

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Marcelly Da Silva Faria**  
**Thainá Caroline Soares D'Ajuda**

**CARGA PARA FRATURA E RESISTÊNCIA ADESIVA DE  
MATERIAIS INDICADOS PARA LAMINADOS INDIRETOS  
CIMENTADOS AO ESMALTE**

**Taubaté – SP**  
**2019**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Marcelly Da Silva Faria**  
**Thainá Caroline Soares D'Ajuda**

**CARGA PARA FRATURA E RESISTÊNCIA ADESIVA DE  
MATERIAIS INDICADOS PARA LAMINADOS INDIRETOS  
CIMENTADOS AO ESMALTE**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do grau acadêmico pelo curso de  
Odontologia do Departamento de Odontologia  
da Universidade de Taubaté  
Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dra. Marina Amaral

**Taubaté – SP**  
**2019**

**SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

F224c Faria, Marcelly da Silva  
Carga para fratura e resistência adesiva de materiais indicados para laminados indiretos cimentados ao esmalte / Marcelly da Silva Faria; Thainá Caroline Soares D'Ajuda. – 2019.  
37f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Odontologia, 2019.  
Orientação: Profa. Dra. Marina Amaral, Departamento de Odontologia.

1. Adesão de laminados indiretos. 2. Laminados indiretos. 3. Resistência de laminados indiretos. I. D'Ajuda, Thainá Caroline Soares. II. Título.

CDD - 617.695

**MARCELLY DA SILVA FARIA**  
**THAINÁ CAROLINE SOARES D'AJUDA**

**CARGA PARA FRATURA E RESISTÊNCIA ADESIVA DE MATERIAIS**  
**INDICADOS PARA LAMINADOS INDIRETOS CIMENTADOS AO ESMALTE**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do grau acadêmico pelo curso de  
Odontologia do Departamento de Odontologia  
da Universidade de Taubaté

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dra. Marina Amaral

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

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

**BANCA EXAMINADORA**

Prof<sup>a</sup>. Dra. Marina Amaral

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup>. Dra. Laís Regiane da Silva Concílio

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup>. Dra. Priscila Christiane Suzy Liporoni

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

## Dedicatória

Dedicamos este trabalho à Deus por ser essencial em nossas vidas. Seu fôlego de vida em nós nos foi sustento e nos deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades. À nossa família, por sua capacidade de acreditar e investir em nós. E à Professora Dra. Marina Amaral que se dispôs intensamente para nos ajudar e tornar real este projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

Não poderia dar início aos meus agradecimentos sem enaltecer àquele que abriu o caminho para que eu estivesse aqui. Deus, te agradeço pelo cuidado que teve comigo ao longo do meu percurso, te agradeço por não me deixar desistir e por me fazer acreditar que a minha meta seria alcançada. O Senhor sonhou este sonho mesmo antes de eu nascer, me fez confiar e foi a base para que tudo se tornasse possível. Foram 4 anos difíceis, anos de luta, cansaço, fadiga, mas o Senhor permitiu tudo isso acontecer para tornar possível a realização de um grande sonho, afinal, o Senhor faz as coisas loucas para as sábias confundir.

Agradeço à minha família que teve um papel de suma importância para que tudo isso se concretizasse. Vocês sempre me apoiaram e me deram forças, e tudo o que eu tenho me tornado reflete em cada semente que foi plantada em mim. Reconheço que sem vocês nada disso estaria acontecendo. Mãe, as suas orações, seu cuidado e dedicação foi que deram a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinha nessa caminhada. Agradeço ao meu esposo por ser sempre o meu porto seguro, por segurar em minhas mãos em todos os momentos, por me apoiar e acreditar em mim mesmo quando eu mesma não acredito.

Aos meus pastores Samuel Malaquias e Miriam Malaquias que depositaram toda confiança em mim, que intercederam por mim e que me fizeram acreditar que os meus sonhos poderiam ir além. Ao meu amigo Jessé Silva que me apoiou plenamente em toda a minha trajetória.

Às minhas amigas Amanda, Ariela, Bianca, Hianca, Nicolý, Raíssa e à minha dupla Marcelly da Silva Faria. Vocês me permitiram compartilhar toda alegria e dificuldade, me encorajaram a seguir em frente mesmo quando os motivos para desistir gritavam em meus ouvidos, me ensinaram todos os dias com suas experiências de vida, me acalmaram em meio à tempestade e me fizeram sorrir quando tudo parecia desabar. Vocês são presentes de Deus para a minha vida e eu serei eternamente grata por todos esses anos que pude conviver e aprender com cada uma de vocês.

Agradeço também à minha amiga Ivana Lissek que me ajudou nos momentos mais difíceis, que me deu suporte, que me fez entender o sentido de lutar, que cuidou de mim, e que me amparou em cada detalhe. A experiência de uma

produção compartilhada na comunhão com amigos nesses espaços foram a melhor experiência da minha formação acadêmica.

À esta Universidade e à toda sua direção eu deixo uma palavra de agradecimento por todo ambiente inspirador e pela oportunidade de concluir este curso.

Aos professores reconheço e agradeço profundamente a confiança, o ensino, a dedicação e a orientação que nos proporcionou ao longo desta graduação. Em especial à nossa orientadora Professora Dra. Marina Amaral que teve uma grande influência nessa trajetória. Agradeço aos alunos João Henrique Rodrigues e Allison Frade Monteiro que nos ajudaram plenamente em toda pesquisa de campo.

Por fim, mas não menos importante, deixo uma palavra de gratidão à todas as pessoas que de alguma forma tocaram o meu coração e transmitiram força e confiança em mim.

**Thainá Caroline Soares D'Ajuda**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à minha base desde antes de nascer, Aquele que me sustentou, e me deu forças quando eu não tinha de onde tirar, Aquele que me deu esperança, e acreditou em mim antes de tudo e de todos, agradeço a Deus, o meu alicerce na rocha, sem Ele nada seria possível.

Agradeço também a minha mãezinha Maria, que intercedeu por mim a Deus, que nos meus momentos de aflições me pegou no colo e me acalmou, que com sua compaixão me acalentou.

Agradeço também a minha dupla Thainá Caroline Soares D´Ajuda, que me ensinou muito mais que técnicas, me ensinou a ser um ser humano melhor, uma pessoa mais temente a Deus, uma pessoa mais carinhosa e amorosa, obrigada por ser essa pessoa maravilhosa.

Agradeço as minhas amigas Amanda, Ariela, Bianca, Hianca, Nicolý, e Raíssa que estiveram conosco em todos os momentos, que nos estenderam as mãos quando precisamos, que estiveram sempre dispostas à nos ajudar, que nos fizeram rir em vários momentos, e tornaram nossas clínicas e aulas melhores.

Agradeço a Professora Dra. Marina Amaral, que nos amparou em todos os momentos, que sempre esteve disposta a nos ajudar, sempre presente, que se tornou mais que uma orientadora, uma amiga.

Agradeço a Universidade Taubaté, tanto o departamento de Graduação, quanto de pos graduação, que nos disponibilizou os laboratórios, para que esse trabalho fosse feito. Agradeço ao João Henrique Rangel e ao Allison Frade, por ter nos ajudado nesse trabalho.

Agradeço a minha família, a minha mãe Zélia Maria Ferreira da Silva, que foi minha guia, minha companheira, minha base, aquela que me sustentou, e me encorajou, que não mediu esforços pra me ver feliz, nem pra lutar pra me ver aqui, uma mulher batalhadora e com garra. Ao meu pai Marcelo Faria, que me ajudou como pode, e me encorajou, que não me deixou desistir, que me ajudou a lutar, e me apoiou.

Agradeço aos meus amigos, Jonas José dos Santos Rodrigues da Silva, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, que me alegrou quando eu estava triste, que me animou e me segurou quando chorava, que me apoiou, e me ajudou em tudo que precisava, e me deu carinho, obrigada por me ensinar tanto, por ter paciência comigo, e por me compreender.



A minha amiga Lana Dias da Silva, que desde pequena esteve ao meu lado, e mesmo distante se manteve perto várias vezes me incentivando. Agradeço minha amiga Izabelle A minha madrinha Márcia Rodrigues Pena, minha tia Maria Jose Ferreira Braga, e Vanda Maria dos Santos Rodrigues, Regina Lúcia, Simone Ribeiro que me ajudaram sempre que puderam. E ao Pablo Ferreti e Dr. Henrique que sempre me ajudaram. A todos vocês meu muito obrigada!

**Marcelly da Silva Faria**

*Pois dele, por ele e para ele são todas as coisas. A ele seja a glória  
para sempre! Amém.*

*Romanos 11:36*

## RESUMO

**Objetivo:** O objetivo deste estudo foi avaliar a carga para fratura e a resistência adesiva ao cisalhamento de 4 materiais indiretos com diferentes módulos elásticos indicados para CAD/CAM quando cimentados ao esmalte bovino, após armazenamento e termociclagem para o envelhecimento das amostras.

**Metodologia:** Foram utilizados 80 dentes bovinos que tiveram sua porção radicular seccionada, e uma pequena área da região do esmalte vestibular planificada. As coroas bovinas foram incluídas em resina epóxi com uma superfície plana em esmalte, foram cimentados de forma adesiva 4 materiais restauradores indiretos: Dissilicato de Lítio, Cerâmica Feldspática, Cerâmica de Matriz Resinosa e Compósitos Nanohíbridos. Para o teste de resistência adesiva ao cisalhamento (n=10), foram confeccionados 20 cilindros de 3mm de diâmetro x 3mm de altura. E para o teste de resistência de carga para fratura, foram confeccionados 10 discos de cada material (n=10) de 5.5 ou 6mm de diâmetro x 1,0 +/- 0,1mm de espessura. Os dentes foram armazenados em água (4°C) até o momento da utilização, as coroas foram seccionadas com ponta diamantada (9035), sob irrigação constante. Blocos para CAD/CAM foram preparados de acordo com cada tipo de teste e cada material foi preparado de acordo com o seu fabricante. **Resultados:** Houve influência do tipo de material na resistência adesiva ao esmalte (p<0,001). O dissilicato de lítio e a cerâmica de matriz resinosa apresentaram os maiores valores de adesão. Os menores valores foram apresentados pelo compósito nanohíbrido. O tipo de material também afetou a carga para fratura dos materiais cimentados ao esmalte (p=0.006). O maior valor de carga para fratura foi apresentado pelas cerâmicas feldspática e de matriz resinosa e os menores valores foram apresentados pelo dissilicato de lítio. **Conclusão:** A composição dos materiais testados, e seu comportamento mecânico (principalmente o módulo elástico) em relação ao substrato de cimentação influenciam tanto a adesão quanto a carga para fratura de materiais para CAD-CAM indicados para laminados cerâmicos.

**Palavras-chave:** Laminados indiretos; Adesão de laminados indiretos; Resistência de laminados indiretos.

## **SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	11
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	14
<b>3. PROPOSIÇÃO</b>	24
<b>4. MATERIAL E MÉTODO</b>	25
4.1 Carga para fratura	25
4.2 Resistência Adesiva	27
4.3 Análise de Dados	28
<b>5. RESULTADOS</b>	29
<b>6. DISCUSSÃO</b>	31
<b>7. CONCLUSÃO</b>	33
<b>REFERÊNCIAS</b>	34
<b>ANEXO</b>	37

## 1 INTRODUÇÃO

As cerâmicas odontológicas vêm sendo amplamente utilizadas em parte ou totalidade de restaurações e em próteses dentárias. Este fato se deve principalmente a propriedades como biocompatibilidade, resistência ao desgaste e estética (Kelly, 1997; Wang et al., 2007). O principal objetivo da Odontologia restauradora é substituir a estrutura do dente perdida por um material restaurador com estrutura e propriedades físicas semelhantes ao dente natural (Coldea et al. 2013). Uma grande variedade de materiais restauradores para sistemas CAD/CAM está disponível no mercado, que consiste principalmente de diferentes blocos de cerâmicas e compósitos.

Segundo Paulillo, et al.12 (1997) e Chain, et al.3 (2000), as cerâmicas constituem-se na principal alternativa de tratamento restaurador para a estrutura dental, devido à sua biocompatibilidade, resistência à compressão, condutibilidade térmica semelhante aos tecidos dentais, radiopacidade, integridade marginal, estabilidade de cor e, principalmente, elevado potencial para simular a aparência dos dentes. Além disso, este material retém menos placa bacteriana e apresenta boa resistência à abrasão (Rego, et al.13 1997; Miranda, et al.9, 1998). As cerâmicas odontológicas têm sido usadas para a confecção de uma grande variedade de restaurações indiretas, como inlays, onlays, implantes, coroas e próteses parciais fixas de dois ou mais elementos. No entanto, sabe-se que a principal falha clínica das restaurações cerâmicas continua sendo a fratura catastrófica (Haselton et al., 2000; Taskonak et al., 2006; Scherrer et al., 2007).

De acordo com Awada & Nathanson (2015), os materiais cerâmicos exibem elevada resistência à flexão e alto módulo de elasticidade, esta combinação resulta em uma diminuição da capacidade de sofrer deformação, portanto estes materiais são mais resistentes, frágeis e menos flexíveis. A resistência à flexão de três pontos das cerâmicas varia para as feldspáticas de 105 a 137,8 MPa (Albero et al., 2015; Awada & Nathanson, 2015) e para o dissilicato de lítio de 271,6 a 376,9 MPa (Albero et al., 2015; Lawson et al., 2016).

As cerâmicas apresentam como vantagens uma elevada resistência à fratura e uma grande estabilidade de cor, no entanto, exibem um desgaste elevado dos dentes antagonistas e uma maior perda da estrutura dentária devido a sua

espessura oclusal mínima de 1,5 a 2,0 mm (Dirxen et al., 2013). Estes dois últimos parâmetros são melhores para as resinas compostas, contudo, o desgaste do próprio material é maior. Estes dados mostram que existe a necessidade de um material que combine as vantagens da cerâmica com as dos compósitos (Dirxen et al., 2013).

Coldea et al. (2013) relataram que os fabricantes têm desenvolvido novas formulações para materiais CAD/CAM que combinam as propriedades vantajosas das cerâmicas, tais como durabilidade e estabilidade de cor, com as das resinas compostas, como melhores propriedades de flexão e baixa abrasividade. Este novo material, que tenta imitar as propriedades dos dentes naturais em sua estrutura e suas propriedades físicas, se constitui de uma cerâmica de matriz resinosa.

Os objetivos dos fabricantes ao desenvolver os materiais cerâmicos com matriz resinosa foram: (1) obter um material com o módulo elástico mais próximo ao da dentina quando comparado com cerâmicas tradicionais; (2) desenvolver um material mais fácil de fabricar e ajustar do que as cerâmicas de matriz vítrea (por exemplo: dissilicato de lítio) ou cerâmica policristalina e (3) facilitar o reparo ou modificação intraoral com resina composta (Gracis et al., 2015).

Segundo Dirxen et al. (2013) e Coldea et al. (2013) esses materiais devem possuir, a partir de uma perspectiva biomimética, propriedades mecânicas que se aproximem das do esmalte e da dentina. Portanto, o módulo elástico deve aproximar-se ao da dentina e a dureza deve estar entre a do esmalte e da dentina. Della Bona et al. (2014) ressaltam que associar o módulo elástico de compósitos à base de resina, que é semelhante ao da dentina, com a estética de longa duração das cerâmicas seria ideal para um material restaurador.

O intuito de criar um conjunto dente-restauração que possua comportamento mecânico homogêneo é uma excelente teoria, e depende de uma ótima adesão entre os materiais para que as tensões sejam distribuídas homogeneamente pelo conjunto (Braga et al., 2010; Opdam et al., 2016). A distribuição de tensões entre o material restaurador e o substrato dental representa um fator determinante na longevidade das restaurações, assim como a união forte e estável e a similaridade nos módulos elásticos dos diferentes materiais envolvidos (Tay & Pashley, 2007). A cimentação adesiva promove maior resistência à fadiga (Campos et al. 2017) e melhor distribuição de tensões (Ha SR, 2015) do que protocolos de cimentação convencionais (ex. utilizando fosfato de zinco)

O módulo elástico varia entre os materiais restauradores e os tecidos envolvidos. Os valores para o dissilicato de lítio variam de 63.9 a 95.9 GPa (Ramos et al., 2016; Homaei et al., 2016); para a cerâmica feldspática de 26.0 a 48.7 GPa (Awada & Nathanson, 2015; Ramos et al., 2016); o Vita Enamic (cerâmica de matriz resinosa) exibe valores entre 21.5 e 37.95 GPa (Lawson et al., 2016; Della Bona et al., 2014); os compósitos entre 12.6 e 14.1 GPa (Awada & Nathanson, 2015; Lawson et al., 2016).

Por esses motivos se faz necessária a avaliação dos materiais cerâmicos quando cimentados ao substrato dental.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Clovis et al., publicaram pelo departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP, no ano de 2003, um artigo relacionado às cerâmicas odontológicas, tenacidade à fratura e método da indentação. Este estudo teve como objetivo avaliar a tenacidade à fratura de diferentes sistemas cerâmicos, que se refere à medida da habilidade de absorção da energia de deformação de um material frável. Foram confeccionados 30 corpos-de-prova em forma de discos (5mmx3mm) utilizando-se três diferentes materiais cerâmicos, os quais foram divididos em 3 grupos: G1-10 amostras confeccionadas com a cerâmica Vitadur Alpha (Vita-Zahnfabrik); G2-10 amostras confeccionadas com a cerâmica IPS Empress 2 (Ivoclar-Vivadent) e G3-10 amostras confeccionadas com a cerâmica In-Ceram Alumina (VitaZahnfabrik). Para a obtenção dos valores de tenacidade foi utilizada a técnica da indentação que se baseia na série de fissuras que se formam sob uma carga pesada. Foram realizadas 4 impressões por amostra, utilizando um microdurômetro (Digital Microhardness Tester FM) com uma carga de 500gf, durante 10 segundos. A análise estatística dos dados (Testes ANOVA de Kruskal-Wallis e Dunn), indica que a cerâmica In-Ceram Alumina apresentou valor mediano (2,96N/m<sup>3/2</sup>), estatisticamente diferente do apresentado pela IPS Empress 2 (1,05N/m<sup>3/2</sup>), enquanto que a cerâmica Vitadur Alpha apresentou valores intermediários (2,08N/m<sup>3/2</sup>), sem diferenças estatísticas dos outros dois materiais. Conclui-se que as cerâmicas apresentam diferentes desempenhos de tenacidade à fratura, sendo a In-Ceram capaz de absorver maior energia comparada a Vitadur Alpha e ao IPS Empress2.

Koiti Itinoche et al., elaboraram uma pesquisa pelo departamento de Odontologia da Universidade de São José dos Campos – UNESP, no ano de 2004, que teve como objetivo avaliar a influência da ciclagem mecânica em dois materiais cerâmicos utilizando o método biaxial para determinar a resistência à flexão. Vinte corpos-de-prova foram confeccionados com dimensões de aproximadamente 15mm de diâmetro e 1,2mm de espessura para cada material constituído com diferentes composições: a) alumina sinterizada e compactada (Procera AllCeram); e b) zircônia + alumina (InCeram Zircônia). Os grupos foram elaborados de acordo com as recomendações dos fabricantes. O total das amostras, de cada material, foi dividido em dois sub-grupos, um sem e outro com ciclagem mecânica (20000 ciclos, carga de



50N e imersão em água destilada a 37°C) antes do teste de resistência à flexão em uma máquina Instron. Os dados foram analisados estatisticamente pelo teste de análise de variância de dois fatores e os resultados indicaram que as médias de resistência à flexão sem e com ciclagem mecânica, da cerâmica Procera AllCeram foram de  $647,16 \pm 48,04$  e  $630,39 \pm 430,39$ ; e para a cerâmica In-Ceram Zircônia  $496,45 \pm 35,65$  e  $457,43 \pm 53,14$ , em MPa, respectivamente. Com base nos resultados analisados e discutidos neste trabalho, os pesquisadores concluíram que a ciclagem mecânica não diminuiu a resistência à flexão nas cerâmicas testadas; b) a resistência à flexão, pelo teste biaxial, foi maior para a cerâmica Procera AllCeram, seguido do sistema In-Ceram Zircônia com diferenças estatisticamente significantes.

Wang H et al. do Departamento de Prótese Dentária, Faculdade de Estomatologia da China Ocidental, Universidade de Sichuan, em abril de 2006, comparou a tenacidade à fratura de três métodos de teste com quatro porcelanas dentárias. O teste foi feito através de técnicas de ensaio de resistência à fratura, envolvendo: feixe único de ponta-entalhado, feixe (Senb), o recuo do método da resistência (IS) e um padrão ASTM bastante conveniente para cerâmicas avançadas, que ainda é raramente utilizado em pesquisa relacionada à cerâmica dentária, Chevron método de feixe entalhado (CN). Duceram, Duceram LFC, Sintagon Zx e Carrara Vincent foram escolhidos para este estudo. Os dados foram analisados por ANOVA de duas vias e pareada. Não houve diferença estatística entre os métodos CN e SENB com quatro porcelanas odontológicas, mas nem sempre houve concordância estatística com SENB ou CN. A concordância estatística entre os três métodos ocorreu apenas com o Duceram LFC. Conclui-se que os diferentes métodos de teste nem sempre levaram à mesma classificação ou valores de tenacidade à fratura. No entanto, os resultados de tenacidade do método SENB foram comparáveis aos do método CN para todas as quatro porcelanas dentárias testadas neste estudo.

Taskonak B, Mecholsky JJJ, Anusavice KJ do Departamento de Odontologia Restauradora, Divisão de Odontologia Biomateriais, Universidade de Indiana, Faculdade de Odontologia, em março de 2006, fizeram a análise de superfície de fratura de próteses parciais fixas clinicamente falhadas. Os métodos de fratura e mecânica de fratura foram utilizados para estimar as tensões na falha em 6 pontes (50%), cuja fratura iniciou a partir da superfície oclusal dos conectores. Fratura de 1 ponte não folheada (8%) iniciada na superfície gengival do conector. Três pontes estratificadas foram quebradas nas camadas de folheado. Estresses de falha das

próteses parciais fixas all-core variaram de 107 a 161 MPa. Estresses de falha das próteses parciais fixas folheadas variaram de 19 a 68 MPa. Conclui-se que os locais de início de fratura são controlados principalmente por danos de contato.

Tay FR, Pashley DH do Departamento de Biologia Oral e Patologia Maxilofacial, Faculdade de Odontologia, Faculdade de Medicina da Geórgia, Augusta, Geórgia, no ano de 2007, fizeram uma revisão de literatura sobre Monoblocos em canais, com o objetivo de fornecer um significado mais amplo para o termo "monobloco" e ver como essa definição pode ser aplicada aos materiais que foram utilizados no passado e no presente para a reabilitação do espaço do canal radicular. Eles compararam os monoblocos primários com os secundários e terciários, embora o conceito de criar unidades mecanicamente homogêneas com a dentina radicular seja excelente em teoria, a realização desses "monoblocos ideais" no canal radicular é mais fácil de ser feita. Além disso, os módulos de elasticidade do pino, do material de preenchimento da raiz e dos cimentos resinosos ou selantes que o acompanham devem coincidir com o da dentina radicular para que as tensões de carga sejam distribuídas uniformemente e suportadas por todos os componentes do monobloco. Essas questões tornam-se cada vez mais complexas à medida que as interfaces adicionais são incorporadas dos monoblocos primários para os terciários.

Scherrer SS, Quinn JB, Quinn GD, Wiskott HW do Departamento de Prótese Dentária - Biomateriais, Universidade de Genebra, Escola de Medicina Dentária, 19, Barthelemy-Menn, 1205 Genebra, Suíça, no ano de 2007, realizaram uma pesquisa para demonstrar a eficácia de réplicas in vivo de superfícies de cerâmicas fraturadas para a fractografia descritiva aplicada à análise de falhas clínicas. A topografia da superfície da fratura de cerâmica de revestimento parcialmente fracassada de um molar (Procera Alumina) e um pré-molar (In-Ceram Zirconia) foram examinadas utilizando réplicas revestidas com epóxi revestidas de ouro visualizadas usando microscopia eletrônica de varredura. As réplicas foram inspecionadas quanto a características fractográficas, como hackle, hackle wake, twist hackle, curl de compressão e linhas de parada para determinação da direção de propagação da fissura e localização da origem. Eles encontraram o seguinte resultado, para ambas as cerâmicas de revestimento, as réplicas proporcionaram uma excelente reprodução das superfícies fraturadas. Detalhes finos, incluindo todos os elementos característicos de fratura produzidos pela interação do avanço da trinca com a microestrutura do material, podem ser reconhecidos. As

características observadas são indicadores da direção local da propagação da trinca e que foram utilizadas para traçar a progressão da trinca de volta à sua zona inicial de partida (a origem). Desvantagens de réplicas como artefatos (bolhas de ar) ou imperfeições resultantes de vazamento inadequado de epóxi foram notadas, mas não críticas para a análise geral das superfícies fraturadas.

Hilgert et al., revisaram uma literatura científica pela Clínica - International Journal of Brazilian Dentistry, Florianópolis, no ano de 2009, que teve como objetivo fornecer subsídios que colaborassem para a tomada de decisão entre as abordagens adesiva e convencional, na cimentação dos mais variados tipos de restaurações cerâmicas sem metal. A escolha correta da estratégia de cimentação adesiva ou convencional e do agente cimentante é essencial para o sucesso do protocolo restaurador indireto. As restaurações cerâmicas estão indicadas para os casos em que se exige um resultado estético de alto padrão, nos quais as dimensões do preparo excedem aquelas propícias para restaurações diretas com resinas compostas. Esses materiais destinam-se à fabricação de restaurações anatômicas, como facetas, inlays, onlays, overlays e até mesmo coroas, bem como à produção de infra-estruturas para coroas e pontes fixas que receberão a aplicação de cerâmicas de cobertura, substituindo, assim, a função tradicionalmente ocupada pelos metais nas próteses metalocerâmicas. A cimentação adesiva verdadeiramente revolucionou a utilização de cerâmicas na odontologia, pois permitiu a adesão delas a preparos não retentivos (como facetas) e fez com que as resinas compostas (cimentos resinosos) aderidas aos substratos dentários reforçassem as cerâmicas, aumentando seu sucesso clínico. Dois fatores principais contribuíram para a cimentação adesiva obter sucesso: o desenvolvimento das técnicas, dos sistemas adesivos e das resinas compostas capazes de se unir aos tecidos dentários e o entendimento da técnica de tratamento de superfície das cerâmicas ricas em sílica, realizada com ácido fluorídrico e silanização. O cimento ideal e universal deveria apresentar boas características mecânicas, físicas, biológicas e estéticas, além de uma história clínica de sucesso, reportada por acompanhamentos clínicos independentes, publicados em periódicos renomados. Infelizmente, tal cimento não existe, embora as indústrias e os pesquisadores trabalhem constantemente na procura pela fórmula desse material. Novos materiais, como os cimentos resinosos auto-adesivos, têm se mostrado promissores na tarefa de conciliar os benefícios da cimentação adesiva a uma técnica de utilização mais amigável. Entretanto, até o momento, apenas estudos laboratoriais

e poucas avaliações clínicas de curto prazo encontram-se publicados, de forma que ainda não é prudente realizar recomendação geral para seu uso. Atualmente, é necessário que os profissionais conheçam a multiplicidade de sistemas cerâmicos disponíveis, suas características e necessidades, e escolham para suas restaurações aqueles cujo protocolo de cimentação lhes é familiar e cujos materiais mais adequados, dentro da miríade de sistemas de cimentação existentes, estejam disponíveis.

Gonzalez et al., publicaram no ano de 2012 pela Revista Brasileira de Odontologia, um artigo com o intuito de reunir e selecionar artigos dos últimos vinte anos da literatura, a fim de realizar uma revisão sobre falhas em restaurações de facetas laminadas. A partir deste trabalho, foi possível orientar os profissionais para as etapas mais críticas durante a realização da técnica, com o objetivo de se evitar erros que possam comprometer o sucesso do tratamento e a longevidade da restauração. Os dentes anteriores têm importância fundamental na estética da face e, por isso, são extremamente valorizados pelos pacientes que desejam clarear, aumentar, melhorar a anatomia ou posição dos dentes na busca de um sorriso mais natural e harmônico. As modificações no sorriso devem ser realizadas de maneira que o desgaste de estrutura dental sadia seja mínimo. As falhas podem ocorrer quando não se respeita as limitações do tratamento com facetas, como, por exemplo, pacientes com hábitos parafuncionais, dentes com estrutura coronária reduzida, dentes muito vestibularizados e que apresentam grande apinhamento ou giroversão. Estes podem causar problemas estéticos relacionados à desarmonia do sorriso pela desproporção entre os elementos. É necessário que o profissional tenha conhecimento dos princípios básicos da estética dental, assim como o domínio da técnica, indicações e contraindicações para a obtenção de resultado estético favorável. Quanto menos invasivo à estrutura dental, mais eficaz o tratamento.

Dirxen C, Blunck U, Preissner S publicaram em setembro de 2013 na revista Abra Dent, uma pesquisa sobre o desempenho clínico de um novo material de rede dupla biomimética para abordagem de tratamento não invasivo, modificaram as cerâmicas para tornar o material biomimético, que fosse semelhante o esmalte ou dentina, e mais forte que as cerâmicas convencionais, a uma grande necessidade de deixar a estrutura antagonista para melhor estabilidade, sem danificar nenhum tecido, tornando o material mais forte. Um paciente com erosão nos dentes foi até a clínica, foi devolvida toda dimensão do paciente, foi feita a impressão 3D da maxila e

mandíbula, e colocada as coroas, mantido todos os cuidados, elas tinham 0,5 a 1,5mm de espessura, o desempenho clínico foi avaliado depois de 6 meses com o retorno do paciente e depois de um ano, as coroas estavam intactas e a gengiva do paciente saudável, havia apenas um acúmulo de tártaro nos inferiores. O material pode ser moído em camadas finas, mas ainda é forte o suficiente para evitar rachaduras que são interrompidas pelo polímero interpenetrante dentro da rede. Dependendo da situação clínica, minimamente até restaurações não invasivas podem ser fresadas.

Ge et al., publicaram pela Universidade Odontológica de Los Angeles, em maio de 2014, um artigo sobre as influências da espessura dos laminados de porcelana e da espessura do substrato do esmalte nas cargas necessárias para causar a fratura inicial e a falha catastrófica dos laminados de porcelana. Os laminados de porcelana cimentados são restaurações estéticas amplamente utilizadas, possuem muitas vantagens, incluindo estética agradável, resistência à abrasão e estabilidade. Os autores utilizaram alguns métodos para verificar a quantidade de força necessária para que houvesse trinca nas restaurações. Eles utilizaram espécimes em forma de disco de laminados de porcelana de espessura variável que foram cimentados na face vestibular plana de incisivos, envelhecidas artificialmente e carregadas a falhas com uma esfera pequena. Esses espécimes foram submetidos a forças que levaram às trincas. Os eventos de fratura individual foram identificados e analisados estatisticamente e fractograficamente, sendo um dos métodos mais utilizados para entender as causas das falhas e também verificar as previsões teóricas de falha com falhas reais. A espessura aumentada da porcelana, esmalte e sua combinação tiveram efeitos substancialmente crescentes na resistência à fratura catastrófica, mas também diminuiu ligeiramente a resistência à fratura inicial. Dados fractográficos e numéricos demonstraram que a porcelana e o esmalte do dente se comportaram de forma notavelmente similar. As cargas necessárias para produzir fratura inicial diminuíram e as fraturas catastróficas aumentaram substancialmente. Esses estudos e análises são fundamentais para que haja sucesso não apenas nos laminados de porcelana, mas em todas as possíveis restaurações. Isso proporciona ao paciente satisfação por um longo período de tempo e maior qualidade no trabalho realizado pelo profissional dentista.

Ha S.R. (2015) publicou um artigo sobre a influência de vários tipos de cimento na distribuição de tensões em coroas de zircônia monolítica sob força máxima

de mordida, utilizando a análise de elementos finitos. Sabe-se que os dentes posteriores exercem forças maiores durante a mastigação comparado aos dentes anteriores, sendo assim, a restauração nesses elementos dentários envolve aspecto estético e, principalmente, aspecto de resistência. Para superar a fratura de todas as restaurações em cerâmicas, muitos materiais de núcleo foram desenvolvidos para suportar as porcelanas de revestimento mais fracas. Estes incluem dissilicato de lítio, alumina infiltrada com vidro, alumina de alta pureza e zircônia. Dentre muitas cerâmicas odontológicas, a zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítria (Y-TZP) mostrou-se satisfatória e foi amplamente utilizada por sua notável resistência à fratura e resistência à flexão em comparação com outros materiais cerâmicos. Os pesquisadores preparam quatro modelos de coroas de acordo com diferentes tipos de cimento (fosfato de zinco, policarboxilato, ionômero de vidro e resina). Uma carga de 700 N foi aplicada verticalmente nas coroas (8 pontos de carga), determinando a tensão máxima. O cimento de fosfato de zinco apresentou maior concentração de estresse na camada de cimento, enquanto o cimento de policarboxilato apresentou maior concentração de tensão na superfície distal da coroa de zircônia monolítica. O cimento de resina e o cimento de ionômero de vidro apresentaram padrões semelhantes, mas o cimento resinoso apresentou menor distribuição de tensão na face lingual e mesial. Os resultados do teste indicam que o uso de diferentes agentes cimentantes que possuem vários módulos elásticos tem um impacto na distribuição de tensões das coroas de zircônia monolítica. Para que haja sucesso nas restaurações em dentes posteriores, é de suma importância o conhecimento dos materiais a serem utilizados.

Ramos et al., publicaram pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), em abril de 2016, um artigo com o objetivo de caracterizar a microestrutura e parâmetros de crescimento lento de fissuras (fadiga) usando taxa de tensão constante no ensaio dos seguintes materiais restauradores indiretos: polimérico infiltrado (PIC), silicato de lítio reforçado com zircônia (ZLS), cerâmica de dissilicato de lítio (LD) e feldspática (FEL), tudo projetado para processamento CAD-CAM, fizeram a caracterização de 4 cerâmicas, e analisaram sua susceptibilidade à corrosão por estresse. Além disso, fratura, resistência, módulo de elasticidade e parâmetros de Weibull foram determinados. O método comumente utilizado para medir o crescimento subcrítico de trinca é o teste de taxa de tensão constante, em que a força é obtida em função de várias taxas em um determinado ambiente. O desenvolvimento de materiais

indiretos recém-projetados levou a uma necessidade de novos estudos para caracterizar propriedades mecânicas e de fadiga, na tentativa de prever seu comportamento clínico. As 4 cerâmicas estudadas têm estruturas diferentes, houve fratura rápida em todos os materiais, e houve um crescimento lento da fratura. A cerâmica feldspática mostrou menor susceptibilidade ao SCG, enquanto o silicato de lítio apresentou susceptibilidade maior.

Campos F et al., publicaram em março/abril de 2017 no jornal *Odontologia Dentária* um estudo relacionado à cimentação adesiva ao promover maior resistência à fadiga das coroas de zircônia, avaliando a interferência da cimentação na carga para fratura. A hipótese é que não afetaria. Setenta e cinco coroas de molares foram incluídas em resina epóxi preenchida com fibra de vidro, coroas de zirconia foram projetadas e fresadas em desenhos em computador, e assim foram cimentadas nas preparações de resina, com 5 materiais de cimentação diferente, ZP, cimentação com cimento de fosfato de zinco; PN, cimentação com cimento resinoso Panavia F; AL, abrasão de partículas de ar com partículas de alumina (125 µm) como pré-tratamento da superfície interna da coroa + Panavia F; CJ, revestimento de sílica químico-química como pré-tratamento da superfície interna da coroa + Panavia F; e GL, aplicação de uma fina camada de esmalte de porcelana seguido de ataque com ácido fluorídrico e silanização como pré-tratamento da superfície interna da coroa + Panavia F. O cimento de resina foi ativado por 30 segundos para cada superfície. Os espécimes foram testados até a fratura em um teste de fadiga por estresse escalonado (10.000 ciclos em cada etapa, 600 a 1400 N, frequência de 1,4 Hz). O modo de falha foi analisado por estereomicroscopia e microscopia eletrônica de varredura. Os dados foram analisados pelos testes de Kaplan-Meier e Mantel-Cox (log rank) e uma comparação pareada ( $p < 0,05$ ) e pela análise de Weibull. A cimentação adesiva das coroas de zirconia obtiveram melhor resistência a fratura.

Keiichi et al., produziram este artigo para investigar a influência do tempo de aplicação e do modo de ataque dos adesivos universais na adesão do esmalte. Foi publicado em janeiro de 2018. A cada ano se muda a composição de adesivos, para que possa cada vez mais abranger características positivas, nos últimos anos, muitos fabricantes introduziram diferentes tipos de adesivos universais, uma tendência recente sendo a introdução de tempo de aplicação reduzido ao aderente na superfície antes da irradiação da luz do adesivo, a fim de compreender o desempenho da colagem de adesivos. O objetivo do presente estudo foi determinar a influência do

tempo de aplicação reduzido na ligação do esmalte na eficácia de adesivos universais com diferentes condicionadores, baseados em testes de resistência de união, observações morfológicas, rugosidade superficial e características SFE. Foram utilizados 5 tipos de materiais diferentes e dentes bovinos armazenados como amostras. A porção radicular dos dentes foram seccionados, criou-se uma superfície plana no esmalte, e cada dente foi montado em resina autopolimerizável. Foi aplicado o ácido fosfórico por 15s e depois o adesivo. Os grupos experimentais para todos os testes foram todas as quatro combinações de IA ou PA com modos autocondicionante para cada adesivo, produzindo um total de 20 grupos. Conclui-se que os valores de esmalte SBS e Ra dos adesivos universais testados no modo etch-and-enxague mostrou significativamente valores mais altos do que no modo autocondicionante, independentemente do tempo de aplicação. Tudo influencia para uma boa adesividade do material, desde a maneira que se aplica até o tempo da polimerização.

Facenda J, Borba M, Benti P, Bona A, e Corazza P, publicaram no JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY, no ano de 2018, um trabalho, onde foi avaliado efeito do substrato de suporte no comportamento de falha de um material de rede cerâmico infiltrado com polímero. O objetivo deste estudo foi avaliar como a cerâmica infiltrada por polímero (VITA Enamic) comporta a análise de falha, depois de feita a termociclagem para envelhecimento da amostra, e em que tipo de suporte, como dentina, esmalte, metal, pino de fibra com núcleos de resina composta ela reage. Placas PICN (N = 80) foram obtidas de blocos de projeto assistido por computador e manufatura assistida por computador (CAD-CAM) e cimentadas com um cimento resinoso para 4 diferentes substratos de suporte (n = 20): (1) dentina (PICNDen) ; (2) análogo de dentina (PICNDenAn); (3) liga de níquel-crômio (PICNNiCr); e (4) resina composta mais poste de fibra de vidro (PICNRc) (humana Facenda et al) foi feita uma comparação com a fratura da cerâmica feldspática (MARCK II) e uma de resina composta (RESIN), foram cimentados a um suporte de resina composta, todos foram submetidos a ciclagem mecânica, foi feito o teste pra fratura, e os que não fraturaram sob compressão usando uma máquina universal de ensaios até o som da primeira fratura. Os dados de falha foram avaliados estatisticamente usando a distribuição de Weibull. As falhas foram classificadas como rachadura radial, rachadura em cone, fratura combinada e catastrófica. Todos fraturaram no MC, apenas 4 amostras sobreviveram ao MC, os dados não foram avaliados estatisticamente, FeIDenAn e PICNRc tiveram uma maior frequência de



fissuras radiais, enquanto que o PICNNiCr falhou na quebra do cone. O Substrato influenciou na falha, quanto maior o modulo elástico, melhor o comportamento mecânico.

### **3 PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste estudo foi avaliar a carga para fratura e a resistência adesiva ao cisalhamento de 4 materiais indiretos com diferentes módulos elásticos indicados para CAD/CAM quando cimentados ao esmalte bovino, após armazenamento e termociclagem.

## 4 MATERIAL E MÉTODO

Os dentes bovinos (N = 80) foram adquiridos pelo frigorífico licenciado. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da UNITAU (CEUA/UNITAU 001/2019, ANEXO I). Os dentes foram armazenados em água (4°C) até o momento da utilização, as coroas foram seccionadas com ponta diamantada (9035), sob irrigação constante. A superfície vestibular do esmalte foi planificada em politriz (A3000, AROTEC AS) com lixa d'água de granulação #600. As coroas foram incluídas em cilindros de resina epóxi, de 25 mm de diâmetro x 15 mm de altura com a superfície plana de esmalte exposta.

Blocos para CAD/CAM de Dissilicato de Lítio, Cerâmica Feldspática, Cerâmica de Matriz Resinosa e Compósitos Nanohíbridos (Tabela 1) foram preparados de acordo com cada tipo de teste: carga para fratura ou resistência adesiva ao cisalhamento.

Tabela 1. Materiais cerâmicos utilizados neste experimento:

<b>Material</b>	<b>Nome comercial e fabricante</b>
Cerâmica de dissilicato de lítio	IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein)
Cerâmica feldspática	Vita Blocks Mark II, Vita Zahnfabrik (Bäd Säckingen, Alemanha)
Cerâmica de matriz resinosa	VITA Enamic, Vita Zahnfabrik (Bäd Säckingen, Alemanha)
Compósito nanohíbrido	Brava Block, FGM (Joinville, Brasil)

### 4.1 Carga para fratura

Os blocos dos materiais mencionados na tabela 1 foram usinados em cilindros de 5,5mm (Ge et al. 2017) através do desgaste no torno mecânico. Posteriormente os cilindros foram seccionados em uma máquina de corte (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, EUA) para obter os discos (0,9 mm de espessura).

Todos os discos foram polidos em uma Lixadeira/Politriz semi-automática (modelo ECOMET/AUTOMET 250, Buehler, Lake Buff, EUA), usando uma lixa diamantada de 25 µm (Resin Bond, Dia-Grid Diamond – Allied, Rancho Dominguez, California, EUA) e posteriormente uma lixa de carbeto de silício (SiC) (#1200) resultando em espessura final de 0,7 mm (mínimo aceito para todos os materiais testados).

Os discos de dissilicato de lítio foram cristalizados, de acordo com as instruções dos fabricantes (Tabela 2).

Tabela 2. Processo de cristalização da cerâmica de dissilicato de lítio:

<b>Material</b>	<b>Nome comercial/fabricante</b>	<b>Cristalização</b>
Cerâmica de dissilicato de lítio	IPS e.max CAD / Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein)	820°C/10 s 840°C/7 min

Os discos de material restaurador foram cimentados adesivamente à superfície plana de esmalte. O esmalte foi condicionado com ácido fosfórico 37% durante 30 segundos, lavagem, secagem, aplicação do adesivo de frasco único (Excite F DSC, Ivoclar vivadent). O tratamento de superfície dos materiais restauradores foi feito de acordo com as recomendações dos respectivos fabricantes, como descrito abaixo:

- Cerâmica de dissilicato de lítio: Condicionamento com ácido fluorídrico 5% por 20 s, lavagem com jato de água por 40 s, secagem com jato de ar por 20 s, aplicação do primer Monobond N (deixou reagir por 60 s e o excesso foi removido com jato de ar);
- Cerâmica feldspática: Condicionamento com ácido fluorídrico 5% por 60 s, lavagem, com jato de água por 120 s, secagem com jato de ar por 20 s, aplicação do primer Monobond N (deixou reagir por 60 s e o excesso foi removido com jato de ar);
- Cerâmica de matriz resinosa: Condicionamento com ácido fluorídrico 5% por 60 s, lavagem com jato de água por 120 s, secagem com jato de ar por 20 s, aplicação do primer Monobond N (deixou reagir por 60 s e o excesso foi removido com jato de ar);
- Compósito nanohíbrido: Condicionamento com ácido fluorídrico 10% por 60 s, lavagem, com jato de água por 120 s, secagem com jato de ar por 20 s, aplicação do primer Monobond N (deixou reagir por 60 s e o excesso foi removido com jato de ar).

Então, um cimento resinoso de polimerização dual (Variolink N, Ivoclar Vivadent) foi proporcionado, manipulado e inserido sobre o esmalte. O disco do material restaurador foi posicionado sobre o cimento e uma carga de 830 g foi aplicada sobre o disco para assentamento deste e escoamento do excesso de cimento. O

excesso de cimento foi removido e foi executada a fotoativação (Bluephase N, Ivoclar Vivadent – Schaan, Liechtenstein) por 20 segundos em 4 lados transversais do conjunto.

As amostras foram armazenadas em água a temperatura de 37°C, por 90 dias, e posteriormente submetidas à termociclagem: 2.000 ciclos, entre 5 e 55°C, com banhos de 30 s e intervalo de 10 s entre os banhos.

Para o teste carga para fratura, as amostras foram posicionadas em uma máquina de ensaios universais, com a interface adesiva paralela ao solo, com o material restaurador voltado para cima. Uma ponta esférica de 1,6 mm de raio foi posicionada no centro do material restaurador, e a máquina aplicou uma carga crescente à velocidade de 0,5 mm/min até a fratura catastrófica do material restaurador, e o valor de carga para este evento foi igualmente registrado.

A análise de fratura levou em consideração o percentual de amostra remanescente cimentada em esmalte após fratura catastrófica.

#### 4.2 Teste de resistência adesiva ao cisalhamento

A execução do teste de microtração ao esmalte é mais difícil de ser realizado do que à dentina, devido a fragilidade do esmalte (Armstrong et al. 2017). Um teste de cisalhamento ou micro-cisalhamento é uma alternativa que requer menor prepare das amostras, reduzindo a possibilidade de introdução de defeitos nas superfícies ou bordas da amostra (Armstrong et al. 2017). As amostras foram posicionadas em uma máquina de ensaios universais, com a interface adesiva perpendicular ao solo. Um arco confeccionado em fio de aço de 0,3 mm de diâmetro foi acoplado pela superfície inferior do material restaurador, e posicionado o mais próximo possível da interface adesiva. A máquina então, executou uma carga de tração, à 0,5 mm/min, até a fratura da amostra. O valor necessário para fratura foi registrado. A resistência adesiva ( $\sigma$ , MPa) foi calculada pela fórmula  $\sigma = F/A$ , onde F é a força necessária para fratura da amostra (N) e área é a área da interface adesiva (mm<sup>2</sup>). A análise de falha foi realizada para definição do padrão de fratura como (1) adesiva iniciada na superfície de esmalte, (2) adesiva iniciada na superfície do material restaurador, (3) coesiva de esmalte ou (2) coesiva do material restaurador. Amostras com falhas exclusivamente coesivas foram excluídas da análise estatística.

### 4.3 Análise dos dados

Os dados obtidos foram avaliados quanto à distribuição, e submetidos ao teste estatístico mais adequado. A normalidade dos dados foi checada pelo teste Komogorov-Smirnov. Após, os dados foram submetidos a análise de variância 1 fator (ANOVA) e teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

## 5 RESULTADOS

Houve influência do tipo de material na resistência adesiva ao esmalte ( $p < 0,001$ ). O dissilicato de lítio e a cerâmica de matriz resinosa apresentaram os maiores valores de adesão. Os menores valores foram apresentados pelo compósito nanohíbrido (Tabela 3). O tipo de material também afetou a carga para fratura dos materiais cimentados ao esmalte ( $p = 0,006$ ). O maior valor de carga para fratura foi apresentado pelas cerâmicas feldspática e de matriz resinosa e os menores valores foram apresentados pelo dissilicato de lítio (Tabela 3).

Tabela 3. Médias e desvio padrão (DP) dos resultados obtidos para resistência adesiva ao cisalhamento e carga para fratura de acordo com material testado.

	Resistência adesiva (MPa) (DP)*	Carga para fratura (N) (DP)*
Dissilicato de lítio	30,89 (11,28) <sup>A</sup>	786,2 (304,5) <sup>B</sup>
Cerâmica feldspática	19,52 (10,07) <sup>B</sup>	1254,4 (116,0) <sup>A</sup>
Cerâmica de matriz resinosa	27,32 (7,59) <sup>AB</sup>	1167,9 (310,2) <sup>A</sup>
Compósito nanohíbrido	8,73 (3,78) <sup>C</sup>	1067,3 (251,0) <sup>AB</sup>

\*Letras semelhantes indicam semelhança estatística na mesma coluna. Letras diferentes indicam diferença estatística na mesma coluna.

A tabela 4 mostra o tipo de falha referente ao teste de resistência adesiva. A maior parte das amostras de todos os materiais testados falhou adesivamente.

Tabela 4. Resistência Adesiva.

Cerâmicas	Falha Adesiva	Coesiva De Esmalte	Falha Mista	Falha Pré-Teste
Dissilicato De Lítio	90%	10%	-	-
Feldspática	80%	-	20%	-
Matriz Resinosa	70%	-	30%	-
Compósito Nanohíbrido	90%	-	-	10%

\*Falha mista indica falha adesiva + coesiva de esmalte.

A Figura 1 mostra o esquema utilizado para avaliação do tipo de falha após o teste de carga para fratura. A análise foi feita com base na quantidade de material restaurador descimentado após o teste. O resultado está mostrado na tabela 5.

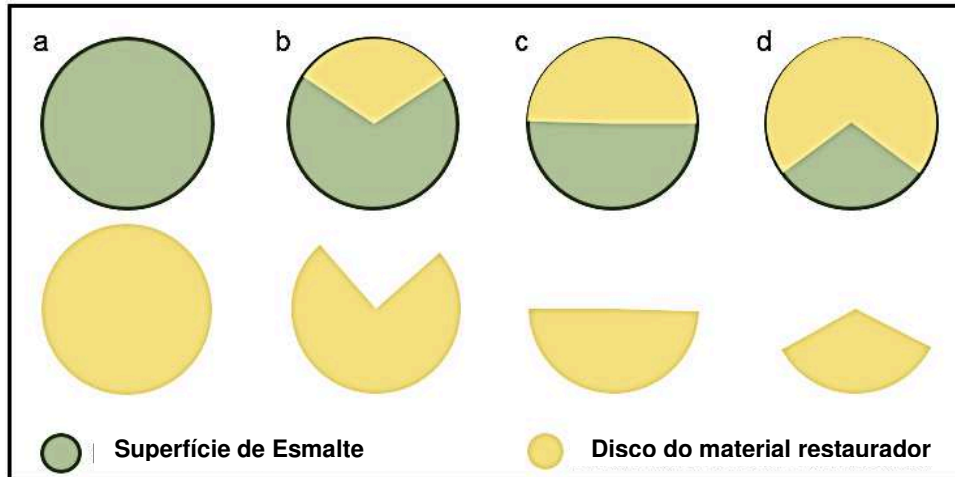


Figura 1. Esquema da classificação das amostras quanto ao tipo de descimentação: (a) descimentação total do disco; (b) parcial com mais da metade do disco descimentada; (c) parcial com metade do disco descimentada; (d) parcial com menos da metade do disco descimentada. Adaptada de Weitzel ISSL, 2018.

Tabela 5. Análise de falha das amostras submetidas ao teste de carga para fratura.

Cerâmicas	Mais da Metade Descimentado	Menos da Metade Descimentado	Metade Descimentado	Total Cimentado	Falha Pré-Teste
Dissilicato De Lítio	50%	30%	20%	-	-
Feldspática	-	70%	10%	10%	10%
Matriz Resinosa	-	90%	-	10%	-
Compósito Nanohíbrido	40%	30%	20%	-	10%



## 6 DISCUSSÃO

O presente estudo investigou a carga para fratura e a resistência de união de 4 materiais para CAD / CAM cimentados ao esmalte. Na análise de falha de carga para fratura a cerâmica feldspática apresentou valores superiores aos do dissilicato de lítio; a cerâmica feldspática e o compósito nanohíbrido apresentaram valores intermediários. Em relação à adesão, o dissilicato de lítio apresentou os maiores valores de resistência adesiva, semelhante à cerâmica feldspática, e o compósito nanohíbrido apresentou os menores valores.

A análise de variância mostrou diferença entre os valores médios de falha de carga para fratura ( $p = 0,006$ ): as cerâmicas feldspática e de matriz resinosa suportaram mais carga antes da falha catastrófica do que a dissilicato de lítio. O alto módulo de elasticidade  $[E]$  do dissilicato de lítio leva à concentração de tensão no corpo do material (Reis et al., 2010), e a carga crítica é alcançada mais cedo, resultando no menor valor de falha de carga para fratura. A cerâmica de matriz resinosa apresentou maior tolerância a danos (Coldea et al., 2013) e maior coeficiente de corrosão sob tensão (Ramos et al., 2016) do que dissilicato de lítio, resultando nos valores mais altos de carga para fratura após o envelhecimento (Tabela 2).

A relação entre o módulo elástico do substrato e o módulo elástico do material restaurador afeta o comportamento mecânico dos materiais. A distribuição das tensões ocorrida quando o substrato apresenta maior módulo elástico que o material restaurador, favorece o comportamento mecânico de toda a estrutura, resultando em maiores valores de carga para fratura (Facenda et al., 2019, Lawn et al., 2002). Porém, quanto mais próximos forem os valores de  $[E]$ , e as superfícies estiverem bem unidas, mais semelhante a um dente sadio será o padrão de tensão-deformação do dente restaurador (Machado et al., 2017).

O compósito nanohíbrido apresentou valores intermediários de carga para fratura (tabela 2). A ductilidade de polímeros (40 a 48% em volume de monômeros de metacrilato – informações do fabricante) confere um comportamento elástico ao material promovendo o fechamento de trincas, evitando a propagação das mesmas (Lawson et al., 2016). Esse fato, aliado à capacidade do material de sofrer deformação plástica, resultaram em valores intermediários de carga para fratura (Tabela 3).

O desequilíbrio entre o módulo elástico também tem efeito sobre a adesão: quanto menor a diferença dos [E] entre os substratos aderidos, menor a concentração de tensões de compressão na interface (Braga et al., 2010) e, conseqüentemente, maior resistência resultante do conjunto. A maior resistência de adesão foi relatada pelo dissilicato de lítio (tabela 3) - material com menor diferença [E] em relação ao esmalte. Além disso, a natureza vítrea do dissilicato de lítio favorece a cimentação adesiva após o condicionamento com ácido fluorídrico e a aplicação de silano (Peumans et al., 2016). Por outro lado, o compósito nanohíbrido apresentou os menores valores de resistência de adesão (Tabela 3). Esse material apresenta a maior discrepância de [E] em relação ao esmalte: de 13,8 GPa (compósito nanohíbrido) a 66,2-91,1 GPa (esmalte, Cuy et al., 2002).

A composição do material também não oferece uma quantidade considerável de vidro para a aplicação do protocolo adesivo baseado no ataque ácido. O fabricante também recomenda o jateamento com jato de ar como tratamento de superfície antes da cimentação, o que pode ser considerado no momento da cimentação desse material.

## 7 CONCLUSÃO

A composição dos materiais testados, e seu comportamento mecânico (principalmente o módulo elástico) em relação ao substrato de cimentação influenciam tanto a adesão quanto a carga para fratura de materiais para CAD-CAM indicados para laminados cerâmicos. O dissilicato de lítio apresentou os maiores valores de adesão. Os menores valores foram apresentados pelo compósito nanohíbrido. O maior valor de carga para fratura foi apresentado pela cerâmica feldspática e os menores valores foram apresentados pelo dissilicato de lítio.

## REFERÊNCIAS

- Albero A, Pascual A, Camps I, Grau-Benitez M. Comparative characterization of a novel cad-cam polymer-infiltrated-ceramic-network. *J Clin Exp Dent*. 2015;7(4):e495-500.
- Armstrong S, Breschi L, Özcan M, Pfefferkorn F, Ferrari M, Van Meerbeek B. Academy of Dental Materials guidance on in vitro testing of dental composite bonding effectiveness to dentin/enamel using micro-tensile bond strength ( $\mu$ TBS) approach. *Dent Mater*. 2017 Feb;33(2):133-143.
- Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2015;114(4):587–93.
- B.R. Lawn, Y. Deng, P. Miranda, A. Pajares, H. Chai, D.K. Kim Overview: damage in brittle layer structures from concentrated loads *J Mater Res*, 17 (2002), pp. 3019-3036
- Braga RR, Meira JB, Boaro LC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: a critical review of “macro” test methods. *Dent Mater*. 2010;26(2):e38-49.
- Campos F, Valandro LF, Feitosa SA, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ, de Jager N, Bottino MA. Adhesive Cementation Promotes Higher Fatigue Resistance to Zirconia Crowns. *Oper Dent*. 2017 Mar/Apr;42(2):215-224.
- Castilho R. Lithium silicate glass ceramic for fabrication of dental appliances. US. Pat. 20120094822, 2012. Disponível em ([www.faqs.org/patents/app/2009258778](http://www.faqs.org/patents/app/2009258778)).
- Coldea A, Swain M V, Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent Mater*. 2013;29(4):419–26.
- Cuy J, Manna A, Livi K, Teaford M, Weihs T. Nanoindentation mapping of the mechanical properties of human molar tooth enamel *Arch. Oral Biol.*, 47 (2002), pp. 281-291
- Della Bona A, Corazza PH, Zhang Y. Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material. *Dent Mater*. 2014;30(5):564–9.
- Dirxen C, Blunck U, Preissner S. Clinical performance of a new biomimetic double network material. *Open Dent J*. 2013;7:118–22.
- Facenda JC, Borba M, Benetti P, Della Bona A, Corazza PH. Effect of supporting substrate on the failure behavior of a polymer-infiltrated ceramic network material. *J Prosthet Dent*. 2019 Jun;121(6):929-934.
- Ge C, Green CC, Sederstrom D, McLaren EA, White SN. Effect of porcelain and enamel thickness on porcelain veneer failure loads in vitro. *J Prosthet Dent*. 2014 May;111(5):380-7.
- Gonzalez M, Ritto F, Sampaio H, Monnerat A, Pinto B. Falhas em restaurações com facetas laminadas: uma revisão de literatura de 20 anos. *Rev. bras. odontol.*, Rio de Janeiro, v. 69, n. 1, jan./jun. 2012; p. 43-8.

- Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NRFA, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont*. 2015;28(3):227–35.
- Ha SR. Biomechanical three-dimensional finite element analysis of monolithic zirconia crown with different cement type. *J Adv Prosthodont*. 2015 Dec;7(6):475-83.
- Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis SL. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. 2000;83(4):396–401.
- Hilgert LA, Monteiro Jr S, Vieira LCC, Gernet W, Edelhoff D. A escolha do agente cimentante para restaurações cerâmicas. *Clínica - International Journal of Brazilian Dentistry*, Florianópolis, v.5, n.2, p. 194-205, abr./jun. 2009.
- Homaei E, Farhangdoost K, Tsoi JKH, Matinlinna JP, Pow EHN. Static and fatigue mechanical behavior of three dental CAD/CAM ceramics. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2016;59:304–13.
- Itinoche MK, Oyafuso DK, Miyashita E, Araújo MAJ, Bottino MA. Avaliação da influência da ciclagem mecânica na resistência à flexão de cerâmicas. *Odontol Bras* 2004 abr./jun.; 7 (2): 47-54.
- Kelly JR. Ceramics in restorative and prosthetic dentistry. *Annu Rev Mater Sci*. 1997;27:443–68.
- Lawson NC, Bansal R, Burgess JO. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. *Dent Mater*. 2016;32(11):e275–83.
- Opdam N, Frankenberger R, Magne P. From “direct versus indirect” toward an integrated restorative concept in the posterior dentition. *Oper Dent*. 2016;41(S7):S27–34.
- Pagani C, Miranda CB, Botinno MC. Avaliação da tenacidade à fratura de diferentes sistemas cerâmicos. *J Appl Oral Sci*. 2003; 11(1): 69-75.
- Paulo VS, Lívia FZ, Paola GS, Fabrícia AP, Giovana AM, Alexandre CM. Reabilitação estética do sorriso com facetas cerâmicas reforçadas por dissilicato de lítio. *Rev Odontol Bras Central* 2012;21(58).
- Peumans M, Valjakova EB, De Munck J, Mishevskaja CB, Van Meerbeek B. Bonding Effectiveness of Luting Composites to Different CAD/CAM Materials. *J Adhes Dent*. 2016;18(4):289-302. doi: 10.3290/j.jad.a36155.
- Ramos NC, Campos TMB, Paz IS La, Machado JPB, Bottino MA, Cesar PF, et al. Microstructure characterization and SCG of newly engineered dental ceramics. *Dent Mater*. 2016;32(7):870–8.
- Perim MP\*, Weitzel ISSL, Rangel JHR, Melo RMM, Silva-Concílio LR, Amaral M. Dureza e tenacidade à fratura de quatro materiais para cad/cam. *Arch Health Invest* 2018;7.

- Sai K, Takamizawa T, Imai A, Tsujimoto A, Ishii R, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M. Influence of Application Time and Etching Mode of Universal Adhesives on Enamel Adhesion. *J Adhes Dent*. 2018;20(1):65-77.
- Scherrer SS, Quinn JB, Quinn GD, Wiskott HW. Fractographic ceramic failure analysis using the replica technique. *Dent Mater*. 2007;23(11):1397-404.
- Scherrer SS, Quinn JB, Quinn GD, Wiskott HW. Fractographic ceramic failure analysis using the replica technique. *Dent Mater*. 2007;23(11):1397-404.
- Taskonak B, Mecholsky JJJ, Anusavice KJ. Fracture surface analysis of clinically failed fixed partial dentures. *J Dent Res*. 2006;85(3):277-81.
- Taskonak B, Mecholsky JJJ, Anusavice KJ. Fracture surface analysis of clinically failed fixed partial dentures. *J Dent Res*. 2006;85(3):277-81.
- Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod*. 2007;33(4):391-8.
- Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod*. 2007;33(4):391-8.
- Wang H, Pallav P, Isgrò G, Feilzer AJ. Fracture toughness comparison of three test methods with four dental porcelains. *Dent Mater*. 2007;23(7):905-10.
- Wang H, Pallav P, Isgrò G, Feilzer AJ. Fracture toughness comparison of three test methods with four dental porcelains. *Dent Mater*. 2007;23(7):905-10.

## ANEXO I – Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade de Taubaté



Universidade de Taubaté  
Autarquia Municipal de Regime Especial  
Reconhecida pelo Des. Fed. nº 79.924/78  
Reconhecida pelo CEE/DF  
CNPJ 45.176.153/0001-02

Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA  
Rua Visconde do Rio Branco, nº 250 - Centro  
Taubaté-SP - CEP. 12021-040  
Tel. (12) 3056-1200  
e-mail: cep@unitau.br

## DECLARAÇÃO Nº 001/19

**Protocolo CEUA/UNITAU nº 002/18** (Este número de registro deverá ser citado pelo pesquisador nas correspondências referentes a este projeto)

**Projeto de Pesquisa:** *Carga para fratura e resistência adesiva de materiais indicados para laminados indiretos cimentados ao esmalte.*

**Pesquisador(a) Responsável:** Marina Amaral

A Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade de Taubaté, em reunião ordinária de **19/04/2019**, e no uso das competências definidas na Deliberação CONSEP-Nº 013/10, considerou o projeto de aula acima aprovado, e que o mesmo encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08/10/08, do Decreto nº 6.899, de 15/07/09 e com as normas editadas pelo CONCEA.

Vigência: 01/10/2018 a 30/07/2019

Espécie: 90 dentes bovinos

Origem: Mondelli Indústria de Alimentos S/A

Taubaté, 19 de abril de 2019

  
Prof. Dra. Naira Correia Cusma Pelogia  
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade de Taubaté

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial desta obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte. Marcelly da Silva Faria  
Thainá Caroline Soares D'Ajuda  
Taubaté, Julho de 2019.