorvente. Cones de guta percha respectivo ao sistema que foram utilizados, juntamente com cimento endodôntico (AH plus, Dentsply) para obturação radicular. O cimento foi introduzido no canal com uma broca do tipo Lentulo, e o cone de guta-percha foi inserido imediatamente após. Cones acessórios foram inseridos conforme necessidade (figura 3), utilizado um condensador lateral manual #25. O excesso de guta percha foi removido com instrumento aquecido 2 mm abaixo da entrada dos condutos, o conduto, então, foi selado com resina composta (OPALIS, FGM ) e os elementos armazenados em ambiente úmido á 37°.



Figura 3- Sequencia de obturação do conduto 1- sem obturação;2- cone principal já com cimento obturador; 3- cones acessórios introduzidos conforme a necessidade e 4- cones cortados 1mm abaixo da entrada do canal.

Após 7 dias do tratamento endodôntico, os dentes foram preparados para restauração com: (1) pino de fibra de vidro associado a núcleo de resina composta e coroa total em dissilicato de lítio, (2) pino + núcleo individualizado, em formato de peça única, confeccionado em dissilicato de lítio e coroa total em dissilicato de lítio, (3) com endocrown confeccionada em dissilicato de lítio ou em (4) com endocrown confeccionada em cerâmica de matriz resinosa (n=15).

Trinta dentes foram desobturados em 10 mm para a cimentação de pinos de fibra de vidro (PF) e dos pinos/núcleos em dissilicato de lítio (DL), e os outros 30 dentes foram desobturados em 5 mm para a fabricação de endocrowns (EC). A desobturação foi executada com brocas Gates e lago nas sequencia #1, #2, #3, e #4, seguidas da broca referente ao pino de fibra de vidro #2 (White post DC #2, FGM), que foi utilizada para dar forma ao conduto. O conduto recebeu irrigação com hipoclorito de sódio 1% (Cloro Rio, RIOQUIMICA Industria Farmacêutica.) para limpeza.

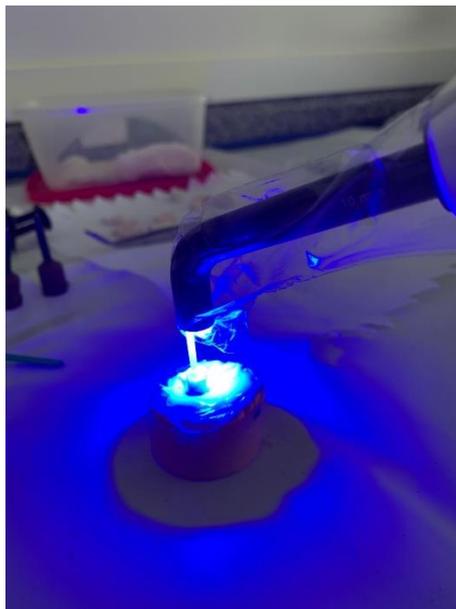


Figura 4- cimentação do pino de fibra de vidro.

Dentre as raízes desobturadas em 10 mm, 15 receberam a cimentação de um pino de fibra de vidro (figura 4) e núcleo em resina composta. Para a cimentação dos pinos de fibra de vidro (White post DC #2, FGM), estes foram tratados com ácido fosfórico 37% (Condor, FGM) por 1 minuto para limpeza da superfície, seguido de lavagem e secagem abundantes, e aplicação de agente silano (Ceremic Primer, 3M ESPE). Um cimento resinoso dual auto-adesivo (RelyX U200, 3M ESPE) foi manipulado de acordo com as indicações do fabricante, e inserido dentro do conduto com uma seringa específica (Centrix, DFL). O pino foi imediatamente posicionado no interior do canal radicular, os excessos de cimento resinoso removidos e o conjunto fotoativado (Bluephase N, Ivoclar Vivadent) por 60 s pela face oclusal do elemento dental. O pino foi cortado em 6 mm a partir da entrada do conduto, em direção coronária. A porção coronária do elemento dental foi condicionada com ácido fosfórico 37% (Condor, FGM) por 15 s, seguido de lavagem e secagem e aplicação de adesivo dentinário (Adper SingleBond, 3M ESPE). O adesivo fotoativado e a porção coronária foi reconstruída com resina composta (Z350, 3M ESPE) utilizando uma matriz de acetato.

#### Confecção da matriz de acetato

Para a confecção da matriz em acetato, um dente não utilizado no estudo recebeu a cimentação de um pino de fibra de vidro, como descrito anteriormente. O

pino foi então seccionado em 6 mm de altura coronária, e um núcleo coronário, simulando um preparo para coroa total em cerâmica pura para incisivo central, foi construído de forma incremental em resina composta (OPALIS, FGM). Após, o núcleo de preenchimento recebeu acabamento com pontas diamantadas (3139F, KG Sorensen). Este elemento reconstruído teve a porção coronária e do término cervical moldados com silicone por adição (Elite HD+, Zhermack) e reproduzido em gesso tipo IV (Asfer), gerando 8 troqueis. Os troqueis em gesso foram posicionados em uma plastificadora à vácuo (PlastVac P7, Bio-Art) e uma placa de acetato de 1 mm de espessura (Cristal, Essence Dental VH) foi aquecida, e aplicada sobre os troqueis. Após resfriamento, as matrizes foram separadas dos troqueis em gesso, e recortadas individualmente para a confecção dos núcleos de tamanho padronizado sobre os elementos restaurados a serem testados (figura 5)



Figura 5- matriz em acetato para o núcleo de preenchimento em resina composta

Dentre as demais raízes que foram desobturados em 10 mm, 15 tiveram o conduto radicular modelado com o auxílio de pinos padrão (Pinjet, Agelus), e resina acrílica de baixa contração (Duralay Reliance, Dental MFG). O excesso coronário do pino padrão foi seccionado na altura de 6 mm a partir da entrada do conduto radicular, e a porção do núcleo coronário reconstruída com as matrizes de acetato, conforme descrito anteriormente. Modelagem dos condutos foi, então, enviada ao laboratório de prótese para confecção do pino/núcleo em dissilicato de lítio (figura 6). Para a cimentação, os pinos foram tratados com ácido fluorídrico 10% (Condor porcelana, FGM) por 20 segundos, seguido de lavagem e secagem abundantes, e aplicação de agente silano (Ceramic Primer, 3M ESPE). Um cimento resinoso dual auto-adesivo (RelyX U200, 3M ESPE) foi manipulado de acordo com as indicações do fabricante, e inserido dentro do conduto com uma seringa específica (Centrix, DFL). O pino/núcleo

foi imediatamente posicionado no interior do canal radicular, os excessos de cimento resinoso foram removidos e o conjunto fotoativado (Bluephase N, Ivoclar Vivadent) por 60 s pela face oclusal do elemento dental.

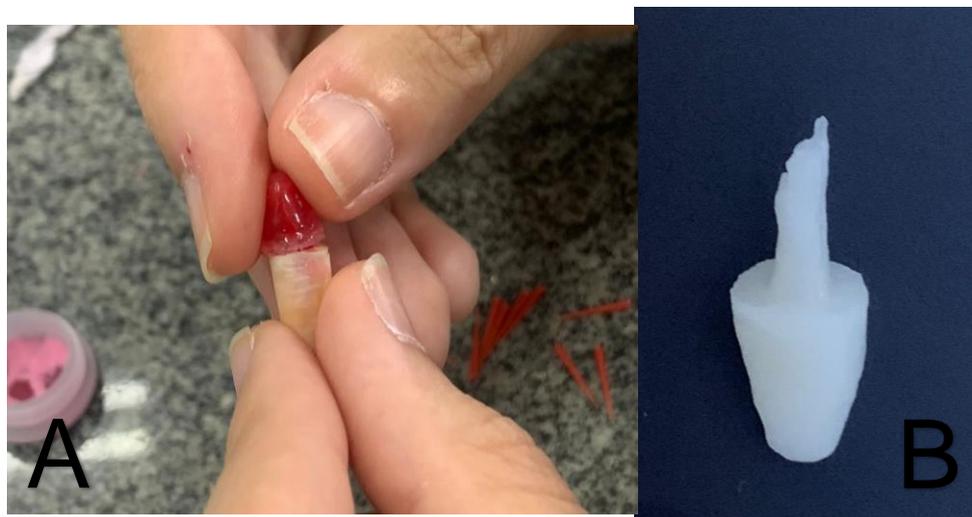


Figura 6- A) modelagem do conduto para confecção do pino em dissilicato de Lítio;  
B) retentor em dissilicato de lítio pronto para cimentação

Para os elementos desobturados em 5 mm (30 dentes), nenhum procedimento adicional foi executado.

Os elementos preparados foram levados a um scanner de bancada (inEos Blue, Sirona), para digitalização dos preparos e transferência das imagens para um software CAD (InLab, Sirona) (figura 7). Para os dentes com pinos de fibra de vidro ou pino/núcleo em DL, foram confeccionadas coroas totais convencionais, com 1 mm de espessura axial e 2 mm de espessura incisal, sendo as 30 coroas fresadas (CEREC, Sirona) em dissilicato de lítio (e.max CAD, Ivoclar Vivadent) (figura 8). Para os demais dentes, foram confeccionadas endocrowns, com as mesmas dimensões externas das coroas anteriores, sendo 15 fresadas em dissilicato de lítio (DL), e 15 fresadas em cerâmica de matriz resinosa (CR) (Vita Enamic, Vita ZahnFabrik). Todas as coroas receberam acabamento conforme especificado pelo fabricante, e as coroas de dissilicato de lítio foram cristalizadas em forno específico (figura 9).



Figura 7- Digitalização dos preparos

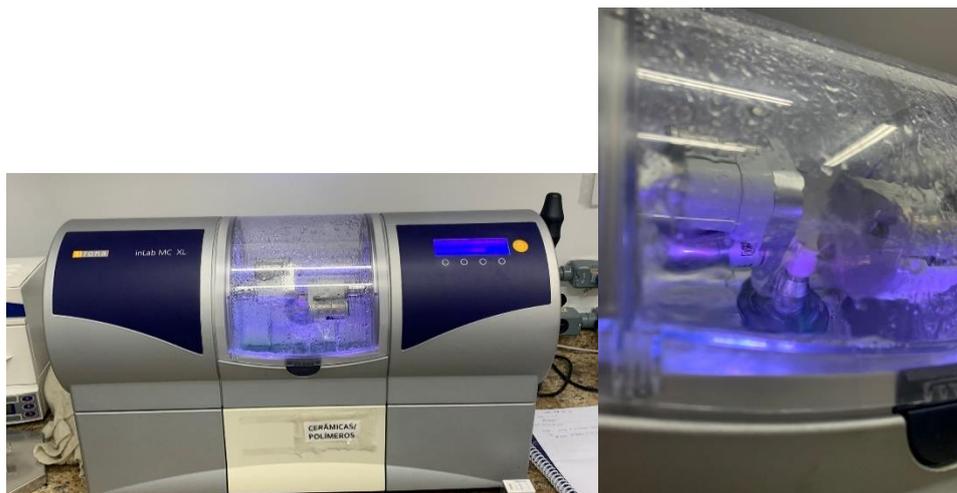


Figura 8- coroas sendo fresadas no CEREC, Sirona)



Figura 9- Cristalização das coroas em dissilicato de Lítio.

As coroas foram cimentadas nos elementos dentais com protocolo adesivo; para isso o esmalte remanescente foi condicionado com ácido fosfórico 37% (Condor, FGM) por 30s, e o núcleo em dissilicato de lítio condicionado com ácido fluorídrico 10% (Condor porcelana, FGM) por 20 segundos, seguido de lavagem abundante e secagem leve. O sistema adesivo universal (Adper SingleBond Universal, 3M ESPE) foi aplicado em esmalte, dentina e resina composta de reconstrução do núcleo. Para tratamento de superfície das restaurações, o dissilicato de lítio recebeu condicionamento com ácido fluorídrico 10% (Condor porcelana, FGM) por 20 s, lavagem com jato de água por 40 s, secagem com jato de ar por 20 s, aplicação do silano (Ceremic Primer, 3M ESPE) por

60 segundos, e a cerâmica de matriz resinosa recebeu condicionamento com ácido fluorídrico 10% (Condor porcelana, FGM) por 60 s, lavagem com jato de água por 120s, secagem com jato de ar por 20 s, aplicação do silano (Ceremic Primer, 3M ESPE) por 60 segundos. Um cimento resinoso dual convencional (RelyX Ultimate, 3M ESPE) foi manipulado, inserido no interior das coroas e as restaurações foram imediatamente posicionadas sobre os preparos. Uma carga manual foi aplicada sobre as coroas para assentamento total (até união das margens da restauração com o término do preparo dental) e escoamento do excesso de cimento. O excesso de cimento foi removido e executada a fotoativação (Bluephase N, Ivoclar Vivadent) por 30 segundos nas faces vestibular e lingual dos elementos.

Após, as raízes foram incluídas até 2 mm abaixo da linha de término cervical, em matrizes de PVC (22mm, Tigre) de 15 mm de altura e preenchidas com resina acrílica ativada quimicamente (JET, Classico) (figura 10).

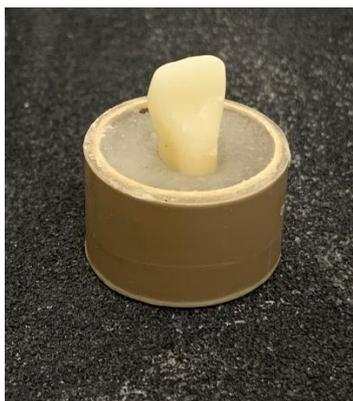


Figura 10 – corpo de prova pronto para ser testado

Após, as amostras foram armazenadas por 7 dias em ambiente úmido a 37°C, e então submetidas a aplicação de carga mecânica cíclica. As amostras foram posicionadas na máquina de fadiga em 45° (figura 11), e aplicado 1 milhão de ciclos de 100 N, a 4 Hz de frequência, na porção palatina dos dentes, na região de cíngulo. Após, as amostras sobreviventes foram submetidas à uma carga crescente em máquina de ensaios universal (Mbio 5000, BioPDI), até fratura das amostras.



Figura 11 – amostra posicionada na base e inserida na máquina de fadiga

## RESULTADOS

A tabela 1 mostra as falhas ocorridas durante a ciclagem mecânica. O G1 apresentou o menor número de falhas, enquanto o G2 apresentou o maior número. Nenhuma fratura radicular foi observada.

Tabela 1. Quantidade e tipo de falha ocorridas na ciclagem mecânica.

	Descimentação da coroa	Fratura do retentor intrarradicular	Total de falhas por grupo
G1	2		2
G2		7	7
G3	2	4	6
G4	6		6

As amostras que sobreviveram a ciclagem mecânica foram submetidas a carga para fratura (Tabela 2). Houve diferença estatística entre os grupos ( $p=0,021$ ), com o G2 apresentando os menores valores de carga para fratura. O grupo G1 apresentou falhas do tipo descimentação do conjunto pino/coroa (7/13) e fratura da coroa (6/13) dessas 2 amostras apresentaram falhas irreparáveis com trinca em dentina radicular, ambas em falhas de fratura da coroa; o G2 apresentou fratura do retentor intrarradicular (8/8) e nenhuma falha em dentina; o G3 apresentou fratura (5/8) e descimentação (3/8) da coroa e as mesmas três amostras que sofreram descimentação tiveram trincas em dentina radicular; e o G4 apresentou principalmente descimentação da coroa (7/9), mas também fratura (2/9), das sete amostras com descimentação da coroa, cinco, tiveram falhas irreparáveis com trinca em dentina radicular.

Tabela 2. Dados de carga para fratura e significância estatística

	Número de amostras testadas	Média de carga para fratura (N) e desvio padrão	Mediana	Significância estatística
G1	13	677,0 (412,0)	700,9	A
G2	8	192,9 (118,9)	185,1	C
G3	8	608,0 (390,0)	467,8	B
G4	9	615,0 (375,0)	713,9	AB

Tabela 3. Falhas irreparáveis após teste de carga para fratura

	Número de amostras	Falhas Irreparáveis
G1	13	2
G2	8	0
G3	8	3
G4	9	5

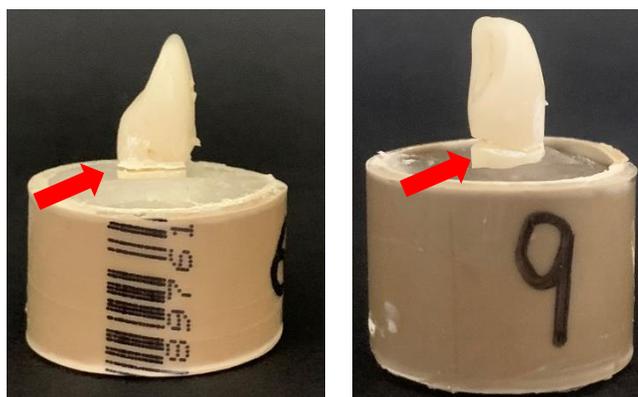


Figura 12 A – falha reparável com descimentação da coroa no G1

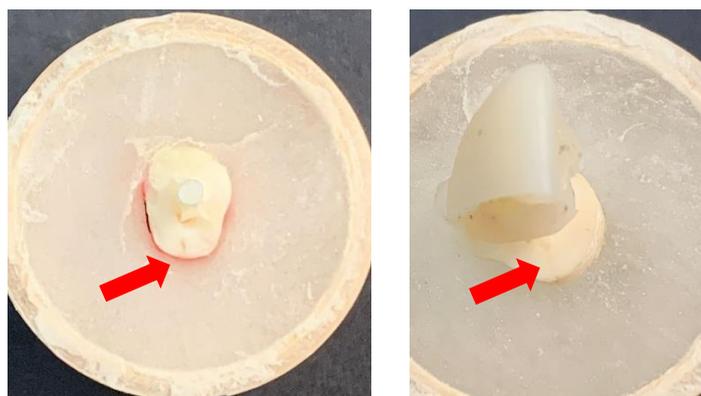


Figura 12 B – falha irreparável após análise de fratura G1



Figura 12 C – Falha reparável com fratura da coroa/retentor intrarradicular G2

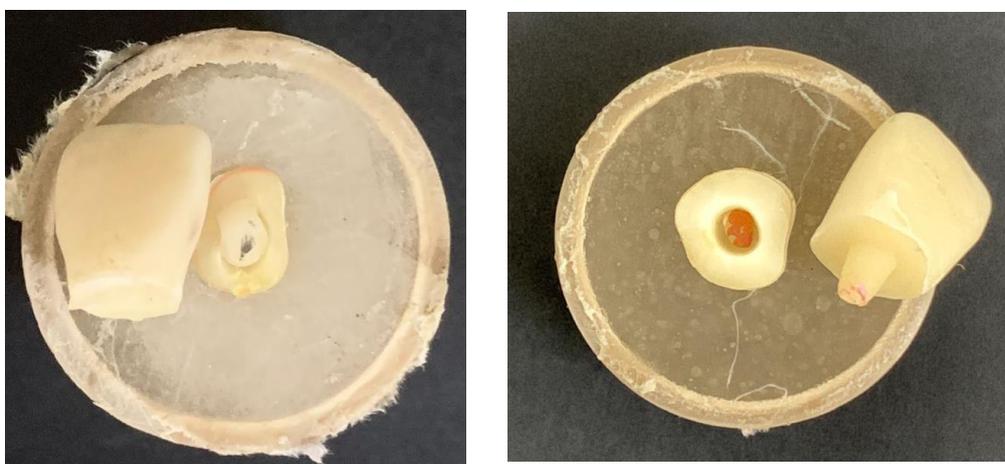


Figura 12 D – Falha reparável com descimentação/fratura do retentor endocrown G3

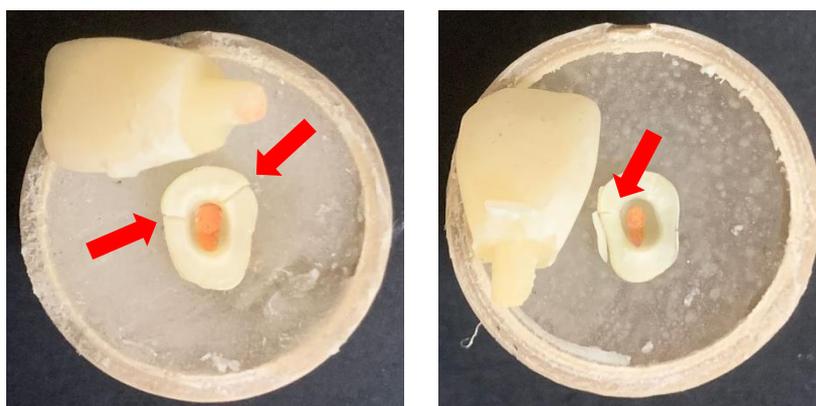


Figura 12 E – Falha irreparável após análise de fratura endocrown G3

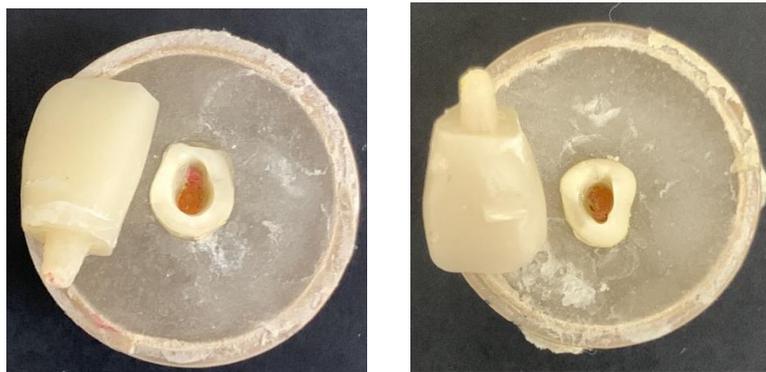


Figura 12 F – Falha reparável descimentação endocrown G4

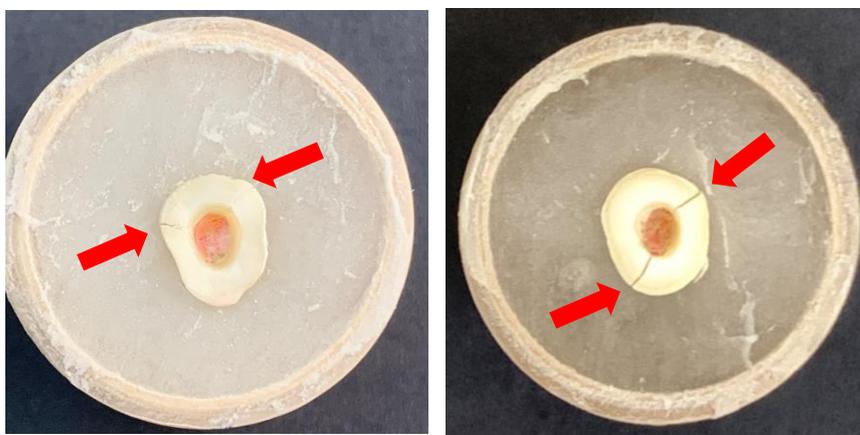


Figura 12 G – Falha irreparável após análise de fratura G4

## DISCUSSÃO

A hipótese nula do nosso trabalho não foi aceita, sendo que o grupo que recebeu o pino de fibra de vidro e reabilitação com coroa de dissilicato de lítio foi o que teve melhor desempenho no teste de fadiga de carga para fratura, já o grupo que foi reabilitado com pino/coroa em dissilicato de lítio foi o que teve os piores resultados tanto no teste de fadiga quanto no teste de carga para fratura.

Durante a ciclagem mecânica todas as falhas ocorridas nos grupos, foram falhas clinicamente reparáveis, na reabilitação, o que corrobora com Datora et al 2019 que avaliou a tensão e distribuição de molares tratados endodonticamente e reabilitados com endocrown, onde eles concluíram que quase todas as fraturas foram no material restaurador.

Silva-Souza et al 2020 que comparou grupos com férula e sem férula para reabilitação com pino de fibra de vidro e endocrown em dentes anteriores e concluíram que a férula favoreceu a longevidade e resistência a fadiga e que endocrown com férula é viável para reabilitação de dentes anteriores, porém no nosso trabalho estatisticamente o grupo reabilitado com endocrown em cerâmica de matriz resinosa foi semelhante na carga para fratura com os grupos reabilitados com pino de fibra de vidro e coroa em dissilicato de lítio e também entre o grupo reabilitado com endocrown em dissilicato de lítio, todos sem férula.

Datora et al 2019 realizou um trabalho avaliando a fadiga e distribuição de tensão em molares com tratamento endodôntico comparando a reabilitação com endocrown em dissilicato de lítio e cerâmica infiltrada com polímero no sistema de escaneamento e impressão das peças, como no nosso trabalho, concluíram que o grupo reabilitado com endocrown em dissilicato de lítio foi o que mais durou antes de começar a falhar, já no nosso trabalho comparando os grupos reabilitados com endocrown, o grupo da cerâmica em matriz resinosa apresentou melhor desempenho e demorou mais e aguentou mais carga para fratura que o grupo endocrown de dissilicato de lítio, o que corrobora com a revisão sistemática publicada por Vijayakumar et al 2021 que concluíram que a endocrown em resina é mais resistente, semelhante ou melhor e menos falhas se comparado com endocrown em dissilicato de lítio.

Ghoul et al 2020 avaliaram endocrowns em dissilicato de lítio fresadas e prensadas a quente para avaliar a adaptação marginal das peças monolíticas, e

concluíram que as peças fresadas tem ajuste melhor que a técnica prensada quanto a adaptação marginal e interna, o que vai de encontro com nosso trabalho onde as peças monolíticas foram fresadas em sistema de escaneamento e fresagem.

Mesmo no nosso trabalho, levando ao teste a situação mais difícil, sem férula, o grupo reabilitado com pino de fibra de vidro e coroa total em dissilicato de lítio foi o que teve melhor desempenho na fadiga e carga para fratura, o que vai de encontro com Silva-Souza et al 2020 que concluíram que o pino de fibra de vidro para reabilitação foi o grupo mais resistente a fratura.

Assim também Silva- Souza et al 2020 concluíram que endocrown com férula é uma opção viável para dentes anteriores, no nosso trabalho a reabilitação com endocrown em dentes anteriores feita com cerâmica de matriz resinosa foi semelhante estatisticamente com o grupo reabilitado com pino de fibra de vidro e coroa em dissilicato de lítio sem férula, sendo então a endocrown em cerâmica de matriz resinosa uma opção para reabilitação para dentes anteriores.

El Makawi & khattab 2019 compararam endocrown em dissilicato de lítio e coroas pré fabricadas em zircônia e concluíram que a zircônia apresentou resistência a fratura significativamente maior que endocrown em dissilicato de lítio, porém ambas resistiram a forças oclusais axiais maiores que os valores de referência para cargas oclusais posteriores, assim como no nosso trabalho o grupo reabilitado com pino/núcleo de dissilicato de lítio e coroa em dissilicato de lítio foi o que apresentou menor valor de carga para fratura ainda assim maior do que os valores de referência para carga oclusal de dentes anteriores.

Costuma-se utilizar de retentores intrarradiculares para obter uma retenção adicional ao material de reconstrução coronária (Bitter et. al., 2010). A ausência de férula (pelo menos 2 mm de remanescente coronário) aumenta o risco de falhas, do tipo perda de retenção do pino – núcleo- coroa. Pinos são geralmente necessários durante a restauração de dentes com histórico de tratamento de canal e perda excessiva de tecido dentário (Ozyurek et al. 2020). Tendo em vista que as amostras do presente estudo não dispunham de férula, este fato pode ter levado ao maior número de falhas por perda de retenção do pino/núcleo, consideradas reparáveis. Pode-se supor que amostras com presença de remanescente coronário apresentem resultados diferentes quanto à influência do tipo de instrumentação endodôntica. Adicionalmente, Zicari et al., 2011; Cloet et al., 2017; Naumann et al., 2018, relatam que mesmo com a

presença de férula o uso ou não do pino de fibra de vidro não influencia na taxa de sobrevivência clínica de dentes tratados endodonticamente.

## CONCLUSÃO

Considerando as limitações desse estudo, chegamos à conclusão que:

- 1- O grupo restaurado com pino de fibra de vidro e coroa de dissilicato de lítio apresentou os melhores resultados de fadiga e carga para fratura.
- 2- As principais falhas encontradas na fadiga e carga para fratura foram falhas reparáveis com descimentação da peça e/ou fratura do retentor;
- 3- A reabilitação com pino/núcleo e coroa em dissilicato de lítio comparada com as demais foi a que teve pior desempenho tanto na fadiga quanto na carga para fratura;
- 4- Endocrown é uma possibilidade viável para reabilitação de dentes anteriores, devendo ser mais estudada;
- 5- Endocrown em cerâmica de matriz resinosa é uma opção para substituição do pino de fibra de vidro e coroa em dissilicato de lítio.

**Referências Bibliográficas:**

- Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations on restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1994; 71:565-567.
- Bankoğlu Güngör M, Turhan Bal B, Yilmaz H, Aydın C, Karakoca Nemli S. Fracture strength of CAD/CAM fabricated lithium disilicate and resin nano ceramic restorations used for endodontically treated teeth. *Dent Mater J*. 2017 Mar 31;36(2):135-141.
- Bergoli CD, Brondani LP, Wandscher VF, Pereira G, Cenci MS, Pereira-Cenci T, Valandro LF. A Multicenter Randomized Double-blind Controlled Clinical Trial of Fiber Post Cementation Strategies. *Oper Dent*. 2018 Mar/Apr;43(2):128-135. doi: 10.2341/16-278-C.
- Bicalho AA, Tantbirojn D, Versluis A, Soares CJ. Effect of occlusal loading and mechanical properties of resin composite on stress generated in posterior restorations. *Am J Dent*. 2014 Jun;27(3):129-33.
- Bindl A, Mörmann WH. Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years—preliminary results. *J Adhes Dent* 1999;1:255–65.
- Bitter K, Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. *Am J Dent* 2007;20:353– 60.
- Bitter K, Noetzel J, Stamm O, Vaudt J, Meyer-Lueckel H, Neumann K, Kielbassa AM. Randomized clinical trial comparing the effects of post placement on failure rate of postendodontic restorations: preliminary results of a mean period of 32 months. *J Endod*. 2009 Nov;35(11):1477-82.
- Cagidiaco Mc, Garcia-Godoy F, Drovichi A, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Placement of fiber prefabricated or custom made posts affects the 3-year survival of endodontically treated premolars. *Am J Dent* 2008;21: 179-184.
- Çelik Köycü B, İmirzalıoğlu P. Heat Transfer and Thermal Stress Analysis of a Mandibular Molar Tooth Restored by Different Indirect Restorations Using a Three-Dimensional Finite Element Method. *J Prosthodont*. 2015 Nov 30. doi: 10.1111/jopr.12397.
- Costa A, Xavier T, Noritomi P, Saavedra G, Borges A. The influence of elastic modulus of inlay materials on stress distribution and fracture of premolars. *Oper Dent*. 2014 Jul-Aug;39(4):E160-70. doi: 10.2341/13-092-L.

- Dejak B, Mlotkowski A. Strength comparison of anterior teeth restored with ceramic endocrowns vs custom-made post and cores. *J Prosthodont Res.* 2018 Apr;62(2):171-176.
- Fennis WM, Kuijs RH, Kreulen CM, Roeters FJ, Creugers NH, Burgersdijk RC. A survey of cusp fractures in a population of general dental practices. *Int J Prosthodont* 2002;15:559–63.
- Ferrari M, Cagidiaco MC, Grandini S, De Sanctis M, Goracci C. Post placement affects survival of endodontically treated premolars. *J Dent Res.* 2007 Aug;86(8):729-34.
- Ferrari M, Vichi A, Fadda GM, Cagidiaco MC, Tay FR, Breschi L, Polimeni A, Goracci C. A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. *J Dent Res.* 2012 Jul;91(7 Suppl):72S-78S.
- Lin CL, Chang YH, Chang CY, Pai CA, Huang SF. Finite element and Weibull analyses to estimate failure risks in the ceramic endocrown and classical crown for endodontically treated maxillary premolar. *Eur J Oral Sci* 2010;118:87–93.
- Lin CL, Chang YH, Pai CA. Evaluation of failure risks in ceramic restorations for endodontically treated premolar with MOD preparation. *Dent Mater* 2011;27:431–8.
- Magne P, & Belser U (2002) *Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition – A Biomimetic Approach* Quintessence Publishing Co, Chicago, IL 52.
- Magne P, Knezevic A. Simulated fatigue resistance of composite resin versus porcelain CAD/CAM overlay restorations on endodontically treated molars. *Quintessence Int* 2009;40:125–33.
- Sagsen B, Aslan B. Effect of bonded restorations on the fracture resistance of root filled teeth. *Int Endod J* 2006;39:900–4.
- Sedrez-Porto JA1, Rosa WL1, da Silva AF1, Münchow EA1, Pereira-Cenci T2. Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2016 Sep;52:8-14.
- Topçuoğlu HS, Düzgün S, Kesim B, Tuncay O. Incidence of apical crack initiation and propagation during the removal of root canal filling material with ProTaper and Mtwo rotary nickel-titanium retreatment instruments and hand files. *J Endod.* 2014 Jul;40(7):1009-12. doi: 10.1016/j.joen.2013.12.020. Epub 2014 Feb 8.
- Zarone F, Sorrentino R, Apicella D, Valentino B, Ferrari M, Aversa R, et al. Evaluation of the biomechanical behavior of maxillary central incisors restored by means of endocrowns compared to a natural tooth: a 3D static linear finite elements analysis. *Dent Mater* 2006;22:1035–44

