



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Maynara Schlickmann de Freitas

**Diferentes protocolos para o reparo de restaurações de dissilicato de lítio do tipo overlay**

Florianópolis

2020

Maynara Schlickmann de Freitas

**Diferentes protocolos para o reparo de restaurações de dissilicato de lítio do tipo overlay**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de doutor em Odontologia com ênfase em Dentística restauradora.

Orientador: Prof. Sylvio Monteiro Junior, Dr.

Coorientadora: Prof. Renata Gondo Machado, Dra.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Freitas, Maynara

Diferentes protocolos para o reparo de restaurações de  
dissilicato de lítio do tipo overlay / Maynara Freitas ;  
orientador, Sylvio Monteiro Junior, coorientadora, Renata  
Gondo Machado, 2020.

90 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós  
Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Odontologia. 2. cerâmica. 3. reparo. 4. odontologia.  
5. dentística. I. Monteiro Junior, Sylvio . II. Gondo  
Machado, Renata. III. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. IV.  
Título.

Maynara Schlickmann de Freitas

**Diferentes protocolos para o reparo de restaurações de dissilicato de lítio do tipo overlay**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Sheila Cristina Stolf, Dra.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Vanessa Carla Ruschel, Dra.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fábio Luiz Andretti, Dr.  
UNISOCIESC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutora em Odontologia com ênfase em Dentística restauradora.

---

Profa. Elena Riet Correa Rivero, Dra.  
Coordenadora do Programa

---

Prof. Sylvio Monteiro Junior, Dr.  
Orientador

Florianópolis, 2020

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, Fernando e Miriam, ao meu amado marido Ronaldo e minha querida Mel. Especialmente a minha vó Isabel, que sempre lutou tanto para que toda família estudasse. Vó, temos a primeira Doutora na família!

## AGRADECIMENTOS

A vida sempre me trouxe pessoas muito especiais, tanto para aprendizado e crescimento, quanto para uma vida mais leve e serena. Estes agradecimentos seriam infinitos devido ao tanto de pessoas que passaram ao meu lado neste trajeto lindo que foi o meu doutorado. Portanto, tentarei ser o mais breve possível e espero não deixar ninguém de fora.

Primeiro de todos, a quem eu sempre vou agradecer, é Deus. Sempre presente em todos momentos. A ele orei e pedi para dar força e ser persistente para conseguir atingir todos meus objetivos.

Aos meus pais, Fernando e Miriam, todo agradecimento seria pouco para expressar tudo que eles já me proporcionaram. Nunca pouparam esforços para me ver bem. Sempre apoiando em todos os momentos da vida. Quero um dia ainda retribuir o tanto que eles já me deram. Amo vocês.

Ao meu marido, Ronaldo, sem palavras para descrevê-lo. Um anjo que Deus colocou na minha vida. Pessoa tranquila, que me dá paz em meio aos meus devaneios. Não mede esforços para me ver bem. Pessoa que me apoia, incentiva e me socorre sempre. Só Deus sabe o que ele fez por mim nesses últimos anos, se mostrou um homem maravilhoso. Obrigada de coração, amo muito você.

Ao meu orientador Sylvio Monteiro Junior, que é uma inspiração não só de professor, mas também de ser humano. Quando falo que Deus foi bom comigo, este é um grande exemplo. Um espelho a ser seguido. Muito além da inteligência (que não dá nem de mensurar), este Professor tem um caráter irrefutável. Eu poderia escrever um livro sobre as qualidades dele. E aqui, só expresso a minha gratidão por Deus ter te colocado como meu orientador. E peço desculpas por qualquer transtorno que tenha lhe causado. Você foi o presente mais lindo que o doutorado me deu.

A minha coorientadora, Renata Gondo Machado, minha eterna gratidão. Desde a graduação eu sempre adorei o jeito com que ela dava aula, o jeito que ela cativava os alunos e me encantava. Eu sempre quis ter mais proximidade com ela e fiquei aguardando este momento. Deus novamente colocou, no meio do meu doutorado, ela como minha coorientadora. Quando resolvi trocar o assunto da minha tese, todos ficaram apreensivos, mas ela, com toda sua paciência, escutou meus motivos e incentivou a iniciar este outro projeto. Quero agradecer imensamente do fundo do meu coração todo apoio para que este trabalho fosse concretizado.

Ao meu orientador do Mestrado, Professor Luiz Narciso Baratieri, por ter acreditado em mim e ter dado todo apoio durante o mestrado. Foi uma honra ser sua orientada.

A todos professores da Disciplina de Dentística, meu agradecimento por toda jornada juntos. Foram 6 anos de muito aprendizado. Em especial àqueles que já partiram para outra dimensão: Professor Maia e Luiz Clovis, saudades.

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por ter me acolhido por quase 14 anos, sendo 12 só do curso de Odontologia. Devo a esta universidade muito do que sou hoje. Agradeço cada curso, estágio, aula assistida e/ou ministrada.

Aos professores da graduação, meu muito obrigada. Em especial, à professora Inês Beatriz Rath, que me proporcionou uma bolsa estágio durante praticamente toda minha graduação, que me permitiu finalizar o curso. Assim como todo aprendizado humano que tive junto a ela na ala pediátrica do Hospital Universitário desta universidade.

A professora Dayane Ribeiro, por sempre ser uma incentivadora. Obrigada pela oportunidade dada quando entrei no CEO-UFSC, não sabe o quanto me ajudou. Obrigada também por toda confiança cedida a mim! Sua família é muito especial.

A professora Analúcia, que sempre esteve de braços abertos para me receber e ajudar. Aprendi muito ao seu lado. Obrigada pelas oportunidades cedidas. Tenho muito apreço por você.

Aos meus colegas de Pós-graduação, principalmente da minha área de concentração: a Dentística. Entrar na nossa salinha sempre foi motivo de muito carinho. Sentirei falta. Aos meus colegas de Doutorado, um agradecimento especial por todos esses anos de Mestrado e Doutorado. Aprendi muito com cada um de vocês, Alana, Ândria, Carolina, Renata e Vitor. Um agradecimento especial as minhas amigas Alana e Renatinha que estiveram comigo do começo ao fim dessa jornada. Eu amo muito vocês! Saibam disso! Sempre que precisarem contem comigo para qualquer coisa. Vou sentir muita falta de vocês. Nordeste será pequeno para o talento de vocês duas!

A todos profissionais da escola Zenith Educação Continuada. Essa escola realmente leva à risca o sinônimo de qualidade. Eu os descreveria como uma família admirável. Ao Márcio, que sempre foi tão solícito comigo. Cibele, minha ex-aluna, que virou, minha professora. Ser iluminado que, além de me ensinar a utilizar as máquinas, me auxiliou muito no processo. Principalmente aos professores Edson Araújo e Marcelo Rocha, que disponibilizaram a escola e o CAD/CAM para que eu conseguisse confeccionar minhas restaurações processadas por esta tecnologia. Minha eterna gratidão!

Ao Sérgio Araújo, pessoa querida, que aceitou meu pedido e fez os fragmentos cerâmicos de um dos grupos da pesquisa em laboratório.

A Universidade de São Paulo (USP), em especial ao professor Paulo Francisco Cesar, que me cedeu o direito de utilizar equipamentos para realizar a pesquisa. Ao seu aluno Lucas Hian, que se deslocou até a USP (apesar de não ser mais aluno) e me ensinou a usar os equipamentos. As funcionárias Rosa e Eli que me trataram desde sempre muito bem, ajudando-me na burocracia com a universidade. Ao Ruan, por ter me ajudado com a manutenção da pesquisa.

Às minhas amigas da vida e de faculdade, que sempre estiveram me apoiando nessa jornada. Desculpem a minha ausência em todos esses anos. Vocês são fundamentais na minha existência. Não citarei nomes para não cometer o erro de esquecer ninguém, mas quem me tem no coração saberá.

A minha sempre amiga, madrinha, afilhada e sócia Camila Redin Pasin, por ter me escolhido, por ter me acolhido e por sempre ser tão generosa comigo. Só ela sabe o quanto sonhamos com este momento. Obrigada por ser você em minha vida. Amo você. 2020 será nosso.

A minha afilhada Helena, que tem 3 aninhos de vida. Foi um presente de Deus. Aline e Adriano, obrigada por confiarem este ser a mim e peço desculpa aos 3 por minha ausência. Prometo mais presença.

A vida me proporcionou a experiência primorosa de ser professora substituta nesta instituição. Sou grata a Deus por ter me proporcionado isto. Agradeço aos meus colegas do eixo de Interação Comunitária, pois sempre confiaram no meu trabalho e me trataram muito bem. Aos meus amigos e colegas de profissão, André Porporatti e Beatriz DMS, como sou grata a Deus por ter convivido com vocês estes quase 2 anos. Muito obrigada pela leveza nesta minha jornada como professora. Vocês são inspirações.

Aos meus maravilhosos alunos da graduação. Vocês me fizeram crescer tanto. Obrigada por todo ensinamento, por todos momentos compartilhados. Eu espero, do fundo do meu coração, que tenha contribuído pelo menos um pouco com a formação de vocês.

Aos meus amigos Andressa Ballarin e João Cerveira, que sempre me apoiaram e me incentivaram. Obrigada por tanto. Vocês sempre confiaram tanto em mim. Agradeço de coração. Espero que nossa parceria e amizade cresçam ainda mais.

Aos funcionários da universidade, porteiros e seguranças do final de semana que sempre foram muito solícitos. Ao pessoal da limpeza, principalmente a minha amada Lu, que



sempre me tratou com tanto carinho. A Rô, Dai, Fá, Nil, Batista e Luiz, meu agradecimento especial. Vocês são demais.

E a minha tão estimada banca que escolhi com muito amor no coração. Quando tive que decidir a minha banca pensei: “Pessoas inteligentes, que contribuam com meu trabalho e tenham amor no coração!” E não tive dúvida dessas pessoas. Agradeço de coração Fábio Andretti, Vanessa Ruschel, Sheila Stolf, Vitor Bona e Larissa Pottmaier. Com certeza esse trabalho terá um diferencial após a avaliação de vocês. Obrigada por aceitarem meu convite.

Desculpem-me o longo agradecimento. Todavia, como um profissional que admiro muito um dia falou: “Você pode sonhar, criar, desenhar e construir o lugar mais maravilhoso do mundo, mas é necessário ter pessoas para transformar seu sonho em realidade.”. (Walt Disney). E eu tive muitas no meu caminho.

**GRATIDÃO!**

## The Climb

I can almost see it  
That dream I'm dreaming  
But there's a voice inside my head  
Saying: You'll never reach it  
Every step I'm taking  
Every move I make feels  
Lost with no direction  
My faith is shaking  
But I, I gotta keep trying  
Gotta keep my head held high  
There's always gonna be another mountain  
I'm always gonna wanna make it move  
Always gonna be an uphill battle  
Sometimes I'm gonna have to lose  
Ain't about how fast I get there  
Ain't about what's waiting on the other side  
It's the climb  
The struggles I'm facing  
The chances I'm taking  
Sometimes might knock me down  
But, no, I'm not breaking  
I may not know it  
But these are the moments that  
I'm gonna remember most, yeah  
Just gotta keep going  
And I, I gotta be strong  
Keep the faith

(ALEXANDER JL / MABE JC, 2009)

## RESUMO

Avaliar a resistência à fratura de overlays de cerâmica após diferentes protocolos de reparo com resina composta e cerâmica após ciclagem mecânica. Quarenta terceiros molares hígidos tricuspidados foram preparados para overlay e receberam restauração de dissilicato de lítio para CAD/CAM. Uma simulação de fratura na cúspide palatal foi realizada com ponta diamantada tronco-cônica. Os grupos foram separados de acordo com tratamento de superfície e material restaurador do reparo (n=10): GB- kit de reparo 1 (Bisco Intraoral Repair Kit, Bisco, EUA) e reparo com resina composta; GC- kit de reparo 2 (Clearfill Repair Kit, Kuraray, Japão) e reparo com resina composta; GT- tratamento de superfície (asperização, ácido fosfórico, silano e adesivo) e reparo com resina composta; e GF (asperização, ácido fosfórico, silano e adesivo) mais a cimentação de fragmento indireto cerâmico. Os espécimes foram todos transluminados previamente para comparação posterior de trincas e submetidos a ciclagem mecânica (carga de 100N e frequência de 2Hz) por 250.000 ciclos e levados a máquina universal de testes para avaliar resistência à fratura. A análise do modo de falha com estereomicroscópio a uma magnificação de 10x foi realizada. A avaliação para detectar trincas antes e depois foi realizada com transluminador. Os dados foram analisados por meio do teste Qui-Quadrado e ANOVA dois critérios. Os grupos GB e GF sobreviveram 100% após ciclagem mecânica, diferente dos grupos GC e GT (40%) apresentando diferença estatística entre esses grupos ( $P=0,007$ ). Não foi observada formação de trincas significativas após ciclagem mecânica em todos os grupos ( $p>0,05$ ). Não houve diferença estatística significativa entre os grupos com relação a resistência à fratura ( $p=0,362$ ) e entre a presença ou ausência de trincas ( $p=0,731$ ). Houve diferença estatística no modo de falha, enquanto os grupos GC e GT apresentaram 70% de lascamento severo do reparo ou se separaram totalmente do espécime. GB apresentou 20% e GF 30%. De acordo com os resultados obtidos, a resistência à fratura de todos os sistemas de reparos apresentou níveis altos de resistência, apresentando resultados promissores. Porém, deve-se atentar-se para os modos de falha dos grupos GC e GT, que se mostraram mais sensíveis que os demais grupos.

**Palavras-chave:** Cerâmica 1. Estresse Mecânico 2. Restauração Dentária Permanente 3.

## ABSTRACT

To evaluate the fracture resistance of ceramic overlays after different repair protocols with composite resin and ceramic after mechanical cycling. Forty third tricuspid molars were prepared for overlay and received restoration of lithium disilicate for CAD / CAM. A simulation of fracture in the palatal cusp was performed with a diamond-tipped cone-tip. The groups were separated according to surface treatment and repair restoration material (n = 10): GB- repair kit 1 (Bisco Intraoral Repair Kit, Bisco, USA) and repair with composite resin; GC- repair kit 2 (Clearfill Repair Kit, Kuraray, Japan) and repair with composite resin; GT- surface treatment (roughening, phosphoric acid, silane and adhesive) and repair with composite resin; and GF (asperization, phosphoric acid, silane and adhesive) plus the cementation of an indirect ceramic fragment. The specimens were all previously illuminated for later comparison of cracks and subjected to mechanical cycling (load of 100N and frequency of 2Hz) for 250,000 cycles and taken to an universal testing machine in order to assess fracture resistance. Failure mode analysis with a stereomicroscope at 10x magnification was performed. The evaluation to detect cracks before and after was carried out with a transluminator. The data were analyzed using the Chi-Square test and ANOVA two criteria. The GB and GF groups survived 100% after mechanical cycling, differently from the GC and GT groups (40%), with statistical difference between these groups ( $P = 0.007$ ). No significant crack formation was observed after mechanical cycling in all groups ( $p > 0.05$ ). There was no statistically significant difference between groups with respect to fracture resistance ( $p = 0.362$ ) and between the presence or absence of cracks ( $p = 0.731$ ). There was a statistical difference in the failure mode, while the GC and GT groups presented 70% of severe repair chipping or were totally separated from the specimen. GB presented 20% and GF 30%. According to the results obtained, the fracture resistance of all repair systems showed high levels of resistance, showing promising results. However, attention should be paid to the failure modes of the GC and GT groups, which were more sensitive than the other groups.

**Keywords:** Ceramic 1. Stress, Mechanical 2. Dental Restoration, Permanent 3.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Radiografia digital do elemento dental.....	30
Figura 2 -Transluminação inicial do elemento dental (A-D): (A)Face Vestibular; (B) Face palatal; (C) Face Mesial; (D) Face Distal.....	30
Figura 3 – Fotografias iniciais do elemento dental (A-E): (A)Face vestibular; (B) Face oclusal; (C) Face palatal; (D) Face Mesial; (E) Face Distal.....	31
Figura 4 – plataforma com as circunferências de inserção dos espécimes.....	31
Figura 5 – Dispositivo de inclusão (A-B): (A) Molde com a conformação do dispositivo; (B) Dispositivo em resina acrílica com suas dimensões.....	32
Figura 6 – Inclusão dos dentes. (A-B): (A) Dispositivo metálico com 5 hastes metálicas paralelas verticais para inclusão do dente ao dispositivo de inclusão de resina acrílica; (B) Haste com a face oclusal do dente inserida em sua ponta para obter o paralelismo.....	32
Figura 07 – Avaliação do desgaste do preparo(A-B). (A) guias de silicone; (B) mensuração com sonda milimetrada .....	33
Figura 08 – Após queima das restaurações em dissilicato de lítio.....	37
Figura 09 – Desgaste na cúspide palatal. (A) Desgaste por vista oclusal observando os limites para o desgaste; (B) Simulação da quantidade de desgaste realizado na cúspide com simulação de fratura.....	39
Figura 10 - Sistema de reparos comerciais. (A) BISCO Intraoral Repair (Bisco, USA); (B) Clearfil Repair Kit (Kuraray, Japão) .....	40
Figura 11 – Cicladora Mecânica Biocycle, Biopdi.....	44
Figura 12 – Teste de resistência à fratura.....	45
Figura 13 – Imagens do estereomicroscópio ao final do ensaio de resistência à fratura: (A) exemplar do GB3; (B) exemplar do GC; (C) exemplar do GT; (D) exemplar do GF .....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos materiais pesquisados .....	27
Quadro 2 – Indicação dos materiais comerciais pesquisados.....	29
Quadro 3 – Etapas realizadas no software para realização da restauração overlay .....	34
Quadro 4 – Tratamento de superfície para cada grupo testado .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise da sobrevivência dos espécimes após ciclagem mecânica.....	47
Tabela 2 - Análise da formação de trincas após ciclagem mecânica.....	47
Tabela 3 - Avaliação da resistência à fratura dos espécimes considerando os 4 diferentes protocolos de reparo e a presença de trinca prévia ao teste de resistência.....	48
Tabela 4 - Avaliação do grau de falhas dos espécimes e sua associação com o grupo experimental.....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA Análise de Variâncias

BisGMA Metacrilato de bisfenol A glicidil

CAD/CAM Desenho assistido por computador/Fabricação por computador

CEP Comitê de Ética em Pesquisa

CEPSH Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

DP Desvio Padrão

EUA Estados Unidos da América

GB Grupo do sistema de reparo BISCO Intraoral Repair

GC Grupo do sistema de reparo Clearfill Repair Kit

GT Grupo Teste

GF Grupo Fragmento indireto

h horas

HT alta translucidez

Hz Hertz

ISO International Standardization Organization

JCE Junção Cimento-Esmalte

kgf quilograma força

LEDs Light-emitting diode

min minutos

mm milímetros

mW/cm<sup>2</sup> miliwatts por centímetro quadrado

N Newton



s segundos

TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

$\mu\text{m}$  micrômetro

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C Grau Celsius

% Porcentagem

± Mais ou menos

<sup>TM</sup> Trademark symbol – Marca Registrada

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVO .....	16
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
2.1	FALHAS RESTAURADORAS .....	18
2.2	REPARO EM CERÂMICA .....	19
2.3	TESTES E AVALIAÇÕES DA PESQUISA .....	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>27</b>
3.1	SELEÇÃO DOS DENTES E PREPARO DOS ESPÉCIMES .....	29
3.2	PROCESSO DE ESCANEAMENTO E USINAGEM (CAD/CAM) .....	34
3.3	TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES.....	37
<b>3.3.1</b>	<b>Tratamento de superfície dental.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Tratamento da superfície interna da restauração cerâmica.....</b>	<b>38</b>
3.4	ACABAMENTO E POLIMENTO DAS MARGENS DOS ESPÉCIMES .....	38
3.5	simulação do desgaste da cúspide palatal.....	39
3.6	DIVISÃO DOS GRUPOS experimentais.....	39
3.7	CICLAGEM MECÂNICA .....	43
3.8	AVALIAÇÃO DE TRINCAS .....	44
3.9	RESISTÊNCIA À FRATURA .....	45
3.10	AVALIAÇÃO DOS MODOS DE FALHA .....	46
3.11	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	46
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>
	<b>APÊNDICE A – TCLE.....</b>	<b>64</b>

<b>APÊNDICE B – Termo Doação .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE C - PLANILHA COM AS MEDIDAS DOS DENTES SELECIONADOS .</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE D – ARTIGO VERSÃO INGLÊS .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP.....</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os materiais restauradores estão em constante evolução. Pesquisas têm sido desenvolvidas ao longo dos anos para estes materiais serem aperfeiçoados, deixando-os mais resistentes, versáteis e estéticos (RUSE; SADOUN, 2014; GRACIS et al., 2015; KOCAAGAOGLU; GURBULAK, 2015).

Em condições ideais de seleção e execução, as restaurações cerâmicas, na sua grande maioria, apresentam um amplo êxito após sua realização (HICKEL; BRÜSHAVER; ILIE, 2013). São consideradas sucesso quando sua capacidade restauradora exerce a função esperada (ANUSAVICE, 2012).

Já está bem descrito na literatura que as restaurações cerâmicas, apresentam maior resistência frente alguns outros tipos de materiais restauradores (HÄMMERLE, 2008), assim como apresentam na sua composição estruturas de reforços (KOCAAGAOGLU; GURBULAK, 2015). Um dos reforços utilizados para as cerâmicas é a adição de cristais de óxido metálico dissilicato de lítio, que tem sido empregado na clínica como um material de excelência (KOCAAGAOGLU; GURBULAK, 2015) para restaurações que necessitam estética, estabilidade de cor e durabilidade (STAWARCZYK et al., 2012). Todavia, apesar das grandes vantagens das restaurações cerâmicas indiretas, essas ainda apresentam falhas que podem ocorrer de diferentes proporções (SUBASI; ALP, 2017). As principais falhas relatadas na literatura são traumas, hábitos parafuncionais e defeitos internos da cerâmica (ÖZCAN; NIEDERMEIER, 2002).

Apesar de serem escassos estudos clínicos randomizados realizados para se comprovar a longevidade de reparos em restaurações frente a outros tipos de estudos, este tipo de procedimento aparenta ser uma indicação bem atual, já que o risco à cárie, em geral, tem diminuído significativamente (HICKEL; BRÜSHAVER; ILIE, 2013).

Protocolos de reparos têm sido testados a fim de recuperar estruturas perdidas de restaurações indiretas usinadas pelo sistema CAD/CAM (SUBASI; ALP, 2017; ÜSTÜN; BÜYÜKHATIPOGLU; SEÇILMIS, 2018; FLURY; DULLA; PEUTZFELDT, 2019), mas a maioria dos estudos ainda não conseguiu reportar os efeitos do reparo com testes biomecânicos mais próximos da realidade. Atualmente, experimentos com carga cíclica reproduzindo uma indução à fadiga mecânica têm sido indicados para avaliar com mais precisão o que ocorre no comportamento clínico (DARTORA et al., 2019).

Protocolos de reparos têm sido testados a fim de recuperar estruturas perdidas de restaurações indiretas usinadas pelo sistema CAD/CAM (SUBASI; ALP, 2017; ÜSTÜN; BÜYÜKHATİPOĞLU; SEÇILMIS, 2018; FLURY; DULLA; PEUTZFELDT, 2019), mas a maioria dos estudos ainda não conseguiu reportar os efeitos do reparo com testes biomecânicos mais próximos da realidade. Atualmente, experimentos com carga cíclica reproduzindo uma indução à fadiga mecânica têm sido indicados para avaliar com mais precisão o que ocorre no comportamento clínico (DARTORA et al., 2019).

O reparo pode ser realizado em uma série de problemas que acontecem com a restauração. Fraturas, substituição parcial do volume, problemas nas margens como material insuficiente, são alguns dos citados na literatura (HICKEL; BRÜSHAVER; ILIE, 2013). Estudos devem ser realizados abordando os diferentes motivos para se realizar um reparo, pois as diferentes proporções que cada uma dessas falhas pode abranger, poderá determinar como o reparo deverá ser efetuado (HICKEL; BRÜSHAVER; ILIE, 2013).

Com o advento das novas tecnologias, surgindo novos materiais com composições melhoradas para aperfeiçoar ainda mais sua performance, e com os novos ideais de uma odontologia minimamente invasiva, o objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar o desempenho dos diferentes protocolos de reparo em restaurações indiretas de vitrocerâmica de dissilicato de lítio (e.max CAD) obtida por CAD/CAM em dente posterior na ciclagem mecânica e resistência à fratura.

A hipótese nula testada foi que os diferentes protocolos de reparo testados se comportarão de modos distintos. A hipótese alternativa foi que os protocolos dos grupos com sistemas de reparo comerciais seriam melhores que os dois protocolos testes realizados neste trabalho.

## 1.1 OBJETIVO

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos desta tese.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a resistência à fratura de overlays de cerâmica após diferentes protocolos de reparo com resina composta e cerâmica após ciclagem mecânica

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar a sobrevivência entre os grupos testados no teste de simulação de mastigação por ciclagem mecânica.
- Avaliar a formação de trincas dos espécimes provenientes da ciclagem mecânica.
- Comparar a resistência à fratura dos quatro protocolos de reparo após ciclagem mecânica.
- Analisar e comparar os modos de falhas de todos os espécimes após teste de resistência à fratura, por meio de avaliação fractográfica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FALHAS RESTAURADORAS

As falhas restauradoras já eram uma preocupação há muitos anos. No final da década de 40, Healey e Phillips (1949) já avaliavam as falhas em restaurações. Neste estudo, foi observado que 56% das falhas foram devido ao preparo cavitário incorreto, 40% referia-se à má manipulação do material e 4% o problema das propriedades. Ou seja, a maioria das falhas reconhecidas foram relacionadas ao profissional, mostrando que grande parte dos problemas relacionados a restauração estão ligados diretamente ao manejo da restauração.

Os anos se passaram e muitos estudos (ANUSAVICE, 2012; HICKEL; BRÜSHAVER; ILIE, 2013; BLUM; LYNCH; WILSON, 2014; CONGIUSTA, 2017; DEMARCO et al., 2017; ELTAHLAH et al., 2018; NEDELJKOVIC et al., 2020) ainda são descritos avaliando os problemas com as restaurações de modo geral. E, essas falhas em restaurações, na sua grande maioria, levam a sua substituição, o que acabam se tornando um ciclo interminável de trocas (JINGARWAR; BAJWA; PATHAK, 2014).

Segundo Demarco et al. (2017), a resina composta apresenta de 1 a 3% de falhas em dentes posteriores e de 1 a 5% nos dentes anteriores e essas falhas estão relacionadas diretamente ao risco da cárie, estresse oclusal e fatores socioeconômicos. Mas, no geral, em muitos países houve uma menor incidência de cárie, e com isso, a indicação para realizar reparos em restaurações tem parecido ser uma proposta interessante (HICKEL; BRÜSHAVER; ILIE, 2013). Outra escolha em que o reparo pode ser uma boa alternativa são fraturas que ocorrem em dente e/ou restauração que estão intrinsecamente ligadas às falhas restauradoras (DEMARCO et al., 2017).

O tratamento mais comum em restaurações com falhas com mais de 10 anos é a substituição. A cada troca é inevitável o aumento do preparo cavitário e enfraquecimento do elemento dental (MJÖR; MOORHEAD; DAHL, 2000). Quando sua remoção é total, existe sempre uma perda de tecido dental sadio (JINGARWAR; BAJWA; PATHAK, 2014).

Protocolos de tratamento menos invasivos, do que a substituição total, em diferentes tipos de materiais restauradores, foram publicados na literatura (FLURY; DULLA; PEUTZFELDT, 2019; GARBELOTTO et al., 2019; KANZOW et al., 2019; TOKAR; POLAT; OZTURK, 2019). Uma revisão sistemática (HICKEL; BRÜSHAVER; ILIE, 2013) indicou que



o reparo foi se difundindo e muitas literaturas surgiram a cerca do assunto, debatendo sobre os diferentes manejos para realizar um protocolo eficaz. E, dependendo do material restaurador, propostas diferentes para reestabelecer a restauração foram criadas. No material cerâmico, por exemplo, muito citou-se condicionamento com ácido fluorídrico, aplicação de silano, adesivo e resina composta (HICKEL; BRÜSHAVER; ILIE, 2013).

As restaurações cerâmicas têm um grande desafio: são cimentadas adesivamente e a remoção em caso de fratura da restauração é difícil, pois, acaba danificando ainda mais o tecido dental invadindo, em alguns casos, até o tecido gengival. Estes procedimentos fazem com que o dente fique mais enfraquecido. Com isso, alguns pesquisadores têm investido em trabalhos para buscar alternativas estéticas e funcionais para substituir ou reparar. Entretanto, ainda há controvérsias com relação aos protocolos de reparo em cerâmica com resina (BLUM; JAGGER; WILSON, 2011a; BLUM; JAGGER; WILSON, 2011b; BLUM et al., 2012; KUMBULOGLU et al., 2003; ÖZCAN, 2003).

Algumas das falhas que podem ocorrer em restaurações indiretas podem derivar de problemas tais como cárie secundária, desgaste excessivo das superfícies opostas dos dentes, forte erosão ácida, pulpite irreversível, rugosidade superficial da cerâmica, margem de cimentação deficiente, estética inaceitável, fissuras e fraturas em geral (ANUSAVICE, 2012).

## 2.2 REPARO EM CERÂMICA

Em uma busca nas bases de dados de literatura científica, os primeiros relatos encontrados de reparo em cerâmica, nesta pesquisa, datam de 1948 (FARLEY, 1948). Desde então, o número de estudos científicos vem crescendo, embora lentamente. Apesar de mais de 70 anos terem se passado, os números de artigos que norteiam o tema reparo em cerâmicas odontológicas são escassos quando comparado com outros assuntos, como restaurações cerâmicas em geral. Quando realizada uma busca rápida, com as palavras chaves “*repair*”, vinculada à palavra “*ceramic*” e “*dentistry*”, na base de dados *PubMed*, 695 artigos foram relacionados. Sendo que destes, muitos ainda não estão diretamente ligados ao assunto.

O campo de pesquisa nesta área permeia vários materiais para realizar o reparo em si, assim como uma imensidão de materiais restauradores a serem reparados, visto o grande leque de possibilidades restauradoras que possuímos atualmente. Estará descrito a seguir um breve resumo da literatura em ordem cronológica e artigos pertinentes para a elaboração deste

trabalho, que tem como foco sistemas de reparo em materiais restauradores odontológicos do sistema CAD/CAM.

Em 1970, já se descreviam alguns sistemas para realizar reparos. Um artigo de Highton, Caputo e Matyas (1979), avaliou e comparou dois sistemas de reparo para cerâmica que utilizavam o que chamavam de agentes de acoplamento. Os dois sistemas utilizaram o silano como agente de união, porém, um sistema indicava o reparo com resina acrílica e o outro com uma resina composta. Ambos sistemas não especificaram composição exata do agente de acoplamento. O teste de resistência à tensão flexural foi realizado e as superfícies fraturadas foram avaliadas. O estudo observou que ambos sistemas falharam na interface cerâmica-resina, o que indicou que o próprio agente de acoplamento falhou.

Ainda na década de 1970, as cerâmicas vinham acompanhadas na sua grande maioria por uma fundição metálica. Um artigo (BRUGGERS; JEANSONNE; GRUSH, 1979) descreveu um caso clínico de reparo em uma restauração com revestimento cerâmico em um dente anterior. Na época, o procedimento escolhido foi um sistema de adesão à porcelana com platina pura revestida com óxido de estanho. A justificativa para este procedimento foi que esse material promoveria resistência e manteria o contorno e a aparência da restauração original.

Bello et al., em 1985, avaliaram a resistência de união e a microinfiltração de novos sistemas de reparo para época (Enamelite 500, Lee Pharmaceuticals; Primer experimental Enamelite 500 Plus, Lee Pharmaceuticals; Den-Mat Porcelain Repair Kit, Den-Mat; Silanit e Isopast, Vivadent) em cerâmica (Will-Ceram, Williams Gold Refining Co). Todos materiais apresentaram falhas na resistência, tanto no material de reparo quanto na interface e na cerâmica. A microinfiltração foi encontrada em maior quantidade no material Silanit, o qual apresentou da primeira semana para quarta um aumento significativo.

Nos anos 1990, as pesquisas permaneceram avaliando os novos sistemas que surgiam no comércio. As restaurações de cerâmica combinadas com metal ainda eram citadas para reparo. Chung e Hwang (1997) investigaram tratamentos de superfície para realizar reparo (Biobond porcelain System) no metal puro, na cerâmica pura e no conjunto metal e cerâmica. O jateamento com óxido de alumínio e condicionamento de superfície com ácido fluorídrico foram testados. A resistência ao cisalhamento foi avaliada. O estudo observou que o jateamento aumentou a resistência ao reparo, tal como o ataque ácido na cerâmica.

Já no século 21, outros materiais restauradores indiretos começaram a ser testados. Em um estudo (MELO; VALANDRO; BOTTINO, 2007), também avaliando a resistência da

adesão do reparo, uma cerâmica feldspática reforçada por leucita (Omega 900, VITA) foi analisada. Esse material foi submetido a dois protocolos de condicionamento de superfície. O 1º: fluorídrico mais silano e o 2º: revestimento triboquímico de sílica (material de jateamento, CoJet system) mais silano. Ambos os grupos apresentaram resistência na adesão do reparo semelhantes da resina composta a cerâmica.

Ainda no início do século 21, foram observados os primeiros relatos da literatura científica sobre reparo em materiais restauradores para sistema CAD/CAM. Panah, Rezai e Ahmadian (2008) avaliaram a influência de diferentes tratamentos de superfície à resistência de união da resina composta a cerâmica para CAD/CAM (IPS Empress 2, Ivoclar Vivadent). A combinação desses materiais foi testada: jateamento com alumina, condicionamento com ácido fluorídrico e silanização foram os tratamentos de superfície testados. A resistência de união foi influenciada pelo tipo de tratamento realizado. Quando foram usados os 3 tipos de tratamento de superfície juntos, a resistência foi mais eficaz.

Um estudo *in vitro* de Blum et al. (2012) comparou quatro sistemas de reparo cerâmico no efeito de diferentes métodos de condicionamento de superfície na resistência a tração e integridade da interface em cerâmicas reforçadas por leucita (Cerana1). Os reparos foram realizados com os seguintes sistemas: Ceramic Repair1 (Ivoclar Vivadent); Cimara1 (Voco); Clearfil Repair1 (Kuraray); CoJet system1 (3M ESPE). O estudo mostrou baixos valores de resistência a tração em todos os sistemas testados, considerando a indicação somente como uma intervenção provisória.

Uma revisão sistemática (HICKEL; BRÜSHAVEN; ILIE, 2013) foi realizada para avaliar artigos clínicos e *in vitro* sobre o assunto de reparos em diferentes tipos de materiais restauradores. Para cerâmicas, o estudo conseguiu recrutar apenas 14 estudos *in vitro* e nenhum clínico. Os principais fatores apontados neste estudo para fraturas em restaurações cerâmicas são erros ou contaminações na fabricação e planejamento inadequado. O estudo também descreveu possíveis classificações e recomendações de tratamento, com a divisão em graus de gravidade de um a três, sendo 1 o grau mais leve de lascamento passível de polimento, grau 2 considerado moderado, passível de ser reparado e 3 o grau mais severo e com necessidade de troca de toda restauração.

Uma pesquisa (WAHSH; GHALLAB, 2015) *in vitro* avaliou a resistência a união por microcisalhamento e testada tratamentos de superfície e tipos de agentes adesivos em cerâmicas reforçadas por dissilicato de lítio (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) e resina nanocerâmica (Lava Ultimate, 3M ESPE), ambos para sistema CAD/CAM. Os blocos foram seccionados e

receberam os tratamentos indicados (sem tratamento; asperização com broca; sistema CoJet, 3M ESPE), além de uma subdivisão: adesivo e adesivo + silano. A resina nanocerâmica se mostrou mais resistente frente ao dissilicato de lítio. A aplicação de silano também apresentou maiores níveis de resistência. O estudo concluiu que o tratamento de superfície dependerá do material a ser reparado (WAHSH; GHALLAB, 2015).

Elsaka (2015), avaliou quatro sistemas de reparo (Cimara Zircon; Porcelain Repair; Clearfil Repair; CoJet System). O material restaurador utilizado foi uma cerâmica híbrida (Vita Enamic, VITA Zahnfabrik). A resistência testada neste experimento foi de microtração. O estudo mostrou que para este tipo de material restaurador os sistemas indicados foram Cimara Zircon e Porcelain Repair. Demonstrando que a combinação do material e o sistema de reparo podem influenciar diretamente (ELSAKA, 2015).

Kocaagaoglu, Manav, Albayrak (2017) realizaram uma pesquisa avaliando a eficácia de três sistemas, Bisco Intraoral Repair Kit, Cimara & Cimara Zircon Repair System e Clearfil Repair System, sobre a resistência ao cisalhamento e molhabilidade em materiais cerâmicos (zircônia, alumina e vítrea). Esse estudo acrescentou termociclagem para realizar envelhecimento artificial as amostras. Como resultado foi observado que o grau de molhabilidade foi diminuído com tratamento de superfície em comparação às superfícies polidas. Um ponto interessante a se considerar deste estudo foi que o sistema Cimara & Cimara Zircon Repair System apresentou maior força de união apesar de não apresentar nenhum tipo de condicionamento ácido de superfície.

O reparo em restaurações, sejam diretas ou indiretas, ainda é o escopo de grandes dúvidas na odontologia. Uma revisão sistemática e meta análise (KANZOW et al., 2018) tentaram identificar possíveis barreiras e também facilitadores da realização do reparo em restaurações com algum tipo de falha. E, apesar desta análise não ter descrito as restaurações cerâmicas diretamente, verificou-se que este tema é um ponto de interrogação em muitos âmbitos ainda, independentemente do material restaurador a ser reparado. O trabalho observou que o tema reparo é ensinado na maioria das universidades, assim como os dentistas estão cientes das recomendações de como proceder, porém, a proporção conhecimento versus execução aparenta ainda ser baixa.

Üstün, Büyükhapoglu e Seçilmis (2018) avaliaram a resistência de união de dois sistemas de reparo (Ceramic Repair e Clearfil Repair) para materiais de sistema CAD/CAM (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent; Vita Suprinity e Vita Enamic ambas da VITA Zahnfabrik;

Lava Ultimate, 3M ESPE). Todos os materiais foram reparados com os dois tipos de sistema de reparo e envelhecidos termicamente. O ensaio de cisalhamento foi realizado. O estudo demonstrou que ambos sistemas testados permitem reparo em todos os materiais testados para o sistema CAD/CAM.

Ainda em 2018, Karci et al., em seu estudo, compararam a resistência ao cisalhamento de sistemas de reparo (Nova Compo, SuperFlow; Ceramic Repair, Ivoclar Vivadent) em materiais restauradores para sistema CAD/CAM (IPS e.max CAD e Empress CAD, Ivoclar Vivadent). O sistema de reparo (Nova Compo, SuperFlow) foi utilizado para testar materiais disponíveis em consultórios, tal como ácido fluorídrico, adesivo universal e resina fluída. Amostras de cada material restaurador foram seccionados e reparados de acordo com os sistemas testados. Este estudo mostrou resultados favoráveis a cerâmica vítrea reforçada por leucita (Empress CAD) quando comparadas as reforçadas por dissilicato de lítio (e.max CAD) quando relacionadas a resistência. Assim como o material testado para reparo (Nova Compo, SuperFlow) foi considerado uma alternativa viável para realizar reparos.

Tatar e Ural (2018) tentaram determinar o método ideal de tratamento de superfície no reparo intraoral de restaurações indiretas. Blocos para CAD/CAM (polímero infiltrado e resina nanocerâmica) foram avaliados. A pesquisa avaliou a influência do ácido fluorídrico e suas associações na resistência ao cisalhamento. O método mais eficaz neste estudo foi o ácido fluorídrico com jateamento de óxido de alumínio com sílica em ambos materiais testados.

Avaliações clínicas também fazem parte da literatura científica. Uma análise retrospectiva (GARBELOTTO et al., 2019) abordou um protocolo de passo a passo para o reparo clínico intraoral após avaliação clínica de lascamento em uma coroa unitária cerâmica de dissilicato de lítio em dente anterior. Uma análise fractográfica foi realizada e nela se observou a origem do lascamento, que se apresentou na borda incisal. Este tipo de avaliação seria o ideal para propor um tratamento adequado ao paciente, porém inviável para o dia a dia clínico. Neste caso, o reparo com um protocolo clínico (sem sistema de reparo comercial) foi realizado de acordo com o que foi encontrado na fractografia. O ajuste oclusal foi imprescindível neste caso.

Um estudo (TOKAR; POLAT; OZTURK, 2019) teve como objetivo avaliar a ação do laser Er,Cr:YSGG na resistência ao cisalhamento de zircônia, porcelana e resina composta. A irradiação do laser (pulso longo) foi utilizada para auxiliar no tratamento de superfície. O estudo mostrou que o sistema de reparo ainda é uma melhor alternativa frente ao laser para tratar a

superfície a receber o reparo. Mas, mesmo que não estatisticamente relevante, a irradiação aumentou a resistência de união da resina composta à zircônia.

Outro artigo (FLURY; DULLA; PEUTZFELDT, 2019) investigou a resistência de união do reparo em resina composta a diferentes materiais restauradores (resina indireta, cerâmica híbrida, feldspática), usando um agente silano com agente de união adesivo e um sistema adesivo universal. O teste de cisalhamento foi realizado em dois momentos: 24 horas e 1 ano. Neste trabalho, o agente silano pareceu ser mais favorável frente ao adesivo universal para reparos em restaurações com materiais híbridos (24h) e para cerâmicas feldspáticas (24h e 1 ano).

Uma pesquisa (YADAV et al., 2019) avaliou o sistema de reparo Clearfil (Kuraray) e P e R (Shofu) em fraturas adesivas e coesivas em restaurações metalocerâmicas. A resistência ao cisalhamento foi avaliada. O estudo mostrou que o sistema de reparo da Clearfil apresentou resistência ao cisalhamento significativamente maior comparado ao outro sistema testado quando avaliado fraturas coesivas. Enquanto quando avaliado as fraturas adesivas P e R apresentou maior resistência.

Uma revisão sistemática (KANZOW et al., 2019) avaliou a consistência e qualidade dos protocolos de reparos existentes na literatura publicada. Foram 808 registros identificados sendo que destes, 44 foram protocolos de reparo referentes a cerâmicas. A qualidade geral das pesquisas selecionadas foi considerada como moderada (média  $\pm$  DP  $3,7 \pm 0,9$  em 7 pontos). O principal fator recomendado foi o tratamento de superfície, independente do material a ser reparado. Rugosidade da superfície, ataque com ácido fluorídrico da cerâmica de dissilicato e aplicação de um agente de ligação foram os tratamentos de superfície mais relatados com consistência na literatura. De acordo com este estudo, os reparos, nos diferentes tipos de materiais, podem ser realizados de forma segura.

### 2.3 TESTES E AVALIAÇÕES DA PESQUISA

Para Skovron et al. (2010), nas pesquisas laboratoriais, a simulação do envelhecimento oral é essencial para avaliar a adesão dos diferentes materiais restauradores. Os testes para simulação de mastigação tentam reproduzir as condições da cavidade oral. Essas simulações vão da reprodução da temperatura até a simulação das forças mastigatórias (BRAEMT; LAMBRECHST; VANHERLE, 1994; DELONG; DOUGLAS, 1983). Essa representação

concebe os esforços mastigatórios de maneira controlada, em que os movimentos cíclicos tal como a frequência podem ser previamente determinadas (DELONG; DOUGLAS, 1991).

Os movimentos cíclicos são representados clinicamente por meio da mastigação, que, com anos de esforços de contatos entre os dentes (superiores e inferiores), possibilita a probabilidade de falhas. Principalmente quando há presença de restaurações. Esta falha por estar relacionada há anos de cargas cíclicas é compreendida como fadiga (WISKOTT; NICHOLLS; BELSER, 1995; ZHANG et al., 2010; NAWAFLEH et al., 2016).

A ciclagem mecânica permite averiguar o grau de degradação da resistência do material quando submetido a esta simulação. Apesar de muitos estudos (SOUZA et al., 2015; TRINDADE et al., 2016; ANTANASOVA et al., 2018; SAURO et al., 2018; ROSA et al., 2019) usarem o teste de ciclagem mecânica e/ou fadiga para avaliar o envelhecimento e até falha do material, ainda não existe um consenso com relação aos parâmetros para realizar a simulação (NAWAFLEH et al., 2016). Na revisão sistemática de Nawafleh et al. (2016) foi descrito que 1 ano clínico pode ser representado em 250.000 ciclos, quando realizado o teste de simulação por ciclagem mecânica.

A resistência à fratura pode ser realizada por meio do teste de compressão axial até a falha. A compressão é feita com uma carga aplicada de forma única até a falha do material e os dados que são fornecidos são representadas por meio de uma força que é definida como um estresse do qual a falha ocorreu (KELLY et al., 2012). Esse teste pode fornecer informações como a resistência do material testado, comparar variantes desse mesmo material e até estimar o risco de falha (KELLY, 1999; NAWAFLEH et al., 2016).

O teste consiste em levar os espécimes a uma máquina de ensaio universal que é configurada para realizar uma carga única até a fratura deste espécime. A carga será representada por uma força máxima, registrada em Newtons, ou seja, o estresse máximo que aquele material suportou antes da fratura. Este teste é realizado após a ciclagem mecânica com intuito de avaliar a influência da degradação dos materiais na resistência à fratura (BONFANTE; COELHO, 2016).

Muitos fatores influenciam negativamente no conjunto restauração/dente. Uma dessas influências está diretamente ligada à ciclagem mecânica e térmica que está associada com a propagação de trincas em dentes com restaurações indiretas (MAGNE et al., 1999).

E as trincas podem estar diretamente ligadas aos agentes de adesão como o cimento, que tem como base a resina composta. O material é usado em restaurações indiretas para realizar a adesão entre material restaurador e dente. O cimento sofre alterações do meio externo, com

as diferentes temperaturas, pois a resina composta apresenta alto coeficiente de expansão térmica comparado ao dente e/ou cerâmica (VERSLUIS; DOUGLAS; SAKAGUCHI, 1996). E mesmo que, sob restaurações indiretas, esteja presente em uma menor quantidade, a resina composta influencia diretamente na efetividade da restauração (MAGNE et al., 1999).

A presença de fendas ou ruptura na união muitas vezes tem relação direta com a contração de polimerização, que cria, geralmente, uma instabilidade na camada híbrida. Essa instabilidade também acaba diminuindo significativamente a resistência adesiva (FEILZER; DE GEE; DAVIDSON, 1987), tal como a predisposição à propagação de trincas (MAGNE et al., 2008; YAMAMOTO et al., 2009).

Outra avaliação muito realizada é a análise fractográfica. A análise/interpretação dos padrões de fratura do espécime submetido aos ensaios é realizada por meio de um estereomicroscópio e muitas vezes com iluminação externa (AL JABBARI, 2016). Ela é muito utilizada para realizar o diagnóstico das causas da falha (BONFANTE; COELHO, 2016). A fractografia pode nos fornecer informações detalhadas e compará-las com avaliação pré-testes, possibilitando uma classificação dos modos de falha (BONFANTE; COELHO, 2016; MORÁGUEZ; WISKOTT; SCHERRER, 2015; SCHERRER et al., 2007).



### 3 METODOLOGIA

A composição dos materiais avaliados neste estudo, tal como as indicações disponíveis pelos fabricantes respectivos estão descritos nos dois quadros abaixo.

**Quadro 1** – Descrição da composição dos materiais pesquisados

Material	Fabricante	Composição
Clearfil™ Repair	Kuraray	<p>K-ETCHANT GEL: ácido fosfórico (35-45%); sílica coloidal, água, corante.</p> <p>CLEARFIL SE BOND PRIME: metacrilato de 2-hidroxietilo (10-30%); fosfato de 10-metacriloiloxidecil di-hidrogênio; dimetacrilato alifático hidrofílico; sílica coloidal; dl-canforquinona; água; aceleradores; corantes.</p> <p>CLEARFIL PORCELAIN BOND ACTIVATOR: metacrilato de 3-trimetoxissililpropil (40-60%); dimetacrilato aromático hidrofóbico.</p> <p>CLEARFIL SE BOND: bisfenol A diglicidil metacrilato (25-45%); metacrilato de 2-hidroxietilo (20-40%); fosfato de 10-metacriloiloxidecil di-hidrogênio; dimetacrilato alifático hidrofóbico; sílica coloidal; dl-canforquinona; iniciadores; aceleradores.</p>
BISCO's Intraoral Repair Kit	BISCO	<p>PORCELAIN ETCHANT 9,5%: ácido fluorídrico 7% (10-30%); água; Fluoreto de sódio.</p> <p>PORCELAIN PRIMER: etanol/desnaturado 190 PROVA (30-50%); ácido propanoico 3-(trimetoxissilil) propil-2-metilo-2 (1-5%); ácido acético.</p> <p>PORCELAIN BONDING RESIN: Dimetacrilato de uretano (10-30%); BisGMA(10-30%); metacrilato de tetrahidrofurfurilo(10-30%); trimetacrilato de trimetilolpropano (1-5%).</p>

Dissilicato de lítio, (IPS e.max CAD)	Ivoclar Vivadent	SiO <sub>2</sub> (57-80%); Li <sub>2</sub> O (11-19%); K <sub>2</sub> O (0-13%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (0-11%); ZrO <sub>2</sub> (0-8%); ZnO (0-8%); Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0-5%); MgO(0-5%); óxidos de pigmentação (0-8%).
Silano (Monobond Plus)	Ivoclar Vivadent	Monômero adesivo (4%); álcool (96%)
Resina Composta (enamel light A1, IPS Empress Direct)	Ivoclar Vivadent	Bário (carga de vidro), mistura de óxidos, Ba-Al-Fluorossilicato ( <i>glass</i> ) (78,1%); Dimetacrilato (21,5%); catalisadores e estabilizadores (0,4%); pigmentos.
Cimento resinoso (Variolink N dual A1)	Ivoclar Vivadent	BASE: Bário (carga de vidro) (48,4%); Dimetracrilatos (26,3%); Trifluoreto de itérbio (25%); Iniciadores e estabilizadores (0,3%); Pigmentos.  CATALISADOR: Bário (carga de vidro) (46,2%); Dimetracrilatos (27,9%); Trifluoreto de itérbio (25%); Iniciadores e estabilizadores (0,9%); Pigmentos.
Dissilicato de lítio (IPS e.max Press)	Ivoclar Vivadent	SiO <sub>2</sub> (57-80%); Li <sub>2</sub> O (11-19%); K <sub>2</sub> O (0-13%); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (0-11%); ZrO <sub>2</sub> (0-8%); ZnO (0-8%); outros óxidos e pigmentos cerâmicos (0-10%).

Fonte: Documento Científico dos fabricantes, 2020.

A cerâmica (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) mencionada no quadro 1 foi utilizada para confeccionar todas as restaurações (*overlays*) que foram reparadas, enquanto a cerâmica (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) foi utilizada somente no grupo que foi testado o fragmento cerâmico.

**Quadro 2** – Indicação dos sistemas de reparo comerciais pesquisados

Clearfil™ Repair	Kuraray Japão	Reparos intraorais de fraturas cerâmicas ou laminados/pontes de resina composta; Reparos intraorais de restaurações totalmente cerâmicas fraturadas; Reparos intraorais de <i>inlays/onlays</i> de cerâmica ou de resina composta e/ou superfícies radiculares expostas; Adesão de coroas metálicas, pinos; Adesão em restaurações de amálgama; Selamento de cavidades; Outras.
BISCO's Intraoral Repair Kit	BISCO USA	Reparo de porcelana e Restaurações cerâmicas de dissilicato de lítio; Reparo de restaurações metalocerâmicas ou zircônia/alumina; Reparo de restaurações diretas ou indireta de resina composta.

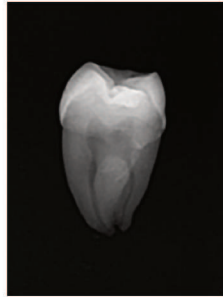
Fonte: bula dos materiais no site dos fabricantes, 2019.

### 3.1 SELEÇÃO DOS DENTES E PREPARO DOS ESPÉCIMES

Este trabalho teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisas da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC) sob o parecer 3.723.711 (Anexo A). Os voluntários foram informados sobre o estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A) e o Termo de Doação (Apêndice B).

Ao total foram selecionados 40 terceiros molares humanos superiores hígidos, tricuspidados, com formas anatômicas e dimensões semelhantes. Com auxílio de um paquímetro digital foram mensuradas as distâncias méσιο/distal ( $\pm 9$ mm) e vestibulo/palatal ( $\pm 10,69$ mm) (APÊNDICE C). Todos os espécimes foram radiografados digitalmente para verificar a presença de lesões cariosas (FIGURA 01). Os dentes que não se enquadravam no tamanho médio e apresentavam lesão cariosa foram descartados.

Figura 1 – Radiografia digital do elemento dental



Os dentes foram limpos com curetas periodontais (Gracey, Duflex, Brasil) e auxílio de ultrassom (Jet Sonic BP, Gnatus, Brasil) para raspagem e remoção de cálculos periodontais e tecidos moles remanescentes, seguido de profilaxia com escova Robinson (KG Sorensen, Brasil) com pasta profilática (Herjos F, Vigodent, Brasil) e armazenamento em água destilada em 37°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) até o momento do preparo.

Um transluminador (Microlux, Addent, Danbury, CT, EUA) foi utilizado para observar e registrar, por meio de fotografias, trincas pré-existentes (FIGURA 02) com configuração da máquina fotográfica em F22, velocidade 1/100 ISO 100 (EOS 80D, Canon, Japão) e sem flash. Dentes com qualquer presença de lesão e/ou trinca foram descartados. Todos os espécimes foram fotografados (FIGURA 03) (visão vestibular, palatal, mesial, distal e oclusal) para registrar a integridade e analisar modo de falha ao final do estudo, em uma abertura de F32, velocidade 1/100 ISO 100 (EOS 80D, Canon, Japão) e flash circular (YN-14EX-C Macro Ring Lite Flash para Canon, Yongnuo ) na configuração 1/2.

Figura 2 – Transluminância inicial do elemento dental (A-D): (A)Face Vestibular; (B) Face ; (C) Face Mesial; (D) Face Distal.

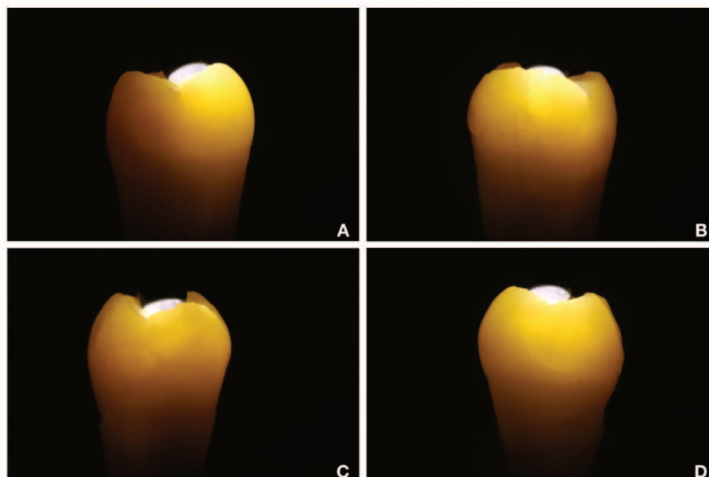
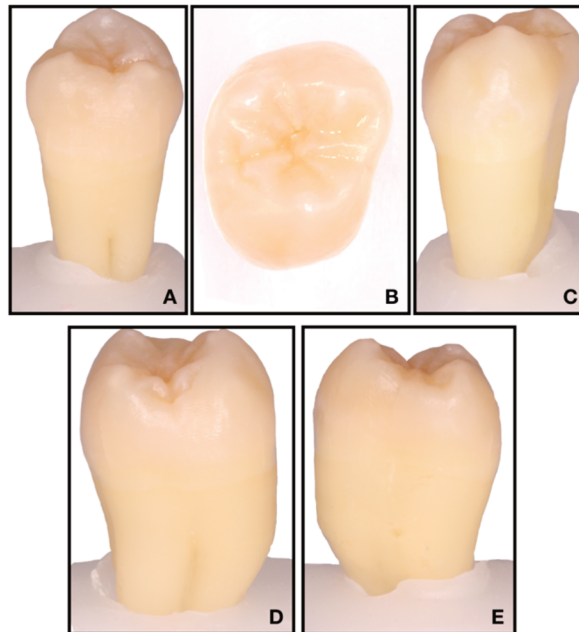


Figura 3 – Fotografias iniciais do elemento dental (A-E): (A) Face vestibular; (B) Face oclusal; (C) Face palatal; (D) Face Mesial; (E) Face Distal.



Todos os dentes foram incluídos em resina acrílica incolor (Resina Auto, TDV, Brasil) em um dispositivo para adaptação nas máquinas de teste. Este dispositivo foi produzido por meio da moldagem com alginato (Cavex Colorchange tipo I, Cavex, Holanda) da circunferência, aonde o espécime se adaptava na máquina de ciclagem utilizada neste trabalho (FIGURA 4).

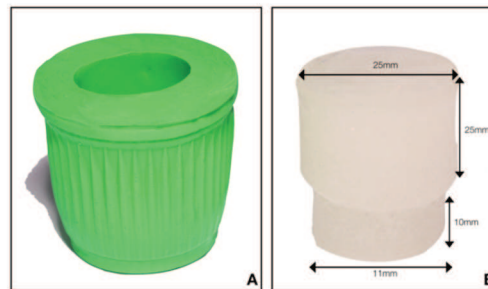
Figura 4 – plataforma metálica com as circunferências de inserção dos espécimes.



A partir deste molde, com auxílio de uma junta metálica, foi criado um modelo necessário para fazer a inserção dos espécimes. O modelo em alginato foi vaselinado e uma moldagem com silicone de condensação (FIGURA 05-A) foi realizada, assim obtendo o

dispositivo para inclusão do dente com resina acrílica (FIGURA 05-B). As proporções internas do dispositivo foram: 11mm do diâmetro da base menor; 25mm da base maior; altura total em torno de 25mm; altura da base menor com 10mm de altura. O importante para este dispositivo é que sua base ficasse bem plana para que não houvesse báscula no momento da ciclagem mecânica.

Figura 5 – Dispositivo de inclusão (A-B): (A) Molde com a conformação do dispositivo; (B) Dispositivo em resina acrílica com suas dimensões.



Para obter um eixo vertical ( $90^\circ$ ) (FIGURA 6-A) e centralizar o espécime no dispositivo, a face oclusal dos dentes (FIGURA 6- B) foi aderida à ponta de uma haste com eixo vertical com cera utilidade (New Wax, Technew, Brasil). A resina acrílica envolveu as raízes deixando exposta 3mm aquém da junção cimento-esmalte (JCE) para estabilização e para facilitar a manipulação dos espécimes durante toda pesquisa.

Figura 6 – Inclusão dos dentes. (A-B): (A) Dispositivo metálico com 5 hastes metálicas paralelas verticais para inclusão do dente ao dispositivo de inclusão de resina acrílica; (B) Haste com a face oclusal do dente inserida em sua ponta para obter o paralelismo.



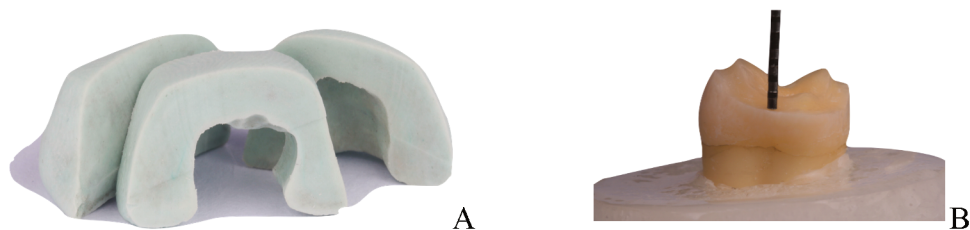
Na sequência, três moldes de cada dente foram confeccionados. Dois moldes da coroa foram realizados com silicone de condensação (perfil + denso, Coltene, Suíça) para reprodução da anatomia de cada coroa a ser preparada. Estes serviram de guia para padronização dos desgastes do preparo. Os guias foram divididos em 3 partes, sendo que, um dos moldes foi seccionado no sentido méseo/distal e o outro no sentido vestibulo/palatal. O terceiro molde foi confeccionado de resina acrílica incolor (Resina Auto, TDV, Brasil) para reproduzir a estrutura coronária, que foi posteriormente utilizada para padronização do reparo.

Os dentes receberam preparos para restauração indireta do tipo *overlay*, com caneta de alta rotação sob irrigação, com as seguintes características:

- Redução oclusal de 1mm ( $\pm 0,2$ mm) em toda a extensão (4138, KG Sorensen, Brasil)
- Término cervical em chanfro (4138, KG Sorensen, Brasil) com redução de 1mm e sem bisel.

Para quantificar e verificar a quantidade de desgaste do preparo foram utilizadas as guias de silicone de condensação, confeccionadas previamente. Com auxílio dessas guias e com uma sonda milimetrada (FIGURA 7), foram mensuradas todas as espessuras dos desgastes para verificar uniformidade do preparo. Todos os espécimes que não apresentaram o padrão estabelecido foram descartados. Os preparos ficaram restritos ao esmalte. A confirmação se deu no momento do condicionamento com ácido fosfórico.

Figura 07 – Avaliação do desgaste do preparo(A-B). (A) guias de silicone; (B) mensuração com sonda milimetrada.



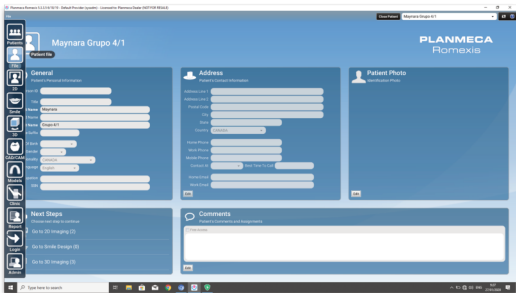
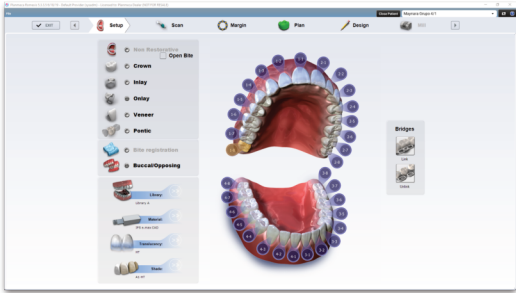
Com os preparos finalizados, foi realizado o acabamento e polimento com pontas diamantadas (4138F/4138FF, KG Sorensen, Brasil) e borrachas abrasivas (Astropol, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) em 3 granulações (utilizadas da maior para menor). Os dentes preparados ficaram armazenados em água destilada a 37°C por 48h ( $\pm 24$ h) até receberem a restauração.

### 3.2 PROCESSO DE ESCANEAMENTO E USINAGEM (CAD/CAM)

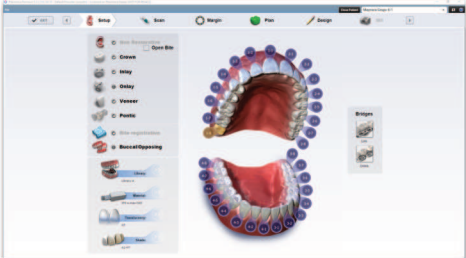
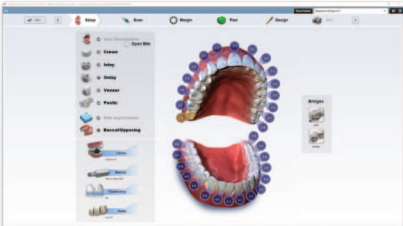
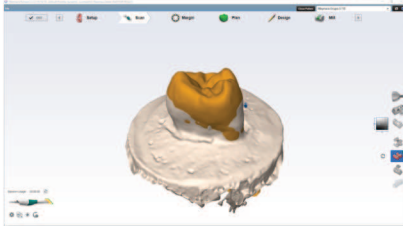
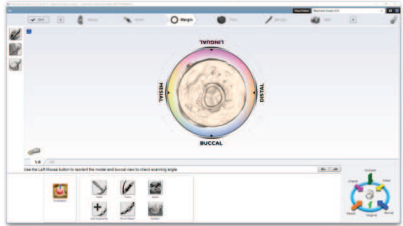
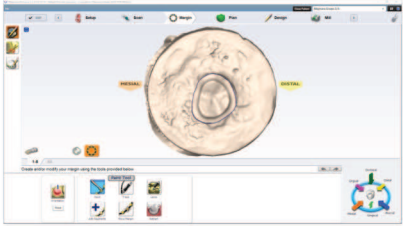
Para realizar os escaneamentos, desenho das restaurações e usinagem das cerâmicas, foi utilizado o sistema Planmeca (Planmeca FIT CAD/CAM System, Finlândia).

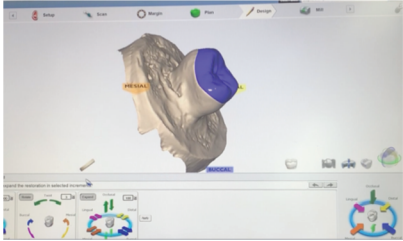
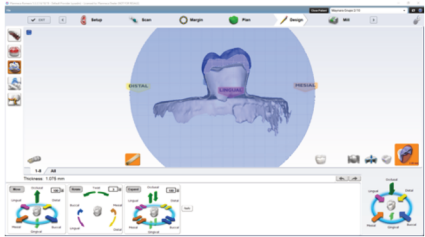
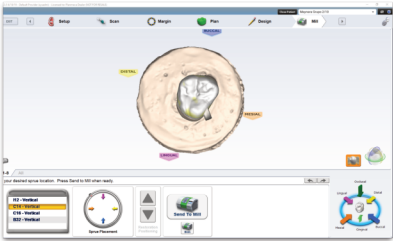
Antes de serem realizados os preparos, todos os dentes hígidos selecionados foram escaneados (Emerald™, Planmeca, Finlândia) com o intuito de utilizar a anatomia original como referência para usinagem da restauração indireta. Com os dentes preparados, novas imagens em três dimensões foram obtidas. Com o auxílio do software (Planmeca Romexis, versão 5.3.3.5.6/18/19, Finlândia) foram definidos parâmetros para confecção da restauração indireta descritos a seguir:

**Quadro 3** – Etapas realizadas no Software para realização da restauração overlay

Etapas (Software)	Delineamento
<p>Pasta de armazenamento de dados</p> 	<p>Seleção da pasta de armazenamento de dados do espécime, gerada a partir da anatomia original do dente hígido.</p>
<p>Seleção dente</p> 	<p>Na área <i>setup</i>, foi selecionada a posição correspondente ao dente (18 ou 28).</p>
<p>Seleção tipo de restauração</p>	<p>Na área <i>setup</i>, foi selecionado o tipo de restauração <i>onlay</i>, determinado como mais adequado para a restauração <i>overlay</i>.</p>



	
<p>Seleção de tipo, translucidez e Tamanho do bloco</p> 	<p>Na área <i>setup</i>, foi selecionado também o tipo de bloco, IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), a translucidez do bloco (HT) e o tamanho do bloco (C14).</p>
<p>Posicionamento do <i>PreOp</i></p> 	<p>Na área <i>Scan</i>, a imagem do preparo escaneado deveria ser sobreposta ao <i>PreOp</i> (escaneamento do dente hígido) para que fosse gerada a imagem tridimensional da restauração.</p>
<p>Orientação</p> 	<p>Na área <i>Margin</i>, a orientação das inclinações da imagem tridimensional do preparo foi realizada de acordo com a inclinação Mésio/distal e vestibulo/palatal.</p>
<p>Delineamento de Margem</p> 	<p>Na área <i>Margin</i>, com a ferramenta <i>Trace</i>, foi delimitada a região de margem do preparo. Com a ferramenta <i>Move Margin</i> foi possível realizar a delimitação mais precisa.</p>
<p>Delineamento da área a ser copiada</p>	<p>Na área <i>Margin</i>, também foi possível delinear (selecionar) a área a ser copiada do</p>

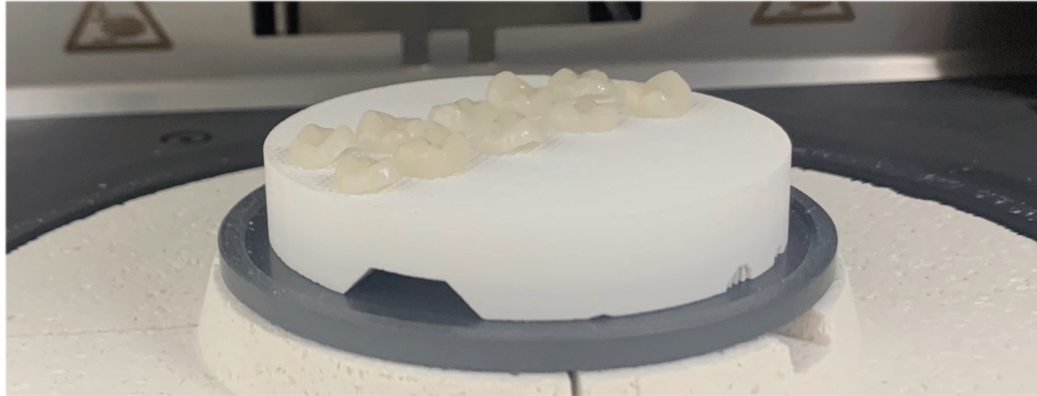
	escaneamento prévio do dente hígido para posterior reprodução.
<p>Posição espacial da restauração</p> 	Na área <i>Plan</i> foi direcionado o posicionamento espacial da peça (restauração) no modelo (preparo).
<p>Design da restauração</p> 	Na área <i>Design</i> , foi conferida a espessura da restauração em toda sua extensão. A espessura da cúspide palatal entre 1,2/1,5mm para realizar a simulação de fratura posteriormente. Também foi delimitado o tamanho do espessamento da área de cimentação (100µm).
<p>Usinagem</p> 	Na área <i>Mill</i> foi checada a peça pronta para usinagem.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2020.

As restaurações do tipo *overlay* foram fresadas em uma unidade fresadora (Planmeca PlanMill 40 S, Planmeca, Finlândia) em cerâmica vítrea de Dissilicato de Lítio na cor A1, alta translucidez (HT, IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) tamanho C14. Cada fresagem durou entre 8-16 min.

Por sua estrutura ser de dissilicato de lítio pré-cristalizado, todas as peças (restaurações) foram levadas ao forno P500 (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) para cristalização, a uma temperatura de 840°C, por cerca de 25 min. Os espécimes levaram uma camada de *glaze* e voltaram ao forno para queima final na programação estabelecida para esse fim (FIGURA 08).

Figura 08 – Após queima das restaurações em dissilicato de lítio.



### 3.3 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES

Para o tratamento de superfície tanto do elemento dental quanto do material restaurador a ser cimentado, foram realizadas as intervenções descritas a seguir.

#### 3.3.1 Tratamento de superfície dental

O tratamento de superfície do dente preparado foi:

- Condicionamento da superfície de esmalte com ácido fosfórico 35% (Ultra Etch, Ultradent, USA) por 30s ;
- Enxágue pelo dobro do tempo de condicionamento (60s);
- Secagem da superfície com jato de ar até o esmalte ficar com aspecto fosco, branco e opaco;
- Aplicação de duas camadas de adesivo (Excite F DSC Single dose, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), sendo que entre elas foram aplicados jatos de ar para volatilizar os solventes e removidos excessos;
- Não foi realizada fotoativação.

### 3.3.2 Tratamento da superfície interna da restauração cerâmica

O tratamento interno da peça cerâmica transcorreu de acordo com a recomendação do fabricante. O condicionamento foi realizado com ácido fluorídrico 9% (Ultradent Porcelain Etch, Ultradent, USA) por 20s, lavada abundantemente com spray de ar/água por 10s e secagem por 10s.

Para limpeza pós condicionamento, os espécimes foram levados em banho ultrassônico por um período de 15 min (ÜSTÜN; BÜYÜKHATİPOĞLU; SEÇİLMİS, 2018). Foi realizada a aplicação do agente silano (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) aguardando por 60s e volatilização do solvente com jatos de ar. Posteriormente, a superfície interna da peça recebeu dupla camada adesiva (Excite F DSC Single dose, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), volatilizando o solvente e removendo excessos com spray de ar por 10s. O cimento dual foi manipulado e levado à peça com auxílio de espátulas de resina composta, foram colocadas em posição no preparo e cimentadas com cimento resinoso dual (Variolink N Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). Um dispositivo com haste e pesos padronizados (DELBONS, 2010) foi utilizado para uniformizar a força aplicada para cimentação. A carga utilizada para assentar a peça foi de 1kg por 2 min (POTIKET; CHICHE; FINGER, 2004) na superfície oclusal da peça. A fotoativação foi realizada em cada face (palatal, vestibular, mesial e distal) do dente por 20s, utilizando uma unidade fotoativadora à base de LEDs (Radii Plus, SDI, Victoria, Austrália) com intensidade de luz de 1400mW/cm<sup>2</sup>. Uma fotoativação adicional por 1 min foi realizada na face oclusal, após remover a carga aplicada. Foram removidos os excessos de cimento resinoso com lâmina de bisturi 12 (Swann-Mon, Reino Unido).

### 3.4 ACABAMENTO E POLIMENTO DAS MARGENS DOS ESPÉCIMES

Para realizar as etapas de acabamento e polimento, os espécimes ficaram armazenados em água destilada a 37°C, por 24h. O polimento foi realizado com pontas de borrachas abrasivas de 3 granulações decrescentes (Astropol, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). Após o uso de cada borracha os espécimes foram lavados para remover qualquer partícula abrasiva residual da borracha do polimento anterior.

Finalizado o acabamento e polimento, os espécimes ficaram novamente armazenados em água destilada a 37°C, por 48h ( $\pm 24$ h) até receberem os reparos.

### 3.5 SIMULAÇÃO DO DESGASTE DA CÚSPIDE PALATAL

Para realização do reparo, uma fratura foi simulada na cúspide palatal da restauração do tipo *overlay*. Com um grafite e o auxílio de um paquímetro foi demarcada a área a ser seccionada, 1,0mm da ponta de cúspide. Com uma ponta diamantada tronco-cônica (4138, KG Sorensen, Brasil) sob irrigação foram realizados os desgastes das peças cerâmicas (FIGURA 09 A-B). A área de desgaste de cada espécime foi mensurada para estabelecer um padrão de área a ser reparada de  $2,0\text{mm}^2(+0,2\text{mm})$ .

Figura 09 – Desgaste na cúspide palatal. (A) Desgaste por vista oclusal observando os limites para o desgaste; (B) Simulação da quantidade de desgaste realizado na cúspide com simulação de fratura.



### 3.6 DIVISÃO DOS GRUPOS EXPERIMENTAIS

De acordo com o sistema de reparo, os espécimes foram divididos em 4 grupos descritos a seguir:

- GRUPO BISCO (GB): Sistema de reparo BISCO Intraoral Repair (Bisco, USA): asperização + ácido fluorídrico 9,5% + primer + adesivo (FIGURA 10-A)

- GRUPO CLEARFILL (GC): Sistema de reparo Clearfill Repair Kit (Kuraray, Japão): asperização + ácido fosfórico + ativador da porcelana e prime + adesivo (FIGURA 10-B)
- GRUPO TESTE (GT): Grupo teste com preparo da superfície com: asperização + ácido fosfórico + silano + adesivo
- GRUPO COM FRAGMENTO -TESTE 2 (GF): Reparo com adesão de um fragmento cerâmico indireto (e.max Press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) – Asperização + ácido fosfórico + silano + adesivo.

Figura 10 - Sistema de reparos comerciais. (A) BISCO Intraoral Repair (Bisco, USA); (B) Clearfil Repair Kit (Kuraray, Japão).



Os tratamentos de superfície para os grupos estão dispostos no quadro 4.

**Quadro 4** – Tratamento de superfície para cada grupo testado

Material para Reparo	Modo de uso
Bisco Intraoral Repair Kit (GB)	Asperização da área a ser reparada (4138, KG Sorensen), enxágue e secagem; e bisel em 45 graus ao redor da área a ser reparada com ponta diamantada (4138, KG Sorensen);  Condicionamento com Ácido Fluorídrico 9,5% (Porcelain Etchant, Bisco) por 90s, aspiração, enxágue e secagem;

	<p>Aplicação do primer (Porcelain Primer, Bisco) por 30s e secagem;</p> <p>Aplicação do adesivo (Porcelain Bonding Resin, Bisco) com pincel descartável, volatização e fotoativação por 10s;</p> <p>Aplicação da resina composta (A1, IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent) e fotoativação por 40s.</p>
<p>Clearfill Repair Kit (GC)</p>	<p>Asperização da área a ser reparada (4138, KG Sorensen), enxágue e secagem;</p> <p>Aplicação do ácido fosfórico (K-Etchant Gel) por 5s, enxágue e secagem;</p> <p>Mistura do ativador da porcelana (Clearfil Porcelain bond activator) com o primer (Clearfil SE Bond Primer) friccionando por 5s, secagem com leve jato de ar;</p> <p>Aplicação de adesivo (Clearfil SE Bond), com pincel descartável para uniformizar a película usando ar suavemente;</p> <p>fotoativação por 10s;</p> <p>Aplicação de resina composta (A1, IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent) e fotoativação por 40s.</p>
<p>Grupo Teste (GT)</p>	<p>Asperização da área a ser reparada (4138, KG Sorensen), enxágue e secagem;</p> <p>Condicionamento com ácido fosfórico por 5s (K-Etchant Gel, Kuraray);</p> <p>Aplicação agente Silano (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent) por 60s e volatilização do solvente com jatos de ar;</p>

	<p>Aplicação do Adesivo (Clearfil SE Bond, Kuraray) com pincel descartável, volatilização dos solventes com jatos de ar leve;</p> <p>Fotoativação por 10s;</p> <p>Aplicação de resina composta (A1, IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent) e fotoativação por 40s;</p>
Grupo Fragmento (GF)	<p><b>* Tratamento da restauração cerâmica a ser reparada:</b></p> <p>Asperização da área a ser reparada (4138, KG Sorensen), enxágue e secagem;</p> <p>Condicionamento com ácido fosfórico 35% por 30s (Ultra Etch Indispense, Ultradent, USA);</p> <p>Aplicação agente Silano (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent) por 60s e volatilização do solvente com jatos de ar;</p> <p>Dupla camada adesiva (Excite F DSC Single dose, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) volatilizando o solvente e removendo excessos com spray de ar por 10s, sem fotoativar;</p> <p><b>* Tratamento de superfície do fragmento cerâmico:</b></p> <p>Ácido fluorídrico 9% (Ultradent Porcelain Etch, Ultradent, USA) por 20s;</p> <p>Enxágue abundantemente com jatos de ar água por 10s e secagem por 10s;</p> <p>Banho ultrassônico por 15 min;</p> <p>Agente silano (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) por 60s e volatilização do solvente com jatos de ar;</p>



	<p>Dupla camada adesiva (Excite F DSC Single dose, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) volatilizando o solvente e removendo excessos com spray de ar por 10s sem fotoativar;</p> <p>Cimentação (Variolink N Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) do fragmento cerâmico e fotoativação.</p>
--	---

Fonte: Adaptado das instruções de uso dos fabricantes (2019).

Nos grupos GB, GC, e GT, uma resina composta nanohíbrida EA1, (IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent) foi utilizado para confecção do reparo. Já para o grupo GF, foi utilizado um fragmento cerâmico na cor A1, HT (IPS e.max Empress, Ivoclar Vivadent) para a realização do reparo da área de falha na restauração. A fotoativação da RC assim como do cimento no ato do reparo foi realizada utilizando uma unidade fotoativadora à base de LEDs (Radii Plus, SDI, Victoria, Austrália) com intensidade de luz de 1400mW/cm<sup>2</sup>. Para realizar a confecção da restauração do reparo com resina composta dos grupos GB, GC e GT, a guia de resina acrílica incolor com a anatomia original foi utilizada. Todos os espécimes ficaram armazenados em saliva artificial à 37°C.

Todos os espécimes receberam acabamento e polimento após 24h. Esta etapa foi realizada com o auxílio das borrachas abrasivas de 3 diferentes granulações (granulação decrescente) (Astropol, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) com enxágue com spray de água/ar entre a aplicação das pontas de borrachas e em seguida, escova impregnada com carboneto de silício (Astrobrush, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). O acabamento e polimento do grupo com reparo em fragmento se restringiu às margens da cimentação resinosa.

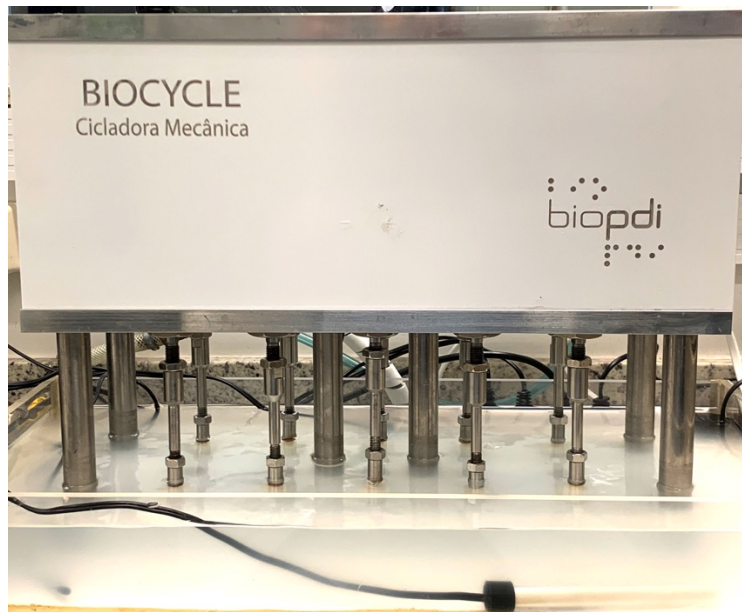
A partir deste momento, nenhum espécime passou por limpeza ultrassônica, visto que não representa condições *in vivo* para realizar o reparo intraoral.

### 3.7 CICLAGEM MECÂNICA

A ciclagem mecânica foi utilizada para simular a função mastigatória e o envelhecimento dos espécimes. O equipamento (Biocycle, Biopdi, Brasil) (FIGURA 08) utilizado reproduziu o ensaio de compressão axial cíclica. O simulador pneumático possui 10

pistões, montados em um chassi de aço, ligado a uma rede de ar comprimido. Um painel eletrônico comandava a pressão do ar, velocidade e força de impulsão dos pistões. Durante toda ciclagem, os espécimes ficaram imersos em saliva artificial em uma temperatura média de 37°C.

Figura 11 – Cicladora Mecânica Biocycle, Biopdi.



Na extremidade dos pistões, haviam esferas metálicas com diâmetros de 6mm, que foram utilizadas como antagonista. Necessariamente, esta esfera foi posicionada no centro da face oclusal, em contato com as 3 cúspides. O contato foi realizado sem impacto no espécime. Uma tira de poliéster foi utilizada para fazer o isolamento do metal da esfera com a superfície oclusal do espécime. Este procedimento foi realizado devido a degradação do metal durante o processo de ciclagem, e conseqüente manchamento da superfície. Foi aplicada uma carga de 100N, em uma frequência de 2Hz por 250 mil ciclos (NAWAFLEH et al., 2016).

Após o ensaio, os espécimes foram avaliados individualmente para observar a sobrevivência dos reparos. Foi considerado insucesso os reparos que deslocaram.

### 3.8 AVALIAÇÃO DE TRINCAS

Todos os espécimes foram fotografados com transluminador (Microlux, Addent, Danbury, EUA) novamente, após ciclagem mecânica, para avaliar o surgimento de trincas. As

trincas (antes e depois da ciclagem) foram classificadas de acordo com Batalha-Silva et al., (2013):

- I. Sem trincas visíveis;
- II. Trincas visíveis menores que 3mm;
- III. Trincas visíveis maiores que 3mm.

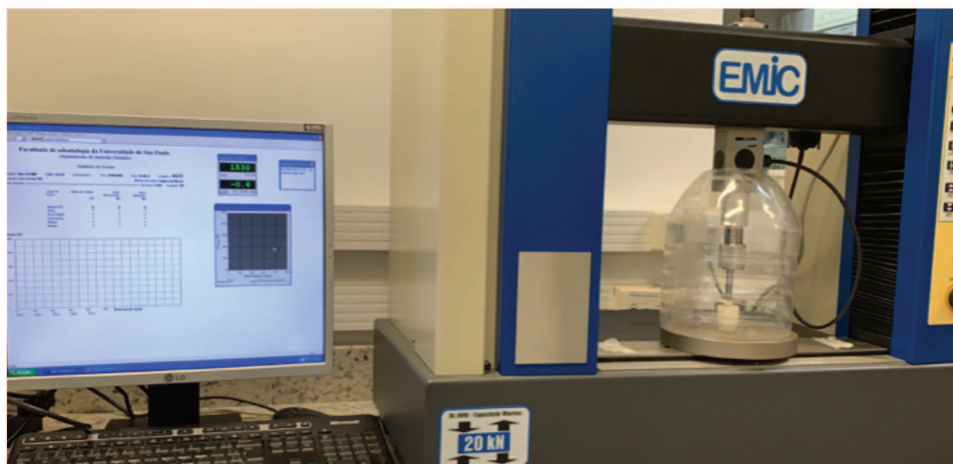
Os dentes que apresentaram trincas na fotografia foram mensurados com sonda milimetrada.

### 3.9 RESISTÊNCIA À FRATURA

Logo após passarem pela ciclagem mecânica e avaliação das trincas, todos os espécimes (n=40) foram submetidos ao teste de resistência à fratura por compressão axial (DL 20000, EMIC – Equipamentos e Sistemas de Ensaio, Brasil) para avaliar a resistência máxima do material. O software (TESC, EMIC, Brasil) foi configurado com a célula de carga a 500kgf com velocidade 0,5mm/min, cara aplicada de forma constante até o momento da fratura. A força máxima, em Newtons (N), até o momento da fratura do espécime foi anotada e tabulada em planilha (Excel, Microsoft Windows, EUA).

Esfera de composição e diâmetro idêntico utilizado na ciclagem foi utilizado para realizar o ensaio. A esfera foi posicionada no centro da face oclusal do espécime, e ajustada para estar em contato com as 3 cúspides.

Figura 12 – Teste de resistência à fratura



### 3.10 AVALIAÇÃO DOS MODOS DE FALHA

Após fratura, para avaliar os modos de falha, os espécimes foram analisados com estereomicroscópio (SZ, Olympus, Japão) com aumento de 10x em um programa de análise de imagens (QCapture program, IBM Knowledge Center, EUA). Foram delineados os modos de falha de acordo com os achados na análise. Delimitaram-se somente falhas relacionadas ao reparo. Os modos de falhas observados foram:

- grau I (nenhum ou pequeno lascamento do reparo de resina composta e/ou cerâmica);
- grau II (moderado lascamento do reparo de resina composta e/ou cerâmica);
- grau III (severo lascamento do reparo de resina composta e/ou cerâmica ou o reparo se separou totalmente do espécime).

Os modos de falha foram baseados e adaptados de Heintze e Rousson (2010) em que classificaram as falhas em cerâmicas.

### 3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS para Windows, versão 21, SPSS Inc, Chicago, IL, EUA) foi utilizado para realizar as análises estatísticas dos dados.

A fim de analisar e comparar a sobrevida dos espécimes após ciclagem mecânica, o teste do Qui-Quadrado foi utilizado. Para avaliar a formação de trincas dos espécimes provenientes da ciclagem mecânica, foi realizado teste do Qui-Quadrado, que também foi utilizado para verificar se existe relação entre a presença de trincas e a sobrevivência à ciclagem dos espécimes.

Na avaliação da resistência à fratura, foi utilizado ANOVA paramétrico de dois critérios (grupo experimental e presença de trincas), uma vez que, após a realização do teste de normalidade (Shapiro-Wilk), os dados apresentaram distribuição normal.

Para analisar os modos de falhas de todos os espécimes foi utilizado o teste do Qui-Quadrado.

## 4 RESULTADOS

Após ciclagem mecânica por compressão axial cíclica, 100% dos espécimes dos grupos GB e GF sobreviveram. Em contrapartida, 40% dos espécimes dos grupos GC e GT não sobreviveram à ciclagem, apresentando diferença estatística entre os grupos GC/GT  $\neq$  GB/GF ( $P=0,007$ ) (Tabela 1). Os espécimes que não sobreviveram à ciclagem foram considerados com grau de falha III e excluídos da análise de resistência à fratura.

**Tabela 1.** Análise da sobrevivência dos espécimes após ciclagem mecânica.

Grupo	Sobrevivência n (%)			P
	Sobreviveu	Não sobreviveu	Sobreviveu Parcialmente	
GB	10 (100)	0 (0)	0 (0)	<b>0,007*</b>
GC	6 (60)	4 (40)	0 (0)	
GT	4 (40)	4 (40)	2 (20)	
GF	10 (100)	0 (0)	0 (0)	

\*Teste do Qui-Quadrado.

Na tabela 2, encontram-se os resultados referentes à formação de trincas após ciclagem mecânicas nos diferentes grupos. As trincas, quando presentes, eram menores de 3 mm, e sua presença não foi relacionada aos grupos, ou seja, não houve diferença estatística entre os grupos analisados ( $P>0,05$ ).

**Tabela 2.** Análise da formação de trincas após ciclagem mecânica.

Grupo	Trincas n (%)			P
	Ausente	<3mm	>3mm	
GB	5 (50)	4 (40)	1 (10)	0,210*
GC	3 (30)	7 (70)	0 (0)	
GT	5 (50)	5 (50)	0 (0)	
GF	1 (10)	8 (80)	1 (10)	

\*Teste do Qui-Quadrado.

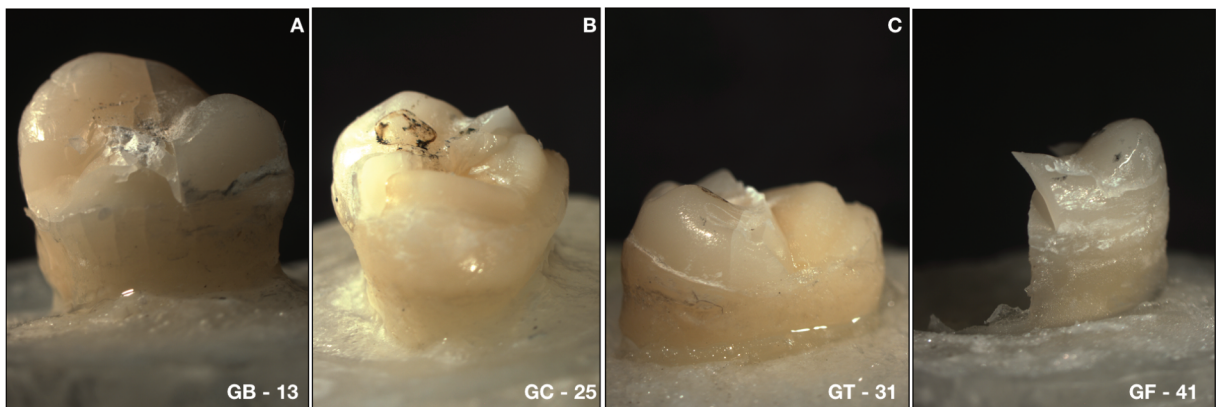
A tabela 3, apresenta os resultados referentes à resistência à fratura dos espécimes considerando os 4 grupos de reparo e a presença de trincas prévia ao teste de resistência. Não houve diferença entre a presença ou ausência na resistência à fratura dos espécimes ( $P=0,731$ ). Representações fotográficas podem ser observadas na figura 12.

**Tabela 3.** Avaliação da resistência à fratura dos espécimes considerando os 4 diferentes protocolos de reparo e a presença de trinca prévia ao teste de resistência.

	<b>Resistência (média ± dp)</b>	<b>P</b>
<b>Grupos</b>		
GB	2336,96 ± 751,66	0,362*
GC	2182,46 ± 404,23	
GT	2118,56 ± 807,21	
GF	1685,27 ± 399,79	
<b>Trincas</b>		
Ausente	2122,41 ± 703,72	0,731*
<3mm	2022,86 ± 617,31	

\*ANOVA de dois critérios

Figura 13 – Imagens do estereomicroscópio ao final do ensaio de resistência à fratura: (A) exemplar do GB3; (B) exemplar do GC; (C) exemplar do GT; (D) exemplar do GF;



Ao avaliar o modo de falha dos espécimes (Tabela 4), pelo teste qui-quadrado, verificou-se que o GC e GT apresentaram o maior número de falhas Grau III (70%), enquanto

o GB e GF apresentaram apenas 20% e 30% de falhas Grau III, respectivamente. Desta forma, houve diferença estatística entre os grupos GC/GT  $\neq$  GB/GF (P=0,022).

**Tabela 4.** Avaliação do Grau de Falhas dos espécimes

Grupo	Grau de Falhas n (%)			P
	Grau I	Grau II	Grau III	
GB	5 (50)	3 (30)	2 (20)	<b>0,022*</b>
GC	1 (10)	2 (20)	7 (70)	
GT	1 (10)	2 (20)	7 (70)	
GF	7 (70)	0 (0)	3 (30)	

\*Teste do Qui-Quadrado

## 5 DISCUSSÃO

Os estudos clínicos, para avaliação de materiais restauradores, são ditos como melhores frente aos trabalhos laboratoriais e apresentam informações mais concisas. Porém, são pesquisas que demandam acompanhamento a longo prazo e estão sujeitas a uma variedade de interferências. Com isso, o ensaio *in vitro* torna-se primordial para auxiliar nas pesquisas de materiais odontológicos (BONFANTE; COELHO, 2016).

As falhas em restaurações indiretas podem ocorrer por distintos fatores (ANUSAVICE, 2012). Muitos profissionais frente a perda/fratura parcial do material restaurador indireto acabam optando pela substituição total do material, ocasionando grande prejuízo ao elemento dental. Frente a este problema, vários sistemas de reparo disponíveis no mercado estão sendo testados há muito tempo (FARLEY, 1948; CHUNG; HWANG, 1997; MELO; VALANDRO; BOTTINO, 2007; FLURY; DULLA; PEUTZFELDT, 2019).

Contudo, cada um desses sistemas utiliza materiais com composições diferentes para efetuar o reparo. Adicionalmente, existe uma gama de materiais restauradores, que compreende resinas compostas às restaurações de cerâmicas puras e/ou metalocerâmicas (YADAV et al., 2019). Com essa diversidade, tem-se muita dificuldade de se estabelecer um protocolo único. Cada material restaurador carece de um protocolo específico para se constituir o reparo.

Neste estudo, os sistemas de reparo, foram aplicados em uma cerâmica vítrea de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD) e avaliados usando ciclagem mecânica, seguido de um ensaio compressivo axial para avaliar a resistência à fratura. Não foram encontrados estudos semelhantes a este utilizando dente humano, tal como, avaliando ciclagem mecânica e resistência a fratura.

A escolha dos materiais para esta pesquisa se baseou em três pontos: 1. nos diferentes materiais (agente silano, ácidos); 2. na composição díspares de cada material; 3. assim como por serem materiais já estudados na literatura (KOCAAGAOGLU; MANAV; ALBAYRAK, 2017; ÜSTÜN; BÜYÜKHATIPOGLU; SEÇILMIS, 2018; YADAV et al., 2019). A escolha do sistema de reparo comercial do Grupo Bisco (GB) - Bisco Intraoral Repair Kit (BISCO, USA) - foi, principalmente, por apresentar em sua composição ácido fluorídrico para condicionar o substrato fraturado. Já o material comercial do Grupo Clearfil (GC) - Clearfill Repair Kit (Kuraray, Japão) - apresentou em seu kit um primer (Clearfil SE Bond Prime) e um ativador adesivo de porcelana (Clearfil Porcelain Bond Activator) ambos contendo diferentes tipos de



metacrilato em sua composição. O Grupo Teste (GT) foi instituindo na tentativa de apresentar um protocolo com materiais que possuem comumente dentro de um consultório, sem a necessidade de comprar um kit de sistema de reparo. Enfim, constitui-se o último grupo de avaliação - Grupo Fragmento (GF)-, que proporcionou estudar outro material de reparo, uma cerâmica vítrea (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent).

De acordo com os resultados, a primeira hipótese de que diferentes protocolos de reparo promoveriam resultados distintos, foi rejeitada parcialmente. Na ciclagem mecânica, os grupos GB e GF sobreviveram 100%, enquanto os grupos GC e GT apresentaram falhas adesivas e, alguns espécimes, não sobreviveram até o final dos 250.000 ciclos. Por outro lado, os 4 grupos não apresentaram diferença estatística em relação à resistência à fratura. Assim como os grupos estudados não apresentaram aumento significativo das trincas pós ciclagem e resistência à fratura.

Com base nos resultados deste estudo, o sistema de reparo do grupo GB apresentou uma sobrevida maior que dos grupos GC e GT. Um dos pressupostos para que o grupo GB tenha tido diferença significativa em relação aos grupos GC e GT é sua diferença no tipo de material utilizado por cada sistema. Enquanto GB utiliza ácido fluorídrico para condicionar a peça a ser reparada, o GC e GT não utiliza nenhum tratamento de superfície com este tipo de ácido. O condicionamento da superfície se restringiu ao ácido fosfórico.

O uso do ácido fluorídrico no reparo foi avaliado por Neis et al (2015), que observaram maior eficiência deste material na superfície de cerâmicas vítreas, criando irregularidades, ideal para uma melhor união. Assim como Colares et al. (2013) que relataram que o uso do ácido fluorídrico em conjunto com silano aumenta a resistência de união à cerâmica.

Concordando com o estudo de Elsaka (2015), que demonstrou que os materiais dos sistemas de reparo podem interferir na adesão do reparo, este estudo mostrou que adesão vai depender da combinação do material e do sistema de reparo. Hoje em dia há muitos materiais restauradores de diferentes composições no mercado, assim como, materiais de reparo com diferentes metodologias para realizar a união e o profissional deve estar atendo para averiguar qual melhor protocolo para determinado material.

As vantagens do uso do ácido fluorídrico estão bem descritas na literatura (PANA; REZAI; AHMADIAN, 2008; KARCI et al., 2018; TATAR; URAL, 2018). Porém, pode causar danos à saúde quando em contato com tecidos e/ou ingerido. Segundo Segal (2000), o ácido fluorídrico pode causar queimaduras graves na boca, garganta e estômago, podendo inclusive resultar a morte por ingestão, mesmo que se administradas em pequenas quantidades, pois pode

causar hipocalcemia profunda e possivelmente toxicidade sistêmica. Um isolamento absoluto parece uma alternativa este tipo de procedimento caso se deseje usar este ácido.

O grupo GF mesmo usando somente o ácido fosfórico para reparar o substrato fraturado apresentou 100% de sobrevivência. Uma das possíveis explicações pode ser devido ao tipo de tratamento de superfície do fragmento, que recebeu o ácido fluorídrico. Outra explicação para esta relação pode estar conexas com o material do substrato e fragmento, que tem composição estrutural parecida.

A opção de usar o silano, um agente de união, nos grupos GT e GF foi devido ele apresentar monômero bifuncional e grupo de metacrilato, fazendo com que ele tenha união à cerâmica e concomitantemente com a resina composta (ÖZCAN, 2009). Todavia, os dois grupos apresentaram resultados distintos na adesão. A combinação das diferentes composições dos materiais tal como os materiais utilizados para o tratamento de superfície pode ter influenciado este resultado.

Para realizar o reparo todas as cúspides foram seccionadas com ponta diamantada em alta rotação. Com isso, todos os espécimes tiveram inicialmente um tratamento de superfície com asperização, que vai de acordo com o estudo de Stawarczyk, Krawczuk e Ilie (2015) que consideraram o preparo mecânico superficial como um método auxiliar para aumentar a retenção mecânica do reparo.

Três grupos utilizaram resina composta nanohíbrida (Empress Direct A1, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) para realização do reparo, enquanto no quarto grupo, o reparo foi realizado a partir da cimentação de um fragmento cerâmico. A resina composta utilizada foi escolhida por ser uma resina composta nanohíbrida e considerado um material com ótima resistência flexural (120MPa) e alto valor de tenacidade à fratura (IVOCLAR VIVADENT, 2020), que, quanto maior valor, mais suportará a propagação de trincas (ÜSTÜN; BÜYÜKHATİPOĞLU; SEÇILMIS, 2018). A escolha do material para o reparo é muito importante, pois dependendo da resina composta escolhida pode influenciar sua performance, conforme confirma o estudo de Üstün, Büyükhatipoğlu e Seçilmis (2018).

Com relação ao modo de falha foi definido que o modo de falha de grau I seria passível de acabamento e polimento, enquanto o modo de falha de grau II poderia ser ajustado. Já o modo de falha de grau III, foi considerado falha irreversível e o reparo deveria ser refeito em sua totalidade. Os espécimes com fragmento cerâmico (GF) apresentaram 100% de sobrevivência durante o teste de ciclagem mecânica, com uma alta resistência à fratura. Na avaliação a

resistência à fratura, aparentemente, na análise do modo de falha, o GF apresentou 30% do modo de grau III, todavia, na avaliação fractográfica, observou-se que a falha não se limitou somente ao reparo, mas sim, ocorreu em todo conjunto da restauração, tanto reparo como cerâmica. Mostrando que o reparo com fragmento pode ser uma escolha viável para ser realizada.

Nas pesquisas realizadas não foi encontrada na literatura pesquisas relatando a utilização de fragmento cerâmico para reparo. Uma das hipóteses que pode ser descrita é seu alto custo. Além disso, existe a necessidade de se estabelecer um protocolo para realizar uma reprodução da restauração a ser reparada.

Uma sugestão de protocolo pode ser recomendada para copiar fielmente e reproduzir o espaço que necessita de um reparo. Realizar uma restauração modelo com resina composta sem adesão da área a ser reparada, moldar e enviar ao laboratório para ele obter as dimensões. A utilização do sistema CAD/CAM também é uma opção.

O material que foi reparado, uma cerâmica vítrea de dissilicato de lítio, foi escolhido por ser o material de escolha em grande parte dos estudos com cerâmica (KOCAAGAOGLU; MANAV; ALBAYRAK, 2017; MAGNE; STANLEY; SCHLICHTING, 2012; ÜSTÜN; BÜYÜKHATIPOGLU; SEÇILMIS, 2018; WAHSH; GHALLAB, 2015), além de apresentar maior resistência (360MPa) em comparação a outras cerâmicas vítreas (MAGNE; STANLEY; SCHLICHTING, 2012).

A realização do teste por ciclagem mecânica por compressão axial cíclica ocorreu pela simulação do movimento mastigatório mais próximo do que seria em um real estudo clínico. Existe uma premissa que a ciclagem deve ser realizada em um ambiente oral artificial (DELONG; DOUGLAS, 1991; GUNDUGOLLU et al., 2018). O teste de ciclagem mecânica realizado reproduziu esses três pontos, em que os espécimes receberam cargas cíclicas, com força pré-determinada e ficaram imersos em saliva artificial à uma temperatura média de 37°C (DELONG; DOUGLAS, 1991).

A ciclagem mecânica promove uma carga axial cíclica ao espécime, sendo está carga, pré-determinada antes de realizar o teste. Porém, para estabelecer essa carga não é algo muito simples, já que a mastigação tem diferentes influenciadores. Movimentos mandibulares, informações dos mecanorreceptores e receptores sensoriais, além das diferentes forças executadas para cada tipo e tamanho de alimento fazem com que a escolha da carga aplicada em um teste laboratorial seja complexa (SHIMADA A., et al, 2012). Muitos estudos avaliam as diferentes forças aplicadas na mastigação, dessa forma não existe um padrão ouro. Para este

estudo, foi aplicada uma força média de 100N. Por ser um aparelho pneumático, houve uma variação de carga observada entre 80N e 130N. O que vai de acordo com Kohyama et al., (2004) que relataram em seu estudo que a força de mastigação em molares pode variar de 70 a 130N. Hagberg (1986) e Ahlgren e Owall (1970) também já estabeleceram uma variação entre 9 e 180N. Corroborando com a pesquisa laboratorial realizada por Gundugollu et al. (2018), que descreveram que, para que as forças aplicadas causem algum tipo de desgaste, os valores devem ficar entre 20-120N.

Na ciclagem mecânica há a necessidade de determinar o número de ciclos que o espécime irá receber a carga para observar algum tipo de desgaste. Para esta pesquisa, a quantidade de ciclos estabelecida foi de 250.000 ciclos (NAWAFLEH et al., 2016; SAURO et al., 2018; ALMANSOUR; ALQAHTANI, 2018; GUNDUGOLLU ET AL., 2018). Semelhante ao estudo de DeLong e Douglas (1991), os autores avaliaram que essa quantidade de ciclos é o equivalente a 1 ano de reprodução mastigatória em boca humana. Esta quantidade equivale aos desgastes dentais clinicamente após 1 ano.

O teste de fadiga é muito relatado para avaliar a vida útil de um material (DELONG; DOUGLAS, 1991). Porém, realizar a avaliação de fadiga pode ser um processo muito demorado e muitas vezes inviável (NAWAFLEH et al., 2016). Por esta razão, muitos acabam efetuando um protocolo de ciclagem mecânica, seguido de um teste para avaliar a resistência à fratura (BONFANTE; COELHO, 2016).

A resistência à fratura foi o teste selecionado para avaliar a resistência dos sistemas de reparo comerciais (GB e GC) e dos grupos testes (GT e GF). Uma das razões para a escolha do ensaio de resistência à fratura por compressão axial foi devido a simulação próxima de um carregamento oclusal que geram cargas de compressão, principalmente. Porém, além de gerar esse tipo de carga, ainda é possível observar tensões complexas como tração e cisalhamento em restaurações cimentadas (ZHANG; SAILER; LAWN, 2013).

Os reparos foram realizados em uma restauração cimentada em um dente molar humano, e esta escolha se deveu por ser uma simulação mais próxima do real. Com a cimentação em dente humano, foi possível realizar o teste laboratorial simulando uma condição bucal. Vários estudos (ELSAKA, 2015; KARCI et al., 2018; KOCAAGAOGLU, MANAV, ALBAYRAK, 2017; ÜSTÜN; BÜYÜKHATIPOGLU; SEÇILMIS, 2018) que avaliaram sistemas de reparo em cerâmica se detiveram ao ensaio de cisalhamento ou de tração em que a união investigada foi de um disco cerâmico ao reparo.

Apesar de não ter apresentado diferença estatística significativa entre os grupos avaliados para resistência à fratura a resistência do grupo GF apresentou uma resistência menor que os outros grupos (GB, GC e GT). Uma das explicações possíveis é devido as características que o material cerâmico apresenta, que pouco suporta a deformação plástica até a fratura, sendo assim, caracterizados como frágeis. Gonzaga et al. (2011), relatou que quando a carga é aplicada a uma superfície com pouca ou nenhuma deformação plástica faz com que o material sofra um aumento das concentrações de tensão de tração principalmente onde há defeitos microestruturais. Estas tensões podem ocasionar inclusive fraturas catastróficas. Mesmo assim, a resistência apresentada por este grupo foi alta em relação as cargas comumente apresentadas nas funções mastigatórias e parafunções.

Também, quando realizado a análise fractográfica do grupo GF, foi observado que a fratura esteve presente tanto na restauração como no reparo. Tal como na avaliação do modo de falha em que apesar de GF ter apresentado falhas grau III, essas foram de modo catastrófico em que a cerâmica da restauração também falhou. Portanto, o modo de falha do reparo esteve proporcionalmente relacionado a falha da restauração cerâmica.

A avaliação dos modos de falha deste trabalho foi baseada no estudo de Heintze e Rousson (2010) que descreveu diferentes níveis de lascamento em restaurações indiretas (zircônia e cerâmica com infraestrutura de metal). Neste trabalho, todos os grupos apresentaram algum grau de falha. Os grupos GC e GT apresentaram maiores graus de falha frente aos grupos GB e GF. O descolamento total da peça, ainda na ciclagem e também após resistência de fratura, foram os motivos fundamentais desse resultado. A análise fractográfica dos espécimes pós ensaios foi essencial para conseguir observar a origem das falhas e realizar essa classificação. A avaliação da evolução da fratura é considerada muito complexa e de difícil entendimento, principalmente em estudos clínicos. Os modos de fratura podem apresentar diferentes formas geométricas em diferentes momentos de aplicação da carga (ZHANG; SAILER; LAWN, 2013).

Os protocolos de reparo com resina composta testadas poderiam ser indicados mais como medida provisória do que de forma definitiva. Sobretudo, os grupos GC e GT, que apresentaram falhas já na ciclagem mecânica que, neste estudo, representou 1 ano de esforços mastigatórios, demonstrando pouca eficiência.

Ainda se necessita de mais estudos, principalmente clínicos, para se comprovar a efetividade dos reparos. Deve-se avaliar separadamente cada tipo de material, tanto da estrutura a ser reparada como o do produto reparador, para que o procedimento de reparo seja mais

efetivo (HICKEL; BRÜSHAVER; ILIE, 2013). Deve-se realizar mais pesquisas próximos da situação clínica real.

## CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo podem ser tiradas as seguintes conclusões:

-O grupo GB (BISCO` s Intraoral Repair Kit) é o mais indicado para dissilicato de lítio, apresentando resultados melhores comparado aos grupos GC e GT.

-O protocolo de reparo com fragmento cerâmico (GF) pode ser uma outra indicação para o reparo.

Estudos adicionais para esse tipo de reparo devem ser realizados para uma indicação mais precisa.

## REFERÊNCIAS

AHLGREN J.; OWALL B. Muscular activity and chewing force: A polygraphic study of human mandibular movements, **Archives of Oral Biology**, 15:271-280, 1970

AL JABBARI Y.S. Fractographic Analysis of a Clinically Failed FPD after 10 years in Service. The International **Journal of Prosthodontics**, 29(6):581-583, 2016.

ALMANSOUR H. M. The Effect of in vitro Aging and Fatigue on the Flexural Strength of Monolithic High-translucency Zirconia Restorations. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, 19(7):867-873, 2018.

ANTANASOVA M. et al. Influence of termo-mechanical cycling on porcelain bonding to cobalt-chromium and titanium dental alloys fabricated by casting milling, and selective laser melting. **Journal of Prosthodontics Research**, 62(2):184-194, 2018.

ANUSAVICE, K. J. Standardizing Failure, Success, and Survival Decisions in Clinical Studies of Ceramic and Metal-Ceramic Fixed Dental Prostheses. **Dental Materials**, 28(1):102-111, 2012.

BATALHA-SILVA S. et al. Fatigue resistance and crack propensity of large MOD composite resin restorations: direct versus CAD/CAM inlays. **Dental Materials**, 29(3):324-31, 2013.

BELLO J.A., et al. Bond strength and microleakage of porcelain repair materials. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, 54(6):788-791, 1985.

BLUM I.R.; JAGGER D.C.; WILSON N.H.F. Defective Dental Restorations: To Repair or Not to Repair? Part 1: Direct Composite Restorations. **Dental Update**, 38(2):78-84, 2011a.

BLUM I.R.; JAGGER D.C.; WILSON N.H.F. Defective Dental Restorations: To Repair or Not to Repair? Part 2: All-ceramics and porcelain fused to metal systems. **Dental Update**, 38(3):150-152, 154-156, 158, 2011b.

BLUM I.R., et al. An in vitro comparison of four intra-oral ceramic repair systems. **Journal of Dentistry**, 40:906-912, 2012.

BLUM I.R.; LYNCH C.D.; WILSON N.H.F. Factors influencing repair of dental restorations with resin composite. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**, 17(6):81-87, 2014.

BONFANTE, E. A.; COELHO, P. G. A Critical Perspective on Mechanical Testing of Implants and Prostheses. **Advances in dental research**, 28(1):18–27, 2016.

BRAEMT M.; LAMBRECHST P.; VANHERLE G. Clinical relevance of laboratory fatigue. **Journal of Dentistry**, 22(2):97–102, 1994.

BRUGGERS H.; JEANSONNE E.E.; GRUSH. Repair technique for fractured anterior facings. **JADA**, 98:947-948, 1979.

COLARES R.C.R., et al. Effect of surface pretreatments on the microtensile bond strength of lithium-disilicate ceramic repaired with composite resin. **Brazilian Dental Journal**; 24:349–52, 2013.

CONGIUSTA M. A. No differences in longevity of direct and indirect composite restorations. **Evidence based Dentistry**, 18(2):46, 2017.

CHUNG K.H.; HWANG Y.C. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, 78(3):267-274, 1997.

DARTORA G., et al. Comparison of endocrowns made of lithium disilicate glass-ceramic or polymer-infiltrated ceramic networks and direct composite resin restorations: fatigue performance and stress distribution. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, 100(2019):103401, 2019.

DELBONS, B. F. **Influência de diferentes métodos de captura de imagem na adaptação marginal e interna de cerâmicas fabricadas pelo sistema CAD/CAM – CEREC 3D: um estudo in vitro**. 2010. 179f. Tese (Doutorado em Odontologia)- Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

DELONG R., DOUGLAS W. H. Development of an artificial oral environment for the testing of dental restoratives: bi axial force and movement control. **Journal of Dental Research**, 62(1):32-6, 1983.

DELONG R., DOUGLAS W. H. An artificial oral environment for testing dental materials. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, 38(4):339-45, 1991.

DEMARCO, F. F., et al. Should my composite restorations last forever? Why are they failing? **Brazilian Oral Research**, 31(1):e56, 2017.

ELSAKA, S. E. Repair bond strength of resin composite to a novel CAD/CAM hybrid ceramic using different repair systems. **Dental Materials Journal**, 34(2):161-167, 2015.

ELTAHLAH D., et al. An update on the reasons for placement and replacement of direct restorations. **Journal of Dentistry**, 72:1-7, 2018.

FARLEY, A.W. When that porcelain jacket gets broken; technic for repairing fractured jacket, facing or tube tooth. **Dental Survey**, 24(11):1586-8, 1948.

FEILZER, A. J.; DE GEE, A. J.; DAVIDSON, C. L. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. **Journal of Dental Research**, 66(11):636-639, 1987.



FLURY, S.; DULLA F. A.; PEUTZFELDT. Repair bond strength of resin composite to restorative materials after short- and long-term storage. **Dental Materials**, 35(9):1205-1213, 2019.

GARBELOTTO, L.G.D., et al. Chipping of veneering ceramic on a lithium disilicate anterior single crown: Description of repair method and a fractographic failure analysis. **Journal of Esthetic Restorative Dentistry**.1–5, 2019.

GRACIS S., et al. A new classification system for all ceramic and ceramic-like restorative materials. **International Journal of Prosthodontics**, 28:227–235, 2015.

GONZAGA C.C., et al. Slow crack growth and reliability of dental ceramics. **Dental Materials**, 27(4):394-406, 2011.

GUNDUGOLLU Y., et al. Comparison of the effect of monolithic and layered zirconia on natural teeth wear: An in vitro study. **Journal of Indian Prosthodontic Society**, 18(4):336-342, 2018.

HAGBERG C. Electromyography and bite force studies of muscular function and dysfunction in masticatory muscles. **Swedish Dental Journal**, 37:1-64, 1986.

HÄMMERLE C., et al. **Scientific aspects of dental ceramic materials**. Dental Ceramics: Essential Aspects for Clinical Practice. Surrey: Quintessence Publ. Co. Ltd. 2–11, 2008.

HEALEY, H.J.; PHILLIPS, R.W. A clinical study of amalgam failures, **Journal of Dental Research**, 28:439-446, 1949.

HICKEL, R.; BRÜSHAVER, K.; ILIE, N. Repair of restorations – criteria for decision making and clinical recommendations. **Dental Materials**, 29(1):28-50, 2013

HIGHTON R.M.; CAPUTO A.A.; MATYAS J. Effectiveness of porcelain repair systems. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, 42(3):292-294.

HEINTZE S.D.; ROUSSON V. Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. **International Journal of Prosthodontics**, 23:493–502, 2010.

IVOCLAR VIVADENT. **Ficha de Dados de Segurança (FDS), p1-7**. Disponível em: <https://www.ivoclarvivadent.com.br/pt-br/p/dentistas/produtos/restorative-materials/compositos/ips-empres-direct>. Acessado em 14 de janeiro de 2020, 2020.

JINGARWAR M.M., BAJWA N.K., PATHAK A. Minimal intervention dentistry— a new frontier in clinical dentistry. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**,8(7):ZE04–ZE08, 2014.

KANZOW P.; WIEGAND A.; SCHWENDICKE F.; GÖSTEMEYER G. Same, same, but different? A systematic review of protocols for restoration repair. **Journal of Dentistry**, 86:(2019)1-16, 2019.

KANZOW P., et al. Understanding the management and teaching of dental restoration repair: Systematic review and meta-analysis of surveys. **Journal of Dentistry**, 69:1-21, 2018.

KARCI M., et al. Shear Bond Strength of a Novel Porcelain Repair System for Different Computer-aided Design/Computer-assisted Manufacturing Ceramic Materials. **Nigerian Journal of Clinical Practice**, 21:507-13, 2018.

KELLY J.R. clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. **Journal of Prosthetic Dent**, 81:652-661, 1999.

KELLY J.R.; BENETTI P.; RUNGRUANGANUNT P.; BONA A.D. The slippery slope: critical perspectives on in vitro research methodologies. **Dental Materials**. 28(1):41–51, 2012.

KOCAAGAOGLU H.; GURBULAK A. An assessment of shear bond strength between ceramic repair systems and different ceramic infrastructures. **Scanning**, 37:300–305, 2015.

KOCAAGAOGLU H.; MANAV T.; ALBAYRAK H. In Vitro Comparison of the Bond Strength between Ceramic Repair Systems and Ceramic Materials and Evaluation of the Wettability. **Journal of Prosthodontics**, 26:238-243, 2017.

KOHYAMA K., et al. Effects of sample hardness on human chewing force: a model study using silicone rubber, **Archives of Oral Biology**, (49):805-816, 2004.

KUMBULOGLU O., et al. Intra-oral adhesive systems for ceramic repairs: a comparison. **Acta Odontologica Scandinavica**, 61(5):268-272, 2003.

MAGNE P., et al. Crack propensity of porcelain veneers: a simulated operator evaluation. **Journal of Prosthetic Dentistry**, 81(3):327-334, 1999.

MAGNE P., et al. Direct dentin bonding technique sensitivity when using air/suction drying steps. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, 20(2):130-138, 2008.

MAGNE P.; STANLEY K.; SCHLICHTING L.H. Modeling of ultrathin occlusal veneers. **Dental Materials**, 28(7):777-82, 2012.

MELO R.M.; VALANDRO L.F.; BOTTINO M.A. Microtensile Bond Strength of a Repair Composite to Leucite-Reinforced Feldspathic Ceramic. **Brazilian Dental Journal**, 18(4):314-319, 2007.

MJÖR I.A.; MOORHEAD J.E.; DAHL J.E. Reasons for replacement of restorations in permanent teeth in general dental practice. **International Dental Journal**, 50(6):361-366, 2000.

MORÁGUEZ O.D.; WISKOTT H.W.; SCHERRER S.S. Three to nine-year survival estimates and fracture mechanisms of zirconia and alumina-based restorations using

standardized criteria to distinguish the severity of ceramic fractures. **Clinical Oral Investigations**, 19(9):229–2307, 2015.

NAWAFLEH, N.; HATAMLEH, M.; ELSHIYAB, S.; MACK, F. Lithium Disilicate Restorations Fatigue Testing Parameters: A Systematic Review. **Journal of Prosthodontics**, 25(2):116-126, 2016.

NEDELJKOVIC, I., et al. Secondary caries: prevalence, characteristics, and approach. **Clinical Oral Investigations**, 24(2):683-691, 2020.

NEIS C.A. et al. Surface treatments for pair of feldspathic, leucite- and lithium disilicate-reinforced glass ceramic using composite resin. **Brazilian Dental Journal**, 26:152–5, 2015.

ÖZCAN M.; NIEDERMEIER W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal–ceramic restorations and survival of repairs. **International Journal of Prosthodontics**, 15:299–302, 2002.

ÖZCAN M. Evaluation of alternative intra-oral repair techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. **Journal of Oral Rehabilitation**, 30(2):194-203, 2003.

PANAH, F.G.; REZAI S.M.M.; AHMADIAN. The Influence of Ceramic Surface Treatments on the Micro-shear Bond Strength of Composite Resin to IPS Empress 2. **Journal of Prosthodontics**, 17:409-414, 2008.

POTIKET, N.; CHICHE, G.; FINGER, I. In Vitro fracture strength of teeth restored with differet all-ceramic crown systems. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, 92:491-495, 2004.

ROSA L., et al. Influences of Screw Access Hole and Mechanical Cycling on the Fracture Load of Implant-Supported Crowns. **The International Journal of Prosthodontics**, 32(5):423-429, 2019.

RUSE, N.D.; SADOON, M.J. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. **Journal of Dental Research**, 93:1232–1234, 2014.

SAURO, S., et al. Effects of Polyacrylic Acid Pre-Treatment on Bonded-Dentine Interfaces Created with a Modern Bioactive Resin-Modified Glass Ionomer Cement and Subjected to Cycling Mechanical Stress, **Materials (Basel)**, 11(10):1884, 2018.

SCHERRER S.S.; QUINN J.B.; QUINN G.D.; WISKOTT H.W. Fractographic ceramic failure analysis using the replica technique. **Dental Materials**, 23(11):1397–1404, 2007.

SEGAL E.B. First aid for a unique acid, HF: A sequel. **Chemical Health & Safety**, 7(1):18-23, 2000.

SHIMADA A.; et al. Measurement of dynamic bite force during mastication. **Journal of Oral Rehabilitation**, 39(5):349-56, 2012.

SKOVRON L., et al. Effects of immersion time and frequency of water exchange on durability of etch-and-rinse adhesive. **Journal of Biomedical Materials Research B Appl Biomaterials**. 95 (2), 339–346, 2010.

SOUZA A. C. et al. Influence of insertion techniques for resin cement and mechanical cycling on the bond strength between fiber posts and root dentin, **The Journal of Adhesive Dentistry**, 17(2):175-180, 2015.

STAWARCZYK B, et al. Discoloration of manually fabricated resins and industrially fabricated CAD/CAM blocks versus glass-ceramic: effect of storage media, duration and subsequent polishing. **Dental Materials Journal**, 31:377–383, 2012.

SUBASI, M. G.; ALP, A. Repair bond strengths of non-aged and aged resin nanoceramics. **The Journal of Advanced Prosthodontics**, 9(5):364-370, 2017.

TATAR N.; URAL C. Repair Success of Two Innovative Hybrid Materials as a Function of Different Surface Treatments. **The International Journal of Prosthodontics**, 31:267-270, 2018.

TOKAR E.; POLAT S.; OZTURK C. Repair bond strength of composite to Er,Cr:YSGG laser irradiated zirconia and porcelain surfaces. **Biomedical Journal**, 42:(2019):I83-I99, 2019.

TRINDADE F.Z. et al. Ceramic Inlays: Effect of Mechanical Cycling and Ceramic Type on Restoration-dentin Bond Strength, **Operative Dentistry**, 41(4):E102-17, 2016.

ÜSTÜN, O.; BÜYÜKHATİPOĞLU, I. K.; SEÇİLMİS, A. Shear Bond Strength of Repair Systems to New CAD/CAM Restorative Materials. **Journal of Prosthodontics**, 27(2018):748-754, 2018.

VERSLUIS A.; DOUGLAS W.H.; SAKAGUCHI R.L. Thermal expansion coefficient of dental composites measured with strain gauges. **Dental Materials**, 12:290-294, 1996.

WAHSH M.M.; GHALLAB O.H. Influence of different surface treatments on microshear bond strength of repair resin composite to two CAD/CAM esthetic restorative materials. **Tanta Dental Journal**, 12(2015):178-184, 2015.

WISKOTT H.W.A.; NICHOLLS J.I.; BELSER U.C. Stress fatigue: basic principles and prosthodontic implications. **International Journal of Prosthodontics**, 8:105-116, 1995.

YADAV, J. S., et al. Comparing two intraoral porcelain repair systems for shear bond strength in repaired cohesive and adhesive fractures, for porcelain-fused-to-metal restorations: An in vitro study. **Journal of Indian Prosthodontics Society**, 19(4):362-368, 2019.

YAMAMOTO T., et al. Calculation of contraction stresses in dental composites by analysis of crack propagation in the matrix surrounding a cavity. **Dental Materials**, 25(4):543-550, 2009.

ZHANG L. et al. Probabilistic fatigue analysis of all-ceramic crowns based on the finite element method. **Journal Biomechanical**, 43:2321-2326, 2010.

ZHANG Y.; SAILER I.; LAWN B.R. Fatigue of dental ceramics. **Journal of Dentistry**, 41(12):1135-47, 2013.

## APÊNDICE A – TCLE

Página 1 de 3

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) participante \_\_\_\_\_, você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa **“Reparos em restaurações posteriores indiretas CAD/CAM com diferentes protocolos: ensaio in vitro”**, esta pesquisa está sendo realizada pelo Programa de Pós Graduação em Odontologia no laboratório de pesquisas em Odontologia da UFSC e tem como objetivo avaliar se é possível fazer um reparo quando uma restauração cerâmica quebra/fratura. As informações contidas neste documento foram fornecidas por Maynara Schlickmann de Freitas e supervisionado por Sylvio Monteiro Junior, com objetivo de firmar por escrito, mediante a qual, o(a) voluntário(a) da pesquisa autoriza a participação.

Se você aceitar participar da pesquisa, os procedimentos envolvidos em sua participação são os seguintes: consulta ao prontuário para informar qual dente foi removido, assinatura do termo de doação do elemento dental e fotografia do dente extraído para avaliar se ele está hígido (ou seja, que esteja 100% intacto) e manipulação dele (preparar para encaixar a restauração no dente).

**I. Título da Pesquisa: Reparos em restaurações posteriores indiretas CAD/CAM com diferentes protocolos: ensaio in vitro**”. Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.

**II. Pesquisador responsável:**

- *Sylvio Monteiro Junior*

Telefone: (48)99972-8962/(48) 99625-1575

Email: [sylviomj@gmail.com](mailto:sylviomj@gmail.com)

R. Delfino Conti, S/N - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-370

### 6 JUSTIFICATIVA

A pesquisa **“Reparos em restaurações posteriores indiretas CAD/CAM com diferentes protocolos: ensaio in vitro”** serve para avaliar diferentes protocolos de reparo em restaurações cerâmicas, ou seja, verificar se há possibilidade de fazer reparo nesse tipo de restauração, para que não haja necessidade de trocar toda restauração necessitando remover ainda mais tecido dentário sadio (restante do remanescente do dente) no re-preparo do dente.

### 7 RISCOS E DESCONFORTO

Os riscos relacionados ao estudo, são aqueles relacionados aos procedimentos de extração que não serão realizados pelos executores da pesquisa tal como, aborrecimento

Página 2 de 3

devido à necessidade de ficar com a boca aberta durante cirurgia, inchaço e edema na região operada e poderá haver desconforto e sensibilidade no local devido à cirurgia que é uma consequência possível no pós-operatório cirúrgico. Não são conhecidos riscos pela participação na pesquisa.

No entanto, os desconfortos relacionados ao estudo, são aqueles relacionados a exposição do seu dente a pesquisa (que será recolhido logo após a cirurgia diretamente com o dentista que remover) ter que assinar este termo de doação (que será solicitado logo após a cirurgia). Também existe a possibilidade remota da quebra de sigilo, mesmo que involuntário e não intencional, cujas consequências serão tratadas nos termos da lei.

Haverá garantia de indenização de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Caso ocorra alguma intercorrência ou dano, resultante de sua participação na pesquisa, você receberá todo o atendimento necessário, sem nenhum custo pessoal.

## **8 BENEFÍCIOS**

A participação na pesquisa não trará benefícios diretos aos participantes, porém, contribuirá para o aumento do conhecimento sobre o assunto estudado e poderá beneficiar futuros pacientes.

## **9 ESCLARECIMENTOS**

- Você poderá solicitar informações ou esclarecimentos sobre o andamento da pesquisa em qualquer momento com o pesquisador responsável (Item II).
- Como um participante voluntário de pesquisa, você não terá nenhuma despesa referente a sua participação no estudo.
- Os resultados positivos ou negativos somente poderão ser obtidos após a realização da pesquisa.
- Caso alguma despesa extraordinária associada à pesquisa venha a ocorrer, você será ressarcido nos termos da lei. Caso você tenha algum prejuízo material ou imaterial em decorrência da pesquisa poderá solicitar indenização, de acordo com a legislação vigente e amplamente consubstanciada.

## **10 SIGILO**

- Os pesquisadores serão os únicos a ter acesso aos dados do paciente.

Página 3 de 3

- Será garantido seu anonimato e o sigilo das informações, além da utilização dos resultados exclusivamente para fins científicos.
- Os resultados poderão ser apresentados em encontros e revistas científicas, sem revelar o seu nome, instituição ou qualquer informação relacionada à sua privacidade.

## 11 LIBERDADE DE RECUSAR OU RETIRAR O CONSENTIMENTO

Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso você decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento, não haverá nenhum prejuízo ao atendimento que você recebe ou possa vir a receber na instituição. Nesse caso, informar ao pesquisador responsável através dos contatos fornecidos no item II.

Esta pesquisa e este termo atendem a Resolução CNS 466/2012 e o projeto conta com a aprovação do CEPESH/UFSC. Este Termo de Consentimento Livre e

Esclarecido, aprovado pelo CEPESH/UFSC foi redigido em duas vias, que deverão ser rubricadas em todas as suas páginas e assinadas, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa, assim como pelo pesquisador responsável. Uma via será destinada ao participante do estudo e a outra via ao pesquisador responsável.

Por gentileza, qualquer dúvida entrar em contato com o pesquisador responsável (item II) e/ou com o CEPESH /UFSC.

### ***CEPESH/UFSC***

**Endereço:** Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401, Trindade,

Florianópolis/SC CEP 88.040-400– Florianópolis SC

**Telefone:** (48) 3721-6094

**E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

Atenciosamente,

\_\_\_\_\_

Florianópolis \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Maynara Schlickmann de Freitas



**Eu, \_\_\_\_\_, RG n. \_\_\_\_\_ como participante da pesquisa, afirmo que fui devidamente informado e esclarecido sobre a finalidade e objetivos desta pesquisa, bem como sobre a utilização das informações sigilosas e exclusivamente para fins científicos. Meu nome não será divulgado e terei a opção de retirar meu consentimento a qualquer momento. Não receberei nenhuma remuneração e não terei qualquer ônus financeiro em função do meu consentimento espontâneo. Concordo, por livre e espontânea vontade, em participar deste estudo e declaro ter recebido uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido.**

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

Florianópolis \_\_ / \_\_ / \_\_

Fonte: Elaborada pelo autor (2019).

**APÊNDICE B – Termo Doação**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA  
TERMO DE DOAÇÃO**

Eu, \_\_\_\_\_, portador(a) da Carteira de Identidade nº \_\_\_\_\_, por meio deste instrumento, declaro que estou doando o(s) dente(s) \_\_\_\_\_, o(s) qual(is) foi(ram) extraído(s) por indicação \_\_\_\_\_, e serão exclusivamente usados para a pesquisa **“Reparo em restaurações posteriores indiretas CAD/CAM com diferentes protocolos: ensaio in vitro ”**. Declaro, também, que recebi todas as orientações sobre os riscos e objetivos da pesquisa, e que todos os meus dados serão mantidos em sigilo, conforme Resolução CNS 466/2012, que estabelece normas para pesquisa envolvendo seres humanos, assim como, poderei remover o consentimento da pesquisa sem haver penalidade alguma e posso obter informações sobre o andamento da pesquisa através do pesquisador responsável Prof Dr Sylvio Monteiro Junior ([sylviomj@gmail.com](mailto:sylviomj@gmail.com)); ou pela pesquisadora principal Maynara Schlickmann de Freitas ([maynarafreitas@hotmail.com](mailto:maynarafreitas@hotmail.com)).

Florianópolis \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

---

*Assinatura do Doador ou Responsável Legal*

---

*Prof Dr Sylvio Monteiro Junior  
Pesquisador Responsável*

---

*Maynara Schlickmann de Freitas  
Pesquisadora Assistente*

Fonte: Elaborada pelo autor (2019).

**APÊNDICE C - PLANILHA COM AS MEDIDAS DOS DENTES SELECIONADOS**

<b>MEDIDAS DOS DENTES (mm)</b>					
<b>Espécime</b>	<b>M/D</b>	<b>V/L</b>		<b>M/D</b>	<b>V/L</b>
11	8,51	10,15	31	9,22	10,89
12	8,92	10,86	32	9,75	10,52
13	9,08	10,95	33	9,33	10,97
14	9,1	11,03	34	9,01	10,13
15	9,23	10,04	35	9,79	10,9
16	8,68	10,82	36	9,84	11,6
17	8,96	10,91	37	9,07	10,33
18	8,54	10,33	38	8,74	10,01
19	9,05	10,89	39	8,56	10,13
1.10	8,56	10,12	3.10	8,97	10,98
<b>média GB</b>	<b>8,863</b>	<b>10,61</b>	<b>média GT</b>	<b>9,228</b>	<b>10,646</b>
21	8,88	10,07	41	9,02	10,27
22	8,91	10,42	42	8,87	11,03
23	8,25	11,01	43	9,11	10,15
24	8,02	10,97	44	8,92	10,43
25	9,53	11,01	45	9,88	11,02
26	8,11	10,04	46	9,01	11,41
27	9,22	11,02	47	9,65	10,78
28	8,97	11,12	48	8,67	10,8
29	9,05	11,1	49	9,13	11,08
30	9,18	11,23	4.10	8,77	10,18
<b>média GC</b>	<b>8,812</b>	<b>10,79</b>	<b>média GF</b>	<b>9,103</b>	<b>10,715</b>
<b>Média M/D</b>		<b>9,00</b>	<b>Média V/L</b>		<b>10,69</b>

Fonte: Elaborada pelo autor (2019).

## APÊNDICE D – ARTIGO VERSÃO INGLÊS

### Effects of mechanical cycling and fracture resistance on the adhesion of repairs in ceramic restoration: in vitro test

#### ABSTRACT

**PURPOSE:** To evaluate and compare the behavior of different repair protocols in indirect restorations manufactured in vitro ceramic lithium disilicate (IPS e.max CAD) in mechanical cycling and fracture resistance. **MATERIALS AND METHODS:** All specimens (n = 40) were produced from a glassy ceramic with overlay preparation. A fracture simulation of the palatal cusp was performed. The repairs were made according to the repair system: GB (Bisco Intraoral Repair Kit, Bisco, USA); GC (Clearfill Repair Kit, Kuraray, Japan); GT (Test Group - roughening and surface treatment) (K-Etchant Gel, Kuraray, Japan and Clearfil SE Bond Primer and Clearfil Bond adhesive, Kuraray, Japan); and GF (Indirect fragment, e.max Press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). The specimens were all previously photographed and subjected to mechanical cycling (load of 100N and frequency of 2Hz) for 250,000 cycles and taken to a universal testing machine in order to assess the fracture resistance. Stereomicroscope analysis at 10x magnification was performed. The evaluation to detect cracks before and after was performed with a transluminator (Microlux, Addent, Danbury, CT, USA). The data was analyzed using the Chi-Square and ANOVA tests. **RESULTS:** The GB and GF groups survived 100% after mechanical cycling, differently from the GC and GT groups (40%) showing statistical difference between these groups (P = 0.007). No relationship was observed between crack formation and mechanical cycling in all groups (p > 0.05). The presence of crack also did not influence fracture resistance (p = 0.731). There was a statistical difference in the failure mode, while the CG and GT groups presented 70% grade III, GB had 20% and GF 30%. **CONCLUSION:** Within limitations, the study demonstrated that among the repair systems tested with composite resin the GB group can be considered the most acceptable. As for the ceramic fragment repair, it was showed acceptable results and promising results.

**Keywords:** Ceramic 1. Mechanical Stress 2. Permanent Dental Restoration 3.

#### 1. Introduction

In ideal situations, ceramic restorations, for the most part, are presented as restorations with wide success shortly after their completion<sup>1</sup>. They are still considered successful when their restorative capacity performs the expected function<sup>2</sup>.

Despite the great advantages of indirect restorations, they still have failures that can occur in different proportions<sup>3</sup>. The main failures reported in the literature are traumas, parafunctional habits and internal defects of ceramics<sup>4</sup>.

Although there are few randomized clinical studies carried out to prove the longevity of repairs in restorations, this kind of procedure appears to be a very current indication, since the risk of caries, in general, has decreased significantly<sup>1</sup>.

Repair protocols have been tested in order to recover lost structures from indirect restorations machined by the CAD / CAM system<sup>3,5,6</sup>, however, most of studies have not yet been able to report the effects of repair with biomechanical tests closer to reality. Currently, experiments with cyclic loading reproducing an induction to mechanical fatigue have been indicated to more accurately assess what occurs in clinical behavior<sup>7</sup>.

The repair can be performed on several problems that happen with the restoration. Fractures, partial volume replacement, problems at the margins as insufficient material, are some of those mentioned in the literature<sup>1</sup>.

Studies should be carried out addressing the different reasons for carrying out a repair, since the different proportions that each of these failures can cover may determine how the repair should be carried out<sup>1</sup>.

With the advent of new technologies, new materials appeared with improved compositions to further improve its performance, and, with the new ideals of minimally invasive dentistry, the aim of this work was to evaluate and compare the performance of different repair protocols in indirect restorations of glass ceramic of lithium disilicate (e.max CAD) on posterior tooth in mechanical cycling and fracture resistance.

The null hypothesis tested was that the different repair protocols tested will behave in different ways.

## 2. Methods

This work was approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Santa Catarina (CEPSH-UFSC) under the opinion 3.723.711.

In total, 40 healthy third human molars were selected, tricuspid, with anatomical shapes and similar dimensions. With the aid of a digital caliper, the mesio / distal distances ( $\pm 9$ mm) and vestibule / palatal ( $\pm 10.69$ mm) were measured. All specimens were digitally

radiographed to check for the presence of a carious lesion. Teeth that did not fit the average size and had a carious lesion were discarded.

Pre-existing cracks were observed and recorded using a transluminator (Microlux, Addent, Danbury, CT, USA). Teeth with any presence of injury and / or significant crack were discarded. All specimens were photographed to record integrity and analyze failure mode at the end of the study.

All teeth were included in transparent acrylic resin (Resina Auto, TDV, Brazil) in a device for adaptation on test machines.

A rod with a vertical axis was used to obtain a vertical axis (90°) and centralize the specimen in the device. The acrylic resin involved the roots, leaving exposed 3mm below the cemento-enamel junction (JCE) for stabilization and to facilitate specimen manipulation.

Next, three molds of each tooth were made. Two crown molds were made with condensation silicone (profile + dense, Coltene, Switzerland) to reproduce the anatomy of each crown to be prepared. These served as a guide for standardizing preparation wear. The guides were divided into 3 parts, one of which was sectioned in the mesio/distal direction and the other in the vestibule / palatal direction. The third mold was made of transparent acrylic resin (Resina Auto, TDV, Brazil) to reproduce the coronary structure, which was later used to standardize the repair.

The teeth received preparations for indirect restoration of the overlay type, with occlusal reduction of 1mm ( $\pm 0.2$ mm) in all the extension and cervical end in chamfer with reduction of 1mm and without bevel. To quantify and verify the amount of wear of the preparation, the guides and the millimeter probe were used, measuring all the thicknesses of the reduction to verify equity / uniformity of the preparation. All specimens that did not meet the established standard were discarded. The finishing and polishing counted with the aid of diamond tips of fine and extra fine grain, in addition to abrasive rubbers (Astropol, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) in 3 granulations (used from the largest to the smallest). The prepared teeth were stored in water at 37°C for 48h ( $\pm 24$ h) until they received the restoration.

## **2.1 CAD/CAM**

To perform the scans, restorations design and machining of ceramics, the CAD / CAM technology of the Planmeca system (Planmeca FIT CAD / CAM System, Finland) was used.

Before the preparations were made, all selected healthy teeth were scanned (Emerald<sup>TM</sup>, Planmeca, Finland). With the teeth prepared, images in three dimensions were generated. With the aid of the software (Planmeca Romexis version 5.3.3.5.6 / 18/19, Finland) aspects were defined for making the indirect restoration. The image of the original anatomy of the tooth was superimposed on the preparation and the thickness of the entire restoration ( $1\text{mm}\pm 0.2\text{mm}$ ) and the thickening of the cementation area ( $100\mu\text{m}$ ) were delimited.

The overlay restorations were milled (Planmeca PlanMill 40 S, Planmeca, Finland) in lithium disilicate vitreous ceramic in color A1, high translucency (HT) (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) of size c14. All pieces were taken to the P500 oven (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) for crystallization, at a temperature of  $840^{\circ}\text{C}$ , for about 25 minutes. The specimens took a layer of glaze and returned to the oven for final burning.

## **2.2 Surface Treatment**

The preparation was conditioned with 35% phosphoric acid (Ultra Etch Indispense, Ultradent, USA) for 30 seconds, washed for 60 seconds, dried with air jets until the enamel was matte and opaque. Application of two layers of adhesive (Excite F DSC Single dose, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), among which the solvents were volatilized, and excesses were removed. No light curing was carried out.

The internal treatment of the ceramic piece took place according to the manufacturer. Conditioning was carried out with 9% hydrofluoric acid (Ultradent Porcelain Etch, Ultradent, USA) for 20 seconds, washed thoroughly with air-water jets for 10s and drying for 10s. For post-conditioning cleaning, the specimens were taken in an ultrasonic bath for a period of 15 minutes<sup>5</sup>. It was applied Silane (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) for 60s and the solvents were volatilized. Double adhesive layer (Excite F DSC Single dose, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), volatilizing the solvent and removed excesses with air spray for 10s. The pieces were placed in position and cemented with dual resin cement (Variolink N Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). The load used was 1 kg for 2 minutes<sup>8</sup>. Polymerization was carried out on each face of the tooth for 20s, using a light-curing unit based on leds (Radii Plus, SDI, Victoria, Australia) with a light intensity of  $1400\text{mW} / \text{cm}^2$ . An additional polymerization for 1 minute was performed on the occlusal surface, after removing the applied load. Excessive resin cement was removed with a scalpel blade 12 (Swann-Mon, United Kingdom).

The specimens were stored in distilled water at 37°C for 24h and went through finishing and polishing with abrasive rubber tips (Astropol, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) and returned to be stored in distilled water at 37°C for 48h ( $\pm 24$ h) until they received repairs.

### **2.3 Repair Process**

In order to perform the repair, a fracture was simulated in the palatal cusp of the overlay restoration. With a graphite and with the aid of a caliper, the area to be sectioned was demarcated, 1.5 mm from the tip of the cusp. With a diamond-tipped conical tip (4138, KG Sorensen, Brazil) the wear of the ceramic parts was carried out. The wear area of each specimen was measured to establish a standard area to be repaired of  $2.0\text{mm}^2$  ( $+ - 0.2\text{mm}$ ).

### **2.4 Group Division**

According to the repair system, the specimens were divided into 4 groups described below: GB - BISCO Intraoral Repair System (Bisco, USA); GC - Clearfill Repair Kit (Kuraray, Japan); GT - Test group with surface preparation with: asperization + phosphoric acid + silane + adhesive; GF - Repair with adhesion of an indirect ceramic fragment (e.max Press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) - asperization + phosphoric acid + silane + adhesive.

### **2.5 Surface treatment and repair**

The surface treatments for the GB and GC groups followed the manufacturer's recommendations. The surface treatment for the repair of the Test Group (GT) was asperization the area to be repaired, washing and drying; conditioning with phosphoric acid for 5s (K-Etchant Gel, Kuraray); application of silane agent (Monobond-S, Ivoclar Vivadent) for 60s and volatilization of the solvent with air jets; Adhesive application (Clearfil SE Bond, Kuraray) volatilize solvents with light air jets; polymerization for 10s; and application of composite resin (A1, IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent) and polymerization for 40s.

The Fragment Group (GF) performed the treatment of two surfaces, substrate and internal surface of the fragment. For the substrate to be repaired, asperization with diamond tip, washing and drying was carried out; conditioning with 35% phosphoric acid for 30s (Ultra Etch



Indispense, Ultradent, USA); application of Silane agent (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent) for 60s and solvent volatilization with air jets; double adhesive layer (Excite F DSC Single dose, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) volatilization of the solvent and removing excesses with air spray for 10s without polymerizing. As for the fragment surface treatment, it was carried out with conditioning with 9% hydrofluoric acid (Ultradent Porcelain Etch, Ultradent, USA) for 20 seconds; washing thoroughly with air water jets for 10 seconds and drying for 10 seconds; ultrasonic bath for 15 minutes; silane (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) for 60s and solvent volatilization with air jets; double adhesive layer (Excite F DSC Single dose, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) solvent volatilization and removing excesses with air spray for 10s without polymerization; Cementation (Variolink N Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) of the fragment on the cusp with fracture simulation and polymerization.

In groups GB, GC, and GT, a nano-hybrid composite in color A1, for enamel substrate (IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent) was used to make the repair. For the GF group, a ceramic fragment in color A1, HT (IPS e.max Empress, Ivoclar Vivadent) was used to perform the repair.

All specimens were finished and polished after 24h. This step was performed with the aid of abrasive rubbers of 3 different granulations (larger to smaller granulation) (Astropol, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) and brush impregnated with silicon carbide (Astrobrush, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). The polishing of the group with fragment repair was restricted to the resin cementation margins.

No specimen underwent ultrasonic cleaning, since it does not represent in vivo conditions to perform intraoral repair.

## **2.6 Mechanical Cycling**

Mechanical cycling was used to simulate the masticatory function and the aging of specimens. The equipment used (Biocycle, Biopidi, Brazil) reproduced the cyclic axial compression test. The pneumatic simulator has 10 pistons, mounted on a steel chassis, connected to an air network. An electronic panel controls the air pressure, speed and thrust of the pistons. During the entire cycling, the specimens were immersed in artificial saliva at an average temperature of 37°C.

At the end of the pistons, there was a metal sphere with a diameter of 6mm, which was used as an antagonist. This sphere was necessarily positioned in the center of the occlusal

surface, in contact with the 3 cusps. A load of 100N was applied, at a frequency of 2Hz for 250,000 cycles<sup>9</sup>.

After the test, the specimens were individually evaluated to observe the survival of the repairs. The repairs that completely dislocated were considered unsuccessful.

## **2.7 Evaluation of Cracks**

Once again, all specimens were photographed with a transluminator (Microlux, Addent, Danbury, USA) after mechanical cycling, in order to assess the appearance of cracks. Cracks (before and after cycling) were classified according to Batalha-Silva et al<sup>10</sup>: I. No cracks visible ; II. visible cracks smaller than 3mm; III. visible cracks larger than 3mm.

## **2.8 Fracture Resistance**

After mechanical cycling and crack evaluation, all specimens (n = 40) were subjected to axial compression fracture resistance test (DL 20000, EMIC) to assess the maximum strength of the material. The same sphere model (6mm) used in mechanical cycling was used to perform the test. The sphere was positioned in the center of the specimen's occlusal surface, and adjusted to be in contact with the 3 cusps. The software (TESC, EMIC, Brazil) was configured with the load cell at 500kgf with a speed of 0.5mm / min. The maximum force, in Newtons (N), until the moment of the specimen fracture was noted and tabulated.

## **2.9 Failure Mode Assessment**

After fracture, to evaluate the failure modes, the specimens were analyzed with a stereomicroscope (SZ, Olympus, Japan) with 10x magnification in a program (QCapture program, IBM Knowledge Center, USA). Failure modes were outlined according to the findings in the analysis. Only failures related to repair were delimited. The failure modes observed were: grade I (none or small chipping of the repair in composite resin and / or ceramic); grade II (moderate chipping of composite resin and / or ceramic repair); grade III (severe chipping of the composite resin and / or ceramic repair or the repair has completely separated from the specimen).

The failure modes were based on and adapted from Heintze and Rousson<sup>11</sup> in which they classified the failures in ceramics. The grade I failure mode could be polished, while the grade II failure mode could be adjusted. The grade III failure mode was considered an irreversible failure and the repair should be completely redone.

## 2.10 Statistical Analysis

The Statistical Package for the Social Sciences program (SPSS for Windows, version 21, SPSS Inc, Chicago, IL, USA) was used to perform the statistical analysis of the data.

Aiming to analyze and compare the survival of specimens after mechanical cycling, descriptive analyzes and the Chi-Square test were used. To assess the formation of cracks in specimens from mechanical cycling, a descriptive analysis and Chi-Square test were performed, which was also used to verify whether there is an association between the presence of cracks and the survival of specimen cycling.

In the evaluation of fracture resistance, it was used the parametric ANOVA test with two factors (experimental group and presence of cracks), since, after performing the normality test (Shapiro-Wilk), the data showed normal distribution.

To analyze the failure modes of all specimens after fracture resistance testing and compare between experimental groups, the Chi-Square test was used.

## 3. Results

After mechanical cycling by cyclic axial compression, 100% of specimens in the GB and GF groups survived. In contrast, 40% of the specimens in the GC and GT groups did not survive the cycling, showing a statistical difference between the GC / GT groups  $\neq$  GB / GF ( $P = 0.007$ ) (Table 1). The specimens that did not survive the cycling were considered to have a degree of failure III and were excluded from the fracture resistance analysis.

**Table 1.** Analysis of specimen survival after mechanical cycling.

Group	Survival n (%)			P
	Survived	Did not survived	Partially Survived	
GB	10 (100)	0 (0)	0 (0)	<b>0,007*</b>
GC	6 (60)	4 (40)	0 (0)	
GT	4 (40)	4 (40)	2 (20)	
GF	10 (100)	0 (0)	0 (0)	

\*Chi-Square Test.

Table 2 shows the results for the formation of cracks after mechanical cycling in different groups. In general, the cracks, when present, were less than 3 mm, and their presence was not associated with the groups ( $P > 0.05$ ).

**Table 2.** Analysis of crack formation after mechanical cycling.

Group	Cracks n (%)			P
	Absent	<3mm	>3mm	
GB	5 (50)	4 (40)	1 (10)	0,210*
GC	3 (30)	7 (70)	0 (0)	
GT	5 (50)	5 (50)	0 (0)	
GF	1 (10)	8 (80)	1 (10)	

\*Chi-Square Test.

Table 3 shows the results regarding the fracture resistance of the specimens considering 4 different repair protocols and the presence of cracks prior to the resistance test. Although the GF had lower average resistance values when compared to the other groups, this difference was not statistically significant ( $P = 0.362$ ). In addition, the presence of cracks did not influence the fracture resistance of the specimens ( $P = 0.731$ ).

**Table 3.** Evaluation of fracture resistance of specimens considering the 4 different repair protocols and the presence of crack prior to the resistance test.

		<b>Resistance (average <math>\pm</math> SD)</b>	<b>P</b>
<b>Groups</b>	GB	2336,96 $\pm$ 751,66	0,362*
	GC	2182,46 $\pm$ 404,23	
	GT	2118,56 $\pm$ 807,21	
	GF	1685,27 $\pm$ 399,79	
<b>Cracks</b>	Absent	2122,41 $\pm$ 703,72	0,731*
	<3mm	2022,86 $\pm$ 617,31	

\*twoway ANOVA.

When assessing the degree of failure in the specimens (Table 4), it was found that the CG and GT had the highest number of Grade III failures (70%), while the GB and GF had only 20% and 30% of Grade III failures, respectively. Thus, there was a statistical difference between the GC / GT  $\neq$  GB / GF groups (P = 0.022).

**Table 4.** Evaluation of the degree of failure of specimens

Group	<b>Degree of Failures n (%)</b>			<b>P</b>
	Grade I	Grade II	Grade III	
GB	5 (50)	3 (30)	2 (20)	<b>0,022*</b>
GC	1 (10)	2 (20)	7 (70)	
GT	1 (10)	2 (20)	7 (70)	
GF	7 (70)	0 (0)	3 (30)	

\*Chi-Square Test.

#### 4. Discussion

Many professionals facing partial loss / fracture of the indirect restorative material end up opting for the total replacement of the material, causing great damage to the dental element. Facing up with this problem, several repair systems available on the market have been tested for a long time<sup>6, 12, 13, 14, 15</sup>.

However, each of these systems uses materials with different compositions to perform the repair. Additionally, there is a range of restorative materials, which comprise composites to pure ceramics and / or metaloceramics<sup>16</sup>. With this diversity, it is very difficult to establish a single protocol. Each restorative material lacks a specific protocol to constitute the repair.

In this study, the repair systems were applied to a lithium disilicate vitreous ceramic (IPS e.max CAD) and evaluated using mechanical cycling, followed by a progressive loading axial compressive test to assess fracture resistance. With the need to establish protocols with results closer to the clinical reality, this study conjectured to carry out evaluations of repair protocols that are more concise with the real one.

The choice of materials for this research was based on three points: different materials, composition of each material and because they are materials already studied in the literature<sup>5, 15, 16</sup>. The material Bisco Intraoral Repair Kit (BISCO, USA) contains hydrofluoric acid in its composition. As for Clearfill Repair Kit (Kuraray, Japan) - presents in its kit a primer (Clearfil SE Bond Prime) and a porcelain adhesive activator (Clearfil Porcelain Bond Activator), both containing different types of methacrylate in its composition. The Test Group (GT) was instituting in an attempt to present a protocol with materials that they commonly have inside a clinic. Finally, Grupo Fragmento (GF), which made it possible to study another repair material, a vitreous ceramic (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent).

According to the results, the first hypothesis that different repair protocols would promote different results was partially rejected. In mechanical cycling, the GB and GF groups survived 100%, while the GC and GT groups showed adhesive failures and, some specimens, did not survive until the end of the 250,000 cycles. On the other hand, the 4 groups showed no statistical difference in relation to fracture resistance. Like the groups studied, they did not show a significant increase in post-cycling cracks and fracture resistance.

Based on the results of this study, the repair system in the GB group had a higher survival rate than in the GC and GT groups. One of the assumptions for the GB group to have had a

significant difference in relation to the GC and GT groups is its difference in the type of material used by each system. While GB uses hydrofluoric acid to condition the part to be repaired, the GC and GT do not use any surface treatment with this type of acid. The conditioning of the surface was restricted to phosphoric acid.

The use of hydrofluoric acid in the repair was evaluated by Neis et al<sup>17</sup>, who observed greater efficiency of this material on the glassy ceramic surface, creating irregularities, ideal for a better union. Agreeing with the study by Elsaka<sup>18</sup>, which demonstrated that the materials of the repair systems can interfere with the adhesion of the repair.

Advantages of using hydrofluoric acid are well described in the literature<sup>19, 20, 21</sup>. However, it can cause health issue when in contact with tissues and ingested. According to Segal<sup>22</sup>, hydrofluoric acid can cause severe burns in the mouth, throat and stomach, and can even result in death from ingestion, even if administered in small amounts. Absolute isolation should be performed for this type of procedure if you want to use this acid.

The GF group, even using only phosphoric acid to repair the fractured substrate, showed 100% of survival rate. One of the possible explanations may be due to the type of surface treatment of the fragment, which received hydrofluoric acid. Another explanation for this relationship may be related to the substrate and fragment material, which has a similar structural composition.

Specimens with ceramic fragment (GF) showed 100% of survival rate during the mechanical cycling test, with a high resistance to fracture. Apparently, in the analysis of the failure mode, the FG presented 30% of the grade III mode, however, in the fractographic evaluation, it was observed that the failure was not limited only to repair, but rather occurred in the entire restoration set, both repair and ceramic. Showing that fragment repair can be a viable choice to be made.

The performance of the mechanical cycling by cyclic axial compression test occurred by simulating the masticatory movement closer than it would be in a real clinical study. There is a premise that cycling should be performed in an artificial oral environment<sup>23, 24</sup>. The mechanical cycling test reproduced these three points, in which the specimens received cyclic loads, with predetermined strength and were immersed in artificial saliva at an average temperature of 37°C<sup>23</sup>.

Many studies evaluate the different forces applied to chewing, so there is no gold standard. For this study, an average force of 100N was applied. This is in line with Kohyama et al.<sup>25</sup>, who reported in their study that the chewing strength in molars can vary from 70 to

130N. Corroborating with the laboratory research carried out by Gundugollu et al.<sup>24</sup>, who described that, for the applied forces to cause some type of wear, the values must be between 20-120N.

For this research, the number of cycles established was 250,000 cycles<sup>9, 24, 26, 27</sup>. Similar to the study by Delong and Douglas<sup>24</sup>, the authors estimated that this number of cycles is equivalent to 1 year of masticatory reproduction in the human mouth. This amount is equivalent to clinically perceptual dental wear after 1 year.

Regarding fracture resistance, despite not showing a statistically significant difference between groups, the resistance of the GF group showed a lower resistance than the other groups (GB, GC and GT). One of the possible explanations would be due to the characteristics of the ceramic material, which are characterized as fragile, that is, which barely supports the plastic deformation until fracture. Gonzaga et al.<sup>28</sup>, reports that when the load is applied to a surface with little or no plastic deformation, the material may experience increased stress and tensile concentrations, especially where there are microstructural defects. These stresses can even cause catastrophic fractures.

Further studies are still needed, mainly clinical, to prove the effectiveness of repairs. Each type of material must be evaluated separately, both for the structure to be repaired and for the repair product, so that the repair procedure is more effective<sup>1</sup>. Further research should be carried out closer to the actual clinical situation. No studies similar to this one have been found with mechanical tests and cemented on human teeth.

## Conclusion

Within the limitations of this study, the following conclusions can be drawn:

- The group (GB) with hydrofluoric acid in its protocol would be the most indicated among the three protocols with composite tested (GB, GC and GT), as it had a longer survival compared to the other two groups.

- The repair protocol with ceramic fragment (GF), apparently, due to results similar to GB, and for presenting fracture resistance similar to ceramic restoration, may be another indication for repair.

Further studies on repair protocols should be carried out for a more accurate indication.



**Declarations of interest**

None.

**Acknowledgements**

This study was funded by the authors and their institutions.

**References**

1. Hickel R, Brühaver K, Ilie N. Repair of restorations – criteria for decision making and clinical recommendations. *Dental Materials* 2013; 29(1):28-50.
2. Anusavice KJ. Standardizing Failure, Success, and Survival Decisions in Clinical Studies of Ceramic and Metal-Ceramic Fixed Dental Prostheses. *Dental Materials* 2012; 28(1):102-111.
3. Subasi MG, Alp A. Repair bond strengths of non-aged and aged resin nanoceramics. *The Journal of Advanced Prosthodontics* 2017; 9(5):364-370.
4. Özcan M, Niedermeier W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal–ceramic restorations and survival of repairs. *International Journal of Prosthodontics* 2002; 15:299–302.
5. Üstün O, Büyükhatoğlu IK, Seçilmiş A. Shear Bond Strength of Repair Systems to New CAD/CAM Restorative Materials. *Journal of Prosthodontics* 2018; 27(2018):748-754.
6. Flury S, Dulla FA, Peutzfeld T. Repair bond strength of resin composite to restorative materials after short- and long-term storage. *Dental Materials* 2019; 35(9):1205-1213.
7. Dartora et al. Comparison of endocrowns made of lithium disilicate glass-ceramic or polymer-infiltrated ceramic networks and direct composite resin restorations:

fatigue performance and stress distribution. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 2019; 100(2019):103401.

8. Potiket N, Chiche G, Finger I. In Vitro fracture strength of teeth restored with different all-ceramic crown systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2004; 92:491-495.
9. Nawafleh N, Hatamleh M, Elshiyab S, Mack F. Lithium Disilicate Restorations Fatigue Testing Parameters: A Systematic Review. *Journal of Prosthodontics* 2016; 25(2):116-126.
10. Batalha-Silva S. et al. Fatigue resistance and crack propensity of large MOD composite resin restorations: direct versus CAD/CAM inlays. *Dental Materials* 2013, 29(3):324-31.
11. Heintze SD, Rousson V. Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *International Journal of Prosthodontics* 2010; 23:493–502.
12. Farley, AW. When that porcelain jacket gets broken; technic for repairing fractured jacket, facing or tube tooth. *Dent Surv* 1948; 24(11):1586-8.
13. Chung K.H.; Hwang Y.C. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1997; 78(3):267-274.
14. Melo R.M.; Valandro L.F.; Bottino M.A. Microtensile Bond Strength of a Repair Composite to Leucite-Reinforced Feldspathic Ceramic. *Brazilian Dental Journal* 2007; 18(4):314-319.
15. Yadav, J. S., et al. Comparing two intraoral porcelain repair systems for shear bond strength in repaired cohesive and adhesive fractures, for porcelain-fused-to-metal

- restorations: An in vitro study. *Journal of Indian Prosthodontics Society* 2019; 19(4):362-368.
16. Kocaagaoglu H.; Manav T.; Albayrak H. In Vitro Comparison of the Bond Strength between Ceramic Repair Systems and Ceramic Materials and Evaluation of the Wettability. *Journal of Prosthodontics* 2017; 26:238-243.
  17. Neis CA, Albuquerque NLG, Albuquerque IS, Gomes EA, Souza-Filho CB, Feitosa VP, et al. Surface treatments for pair of feldspathic, leucite- and lithium disilicate-reinforced glass ceramic using composite resin. *Brazilian Dental Journal* 2015; 26:152–5.
  18. Elsaka, S. E. Repair bond strength of resin composite to a novel CAD/CAM hybrid ceramic using different repair systems. *Dental Materials Journal* 2015;34(2):161-167.
  19. Panah, F.G.; Rezai S.M.M.; Ahmadian. The Influence of Ceramic Surface Treatments on the Micro-shear Bond Strength of Composite Resin to IPS Empress 2. *Journal of Prosthodontics* 2008; 17:409-414.
  20. Karci M et al. Shear Bond Strength of a Novel Porcelain Repair System for Different Computer-aided Design/Computer-assisted Manufacturing Ceramic Materials. *Nigerian Journal of Clinical Practice* 2018; 21:507-13.
  21. Tatar N, Ural C. Repair Success of Two Innovative Hybrid Materials as a Function of Different Surface Treatments. *The International Journal of Prosthodontics* 2018; 31:267-270.
  22. Segal EB. First aid for a unique acid, HF: A sequel. *Chemical Health & Safety* 2000; 7(1):18-23.
  23. DeLong R, Douglas WH. An artificial oral environment for testing dental materials. *IEEE Trans Biomed Eng* 1991; 38(4):339-45.

24. Gundugollu Y et al. Comparison of the effect of monolithic and layered zirconia on natural teeth wear: An in vitro study. *Journal of Indian Prosthodontic Society* 2018; 18(4):336-342.
25. Kohyama K et al. Effects of sample hardness on human chewing force: a model study using silicone rubber, *Archives of Oral Biology* 2004; (49):805-816.
26. Sauro et al. Effects of Polyacrylic Acid Pre-Treatment on Bonded-Dentine Interfaces Created with a Modern Bioactive Resin-Modified Glass Ionomer Cement and Subjected to Cycling Mechanical Stress, *Materials (Basel)* 2018; 11(10):1884.
27. Almansour HM. The Effect of in vitro Aging and Fatigue on the Flexural Strength of Monolithic High-translucency Zirconia Restorations. *The Journal of Contemporary Dental Practice* 2018; 19(7):867-873.
28. Gonzaga CC et al. Slow crack growth and reliability of dental ceramics. *Dental Materials* 2011; 27(4):394-406.

## ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA - UFSC



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Reparos em restaurações posteriores indiretas CAD/CAM com diferentes protocolos: ensaio in vitro

**Pesquisador:** Sylvio Monteiro Junior

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 23479119.6.0000.0121

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Santa Catarina

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.723.711

#### Apresentação do Projeto:

O objetivo deste estudo é analisar a influência de diferentes protocolos de reparo em restaurações indiretas do tipo onlay de materiais híbridos e cerâmicas vítreas do sistema CAD/CAM. Serão selecionados (n=80) terceiros molares superiores hígidos com dimensões semelhantes, divididos em 4 grupos (G1: Sistema BISCO Intraoral Repair; G2: Clearfill Repair Kit (Kuraray); GT1: Resina +ácido fosfórico+ adesivo normal e GT2: Fragmento indireto

Hipótese:

As hipóteses nulas testadas serão: 1. Os diferentes protocolos de reparo testados se comportarão de modos diferentes; 2. A adaptação marginal dos protocolos de reparo testados não se comportará de modo homogênea.

**Critério de Inclusão:**

Terceiros molares hígidos

Extraídos por indicação clínica do cirurgião dentista. Terceiros molares de maiores de 18 anos

**Critério de Exclusão:**

Menores de 18 anos

Não tenham indicação de extração

**Endereço:** Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401

**Bairro:** Trindade

**CEP:** 88.040-400

**UF:** SC

**Município:** FLORIANOPOLIS

**Telefone:** (48)3721-6094

**E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 3.723.711

**Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:**

Analisar a influência de diferentes protocolos de reparo em restaurações indiretas do tipo onlay de materiais híbridos e cerâmicas vitreas do sistema CAD/CAM.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:**

Os riscos relacionados ao estudo, são aqueles relacionados aos procedimentos de extração que não serão realizados pelos executores da pesquisa tal como, aborrecimento devido à necessidade de ficar com a boca aberta durante cirurgia, inchaço e edema na região operada e poderá haver desconforto e sensibilidade no local devido à cirurgia que é uma consequência possível no pós-operatório cirúrgico. Não são conhecidos riscos pela participação na pesquisa.

No entanto, os desconfortos relacionados ao estudo, são aqueles relacionados a exposição do seu dente a pesquisa (que será recolhido logo após a cirurgia diretamente com o dentista que remover) ter que assinar este termo de doação (que será solicitado logo após a cirurgia). Também existe a possibilidade remota da quebra de sigilo, mesmo que involuntário e não intencional, cujas consequências serão tratadas nos termos da lei.

Haverá garantia de indenização de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Caso ocorra alguma intercorrência ou dano, resultante de sua participação na pesquisa, você receberá todo o atendimento necessário, sem nenhum custo pessoal.

**Benefícios:**

A participação na pesquisa não trará benefícios diretos aos participantes, porém, contribuirá para o aumento do conhecimento sobre o assunto estudado e poderá beneficiar futuros pacientes.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa de relevância clínica e acadêmica.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Apresenta TCLE, carta de anuência assinada pelo chefe do Departamento de Odontologia e folha de rosto, assinada pela coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, em 01/11/2019.

**Recomendações:**

Nada a recomendar.

**Endereço:** Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401  
**Bairro:** Trindade **CEP:** 88.040-400  
**UF:** SC **Município:** FLORIANOPOLIS  
**Telefone:** (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 3.723.711

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O projeto não apresenta pendências e/ou inadequações.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Lembramos que a presente aprovação (versão projeto 08/11/2019, TCLE 08/11/2019 e demais documentos submetidos até a presente data) refere-se apenas aos aspectos éticos do projeto.

Qualquer alteração nestes documentos deverá ser encaminhada para avaliação do CEP. Informamos que obrigatoriamente a versão do TCLE a ser utilizada deverá corresponder na íntegra à versão vigente aprovada.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1453250.pdf	11/11/2019 13:45:24		Aceito
Folha de Rosto	folhaderostoelena.pdf	11/11/2019 13:45:01	Sylvio Monteiro Junior	Aceito
Outros	Cartependencias.docx	08/11/2019 13:46:35	Sylvio Monteiro Junior	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoSUBMISSAO.docx	08/11/2019 13:45:24	Sylvio Monteiro Junior	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcleTESE.docx	08/11/2019 13:44:06	Sylvio Monteiro Junior	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao.pdf	14/10/2019 20:49:12	Sylvio Monteiro Junior	Aceito

**Situação do Parecer:**

**Aprovado**

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Endereço:** Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401  
**Bairro:** Trindade **CEP:** 88.040-400  
**UF:** SC **Município:** FLORIANOPOLIS  
**Telefone:** (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 3.723.711

FLORIANOPOLIS, 25 de Novembro de 2019

---

**Assinado por:**  
**Nelson Canzian da Silva**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401  
**Bairro:** Trindade **CEP:** 88.040-400  
**UF:** SC **Município:** FLORIANOPOLIS  
**Telefone:** (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br