



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

**Influência do remanescente dentário na
resistência à fratura de dentes com endodontia e
restaurados com pino de fibra de vidro**

Renata dos Santos Braga

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina
Dentária (Ciclo Integrado)**

Gandra, 31 de Maio de 2022

Renata dos Santos Braga

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária
(Ciclo Integrado)**

**Influência do remanescente dentário na
resistência à fratura de dentes com endodontia e
restaurados com pino de fibra de vidro**

Trabalho realizado sob a Orientação de Mestre Carolina Coelho

Declaração de Integridade

Eu, Renata dos Santos Braga, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

Declaração do Orientador

Eu, Carolina Coelho, com a categoria profissional de Assistente Convidada do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientador da dissertação intitulada “Avaliação da influência do remanescente dentário na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente e restaurados com pino de fibra de vidro ” do Aluno do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, “Renata dos Santos Braga”, declaro que sou de parecer favorável para que a Dissertação possa ser depositada para análise do Arguente do Júri nomeado para o efeito para a Admissão a provas publicas conducentes à obtenção do Grau de Mestre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Sou grata ao meu esposo Daniel, meu filho Danilo e minha filha Juliana pelo apoio que sempre me deram durante o meu percurso acadêmico e na minha vida.

Sou grata aos meus pais por sempre me incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou.

Não posso deixar de lembrar da pessoa que me motivou, ajudou nas minhas questões e que norteavam meus pensamentos diante do nível de experiência que ela tem na área, Prof^a Dr^a Anna Karina Figueiredo Costa.

Deixo um agradecimento especial a minha orientadora, Prof^a Carolina Coelho, pelo incentivo e pela dedicação do seu tempo ao meu projeto de pesquisa.

Também quero agradecer à Universidade Cespu e a todos os professores do meu curso pela elevada qualidade do ensino oferecido.

RESUMO

INTRODUÇÃO: É importante reconstruir e restaurar a forma, função e estética dos elementos dentários. A quantidade de tecido coronário remanescente, tem sido relatada como um fator importante que afeta o comportamento biomecânico da restauração com pino de fibra de dentes tratados endodonticamente.

OBJETIVO: Avaliar a influência da quantidade do remanescente dentário na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente e restaurados com pino de fibra de vidro.

MATERIAIS E MÉTODOS: Foi realizado uma revisão sistemática integrativa, utilizando a base de dados científica *PubMed*. Os artigos passaram por uma seleção descrita no Fluxograma de pesquisa bibliográfica. Os artigos foram analisados individualmente a fim de determinar os artigos elegíveis para a Revisão Sistemática. Após a seleção dos artigos, estes foram lidos na íntegra e avaliados individualmente, num total de 21 artigos elegidos nessa fase.

RESULTADOS/DISCUSSÃO: A resistência à fratura não foi significativamente diferente entre os grupos com férula e sem férula, porém, alguns autores relataram que o efeito férula aumentou significativamente a resistência à fratura dos dentes restaurados, independentemente do uso de pino. Quanto maior a altura da férula, maior a resistência à fratura. A adição de pino de fibra não foi significativa na presença de férula. A localização da férula não teve efeito significativo na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente.

CONCLUSÃO: Quanto maior o número de paredes coronárias residuais e maior altura da férula, maior resistência à fratura.

Palavras-chaves: *“tooth fractures”; “tooth, nonvital”; “post and core technique”; “finite element analysis”; “glass”; “ferrule”.*

ABSTRACT

INTRODUCTION: It is important to reconstruct and restore the form, function and aesthetics of dental elements. The amount of remaining coronary tissue has been reported to be an important factor affecting the biomechanical behavior of fiber post restorations of endodontically treated teeth.

OBJECTIVE: To evaluate the influence of the amount of remaining tooth on the fracture resistance of endodontically treated teeth and restored with fiberglass posts.

MATERIALS AND METHODS: An integrative systematic review was performed using the *PubMed* scientific database. The articles were analyzed individually in order to determine the articles eligible for the Systematic Review. After selecting the articles, they were read in full and evaluated individually, in a total of 21 articles selected at this stage.

RESULTS/DISCUSSION: Fracture resistance was not significantly different between the ferrule and non-ferrule groups, however, some authors reported that the ferrule effect significantly increased the fracture resistance of restored teeth, regardless of the use of a post. The greater the height of the ferrule, the greater the fracture resistance. The addition of fiber post was not significant in the presence of ferrule. Ferrule location had no significant effect on the fracture strength of endodontically treated teeth.

CONCLUSION: The greater the number of residual coronary walls and the height of the ferrule had a significant effect on fracture strength.

Keywords: “tooth fractures”; “tooth, nonvital”; “post and core technique”; “finite element analysis”; “glass”; “ferrule”.

ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2.3 HIPÓTESES	3
3. METODOLOGIA	4
3.1 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA	4
3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	5
3.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	5
3.4 SELEÇÃO DOS ARTIGOS	5
4. RESULTADOS	7
5. DISCUSSÃO	16
FUNÇÃO DO RETENTOR INTRARADICULAR	16
CIMENTAÇÃO DO PINO DE FIBRA DE VIDRO	18
TIPO DE CIMENTO RESINOSO	20
CONFIGURAÇÃO DE UM PINO DE FIBRA DE VIDRO	20
MATERIAL DE ELEIÇÃO DA COROA SOBRE UM PINO DE FIBRA	21
EFEITO FÉRULA DE UM DENTE	21
RADIOPACIDADE DE FIBRA DE VIDRO	24
INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO DA FÉRULA	25
INFLUÊNCIA DO PREPARO DO DENTE NA RESISTÊNCIA A FRATURA ..	26
6. CONCLUSÃO	29
7. REFERÊNCIAS	31

ÍNDICE DE FIGURAS

viii

Figura 1: Metodologia PICO

Figura 2: Fluxograma da pesquisa bibliográfica

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Estratégias de pesquisa

Tabela 2: Dados relevantes coletados dos estudos selecionados

LISTA DE ABREVIATURAS

X

- H0 - Hipótese nula
- H1 - Hipótese 1
- PICO - Paciente, Intervenção, Comparação e "*Outcomes*"
- TET- Dentes tratados endodonticamente
- ETC - Caninos tratados endodonticamente
- GFP - Pinos de fibra de vidro
- MC - Coroas metalocerâmica
- AC - Cerâmica pura
- EDTA - Ácido etileno diamino tetra-acético 17%
- CHX - Clorexidina 2%
- CEJ - Junção cimento-esmalte
- PH - Ácido fosfórico 37%
- NaClo - Hipoclorito de Sódio

1. INTRODUÇÃO

A forma ideal de restaurar os dentes após o tratamento endodôntico, tem sido controversa até hoje. Os dentes tratados endodônticamente têm propriedades mecânicas significativamente diferentes em comparação aos dentes vitais ^(1,2).

As alterações nas propriedades biomecânicas e na integridade estrutural dos dentes tratados endodônticamente são, atribuídas à perda de estrutura dos tecidos duros, extensão da lesão cáriosa, propagação da fratura, preparo final da cavidade, além da cavidade de acesso antes da terapia endodôntica ^(3,4).

A reabilitação dos dentes não é concluída após a realização do tratamento endodôntico. É importante restaurar a forma, função e estética. Devido à endodontia, há uma diminuição da resistência à fratura devido à deterioração de estruturas como: ponte de esmalte, cristas marginais, teto da câmara pulpar e toda a restante estrutura mineral que foi removida ⁽⁵⁾.

O padrão de distribuição de tensão num dente saudável com uma polpa vital não pode ser recriado. Quando os pinos endodônticos são introduzidos no canal radicular, há uma estrutura totalmente diferente e não natural que tem uma rigidez totalmente diferente da polpa. Portanto, é favorável a utilização de materiais com propriedades mecânicas semelhantes às da dentina coronária, a fim de aumentar e melhorar a resistência à fratura ⁽⁶⁾.

Com o avanço da reabilitação estética, os pinos de fibra de vidro por terem uma translucência natural e módulo elástico semelhante à dentina, é considerado como tendo um melhor desempenho em comparação com outros tratamentos ⁽⁷⁾.

A quantidade de tecido coronário remanescente, tem sido relatada como um fator importante que afeta o comportamento biomecânico da restauração com pino de fibra ⁽⁸⁾.

Quando uma quantidade considerável de dentina coronária remanescente é preservada, um colar circunda as paredes paralelas à dentina. Isso é chamado de efeito férula, que protege a raiz de fraturas, reduzindo a concentração de tensão gerada pela função mastigatória ⁽⁸⁾.

Skupien JÁ *et al* em 2016, relataram que a férula aumenta a resistência à fratura e, dependendo da sua altura, previne falhas irreparáveis ou catastróficas, que evita a extração do dente. Porém, nem sempre é possível a conservação do remanescente dentário, uma vez que o dente passou por um tratamento endodôntico ⁽⁹⁾.

Mas, se for possível conservar uma pequena quantidade de remanescente é mais favorável do que apresentar total ausência de férula. Deste modo, a longevidade dos dentes depende da quantidade de estrutura dentária coronária e da capacidade dos materiais restauradores em repor a substância perdida ^(10,11).

Samran *et al* relataram que para obter as vantagens do efeito do remanescente dentário em relação a resistência à fratura, a férula deve ter uma altura de 1,5 a 2 mm. Mangold e Kern, revelaram o efeito dos pinos na resistência à fratura de dentes tratados endodônticamente com diferentes números de parede, mas não avaliaram a influência da localização da férula ^(12, 13).

Samran *et al* relataram que o aumento do número de paredes residuais e da altura da férula aumentou a resistência à fratura de dentes tratados endodônticamente, mas também não avaliaram o efeito da localização da férula na resistência à fratura ⁽¹²⁾.

O desempenho clínico dos dentes endodônticamente tratados, depende principalmente da quantidade de estrutura remanescente do dente. Por sua vez, a literatura científica ainda é escassa em relação à localização e altura da férula na resistência à fratura de dentes tratados endodônticamente e restaurados com pino de fibra de vidro.

A importância de avaliar a influência da quantidade de remanescente dentário na resistência à fratura de dentes tratados endodônticamente e restaurados com pino de fibra de vidro justifica a escolha deste tema de forma a obter melhores resultados que deverão ser aplicados na prática clínica.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo foi realizar uma revisão sistemática integrativa sobre a influência do remanescente dentário na resistência à fratura dos dentes tratados e restaurados endodonticamente e restaurados com pinos de fibra de vidro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (1) Avaliar a importância da altura e da localização do remanescente dentário (férula) na resistência a fratura.
- (2) Relacionar a influência da linha de terminação na resistência a fratura de dentes restaurados com pinos de fibra.

2.3 HIPÓTESES

H0. Não há diferença entre dentes restaurados com pino de fibra de vidro com ou sem remanescente dentário (férula).

H1. Os dentes restaurados com pino de fibra de vidro e que apresentam maior quantidade de remanescente dentário, têm um melhor desempenho na resistência à fratura e com menos falhas adesivas.

3. METODOLOGIA

A elaboração deste trabalho baseia-se numa revisão sistemática integrativa da bibliografia existente relacionada com o tema a desenvolver, utilizando a base de dados científica *PubMed*. Os seguintes termos de pesquisa foram aplicados: “*tooth fractures*”; “*tooth, nonvital*”; “*post and core technique*”; “*finite element analysis*”; “*glass*”, “*ferrule*”.

3.1 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

Para recolher o máximo de informação possível sobre o tema, foram utilizadas as seguintes combinações de palavras-chave: **Busca 1:** (((((((tooth fractures[MeSH Terms])) OR (tooth, nonvital [MeSH Terms])) AND (post and core technique[MeSH Terms])) AND (glass[MeSH Terms])))) **Busca 2:** (((post and core technique[MeSH Terms]) AND (tooth fractures[MeSH Terms])) AND (glass[MeSH Terms])) OR (ferrule[MeSH Subheading])) **Busca 3:** (((post and core technique[MeSH Terms]) AND (finite element analysis[MeSH Terms])) AND (tooth fractures[MeSH Terms]) **Busca 4:** (((((post and core technique[MeSH Terms]) AND (tooth fractures[MeSH Terms])) AND (glass[MeSH Subheading])) OR (ferrule[MeSH Subheading]) OR (finite element analysis[MeSH Terms])) AND (tooth, nonvital[MeSH Terms])) combinadas através do operador booleano AND e/ou OR, para que o maior número de artigos pudesse ser obtido. Para cada busca no *PubMed* foi utilizado o filtro de artigos com “10 year” e “English” (Tabela 1).

Tabela 1: Estratégias de pesquisa

PubMed		
Número Procura	Palavras de Pesquisa	Número de Artigos
#1	(((((tooth fractures[MeSH Terms]) OR (tooth, nonvital [MeSH Terms])) AND (post and core technique[MeSH Terms]) AND (glass[MeSH Terms])))	271
#2	(((((post and core technique[MeSH Terms]) AND (tooth fractures[MeSH Terms]) AND (glass[MeSH Terms])) OR (ferrule[MeSH Subheading]))	165
#3	(((((post and core technique[MeSH Terms]) AND (finite element analysis[MeSH Terms]) AND (tooth fractures[MeSH Terms])	34
#4	(((((post and core technique[MeSH Terms]) AND (tooth fractures[MeSH Terms]) AND (glass[MeSH Subheading])) OR (ferrule[MeSH Subheading]) OR (finite element analysis[MeSH Terms]) AND (tooth, nonvital[MeSH Terms]))	108

3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

- Data de Publicação: artigos publicados nos últimos 10 anos (2012-2022)
- Idioma: Inglês
- Tipo de Estudos: *in vitro*, prospetivos e retrospectivos.

3.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

- Data de Publicação: inferior a 2012
- Artigos diferentes do inglês
- Artigos que, através do Título/Resumo não tenham mostrado qualquer utilidade para este trabalho
- Revisão sistemática integrativa, Meta-análise

Os estudos incluídos na presente revisão sistemática integrativa, foram selecionados de acordo com os seguintes critérios, seguindo a estratégia (PICO *Strategy*) Figura 1.

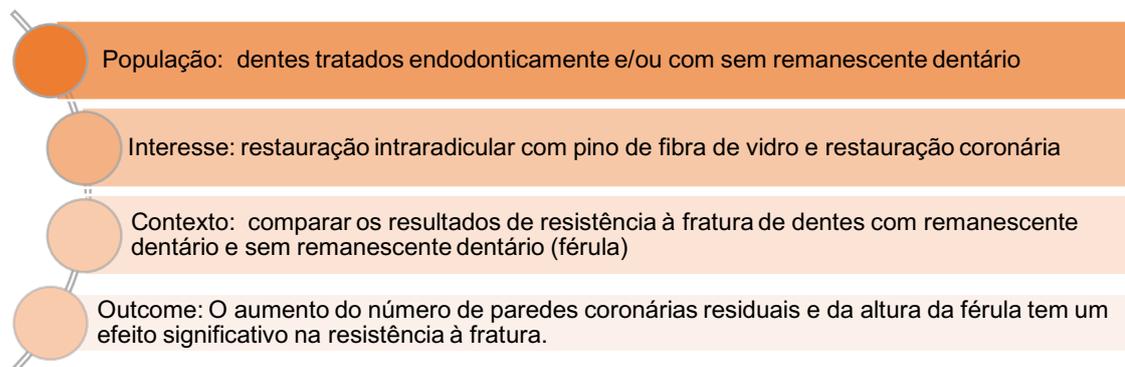


Figura 1: Metodologia PICO

3.4 SELEÇÃO DOS ARTIGOS

O total de 578 artigos selecionados, e compilados a partir das palavras-chaves e filtro do *PubMed*, “10 year” e “English”, passou por uma seleção descrita no Fluxograma de pesquisas bibliográficas na Figura 2.

Os artigos foram analisados através do gerenciador *Rayyan*, a fim de determinar os artigos elegíveis para a Revisão Integrativa e retirados os duplicados. Foram selecionados 21 artigos de acordo com o objetivo deste estudo. Os quais, todos eram estudos experimentais. Porém, 13 artigos eram estudos *in vitro*, 4 artigos estudos de elemento finito e 4 artigos ambos estudos (*in vitro* e elemento finito).

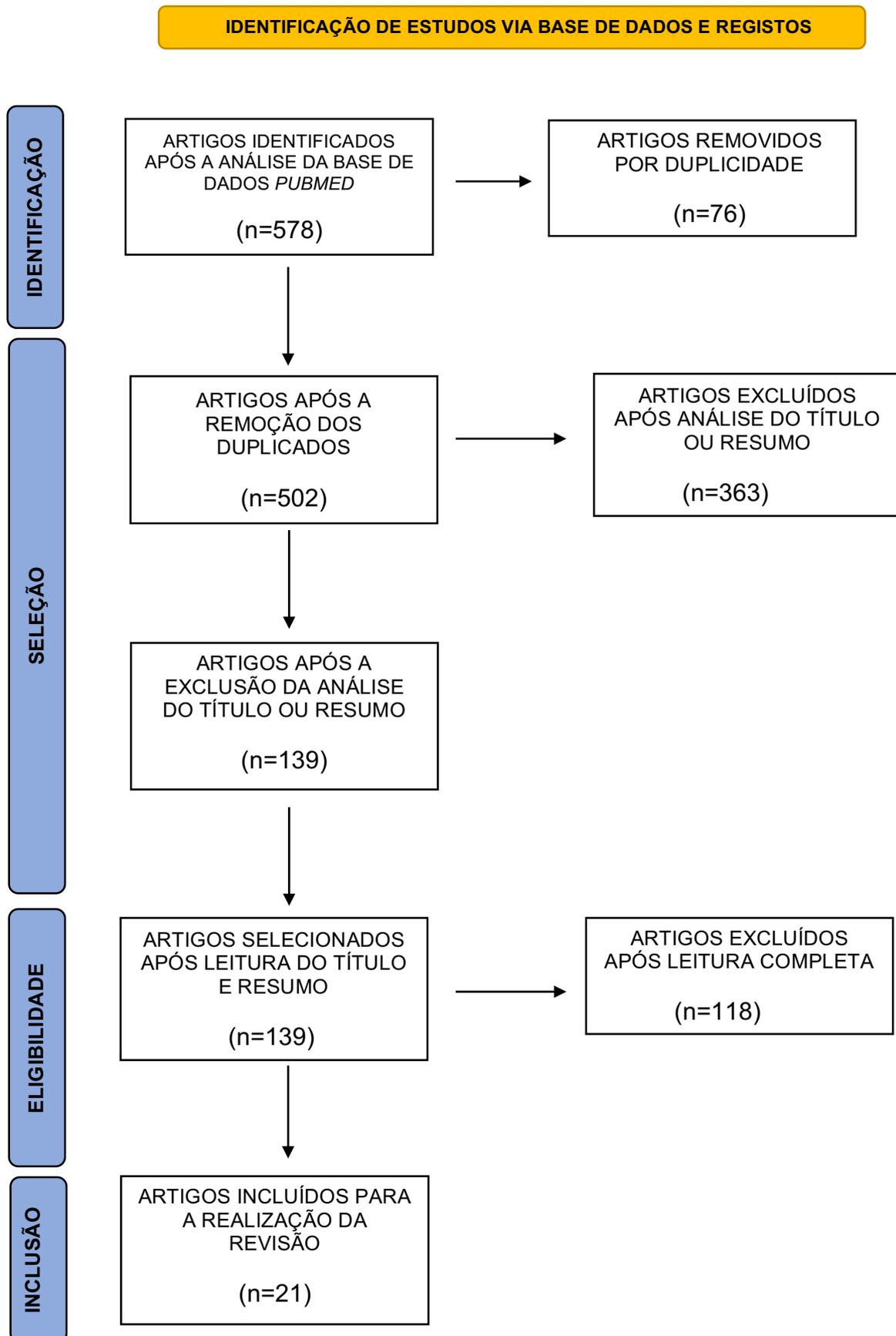
4. RESULTADOS

Na etapa de identificação, a pesquisa bibliográfica identificou um total de 578 artigos. Esses artigos foram inseridos no programa organizador de bibliografias. Após a remoção dos duplicados restaram 502 artigos.

Na etapa da seleção, foram analisados individualmente todos os títulos e resumos. Desses foram excluídos 363, pois não eram pertinentes ao tema desta pesquisa. Restaram 139 artigos para serem lidos na íntegra para posterior avaliação do conteúdo na etapa da elegibilidade. Finalmente na etapa da inclusão, foram selecionados 21 para revisão sistemática integrativa (Figura 2).

As seguintes informações foram retiradas para esta revisão: Autores/ano de publicação, objetivos, quantidade de remanescente dentário/localização, resultados e conclusões.

Figura 2: Fluxograma da pesquisa bibliográfica.



Os pinos de fibra de vidro foram introduzidos como uma alternativa válida aos pinos metálicos na restauração de dentes tratados endodonticamente (TET) devido à sua importância. Vantagens estéticas, módulo de elasticidade favorável, que é semelhante à dentina, e risco reduzido de fraturas são algumas das vantagens desse tipo de material. Porém, um componente essencial com relação à resistência à fratura dos TET é uma dentina circunferencial remanescente ⁽¹⁴⁾. Assim, após a leitura dos artigos selecionados, foi possível extrair os seguintes resultados:

- Alguns autores relataram que a resistência à fratura não foi significativamente diferente entre os grupos com férula e sem férula ^(6, 12); porém, outros autores relataram que o efeito férula aumentou significativamente a resistência à fratura dos dentes restaurados, independentemente do uso de pino ⁽¹⁴⁾;

- Os dentes com férula apresentaram distribuição de tensões e resistência à fratura mais satisfatórias do que os dentes sem férula ⁽¹⁵⁾;

- O aumento do número de paredes coronárias residuais e da altura da férula teve um efeito significativo na resistência à fratura ^(12,16);

- A férula pode levar a uma maior sobrevivência do dente/restauração ⁽¹²⁾;

- Quanto maior a altura da férula, maior a resistência à fratura. O comprimento do pino não teve efeito significativo na resistência à fratura. Porém, dentes com pinos curto apresentaram mais falhas irreparáveis do que os pinos longos. Além disso, pinos mais finos mantêm as paredes de dentina remanescente mais espessa, diminuindo o risco de falha desfavorável ⁽¹⁷⁾;

- A localização da férula não teve efeito significativo na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente ⁽¹²⁾;

- Evitar a remoção extra de estrutura dentária, em vez de colocar um pino de fibra, pode proteger os dentes tratados endodonticamente contra falhas catastróficas. No entanto, quando não é possível a férula ser preservada, um pino de fibra pode melhorar a retenção e a resistência à fadiga da restauração ⁽¹⁸⁾.

Os dados relevantes coletados dos estudos selecionados estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2: Dados relevantes coletados dos estudos selecionados

AUTOR/ANO	OBJETIVO	QUANTIDADE DE REMANESCENTE DENTÁRIO / LOCALIZAÇÃO	RESULTADOS	CONCLUSÃO
Kawasaki T et.al (2022)	Determinar a influência da altura e espessura da estrutura dentária coronária remanescente na resistência à fratura de uma raiz tratada endodonticamente	0mm de altura de férula 0,5mm de altura de férula 1mm de altura de férula 2,0mm de altura de férula 0mm de espessura 0,5mm de espessura 1mm de espessura	A resistência à fratura foi superior quando a parede remanescente do dente tinha altura e espessura maiores que 1,0 mm. O teste de fadiga dinâmica mostrou a influência da estrutura dentária remanescente na resistência à fratura.	Maior resistência estática e cíclica foi indicada quando a altura e espessura do dente remanescente coronário com paredes maiores que 1,0 mm.
Spicciarell V et.al (2021)	Avaliar a influência da substância remanescente do dente e da restauração pós-endodônica, na resistência à fratura de incisivos superiores tratados endodonticamente.	Dente saudável Remoção parede Distal Remoção parede Mesial e Distal	Quanto maior a quantidade de desgaste e distância, menor é a resistência a fratura. O pino aumentou o padrão de falha, diminuindo falhas indesejáveis.	A presença de pinos de fibra de vidro aumenta a resistência à fratura do tratamento endodôntico dos incisivos centrais superiores que perderam pelo menos uma parede. Além disso, restaurações pós-endodônticas sem fibras aumentam a probabilidade de danos irreparáveis
Ding X et.al (2020)	Avaliar os efeitos de 3 tratamentos radiculares residuais (aumento de coroa clínica, erupção ortodôntica, e retenção interna no chanfro) na resistência à fratura, de pré-molares e distribuição de tensões após restauração de pino e núcleo	0,5 mm de férula altura 2 mm de férula altura	Os principais padrões de fratura foram descolamento da margem lingual da coroa e fratura radicular oblíqua nos grupos de restauração com férula e descimentação do pino e fratura oblíqua a partir da superfície proximal média nos grupos sem férula.	Dentes com férulas de dentina coronária apresentaram maior resistência à fratura e menor concentração de tensões.

<p>PE Fontana et. al (2019)</p>	<p>Investigar a influência da espessura da férula na resistência à fratura após ciclagem mecânica de dentes restaurados com diferentes pinos intracanalares.</p>	<p>0mm de férula 2mm de férula Espessura 0mm, 0,5mm, 1mm</p>	<p>O grupo com 2mm de férula de altura e 1 mm de espessura da férula apresentou maior resistência à fratura do que o grupo sem férula</p>	<p>Uma férula mais espessa aumentou estatisticamente a resistência à fratura apenas para pino e núcleo fundidos quando tinha 1 mm de espessura. Na ausência de férula, o uso de pino fundido e núcleo apresenta falhas mais favoráveis</p>
<p>Santos Pantaleón D et. al 2019</p>	<p>Investigar o efeito da localização de uma férula parcial em 2 paredes e a influência das variações da altura da férula nas paredes remanescentes, resistência à fratura e modo de falha de incisivos superiores tratados endodonticamente e restaurados com pinos de fibra.</p>	<p>0 mm 2 mm férula 1 mm parcial sem lingual e sem proximal 2 mm parcial sem lingual e sem proximal 3 mm parcial sem lingual e sem proximal 4 mm parcial sem lingual e sem proximal</p>	<p>Uma férula incompleta com a parede lingual ausente e 1 parede proximal teve uma resistência à fratura menor que uma férula completa. Um aumento de 3 a 4 mm na altura das paredes remanescentes teve influência desprezível na resistência à fratura.</p>	<p>Os espécimes com férula completa de 2 mm de altura foram mais resistentes à fratura do que os espécimes com 2 mm de altura e ausência de parede lingual e 1 parede proximal. Um aumento de 3 ou 4 mm na altura da parede foi associado a um aumento insignificante na resistência à fratura e não pode compensar a ausência da parede lingual e 1 parede proximal.</p>
<p>Figueiredo FE et. al (2019)</p>	<p>Investigar a sobrevivência e o modo de falha de restaurações de pinos de fibra em resina sobre preparos com diferentes desenhos de férulas quando submetidas a um teste de carga de fadiga.</p>	<p>0 mm de férula 2 mm de férula circunferencial 2 mm férula vestibular 2 mm férula lingual 2 mm férula vestibular-lingual</p>	<p>Foram observados três tipos de fraturas: I, fratura de pino e/ou núcleo; II, fratura radicular no terço cervical; e III, fratura radicular no terço médio. Não foi observada diferença estatística entre os grupos</p>	<p>O desenho da férula não teve efeito sobre a resistência à fadiga ou modo de falha de dentes incisivos tratados endodonticamente restaurados com pino de fibra, núcleo de resina composta e coroa de resina composta</p>
<p>Corrêa G et. al (2018)</p>	<p>Avaliar o efeito da estratégia restauradora (pino de fibra vs. núcleo fundidos), altura coronal (0 mm vs 2 mm) e espessura (maior de 1 mm vs inferior a 1 mm) na taxa de sobrevivência, resistência à fratura e distribuição de tensões.</p>	<p>0 mm de férula 2 mm de férula Espessura da férula > 1 mm Espessura da férula < 1 mm</p>	<p>Grupos sem remanescentes coronais apresentou taxas de sobrevivência. Grupos com espessura coronária > 1mm apresentou maiores valores de carga à fratura.</p>	<p>Amostras sem estrutura coronal remanescente têm taxas de sobrevivência mais baixas. Amostras com estrutura restante inferior a 1 mm e sem estrutura coronal suportam o mesmo valor de carga para fratura</p>

				independentemente da estratégia restaurativa
Zhang YY et.al (2015)	Avaliar a resistência à fratura de dentes restaurados com pinos de fibra com várias configurações de férula usando testes de falha de fratura e análise de elementos finitos	0 mm férula vestibular/ 0 mm palatina 1 mm férula vestibular / 0 mm palatina 2 mm férula vestibular / 0 mm palatina 0 mm férula vestibular/ 1mm palatina	Testes de falha de fratura indicaram que a férula palatina melhorou significativamente a resistência à fratura dos dentes pós-restaurados, independentemente da altura da férula vestibular. A investigação da propagação da fratura mostrou que a trinca se iniciou na margem palatina da camada de cimento O elemento finito, confirmou que a férula palatina pode efetivamente aumentar a capacidade antifratura	O aumento da altura da férula palatina pode reduzir efetivamente o stress concentrado no cimento adesivo palatino.
Saker S et.al (2015)	Testar o efeito da estrutura coronal remanescente na retenção de pinos de fibra de vidro cimentadas com diferentes protocolos de cimentação	0 mm férula 1 mm férula 2 mm férula	Estrutura coronal de 0 ou 1 mm estava presente, diferiu significativamente em comparação com 37% PH e 2% CHX condicionado	Dente condicionando o canal radicular com CHX-EDTA ou 17% de EDTA com entrega superior valores que foram cimentado com cimento resinoso autoadesivo em dentes tratados endodonticamente com 2 mm restantes de estrutura coronal.
Samran A et.al (2015)	Comparar o efeito da localização da férula na resistência à fratura de pré-molares inferiores tratados endodonticamente.	0 mm 2 mm circunferencial 2 mm vestibular 2 mm lingual 2 mm vestibular e 2 mm lingual	Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($P>0,05$), exceto entre dentes do grupo controle com os grupos com férula vestibular e lingual de 2 mm; e dentes sem férula.	A localização da férula não teve efeito significativo na resistência à fratura de pré-molares inferiores tratados endodonticamente.
Watanabe MU, et.al (2014)	Avaliar o comportamento mecânico de um incisivo central superior com três tipos de férula com alturas variáveis da estrutura da coroa remanescente	0 mm de férula 1 mm de férula 2 mm de férula	Quanto maior o tamanho da férula menor a concentração de tensão	A tensão máxima foi encontrada para o pino NiCr, seguido pelo pino Au e fibra de vidro; dentes sem férula são mais suscetíveis à

				ocorrência de fraturas no terço apical da raiz.
Tey KC <i>et.al</i> (2014)	Determinar o efeito de pinos de resina epóxi reforçada com fibra de vidro (FRC) de diferentes diâmetros na carga de falha de dentes tratados endodonticamente com diferentes espessuras de dentina remanescente	0,5 m proximal e 1mm vestibular	Diferenças significativas foram encontradas entre os grupos com pino mais fino e férula mais espessa e pino mais fino com cimento resinosos e parede mais fina. O grupo com parede mais espessa teve o modo de falha mais favorável.	Recomenda-se o uso de um pino de fibra de vidro menor e cimento resinoso em vez do aumento dos espaços radicular para encaixar com precisão os pinos maiores, pois o aumento do espaço pode aumentar o risco de falha desfavorável
Santos-Filho PC <i>et.al</i> (2014)	Avaliar a influência da uma férula, sistema de pinos e comprimento na distribuição de tensão de dentes enfraquecidos obturados.	0 mm de férula 2 mm de férula Espessura da férula 0,5 mm	Modelos apresentaram níveis elevados de tensão no canal radicular, independentemente da presença de uma férula. Os modelos de pinos de fibra de vidro reembasados apresentaram distribuição homogênea de tensões na superfície externa da dentina semelhante ao modelo de dente saudável	A presença de férula promoveu uma distribuição de tensões mais satisfatória às raízes.
Santos-Filho PC <i>et.al</i> (2014)	Avaliar a influência do sistema de pinos, comprimento e férula no comportamento biomecânico de dentes anteriores tratados endodonticamente.	0 mm de férula 2 mm de férula	A férula foi um fator determinante na deformação, resistência à fratura e padrão de fratura Na ausência de férula, o uso de pinos de fibra de vidro representa uma escolha conservadora do ponto de vista dos padrões de fratura observados.	Os grupos com férula sempre apresentaram distribuição de tensões e resistência à fratura mais satisfatórias.
Abdulrazzak SS, <i>et.al</i> (2014)	Avaliar o efeito da altura da férula e do comprimento do pino na resistência à fratura e no modo de falha de dentes tratados endodonticamente restaurados com pinos de fibra de vidro, núcleos de resina composta e coroas.	0 mm de férula 2 mm de férula 4mm de férula	A maior carga média de falha foi obtido a partir do comprimento do pino de 10 mm seguido pelo 7,5 mm e, em seguida, o comprimento do pino de 5 mm em todos os grupos e alturas de férula.	Quanto maior a altura da férula maior a resistência a fratura. O comprimento do pino não teve efeito na resistência à fratura. O grupo com pino curto apresentou mais falhas irreparáveis.

<p>Liu S; et.al (2014)</p>	<p>Analisar as características biomecânicas de pré-molares superiores com diferentes configurações de férula e investigar a influência do contato oclusal e inclinação da cúspide na distribuição de tensões com o método dos elementos finitos.</p>	<p>2 mm de férula Completa 2 mm de férula vestibular 2mm de férula palatina 2mm de férula proximal 4mm de férula Completa</p>	<p>Quando as cúspides vestibulares a 45° foram carregadas, as principais tensões dos dentes com férula completa, férula palatina e férula proximal foram semelhantes às dos dentes da cavidade de acesso. Em contraste, o stress principal de um dente com férula vestibular foi próximo ao do dente da cavidade de acesso após a remodelação da inclinação vestibular para 60 graus.</p>	<p>Pré-molares superiores com apenas dentina vestibular remanescente apresentam maior stress local na dentina radicular. Alterar a posição de carga e reduzir a inclinação da cúspide facial pode reduzir as tensões locais</p>
<p>Carlini-Júnior B et.al (2013)</p>	<p>Avaliar a resistência à fratura de raízes que foram restauradas protéticamente com gesso. Poste e núcleo com ou sem estrutura coronal remanescente e com diferentes linhas de acabamento.</p>	<p>0 mm de férula 2 mm de férula</p>	<p>Os dados indicaram que os dentes com 2 mm de estrutura coronária remanescente apresentaram os maiores valores de resistência à fratura quando comparados com os dentes sem qualquer remanescente.</p>	<p>Para aumentar a resistência à fratura, um ombro biselado e 2 mm de estrutura coronal remanescente são as condições ideais.</p>
<p>Roscoe MG et.al (2013)</p>	<p>Avaliar o efeito da perda óssea alveolar, tipo de pino e presença de férula no comportamento biomecânico de caninos superiores tratados endodonticamente.</p>	<p>0 mm de férula 2 mm de férula</p>	<p>A ausência de férula aumentou significativamente os valores de deformação vestibular e proximal.</p>	<p>A presença de uma férula melhorou o comportamento mecânico. A perda óssea de 5,0 mm aumentou significativamente a concentração de tensão e a deformação na dentina radicular.</p>
<p>F. Zicari et. al (2013)</p>	<p>Avaliar a influência do efeito férula e da colocação do pino de fibra na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente submetidos a carregamento cíclico de fadiga.</p>	<p>0 mm de férula 2 mm de férula</p>	<p>O efeito férula aumentou significativamente a resistência à fratura dos dentes restaurados, independentemente do uso de pino</p>	<p>Evitar a remoção extra de estrutura dentária rígida, em vez de colocar um pino de fibra, pode proteger os dentes tratados endodonticamente contra falhas catastróficas. No entanto, quando qualquer férula pode ser preservada, um pino de fibra pode melhorar a retenção e a</p>

				resistência à fadiga da restauração.
Evangelinaki E, et.al (2013)	Avaliar comparativamente a resistência à fratura de caninos tratados endodonticamente restaurados com pinos de fibra de vidro e coroas metalocerâmica ou cerâmica pura na presença ou ausência de 2 mm de altura da férula.	0mm de férula 2mm de férula	A resistência à fratura não foi significativamente diferente entre os grupos com férula e sem férula. mas foi significativamente maior para os grupos restaurados com coroas metalocerâmicas em comparação com os grupos controle e coroas pura de cerâmica	Independente da férula, os dentes restaurados com coroas MC apresentaram resistência à fratura significativamente maior
Fragou T et.al (2012)	Avaliar o modo de fratura de caninos tratados endodonticamente (ETC) restaurados com pinos de fibra de vidro (GFP) e coroas metalocerâmica (MC) ou cerâmica pura (AC), na presença ou ausência de Altura da férula de 2 mm.	0 mm férula 2 mm férula	Todos os grupos apresentaram fratura frágil após deformação por flexão. Fraturas radiculares irreparáveis foram o modo de fratura primário independentemente da férula. As percentagens de fraturas reparáveis não foram estatisticamente significantes entre os dentes restaurados MC e AC independentemente da férula. No entanto, a férula de 2 mm foi associada a um maior percentagem de fraturas reparáveis, principalmente os dentes restaurados com coroas AC.	A percentagem (%) de fraturas reparáveis foi maior em cerâmica pura em relação à metalocerâmica e em restaurações com férula, embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas.

5. DISCUSSÃO

Avanços no campo da odontologia restauradora aumentaram as probabilidades de restauração bem-sucedida de dentes severamente danificados tratados endodonticamente. A preservação da estrutura dentária em dentes tratados endodonticamente melhora seu prognóstico, pois fornece proteção contra fraturas sob cargas oclusais. Uma férula, em relação aos dentes, é uma faixa que circunda a dimensão externa da estrutura dentária residual ⁽¹⁹⁾.

FUNÇÃO DO RETENTOR INTRARADICULAR

Os pinos, seja de fibra de vidro ou até os pinos metálicos não reforçam dentes. Na verdade, a perda da estrutura dentária pela preparação, enfraquece a raiz, e leva a um aumento na incidência de fratura radicular e, de acordo com o desenho do pino, poderão ocorrer tensões internas e efeito cunha durante a sua inserção. Entretanto, em muitas situações, a restauração de dentes tratados endodonticamente requer o emprego de um sistema de pino e núcleo ⁽²⁰⁾.

O pino ideal fornece retenção ao núcleo, suportando-o de tal maneira, que a coroa cimentada, subsequentemente, não perde sua adesão; transfere forças de uma maneira estratégica para o dente, de forma que não provoca indevida susceptibilidade à fratura das raízes ⁽²⁰⁾.

O objetivo principal do uso de pino e núcleo é a reposição previsível da estrutura dentária perdida, facilitando o suporte e retenção da coroa. As principais considerações feitas ao médico dentista incluem o prognóstico a longo prazo, a habilidade do pino de suportar o stress, a facilidade de colocação, e a compatibilidade do pino com outros materiais restauradores ⁽²⁰⁾.

No presente estudo, foram avaliadas as vantagens e as desvantagens dos remanescentes dentários na resistência à fratura dos dentes tratados endodonticamente e restaurados com pino de fibra de vidro. Evangelinaki, *et al*, em 2013, não conseguiram demonstrar diferença entre os dentes tratados endodonticamente com ou sem férula, restaurados com pinos de fibra, porém,

os dentes restaurados com pino de fibra apresentaram fratura cervical favorável acima da linha cervical^(14, 21).

Esses achados, podem ser explicados pela semelhança dos módulos de elasticidade dos pinos de fibra e da dentina, pois as forças puderam ser distribuídas ao longo do comprimento do pino uniformemente para todos os grupos, independente da presença de férula⁽¹⁴⁾.

No entanto, a colocação de pinos parece aumentar a resistência à fratura de dentes sem férula, o que está de acordo com um estudo clínico randomizado de Bitter em 2009, que revelou que a colocação de pinos de fibra foi eficaz para reduzir falhas de restaurações pós tratamentos endodonticos, apenas para dentes sem férulas. No entanto, quando um colar cervical de dentina (férula) pode ser preservado, um pino de fibra parece não ser necessário e pode até diminuir a resistência do dente restaurado. Dentes com férula de 2mm e restaurados sem pino de fibra, obtiveram a maior resistência à fratura^(19, 22, 23, 24).

A decisão de colocar um pino num dente tratado endodonticamente depende da quantidade de perda de estrutura e também da quantidade de forças funcionais nesse dente, pois pensava-se que, os pinos de fibra reduziam o stress entre as faces e reduziam as hipóteses de falha⁽¹⁸⁾. Outros estudos demonstraram que não houve diferença significativa entre o risco de falha em restaurações com pino de fibra em dentes com férula e sem férula⁽²⁵⁾.

O padrão de fratura mais comum entre os estudos, foi fratura oblíqua a partir da margem lingual da coroa e pino, a descimentação parcial do pino e núcleo, e a descimentação completa do pino, núcleo e coroa, com fratura oblíqua no terço médio da superfície proximal do colo radicular⁽²⁶⁾.

Figueiredo *et al.* relataram a incidência de falhas e fraturas mais comuns. Nos dentes com férula na lingual; férula na lingual e na vestibular e férula completa, o padrão de falha mais presente foi fratura de pino e/ou núcleo. Em dentes sem férula e férula somente na parede vestibular, o padrão de falha mais evidente foi fratura radicular no terço cervical. Padrões de fratura radicular no terço médio, também estiveram presente em menor quantidade, em dentes sem férula e dentes com férula vestibular e lingual⁽⁶⁾.

CIMENTAÇÃO DO PINO DE FIBRA DE VIDRO

Alguns fatores, como a cimentação, influenciam também a resistência à fratura de dentes endodonticamente tratados e com pino. Os pinos de fibra de vidro, são formados por fibras de vidro, carga inorgânica e matriz de resina.

O cimento resinoso é geralmente usado para cimentar esses pinos para aumentar sua retenção no canal radicular e melhorar o desempenho funcional do dente sendo restaurado. A falha dos pinos de fibra está principalmente relacionada ao descolamento que geralmente ocorre ao longo da interface adesivo pino/dentina ⁽²⁴⁾.

Muitos fatores podem influenciar a retenção de pinos cimentados com cimento resinoso, como o material de irrigação usado no preparo do canal radicular, configuração do pino, definido como a proporção de superfícies aderidas e não aderidas em pós-preparações, a quantidade de estrutura coronária remanescente e condicionamento da superfície dentinária do canal radicular ⁽²⁴⁾.

A falha de adesão entre a dentina radicular e os cimentos resinosos pode induzir a fratura radicular, onde um pino com falhas pode atuar como uma cunha no espaço do pino. Um pré-requisito fundamental para a adesão à dentina intrarradicular é representado pela capacidade do médico dentista de obter um espaço de pino perfeitamente limpo. As soluções de EDTA e CHX podem eliminar a espessa camada de smear layer presente na superfície da parede do canal ⁽²⁴⁾.

Dessa maneira, é possível que o cimento resinoso infiltre, nos túbulos dentinários e na dentina intertubular, selando eficientemente os túbulos e contribuindo para a resistência de união dos pinos do canal radicular por meio de retenção micromecânica eficiente. No entanto, estudos relataram que o EDTA não aumentou a resistência retentiva dos pinos do canal radicular ⁽²⁴⁾.

A menor força retentiva foi registrada para dentes condicionados com ácido fosfórico a 37%. O uso de ácido fosfórico após o preparo do espaço para pinos não removeu as irregularidades naturais em diferentes localizações

dentinárias do canal radicular. A presença de irregularidades que não podem ser removidas pelo condicionamento ácido pode comprometer a difusão dos monômeros do sistema adesivo e afetar a resistência de união do cimento resinoso. Além disso, o pré-tratamento com ácido fosfórico pode induzir a desmineralização profunda da dentina e impedir a infiltração adequada da resina, produzindo uma zona defeituosa na base da camada híbrida que compromete a união, diminuindo assim por consequência a resistência à fraturas de dentes tratados endodonticamente e com pino ⁽²⁴⁾.

Zhang *et al*, relataram que tanto o condicionamento com ácido fosfórico a 35% quanto a agitação ultrassônica em combinação com irrigação com EDTA/NaOCl melhoraram a resistência de união apical dos pinos de fibra, independentemente do tipo de sistema autocondicionante utilizado ⁽²⁷⁾.

Quando uma excelente adesão é alcançada entre as restaurações e a estrutura dentária, uma política de intervenção mínima para restaurar os dentes pode eventualmente preservar a estrutura dentária remanescente, especialmente ao restaurar dentes tratados endodonticamente. Assim, a retenção do pino parece ser dependente dos aspectos combinados de intertravamento micromecânico, atrito de deslizamento e ligação química ⁽²⁴⁾.

Os pinos de fibra de vidro também necessitam de tratamento de superfície para uma melhor resistência de união com o cimento resinoso. O tratamento de superfície comumente utilizado para aumentar a união da interface entre pino e núcleo de preenchimento é a aplicação do silano. O agente de acoplamento silano é uma molécula orgânica bifuncional que pode interagir tanto com a porção orgânica, compostos resinosos, quanto com a porção inorgânica, fibra de vidro ⁽²⁸⁾.

Fatores que também influenciam na resistência de união do dente/cimento/pino, é a utilização de materiais como, cimentos obturadores de canal e cimentos provisórios (a base de eugenol) durante o tratamento odontológico reabilitador. Cimentos que em sua composição apresentam eugenol, não podem ser utilizados, pois o eugenol, por ser um composto fenólico, tem a propriedade de inibir a polimerização de monômeros resinosos. O átomo de hidrogênio, componente do radical OH⁻ de sua molécula, é

transferido ao radical monomérico iniciador da reação de polimerização, impedindo assim, a conversão dos monômeros em polímeros, influenciando, a polimerização completa do cimento resinoso, dando sempre preferência à materiais a base de resina epóxica ⁽²⁹⁾.

TIPO DE CIMENTO RESINOSO

Além do tipo de fibra de vidro utilizado, o tipo de cimento resinoso também se torna importante pois, o uso de cimentos resinosos de presa química garante a polimerização, independente da profundidade de inserção do pino no conduto radicular, embora ofereça características de manipulação inferior devido à impossibilidade do controle do tempo de presa. Cimentos resinosos fotopolimerizáveis possibilitam maior controle do tempo para o apropriado assentamento do pino no interior do canal, porém com a desvantagem de uma dureza reduzida do cimento nas porções mais distantes da fonte de luz. Apesar de alguns fabricantes defenderem a capacidade de transmissão de luz dos pinos de fibra de vidro translúcidos, esta pode não ser suficiente para determinar a polimerização completa do cimento resinoso, principalmente nas porções apicais.

Nos cimentos resinosos com presa dual, são esperadas as combinações das propriedades favoráveis de ambos os sistemas, auto e fotopolimerizado. No entanto, ainda se questiona a capacidade de polimerização dos cimentos duais, principalmente nas regiões mais apicais, podendo assim influenciar a resistência à fratura do dente tratado endodonticamente ⁽³⁰⁾.

CONFIGURAÇÃO DE UM PINO DE FIBRA DE VIDRO

O diâmetro do pino também influencia a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente. O uso de um retentor curto e mais largo (mais justo ao canal radicular) apresentou maior resistência que o uso de um único pino, com diâmetro menor que o canal. Os retentores mais estreitos obtiveram valores maiores de resistência. Dentes com pino cilíndrico largo obteve o maior número

de falhas catastróficas. Ou seja, a forma e o diâmetro dos retentores podem influenciar nos valores de resistência à fratura ⁽³¹⁾.

MATERIAL DE ELEIÇÃO DA COROA SOBRE UM PINO DE FIBRA

Outros fatores importantes em alguns estudos é que foram utilizadas coroas totalmente em compósito cimentadas adesivamente e pinos de fibra de vidro. Pinos de fibra de vidro com um módulo de elasticidade semelhante ao da dentina melhoram a distribuição de tensões ao longo da raiz, enquanto sistemas de pinos mais rígidos são geralmente associados a áreas de maior concentração de tensões – normalmente na região cervical – que são propensas a resultar em modos de falha desfavoráveis ^(6, 25).

Da mesma forma, as coroas totalmente em resina composta têm um módulo de elasticidade semelhante à dentina, o que pode ter contribuído ainda mais para uma melhor distribuição de tensão no dente pós-restaurado com fibra de vidro. Uma vantagem importante dos pinos de fibra é a possibilidade de construir restaurações diretas com resina composta, pois este procedimento reduz o custo do tratamento quando comparado ao uso de restaurações indiretas. Deste modo, o uso apenas de materiais restauradores com módulo de elasticidade semelhante à dentina e integrados adesivamente à estrutura dentária remanescente pode assim explicar que, o desenho da férula não afeta o comportamento biomecânico de dentes incisivos ⁽⁶⁾.

EFEITO FÉRULA DE UM DENTE

Recentemente uma revisão sistemática e meta-análise sobre o “efeito férula” (paredes paralelas de remanescente dentinário, circundado por uma coroa, causa um efeito protetor, diminuindo as tensões dentro do dente) de ambos estudos, *in vitro* e estudos clínicos, relataram que a presença de férula não estava relacionada à maior sobrevida dos dentes incisivos e molares ^(6, 9).

Por outro lado, a sobrevida dos pré-molares foi positivamente influenciada pela presença de férula em estudos clínicos. Outra observação é que a férula

aumentou a resistência à fratura de todos os tipos de dentes em vários estudos *in vitro*, provavelmente isso acontece, pois, a maioria desses estudos utilizam cargas estáticas, enquanto a simulação mais próxima de estudos clínico seriam as cargas cíclicas ⁽⁶⁾.

Este estudo também avaliou a influencia da altura do remanescente dentário (férula) na resistência a fratura. Estudos têm demonstrado a influência da quantidade de dentina coronária residual e a importância de uma adequada altura de férula. Uma altura mínima de férula de 1,5 – 2,0 mm mostra melhoria significativa na longevidade de dentes tratados endodonticamente, proporcionando melhor resistência à fratura ⁽³²⁾.

A influência da espessura da férula, também é um tópico que precisa ser mais explorado, pois alguns estudos excluíram a largura do preparo do ombro e a margem da coroa como fatores significativos. Embora tenha sido aceito clinicamente que uma espessura de férula de 1mm é considerada muito fina, existem poucos estudos na literatura relatando o efeito da espessura coronária remanescente no comportamento mecânico de dentes tratados endodonticamente ^(32, 33, 34).

Para kawasaki T, *et al*, quanto maior a altura e espessura da parede coronária remanescente, maior a durabilidade do pilar, assim como quanto maior a altura e espessura do dente coronário remanescente de uma parede, maior a resistência à fratura desse dente. Para uma melhor retenção da restauração, o dente coronário remanescente tem que ter uma altura superior a 1,5 mm, caso contrário, é necessário um pino de fibra de vidro. A férula tem um papel importante numa raiz tratada endodonticamente na manutenção de uma restauração; no entanto, a presença de uma férula, mesmo com apenas uma parede, melhora o prognóstico geral. Além disso, foi relatado que a força causada pela união do dente remanescente e a resina, melhora a retenção da restauração, mesmo quando a espessura da férula é inferior a 0,5mm ⁽³⁵⁾.

Zicari F *et al*, 2013, também relataram que, dentes com férula de 2mm e restaurados sem pino obtiveram a maior resistência à fratura. Este resultado também corrobora com outros estudos ⁽¹⁷⁾ nos quais, uma férula de pelo menos 1,5mm de altura foi relatada como eficaz para a sobrevivência a longo prazo de

restaurações. Alguns achados, relataram que uma altura circunferencial uniforme de férula de 2mm levava a uma maior resistência à fratura, do que uma altura variada em sua circunferência ^(14, 17, 18).

Para Abdulrazzak SS *et al*, em 2014, os dentes tratados endodonticamente com a presença de férula são superiores na prevenção de fratura do dente sob carga estática, comparado aos que não apresentam férula, ⁽³⁶⁾.

A quantidade da altura da férula aumentou significativamente a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente ^(17, 37). Os dentes que apresentaram férula de 4mm de altura, apresentaram maior resistência à fratura quando comparados com os dentes com 2mm de férula, seguido por dentes com 0mm, independente do comprimento do pino ⁽³⁶⁾. Uma férula incompleta com duas paredes ausentes apresenta uma menor resistência à fratura que uma férula completa. Um aumento em altura da férula para 3 ou 4mm de remanescente dentário não teve diferença significativa quando há ausência de uma parede, seja proximal, lingual e/ou vestibular. Porém, se o dente apresenta uma circunferência completa de férula, a resistência à fratura aumenta proporcionalmente ao aumento da altura da férula. Porém, a presença de férula é mais importante para o prognóstico do que a escolha do material, desenho do pino, tipos de cimento e material da coroa ⁽⁸⁾.

Figueiredo *et al*, também relataram que uma férula parcial, no lado lingual/palatino da raiz, resulta em maior resistência à fratura quando comparada com uma férula circunferencial completa. Uma investigação recente demonstrou que uma férula completa de 2 mm oferece maior resistência à fratura do que uma férula ausente em uma única parte proximal; no entanto, esta parede ausente pode ser compensada se mais de 3 mm da altura das paredes restantes puderem ser preservadas ⁽⁶⁾.

Este aumento na resistência à fratura acontece, pois, a partir do momento que a quantidade de dentina remanescente aumentou ⁽³⁸⁾, permitiu uma redistribuição e dissipação da força ⁽²⁶⁾. Além disso, uma estrutura dentinária mais coronal, pode ter formado uma base mais estável, e conseqüentemente a maior resistência à rotação seria alcançada ^(39,40).

Alguns estudos demonstram que a diminuição da resistência à fratura em relação a altura de férula, também são influenciados conforme o tipo de material utilizado. Os pinos de fibra de vidro podem ser opacos ou translúcidos. A capacidade de conduzir luz dos pinos está relacionada com a translucidez e a disposição longitudinal das fibras de vidro utilizadas, as quais funcionam como cabos de fibra ótica. Esta alta translucidez confere ao produto fotopolimerizar cimentos de cura foto-ativada através de trans-iluminação. A fotopolimerização permite maior grau de conversão do cimento resinoso autoadesivo do que a polimerização química. O maior grau de conversão do cimento resinoso dual melhora sua propriedade mecânica tal como módulo de elasticidade e dureza. É possível atingir uma profundidade de polimerização da resina composta dentro do canal radicular com uso de um pino translúcido ⁽⁴¹⁾.

RADIOPACIDADE DA FIBRA DE VIDRO

Outro aspecto é que a radiopacidade de um material é uma característica requisitada pela maioria dos materiais restauradores empregados na cavidade oral, entretanto, é observado radiograficamente que alguns sistemas de pino pré-fabricados não apresentam essa propriedade, principalmente em pinos mais antigos. De acordo com a Norma ISO 4049/2009, os materiais restauradores e cimentantes à base de polímeros devem ter radiopacidade igual ou superior à do Alumínio de mesma espessura, que é muito próximo ao da dentina humana. O valor de radiopacidade clinicamente aceitável dos materiais restauradores dentários é aquele que permite distingui-los dos tecidos duros do dente periférico ⁽⁴²⁾.

A radiopacidade dos pinos de fibra depende da composição química dos materiais utilizados em sua fabricação. Não há qualquer regulamentação e recomendação sobre o tipo, quantidade, percentagem ou formulação do radiopacificador para materiais de pinos de fibra na Norma ISO 4049/2009 cada fabricante usa diferentes composições de elementos como zircônio, bário, titânio e ferro para obter radiopacidade nos materiais. A radiopacidade dos pinos de fibra depende da composição química dos materiais ⁽⁴²⁾.

INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO DA FÉRULA

A preservação da estrutura dentária em dentes tratados endodonticamente, melhora seu prognóstico, pois fornece proteção contra fraturas sob cargas oclusais. Uma férula, em relação aos dentes, é uma faixa que circunda a dimensão externa da estrutura dentária residual ^(18, 30, 43, 44). Quando não há férula, as forças concentram-se na junção do pino e do núcleo e são localizados quase exclusivamente pelo pino tornando-se mais propenso à fratura, enquanto, quando existe uma quantidade de férula suficiente, as tensões são co-distribuídas para a superfície externa do terço coronário da raiz ^(19, 45).

Neste estudo, também foi avaliado se a localização do remanescente dentário (férula) influencia na resistência a fratura, porém, não foram encontrados muitos estudos sobre este tema. Esses dados ainda são muito controversos.

Para Abdulrazzak SS, *et al*, em 2014, a localização da férula não teve influência significativa na resistência à fratura final. Esses resultados podem ser explicados, pois os pinos de fibra de vidro distribuíram as tensões de carga sobre uma maior área superficial da estrutura dentária de forma semelhante para todos os grupos testados. Esses resultados também podem ser explicados porque os pinos de fibra cimentada com cimento resinoso, formaram um sistema monobloco que exerceu um efeito de reforço ao suportar a estrutura remanescente, independente da localização da férula ⁽³⁶⁾.

Embora alguns dentes apresentassem paredes vestibulares e linguais, apresentaram valores de resistência à fratura mais baixos. Isso pode ser atribuído às variáveis em dentes humanos que incluem a condição do dente anterior à extração, idade do dente, estado da polpa no momento da extração e anatomia da raiz. Assim, para a localização da férula parece não ser um fator importante em termos de aumento da resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente ⁽³⁴⁾.

Porém, para Santos Pantaleón, *et al* em 2019, os dentes que apresentam férula incompleta, a localização dessas paredes remanescentes é um fator determinante na resistência à fratura de dentes anteriores ⁽⁸⁾. Esses resultados,

corroboram com outros estudos que mostraram que a ausência de parede lingual diminuiu significativamente a resistência à fratura^(46, 47). Esse estudo não variou a localização, vestibular ou lingual, foi mantido em todos os grupos a parede lingual, não sendo possível avaliar a influência da localização na resistência à fratura. Porém, outros estudos, que utilizaram na metodologia o mesmo elemento dentário, o incisivo central superior, variaram a localização lingual e vestibular, comparando-os. Assim, a manutenção da parede palatina apresentou uma maior resistência à fratura quanto maior sua altura. Ou seja, uma férula palatina de 2mm apresenta maior resistência do que uma férula palatina de 1mm e que uma férula vestibular de 2mm e de 1mm conseqüentemente. Esses resultados porém, não refletem os movimentos mandibulares clínicos de protrusão e lateralidade, pois os estudos foram realizados em carga estática⁽⁸⁾.

Como uma férula parcial é ainda superior à de um dente sem férula, é considerada importante, pois ainda é uma melhor opção clínica. No entanto, são necessários mais estudos clínicos que avaliem a férula incompleta⁽⁸⁾.

Como a maioria dos estudos relacionados foram laboratoriais e estáticos, nem sempre simulou condições dinâmicas nas quais as forças mudavam constantemente suas taxas, magnitude e direção. Assim, a avaliação clínica a longo prazo dessa correlação deve ser realizada. Uma correlação entre a carga estática e a carga de fadiga também pode ser realizada para investigar qualquer correlação entre os resultados obtidos⁽¹⁷⁾, como também, diferentes meios orais, como por exemplo, mudança de soluções ácidas, neutras e básicas, a fim de simular a variação de ph da cavidade oral.

INFLUÊNCIA DO PREPARO DO DENTE NA RESISTÊNCIA À FRATURA

A resistência de uma restauração protética depende não apenas do pino e da estrutura coronária remanescente, mas também de uma preparação adequada e desenho da linha de acabamento. Alguns autores relataram que a resistência à fratura de coroas seja de metal ou totalmente cerâmica, observou-se que o preparo do dente com uma linha de acabamento de ombro de 1,2 mm e um ângulo agudo produziram as coroas mais fortes, enquanto coroas

fabricadas para preparos com uma linha de acabamento em chanfro produziu a restauração mais fraca. Em contraste, alguns autores relataram que a resistência à fratura de coroas cimentadas com um agente de cimentação de resina não foi afetada pelo tipo de linha de acabamento usada ⁽²³⁾.

Para dentes sem estrutura dentária remanescente, o desenho do ombro biselado apresentou maiores valores de resistência à fratura, que foram semelhantes aos obtidos pelo grupo com estrutura remanescente e preparo com terminação em ombro. Assim, esses resultados demonstraram que, mesmo na presença de dentina coronária remanescente, o tipo de desenho da linha de acabamento ainda influencia os valores de resistência à fratura ⁽²³⁾.

Os menores valores de resistência à fratura foram encontrados para o desenho de ombro sem qualquer estrutura remanescente, uma configuração de preparo que não possui uma parede em dentina para a coroa protética abraçar. O desenho chanfrado foi estendido além do limite entre a raiz e a coroa protética, envolvendo aproximadamente 0,5mm de estrutura dentinária radicular. Esta característica permitiu abraçar apenas uma pequena quantidade de estrutura dentária pela coroa protética, proporcionando um efeito de férula menor do que o obtido com o ombro biselado e levando a valores de resistência mais baixos ⁽²³⁾.

Nos grupos com estrutura dentária coronária remanescente, o ombro biselado e os desenhos em chanfro apresentaram comportamento semelhante, fato que pode ser atribuído à coroa protética ter envolvido parte da estrutura dentinária radicular. Os grupos sem estrutura coronária remanescente e com desenho de ombro biselado se comportaram de maneira semelhante ao grupo com estrutura dentária coronária remanescente e desenho de ombro, o que permite concluir que o efeito férula é obtido de maneira semelhante, utilizando o chanfro cervical ou envolvendo a estrutura coronal na parede axial do núcleo. Além disso, há uma indicação de sinergismo, considerando que os maiores valores de resistência à fratura foram alcançados quando havia estrutura coronal remanescente no chanfro gengival ⁽²³⁾.

Esta análise destaca a importância de preservar a estrutura dentária coronal e envolvê-la no preparo, bem como o efeito férula obtido. O desenho em

chanfro apresentou comportamento semelhante ao desenho de ombro biselado em relação ao padrão de fratura predominante. O padrão de fratura tem grande relevância clínica, pois dita a possibilidade de reconstrução da estrutura dentária remanescente. No caso de dentes sem estrutura dentária remanescente, deve-se avaliar a possibilidade de aumentar a coroa clínica ou realizar tração radicular, a fim de envolver estrutura dentária saudável no preparo protético ⁽²³⁾.

Caso estes procedimentos não sejam possíveis, sugere-se a escolha de uma linha de acabamento em chanfro para que uma cinta metálica possa abraçar a raiz. A técnica adesiva com resina composta e pinos de fibra pré-fabricados é recomendada, pois forma um único bloco entre a raiz e o núcleo obturador. No entanto, mais estudos devem ser realizados para confirmar essas recomendações ⁽²³⁾.

Como se pode observar, a resistência à fratura de um dente tratado endodonticamente é influenciado por muitos fatores. Assim, para compreender melhor a interrelação da altura e localização da férula, o cimento resinoso utilizado assim como os tratamentos de superfície dente/pino, a configuração do pino e do preparo, seriam necessários mais estudos a fim de esclarecer melhor a influência desses fatores e suas interações.

6. CONCLUSÃO

A presença de férula é um fator determinante na deformação, distribuição de tensões, resistência à fratura e modo de falha.

Dos artigos selecionados para esta revisão sistemática integrativa da literatura sobre o tema “Influência do remanescente dentário na resistência à fratura de dentes com endodontia e restaurados com pino de fibra de vidro”, foram extraídas as seguintes conclusões:

- O remanescente dentário de dentes tratados endodonticamente e restaurados com pinos de fibra de vidro aumentaram a resistência à fratura.

- O aumento do número de paredes residuais coronárias, assim como a altura da férula apresentou um efeito significativo na resistência à fratura, já a localização da férula não apresentou um consenso entre os autores, pois estudos mostraram que houve influência e outros estudos não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Porém, a maioria concordou que a presença de férula é mais importante para o prognóstico do que a escolha do material, desenho do pino, tipos de cimento e material da coroa.

- O dente tratado endodonticamente e que não tem férula e restaurados com pino de fibra de vidro apresentaram maior resistência à fratura do que os sem pino de fibra.

- Preservar e evitar a remoção extra e desnecessária de estrutura coronária, em vez de colocar um pino de fibra de vidro, pode proteger os dentes tratados endodonticamente contra falhas catastróficas. No entanto, quando não é possível a preservação da férula, um pino de fibra pode melhorar a retenção e a resistência à fratura da restauração. Porém o comprimento do pino não teve efeito na resistência à fratura, assim, a hipótese nula foi rejeitada porque existem diferenças entre dentes restaurados com pino de fibra de vidro com ou sem remanescente dentário (férula).

- Os pinos não reforçam os dentes, servem como meio de retenção para o material restaurador coronária.

- O tipo de terminação também podem influenciar a resistência à fratura. Em dentes sem férula a melhor opção seria o tipo de linha e terminação em ombro biselado devido ao melhor abraçamento radicular.

7. REFERÊNCIAS

1. Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle? *J Endod.* 1992;18(7):332-5.
2. Papa J, Cain C, Messer HH. Moisture content of vital vs endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1994;10(2):91-3.
3. 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;39(2):117-29.
4. 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;38(9):733-43.
5. Ramalho A.C.D *et al.* Estudo Comparativo da resistência radicular à fratura em função do comprimento e da composição do pino. *Facul. Odonto., Passo Fundo*, 2008;v.13, n.3,p 42-46.
6. Figueiredo FE, Santos RC, Silva AS, Valdívia AD, Oliveira-Neto LA, Griza S, Soares CJ, Faria-E-Silva AL. Ferrule Design Does Not Affect the Biomechanical Behavior of Anterior Teeth Under Mechanical Fatigue: An In Vitro Evaluation. *Oper Dent.* 2019; 44(3):273-280.
7. Santana FR, Castro C G *et al.* Influence of post system and remaining coronal tooth tissue on biomechanical behaviour of root filled molar teeth. *Int Endod J* 2011;44(5):386-94.

8. Santos Pantaleón D, Valenzuela FM, Morrow BR, Pameijer CH, García-Godoy F. Effect of Ferrule Location with Varying Heights on Fracture Resistance and Failure Mode of Restored Endodontically Treated Maxillary Incisors. *J Prosthodont.* 2019;28(6):677-683.
9. Skupien JA, Luz MS, Pereira-Cenci T. Ferrule Effect: A Meta-analysis. *JDR Clin Trans Res.* 2016;1(1):31-39.
10. Buttel L, Krastl G, Lorch H, Naumann M, Zitzmann NU, Weiger R. Influence of post fit and post length on fracture resistance. *Int Endodont J* 2009;42: 47-53.
11. Pereira JR, Valle AL, Ghizoni JS, So MV, Ramos MB, Lorenzoni FC. Evaluation of push-out bond strength of four luting agents and SEM observation of the dentine/fibreglass bond interface. *Int Endodontic J* 2013;46:982-92.
12. Samran A, Al-Afandi M, Kadour JA, Kern M. Effect of ferrule location on the fracture resistance of crowned mandibular premolars: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2015;114(1):86-91.
13. Mangold JT, Kern M. Influence of glass-fiber posts on the fracture resistance and failure pattern of endodontically treated premolars with varying substance loss: an in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2011;105:387–93.
14. Evangelinaki E, Tortopidis D, Kontonasaki E, Fragou T, Gogos C, Koidis P. Effect of a crown ferrule on the fracture strength of endodontically treated canines restored with fiber posts and metal-ceramic or all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont.* 2013;26(4):384-7.
15. Santos-Filho PC, Veríssimo C, Soares PV, Saltarelo RC, Soares CJ, Marcondes Martins LR. Influence of ferrule, post system, and length on biomechanical behavior of endodontically treated anterior teeth. *J Endod.* 2014; 40(1):119-23.

16. Samran A, El Bahra S, Kern M. The influence of substance loss and ferrule height on the fracture resistance of endodontically treated premolars. An in vitro study. *Dent Mater.* 2013;29(12):1280-6.
17. Tey KC, Lui JL. The effect of glass fiber-reinforced epoxy resin dowel diameter on the fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthodont.* 2014 ;23(7):572-81.
18. 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;41(3):207-15.
19. Kar S, Tripathi A, Trivedi C. Effect of Different Ferrule Length on Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth: An In vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(4):ZC49-ZC52.
20. Szenczuk R M F. Pinos não-metálicos: Diferentes sistemas e fundamentos para seu uso. Monografia UFSC. 2001
21. Fragou T, Tortopidis D, Kontonasaki E, *et al.* The effect of ferrule on the fracture mode of endodontically treated canines restored with fiber posts and metal-ceramic or all-ceramic crowns. *J Dent* 2012;40:276–285.
22. Bitter K, Noetzel J, Stamm O, Vaudt J, Meyer-Lueckel H, Neumann K, *et al.* 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;35:1477–82.
23. Carlini-Júnior B, Cecchin D, Farina AP, Pereira GD, Prieto LT, Paulillo LA. Influence of remaining coronal structure and of the marginal design on the

fracture strength of roots restored with cast post and core. *Acta Odontol Scand.* 2013 Jan;71(1):278-82.

24. Saker S, Özcan M. Retentive strength of fiber-reinforced composite posts with composite resin cores: Effect of remaining coronal structure and root canal dentin conditioning protocols. *J Prosthet Dent.* 2015;114(6):856-61.

25 - Santos AF, Meira JB, Tanaka CB, Xavier TA, Ballester RY, Lima RG, Pfeifer CS, & Versluis A Can fiber posts increase root stresses and reduce fracture? *J Dent Res.* 2010;89(6) 587-59.

26. Ding X, Li J, Zhang X, Yan X. Effects of 3 different residual root treatments after post-and-core restoration: An in vitro fracture resistance experiment and finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2020;124(4):485.e1-485.

27. Zhang L, Huang L, Xiong Y, Fang M, Chen JH, Ferrari M. Effect of post-space treatment on retention of fiber posts in different root regions using two self-etching systems. *Eur J Oral Sci.* 2008;116(3):280-6.

28. Zicari F, De Munck J, Scotti R, Naert I, Van Meerbeek B. Factors affecting the cement-post interface. *Dent Mater.* 2012;28(3):287-97.

29. Moura I R, Rabello T B, Pereira K F. A influência do eugenol nos procedimentos adesivos. *Rev. bras. odontol.* 2013;v. 70, n. 1, p. 28-32

30. Silva J O, Katuhide J U ; Saad J R C; Baseggio W , Schmitt V L, Naufel F S, Nahsan F P S. Resistência à tração de pinos de fibra de vidro intrarradiculares: efeito de diferentes agentes cimentantes. *Odontol. Clín. Cient.* 2011;10 (4) 381-385.

31. Junqueira R B. Influência do comprimento do pino de fibra de vidro na resistência à fratura de raízes fragilizadas. Tese de Doutorado UNESP. 2015

32. Fontana PE, Bohrer TC, Wandscher VF, Valandro LF, Limberger IF, Kaizer OB. Effect of Ferrule Thickness on Fracture Resistance of Teeth Restored With a Glass Fiber Post or Cast Post. *Oper Dent*. 2019;44(6):E299-E308.
33. Jotkowitz A & Samet N. Rethinking ferrule - a new approach to an old dilemma *Br Dent J*. 2010; 209(1)25-33.
34. Corrêa G, Brondani LP, Wandscher VF, Pereira GKR, Valandro LF, Bergoli CD. Influence of remaining coronal thickness and height on biomechanical behavior of endodontically treated teeth: survival rates, load to fracture and finite element analysis. *J Appl Oral Sci*. 2018.
35. Kawasaki T, Sato T, Hisanaga R, Nomoto S, Yotsuya M, Yoshinari M, Takemoto S. Influence of one-wall remaining coronal tooth with resin abutment and fiber post on static and dynamic fracture resistance. *Dent Mater J*. 2022; 41(2):241-248.
36. Abdulrazzak SS, Sulaiman E, Atiya BK, Jamaludin M. Effect of ferrule height and glass fibre post length on fracture resistance and failure mode of endodontically treated teeth. *Aust Endod J*. 2014;40(2):81-6.
37. Spicciarelli V, Marruganti C, Fedele I, Martignoni M, Ounsi H, Ferrari M, Grandini S. Influence of remaining tooth substance and post-endodontic restoration on fracture strength of endodontically treated maxillary incisors. *Dent Mater J*. 2021;40(3):697-703.
38. Roscoe MG, Noritomi PY, Novais VR, Soares CJ. Influence of alveolar bone loss, post type, and ferrule presence on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary canines: strain measurement and stress distribution *J Prosthet Dent*. 2013;110(2):116-26

39. Tan PL, Aquilino SA, Gratton DG. In vitro fracture resistance of endodontically treated central incisors with varying ferrule heights and configurations. *J Prosthet Dent* 2005; 93:331–36.
40. Watanabe MU, Anchieta RB, Rocha EP, Kina S, Almeida EO, Freitas AC Jr, Basting RT. Influence of crown ferrule heights and dowel material selection on the mechanical behavior of root-filled teeth: a finite element analysis. *J Prosthodont.* 2012; 21(4):304-11.
41. Silva P R A, Carneiro Viana G A D C, Tholt B, Balduino A S. Avaliação da influência da translucidez de pinos de fibra de vidro na resistência adesiva de um cimento autoadesivo. *J Health Sci Inst.* 2013;31(1):27-35.
42. Erik AA, Erik CE, Yıldırım D. Experimental study of influence of composition on radiopacity of fiber post materials. *Microsc Res Tech.* 2019; 82(9):1448-1454.
43. Santos-Filho PC, Veríssimo C, Raposo LH, Noritomi MecEng PY, Marcondes Martins LR. Influence of ferrule, post system, and length on stress distribution of weakened root-filled teeth. *J Endod.* 2014;40(11):1874-8.
44. Samran A, Al-Afandi M, Kadour JA, Kern M. Effect of ferrule location on the fracture resistance of crowned mandibular premolars: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2015;114(1):86-91.
45. Zhang Y, Zhang W, Lu Z, Wang K. Fracture strength of custom fabricated Celay allceramic post and core restored endodontically treated teeth. *Chin Med J* 2006;119:1815–20.
46. Zhang YY, Peng MD, Wang YN *et al*: The effects of ferrule configuration on the anti-fracture ability of fiber post-restored teeth. *J Dent* 2015;43:117-125.

47. Liu S, Liu Y, Xu J, Rong Q, Pan S. Influence of occlusal contact and cusp inclination on the biomechanical character of a maxillary premolar: a finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2014;112(5):1238-45.