

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
Faculdade de Odontologia
Programa de Pós-graduação em Odontologia (PPGOdonto)

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA COMPRESSIVA E
ADESIVA DE RESTAURAÇÕES DE CERÂMICA
HÍBRIDA CIMENTADAS COM DOIS DIFERENTES
MATERIAIS**

Mestrando: Paulo Renato Pulga da Silva

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Corazza

Passo Fundo, março de 2023.

Paulo Renato Pulga da Silva

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA COMPRESSIVA E
ADESIVA DE RESTAURAÇÕES DE CERÂMICA
HÍBRIDA CIMENTADAS COM DOIS DIFERENTES
MATERIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em odontologia da Faculdade de odontologia da UPF, para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica, sob orientação do Prof. Dr. Pedro Henrique Corazza.

Passo Fundo, março de 2023.

Folha reservada para
Aprovação da Banca Examinadora

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo , imprimindo-a.
Após, faça a substituição pela Ficha Catalográfica fornecida
pela Secretaria para manter a correta numeração do seu
trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Paulo Renato Pulga da Silva

Nascido em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, no dia 09 de Fevereiro de 1987. Fez sua graduação na Universidade de Passo Fundo onde se formou em Julho de 2009.

Especialista em Prótese Dentária – 2013- UNICSUL, atualmente é Professor da Faculdade Herrero – (Odontocenter) nos cursos de Especialização em Prótese Dentária e Especialização em Implantodontia.

Trabalha como Cirurgião Dentista com ênfase em reabilitação oral desde 2009 nas Cidades de Passo Fundo e Lagoa Vermelha.

DEDICATÓRIA

A Deus por ter me dado a oportunidade de realizar mais um sonho em minha vida, ter me colocado no caminho de tantas pessoas legais e por me permitir construir uma família como a minha.

Por fim, o que não quer dizer por último, eu nunca poderei retribuir completamente tudo que devo para minha esposa, filhos e pais por sua paciência, apoio e estímulos constantes

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor **Dr. Pedro Henrique Corazza**, pela sua competência, ensinamentos e apoio, que contribuíram muito para o meu crescimento acadêmico e profissional. Agradeço pelo incentivo e orientação durante esses dois anos. Meus sinceros agradecimentos pela amizade que construímos durante essa jornada.

À minha esposa, **Andressa Dalfovo**, que viveu junto comigo esse sonho de realizar o mestrado e pela sua dedicação imensa na realização desse projeto. Serei sempre muito grato, sem ela com certeza não conseguiria essa realização profissional.

Aos meus filhos, **Carolina Dalfovo Silva** e **Pedro Dalfovo Silva**, que são a minha inspiração diária. Muito obrigado por existirem, amo vocês.

Ao coordenador do mestrado, **Álvaro Della Bona**, por ter nos acolhido tão bem no programa e nas disciplinas em que ministrou aulas, sendo um exemplo e inspiração a ser seguido.

Aos meus colegas, **Alencar Khun, Ulysses Lenz, Renan Brandrerburg dos Santos, Andrew Soveral, Angela Vezzaro Vanz, Natália Piffer Pasquali, Thais Brock, Indiarai Lavandoski Bringhenti, Mylena Lazareti Zanella, Gabriele Nichetti Vanin** e **Sara de Figueiredo Ribeiro**.

À Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, à coordenadora **Juliane Bervian**, aos professores e funcionários, tanto da pós-graduação quanto da graduação. Foi muito bom poder aprender e conviver com vocês.

Aos meus alunos da Especialização em Prótese Dentária e Implantodontia da Faculdade Herrero (Odontocenter Centro de Pós-graduação). O estudo constante é minha satisfação pessoal, mas sem vocês ele não teria o menor sentido. Espero que possa fazer algo por vocês, assim como meus professores fizeram por mim.

Ao Diretor do Centro de Pós-graduação da Odontocenter, **Nereu Roque Dartora**, pelo ensinamento diário e amizade que construímos. Sou muito grato pela oportunidade de poder lecionar em uma instituição tradicional da nossa região, contribuindo para a formação de novos especialistas.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais utilizados.

22

Tabela 2 - Média, desvio padrão (DP) e tipos de falha dos grupos experimentais através do teste de resistência à compressão. 29

Tabela 3 - Carga de fratura característica (L_0) e módulo de *Weibull* (m), com os respectivos intervalos de confiança de 95% (95% CI).

30

Tabela 4 - Média, desvio padrão (DP) e tipos de falha dos grupos experimentais através do teste de resistência à microtração. 31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Amostras obtidas por secção do bloco CAD/CAM, com aproximadamente 1mm de espessura.	
23	
Figura 2 - Bases de CRFV.	23
Figura 3 - Tratamento do substrato do análogo e da PICN, e aplicação do silano.	24
Figura 4 - Dispositivo que simula pressão digital.	25
Figura 5 - Desenho esquemático do corpo de prova com PICN/RelyX U200/ANÁLOGO.	25
Figura 6 - Cimento GC GOLD LABEL e corpo de prova com PICN/GC GOLD LABEL 1/ANÁLOGO sendo removido os excessos.	25
Figura 7 - Desenho esquemático do corpo de prova com PICN/GC GOLD LABEL 1/ANÁLOGO.	26
Figura 8 - Teste de envelhecimento mecânico por ciclagem em água com temperatura de 37.1°C.	26
Figura 9 - Teste de carga compressiva.	
27	
Figura 10 - Ensaio de microtração.	28
Figura 11 - Gráfico de comparação entre os resultados de resistência à compressão dos grupos experimentais.	30
Figura 12a - Exemplo de falha mista, mais encontrada no grupo U200. b - Exemplo de falha catastrófica, mais encontrada no grupo CIV.	
30	
Figura 13 - Resultado gráfico da análise de <i>Weibull</i> (<i>Weibull++</i> , Reliasoft).	
31	
Figura 14 - Gráfico de comparação entre os resultados de resistência à microtração dos grupos experimentais.	32

LISTA DE ABREVIATURAS

PICN	Cerâmica infiltrada por polímero
Bis-GMA	Bisfenol glicidil metacrilato
UDMA	Uretano dimetacrilato
TEGDMA	Trietilenoglicol dimetacrilato
CAD/CAM	Projeto/fabricação assistida por computador
MPa	Gigapascal
UPF	Universidade de Passo Fundo
CRFV	Compósito resinoso reforçado por fibra de vidro
g	Gramas
mW	Megawatt
cm ²	Centímetros quadrados
Hz	Hertz
N	Newtons
°C	Graus Celsius
E	Módulo de Young
A	Área
σ	Sigma
<i>m</i>	Módulo de <i>Weibull</i>
mm ²	Milímetros quadrados
T	Tensão
MPa	Megapascal
A/C	Adesiva da interface cerâmica
A/CRFV	Adesiva da interface CRFV
M	Mista
CC	Coesiva em cimento

Sumário

1. INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.	2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Cerâmica infiltrada por polímero (PICN)			15
2.2 Cimentos resinosos			18
2.3 Cimento de ionômero de vidro			19
3. OBJETIVOS			21
3.1 Objetivos gerais	22	3.2 Objetivos específicos	22
MÉTODOS	22	4. MATERIAIS	E
22.1 Local de realização da pesquisa e delineamento		22.2	
Materiais	22.3	Confecção dos corpos de prova	Erro! Indicador não
definido.	4.3.1	PICN + Relyx™ + Subtrato (CRFV)	24
	4.3.2	PICN + GC Gold Label 1 + Subtrato (CRPV)	25
	4.4	Teste de resistência à compressão	Erro! Indicador não definido.
	4.4.1	Análise factográfica da resistência à compressão	27
	4.4.2	Análise dos dados	27
	4.5	Ensaio de microtração	29
		4.5.1	Classificação da fratura
			28
	4.5.2	Análise estatística do ensaio de microtração	29
5. RESULTADOS		Erro! Indicador não definido.	6. DISCUSSÃO
			32
7. CONCLUSÕES			36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS			37

RESUMO

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a resistência compressiva e adesiva de uma cerâmica infiltrada por polímero (PICN, Vita Enamic) cimentada com dois diferentes materiais, um ionomérico e outro resinoso. Foram confeccionados 40 corpos de prova, consistindo em lâminas de 1mm de espessura de PICN para os corpos de prova a serem utilizados nos testes de compressão, e 4mm de espessura para os corpos de prova a serem utilizados nos testes de microtração. As lâminas de PICN foram cimentadas sobre análogos da dentina (compósito resinoso reforçado por fibra de vidro - CRFV) com dois diferentes cimentos: Resinoso (n=20) - Cimento autocondicionante RelyX U200 (3M); e Ionomérico (n=20) - Cimento de ionômero de vidro GC Gold Label 1 (GC). Após a cimentação foi aplicada uma carga de 750g durante 5 minutos para padronização da espessura de cimento pela força. Quinze corpos de prova foram submetidos a envelhecimento mecânico em máquina de ciclagem (500.000 ciclos, carga de 50 N e 2 Hz), e cinco corpos de prova foram seccionados em palitos para o ensaio de microtração. Para o teste de compressão foi aplicada uma carga compressiva no centro do corpo de prova, com velocidade 0,5mm/minuto por um pistão de aço inoxidável ($E=200\text{GPa}$) com ponta plana de 3mm, até que se detectasse o som da primeira trinca. A carga foi registrada em N e, posteriormente, as amostras foram analisadas por transiluminação. Para o teste de microtração, as amostras foram posicionadas em um dispositivo específico e carregadas até a falha, a uma velocidade de 0,5mm/minuto. Os valores de força foram registrados em N. O modo de falha foi classificado com uma lupa estereoscópica em: adesiva da interface cerâmica (A/C), adesiva da interface CRFV (A/CRFV), Mista (M) ou Coesiva (C/C). Os resultados foram comparados pelo teste t ($\alpha=0,05$). Foram obtidos também o Módulo de Weibull e a resistência característica para o ensaio de compressão. O grupo U200 apresentou médias de resistência à compressão significativamente maiores ($p<0,05$) quando comparado ao grupo CIV. Também se observou diferença entre os grupos quanto ao tipo de falha, uma vez que a falha mais frequente no grupo U200 foi a do tipo mista (46,7%), enquanto que no grupo CIV, verificaram-se mais falhas catastróficas (73,3%). No teste de microtração, observou-se uma diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) entre as médias dos grupos, com o grupo CIV demonstrando as menores médias de resistência adesiva. Ambos os grupos demonstraram mais falhas mistas (91% para U200 e 79% para CIV), seguida por falha

adesiva em dentina para o grupo U200 (9%), e falha adesiva em resina para o grupo CIV (21%). Concluiu-se que a cimentação da PICN utilizando o cimento resinoso U200 gera um conjunto com maior resistência à compressão e maior resistência adesiva do que a cimentação com um cimento de ionômero de vidro.

Palavras-chave: Cerâmica. Cimentos de ionômero de vidro. Cimentos dentários. Materiais dentários.

ABSTRACT¹

This study aimed to evaluate the compressive and adhesive strength of a polymer-infiltrated ceramic (PICN, Vita Enamic) cemented with two different materials, one ionomeric and the other resinous. Forty specimens were obtained, consisting of 1mm thick slides of PICN for the specimens to be used in the compression tests, and 4mm thick for the specimens to be used in the microtensile tests. The PICN slides were cemented on dentin analogues (fiberglass-reinforced resin composite - CRFV) with two different cements: Resin (n=20) - RelyX U200 self-etching cement (3M); and Ionomer (n=20) - GC Gold Label 1 (GC) glass ionomer cement. After cementation, a load of 750g was applied for 5 minutes to standardize the cement thickness. Fifteen specimens were aged in a cycling machine (500,000 cycles, load of 50 N and 2 Hz), and five specimens were sectioned into sticks for the microtensile test. For the compression test, a compressive load was applied to the center of the specimen, at a speed of 0.5mm/minute using a stainless steel piston (E=200GPa) with a 3mm flat tip, until the sound of the first crack. The samples were analyzed by transillumination with a light curing device. For the microtensile test, the specimens were placed in a specific device and loaded to failure at a speed of 0.5mm/minute. The failure mode was classified as: ceramic interface adhesive (A/C), CRFV interface adhesive (A/CRFV), Mixed (M) or Cohesive (C/C). The results were compared using the t test ($\alpha=0.05$). The Weibull Modulus and characteristic strength were obtained for the compressive test. The U200 group presented significantly higher compressive strength ($p<0.05$) when compared to the CIV group. There was also a difference between the groups regarding the type of failure, since the most frequent failure in the U200 group was the mixed type (46.7%), while in the CIV group had more catastrophic failures (73.3%). In the microtensile test, a statistically significant difference ($p<0.05$) was observed between the averages of the groups, with the CIV group showing the lowest averages of adhesive strength. Both groups showed more mixed failures (91% for U200 and 79% for CIV), followed by adhesive failure on dentin for the U200 group (9%), and adhesive failure on resin for the CIV group (21%). So, it was concluded that the cementation of the PICN using the U200 resin cement generates a joint with greater resistance and bond strength than the cementation with a glass ionomer cement.

Keywords: Ceramics. Glass ionomer cements. Dental cements. Dental materials.

¹ Evaluation of the compressive and adhesive strength of hybrid ceramic restorations cemented with two different materials

1. INTRODUÇÃO

A capacidade para suportar cargas mastigatórias e a união adesiva das restaurações indiretas estão bastante relacionadas, e figuram entre os itens de maior importância para a longevidade clínica da reabilitação. O material híbrido constituído por cerâmica infiltrada por polímero (PICN) vem sendo utilizado em restaurações dentárias devido ao seu excelente módulo de elasticidade, semelhante ao do dente, e a sua biocompatibilidade (KAWAJIRI *et al.*, 2021). Della Bona *et al.* (2014) já demonstraram, com análises microestruturais, que a PICN é um material híbrido composto por redes interconectadas: uma cerâmica dominante e um polímero, resultando em propriedades que ficam entre compósitos altamente preenchidos e cerâmicas. No entanto, devido às preocupações relacionadas à resistência das restaurações diante do impacto mastigatório, não só a seleção do material restaurador, mas também do agente cimentante é de suma importância para longevidade clínica das restaurações (SARKIS-ONOFRE *et al.*, 2014).

Os cimentos resinosos autoadesivos permitem a simplificação da cimentação de trabalhos protéticos ao utilizar um conceito de cura dupla para polimerização. Além disso, são tolerantes à umidade e não necessitam de nenhum pré-tratamento com agentes de união na superfície dentária, reduzindo passos clínicos e facilitando o uso diário para cimentação de restaurações indiretas (MANSO *et al.*, 2011). Já o cimento a base de ionômero de vidro é uma possibilidade para a cimentação de restaurações cerâmicas, pois apresenta consideráveis características de resistência e retenção, além de baixa solubilidade e longevidade clínica (LORENZETTI *et al.*, 2019). Uma vez que o cimento de ionômero de vidro e o cimento resinoso autocondicionante possuem algumas propriedades físicas semelhantes apesar da natureza distinta, a comparação de ambos, associados aos novos materiais restauradores, precisa ser estudada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Uma diversidade de sistemas cerâmicos está atualmente disponível no mercado, decorrente da busca cada vez maior pela excelência estética na odontologia (MARTINS *et al.*, 2010). Materiais protéticos à base de cerâmica têm sido usados em restaurações dentárias devido à sua excelente estética e biocompatibilidade (SANTOS *et al.*, 2018) e excelentes propriedades mecânicas (SOLIMAN; IBRAHIM; AMEEN, 2016). Porém, a

cerâmica levanta duas preocupações principais: a degradação em suas propriedades e sua maior dureza em comparação aos dentes naturais. As cerâmicas à base de vidro e as porcelanas feldspáticas, por exemplo, apresentam melhores características óticas e menor dureza, mas propriedades mecânicas inferiores que as cerâmicas à base de zircônia (SANTOS *et al.*, 2018). Essa última tem aumentado consideravelmente sua demanda nos últimos tempos, devido a suas excelentes propriedades biológicas e mecânicas (SOLEIMANI *et al.*, 2020). Devido às limitações dos diferentes materiais que são usados atualmente, um esforço tem sido feito para desenvolver novos tipos de materiais dentários, no que os materiais compostos têm emergido como uma alternativa promissora (SANTOS *et al.*, 2018).

2.1 Cerâmica infiltrada por polímero (PICN)

Com o objetivo de alcançar características mecânicas aprimoradas em relação às cerâmicas e os compósitos (COLDEA; SWAIN; THIEL, 2013), recentemente, as características de ambos os materiais foram combinadas na PICN, que consiste em uma estrutura com uma matriz cerâmica sintetizada infiltrada com uma matriz polimérica (FACENDA; BORBA; CORAZZA, 2018). De acordo com Duarte, Sartori e Phark (2016), para que um determinado material seja considerado uma PICN, deve ter alto teor de cerâmica (80% ou mais), sendo o conteúdo restante uma rede de matriz polimérica. O processo de fabricação da PICN se dá em duas etapas: (1) uma rede de cerâmica porosa pré-sintetizada é produzida e condicionada por um agente de acoplamento, (2) seguida de uma infiltração dessa rede com um polímero por ação capilar. A PICN, portanto, consiste em duas redes interpenetrantes contínuas, sendo uma rede o material cerâmico (feldspato) e a outra um polímero (normalmente metacrilatos) (COLDEA; SWAIN; THIEL, 2013).

Diferentes proporções de dimetacrilatos (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA) na composição de uma PICN foram testadas por Kang *et al.* (2020). Este estudo verificou que as proporções de 6:4 (Bis-GMA/TEGDMA) obtiveram melhores valores de resistência à flexão, módulo de elasticidade, dureza, tenacidade à fratura e volume de desgaste. Já Kawajiri *et al.* (2021), avaliando as propriedades mecânicas de resistência à flexão, módulo de elasticidade e dureza Vickers de seis formas de obtenção da PICN, verificaram melhores resultados para a amostra com 2h de tempo de sinterização, com um monômero de resina infiltrado com UDMA+TEGDMA e um cronograma de sinterização de 60°C por 5 dias. Nessas condições, a PICN apresentou uma dureza

Vickers semelhante ao esmalte e um módulo de elasticidade semelhante à dentina, além de excelentes propriedades de ligação aos cimentos resinosos.

Quanto a adesão da PICN, ela pode ser beneficiada pelo ataque ácido da superfície desse material com ácido fluorídrico 5% por 20 segundos, que remove parte da matriz de vidro e dissolve parte do polímero, produzindo microporosidades e microcanais com média de 10µm de profundidade. Após o enxágue do ácido e secagem da superfície, a aplicação do silano também beneficia a resistência de união, já que se liga à rede vítrea da PICN enquanto copolimeriza o metacrilato do cimento resinoso (ÖZCAN; VOLPATO, 2016). Dal Bello *et al.* (2019) corroboram com essa informação em seu estudo que avaliou a resistência de união da PICN levando em consideração diferentes tratamentos de superfície, testando amostras tratadas com ácido fluorídrico 5% ou jato de óxido de alumínio. Para cada condição, foi testada a aplicação do silano, adesivo contendo silano, e adesivo contendo silano+silano. Pode-se concluir que o uso do silano melhorou a resistência de união do reparo do compósito quando comparado ao uso do adesivo contendo silano.

Na busca de melhorar não apenas a adesão, como outras propriedades físico-mecânicas e a qualidade uniforme da PICN, além de reduzir os custos e tempo de produção, as restaurações geradas por projeto/fabricação assistida por computador (CAD/CAM) ganharam popularidade entre os dentistas, apresentando vantagens em comparação àquelas fabricadas convencionalmente. Entre essas vantagens citam-se a fragilidade reduzida, bem como rigidez e dureza, maior flexibilidade, resistência à fratura, melhor usinagem em relação a cerâmica (COLDEA; SWAIN; THIEL, 2013) e menos abrasão na superfície dos dentes opostos (PETRINI; FERRANTE; SU, 2013), conforme demonstra o estudo de Ludovichetti *et al.* (2018) que, avaliando a resistência ao desgaste e abrasividade de materiais usinados pelo sistema CAD/CAM, tendo o esmalte bovino de antagonista, concluiu que a resina composta e a PICN foram os materiais que menos causaram desgaste nos dentes antagonistas com os quais tinham contato.

Outras propriedades importantes desse material já foram testadas na literatura, como é o caso do estudo de Nishioka *et al.* (2018), que avaliaram a resistência à fadiga de diferentes materiais cerâmicos e demonstraram que a PICN obteve maior resistência à fadiga do que a cerâmica feldspática. Isso ocorre porque a rede de polímero melhora o desempenho deste material, e os cristais incorporados aumentam a resistência à fratura. A PICN também apresenta maior módulo de elasticidade, resultando em maior tolerância a danos quando comparado a cerâmica feldspática. De fato, uma das propostas da

estrutura cerâmica porosa com uma fase de polímero interpenetrante da PICN é exibir desempenho mecânico biomimético, incluindo um aumento na tenacidade à fratura e resistência à flexão, bem como uma redução na dureza e no módulo de elasticidade (LI *et al.*, 2017). Isso porque, idealmente, a dureza e módulo de elasticidade dos materiais restauradores devem imitar tanto quanto possível os do esmalte e da dentina (MAINJOT *et al.*, 2016).

Portanto, o sucesso das restaurações indiretas depende, entre outras coisas, da adesão entre o material e a estrutura do dente (CAMPOS *et al.*, 2016), que se relaciona diretamente com a composição da PICN, das suas propriedades e do substrato ao qual ela é cimentada. Uma vez que a dentina, metais, pinos de fibra de vidro, resina composta, bem como as diversas cerâmicas e a PICN, possuem diferentes módulos de elasticidade, o comportamento mecânico da restauração pode variar (FACENDA *et al.*, 2019). O módulo de elasticidade da dentina humana situa-se entre 10-20 Megapascal (GPa) (ZHANG *et al.*, 2014), que é muito inferior a 200GPa para zircônia (WHITE *et al.*, 2005), por exemplo. Sob teste de flexão de três pontos, Al-Shatti *et al.* (2019) observaram um valor de $31,43 \pm 2,08$ GPa para a PICN Vita Enamic (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha). Já Sodeyama *et al.* (2021) verificaram que os módulos de flexão de três PICN impressas por CAD/CAM em condições secas ficaram entre 18,0GPa e 20,5GPa, indicando que essas excelentes propriedades demonstram o potencial da PICN como um material restaurador dentário indireto.

Dentre materiais dentários atualmente em uso, portanto, a PICN apresenta as propriedades mecânicas mais semelhantes às do dente natural (SODEYAMA *et al.*, 2021). Apesar disso, a PICN também está sujeita a falhar, como qualquer outro material restaurador. Esse fato é demonstrado no estudo de Facenda *et al.* (2019), que avaliou *in vitro* o comportamento de falha de uma PICN cimentada a diferentes substratos de suporte. Verificou-se que, quando o substrato de suporte tinha um módulo de elasticidade maior do que a PICN, as tensões de tração na superfície inferior desse material eram suprimidas e a estrutura ficava mais propensa a falhar devido a rachaduras na superfície superior, gerando falhas cônicas. Por outro lado, se a PICN era aderida a um substrato de suporte menos rígido, sua flexão induzia altas tensões de tração na superfície, gerando trincas radiais. Deste modo, o módulo de elasticidade do substrato também pode influenciar o comportamento da PICN.

2.2 Cimentos resinosos

Os cimentos na odontologia são feitos para reter restaurações, aparelhos e núcleos em uma posição estável e duradoura no ambiente oral. Os mecanismos de retenção são químicos, mecânicos (atrito), e micromecânicos (tecido hibridizado), mas geralmente ocorre uma combinação de dois ou três mecanismos, dependendo da natureza do cimento e do substrato. Atualmente no mercado, os cimentos disponíveis comercialmente são feitos a base de resina ou não. Os cimentos à base de resina ainda são classificados em cimentos resinosos convencionais (que não apresentam adesão inerente à estrutura dental e requerem o uso de um sistema adesivo) e os cimentos resinosos autoadesivos (que não requerem um tratamento adesivo prévio do substrato dentário) (MANSO *et al.*, 2011).

Os cimentos resinosos, quando comparados a outros cimentos, destacam-se pela sua resistência mecânica, biocompatibilidade, capacidade de fixar próteses unitárias, núcleos, coroas curtas e são amplamente utilizados nos casos envolvendo cerâmica (GOMES; GOMES; GOMES, 2019). De fato, Vohra *et al.* (2020) concluíram que os cimentos resinosos são padrão de referência para cimentação de coroas cerâmicas devido a sua alta capacidade de resistência à fratura e por formarem um corpo único entre a coroa, o cimento e o dente. Já Flury *et al.* (2016), investigando a resistência de união de dentina com as duas cerâmicas CAD/CAM quando cimentadas com diferentes cimentos resinosos e cimento de ionômero de vidro, concluíram que todos os cimentos resinosos mostraram resistência maior ao cisalhamento que o cimento de ionômero de vidro. Ressalta-se a isso a qualidade de adesão contra o substrato dentário, estabilidade de cor pós cimentação, possibilidade de utilização em diferentes materiais e ligas, e, sobretudo, facilidade de acesso e de manipulação por parte do profissional (GOMES; GOMES; GOMES, 2019).

No caso da adesão dos cimentos autoadesivos, esta depende da interação química e mecânica entre o substrato dental e o agente cimentante. A acidez do cimento promove a hibridização com a estrutura dentária, uma vez que os monômeros ácidos dissolvem a *smear layer* e permitem a penetração do cimento para o interior dos túbulos dentinários, proporcionando uma boa adesão e camada híbrida, que resulta em retenção micromecânica (GOMES; GOMES; GOMES, 2019). Nesse sentido, Rohr *et al.* (2017) investigaram o efeito de um adesivo universal na resistência de união de cimentos compostos a uma PICN. Para isso, foi utilizado a PICN Vita Enamic e um cimento resinoso convencional de dupla polimerização ou um cimento resinoso autoadesivo.

Verificou-se que o melhor desempenho de união para ambos os cimentos foi obtido quando o silano e o adesivo universal foram aplicados na PICN, após condicionamento por 30 ou 60 segundos.

De fato, ao investigar o mecanismo de união adesiva da PICN Vita Enamic a três cimentos resinosos, Schwenter *et al.* (2016) também verificaram que a resistência de união dos cimentos à PICN depende do condicionamento com ácido fluorídrico 5% por 30 a 60 segundos, seguido de lavagem, secagem e aplicação de um agente de união de silano correspondente ao cimento resinoso. Emsermann *et al.* (2019) avaliaram a resistência de união de diversos cimentos resinosos a PICN e, apesar de não terem observado diferenças estatisticamente significativas entre os cimentos, observaram altos valores para todas as combinações de cimentos+PICN, especialmente após jateamento e aplicação de um primer de material. Esses resultados justificam o uso dos cimentos resinosos na cimentação da PICN, produzindo as melhores resistências de união especialmente se levado em consideração o pré-tratamento da superfície do material de acordo com as recomendações do fabricante.

2.3 Cimento de ionômero de vidro

O cimento de ionômero de vidro tem sido utilizado para fixar restaurações indiretas à superfície dental, devido a sua capacidade de absorver permanentemente nas superfícies hidrofílicas de tecidos orais rígidos, oferecendo margens de vedação nas interfaces teciduais dos procedimentos restauradores. A matriz de ligação do cimento de ionômero de vidro é resultado de uma reação entre um ácido e uma base, tendo como produto da reação um sal de hidrogel (LIN; MCINTYRE; DAVIDSON, 1991). Além disso, possui propriedades como biocompatibilidade, bioatividade, liberação de flúor, excelente coeficiente de expansão térmica linear, contração de módulo de elasticidade, além de ser o único material restaurador capaz de se ligar quimicamente a estrutura dentária (MENEZES-SILVA *et al.*, 2019). Assim, o cimento de ionômero de vidro é utilizado com frequência para cimentar peças protéticas, principalmente coroas totais, metalocerâmicas, coroas em porcelana pura reforçadas e núcleos metálicos fundidos (VIEIRA *et al.*, 2006). Os resultados, porém, são controversos.

Manso *et al.* (2011), investigando a resistência ao cisalhamento nas paredes laterais de *inlays* cerâmicos usando cimentos resinosos autoadesivos e cimento de ionômero de vidro, observaram que os cimentos resinosos alcançaram maior resistência

de união, enquanto a adesão mais fraca foi obtida com o cimento de ionômero de vidro. Já Peutzfeldt, Sahafi e Flury (2011) compararam oito tipos de agentes cimentantes (entre eles cimentos de fosfato de zinco, cimentos de ionômero de vidro convencional ou modificado por resina e cimentos resinosos) na união de seis materiais restauradores indiretos (liga de ouro, titânio, porcelana feldspática, cerâmica vítrea reforçada por leucita, zircônia e resina composta) à dentina. Verificou-se que o cimento de fosfato de zinco e o cimento de ionômero de vidro produziram as menores resistências de união, enquanto as maiores resistências foram encontradas nos cimentos resinosos. Por outro lado, van Dijken (2003) acompanhou durante 5 anos *inlays* cerâmicas cimentadas com um cimento de ionômero de vidro modificado por resina, verificando que as restaurações funcionaram satisfatoriamente durante esse tempo.

A adesão química satisfatória do cimento de ionômero de vidro ao substrato de dentina se deve aos grupos carboxila presentes nas moléculas que se ligam aos íons de cálcio da hidroxiapatita. Isso pode ser confirmado no estudo de Pereira *et al.* (2014), em que foi avaliado o efeito da resistência de união do pino de fibra de vidro à dentina através do teste de *push out* após cimentação com ionômeros de vidro e ionômeros de vidro modificado por resina. Os autores concluíram que, exceto por um, todos os cimentos apresentaram valores de resistência de união satisfatórios. De fato, os dois tipos de cimentos de ionômero de vidro disponíveis no mercado, os convencionais e os modificados por resina, interagem quimicamente com a estrutura dentária (LIN; MCINTYRE; DAVIDSON, 1991). Além disso, apresentam expansão higroscópica que compensa seu grau de contração de presa inicial e a interface dentina/cimento permanece mais estável (YIU *et al.*, 2004).

A expansão higroscópica do cimento de ionômero de vidro modificado por resina, e sua influência sobre *copings* de óxido de alumínio sinterizado de coroas totalmente cerâmicas, foi objeto de estudo de Snyder, Lang e Razzoog (2003). Os autores não verificaram nenhum sinal de fratura 6 semanas, 12 semanas e quatro anos após a cimentação. Isso demonstra que o uso desse cimento não causa fratura das coroas de cerâmica pura, nem seu potencial para expansão contínua enfraquece a coroa, mas pelo contrário, fornece resistência adicional para o sistema de suporte subjacente. Já Leevailoj *et al.* (1998) avaliaram a incidência de fratura de coroas totalmente cerâmicas cimentadas com 5 agentes de cimentação, entre eles dois ionômeros de vidro. Verificou-se que, após 2 meses, tanto o cimento de ionômero de vidro convencional quanto o modificado por resina utilizado neste estudo se comportaram de maneira semelhante e permaneceram

aderidos à estrutura dentária. Também foi relatado que não ocorreu nenhuma fratura de coroa totalmente cerâmica cimentada com ionômero de vidro durante o estudo, devido à compensação da sua expansão pela contração de presa inicial do cimento.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos Gerais

Avaliar a resistência compressiva e adesiva de uma cerâmica infiltrada por polímero (PICN – Vita Enamic) quando cimentada com dois diferentes materiais: um resinoso e um ionomérico.

3.2 Objetivos Específicos

- Comparar a resistência a uma carga compressiva da PICN cimentada com dois tipos de cimento: um resinoso e um ionomérico, testando a hipótese de que não há diferença na resistência à compressão proporcionada pelos dois agentes cimentantes.
- Comparar a resistência à microtração do conjunto PICN – cimento – substrato utilizando dois tipos de cimento: um resinoso e um ionomérico, testando a hipótese de que a resistência de união proporcionada pelo cimento resinoso é maior do que a proporcionada pelo cimento ionomérico.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de realização da pesquisa e delineamento

A presente pesquisa foi realizada no laboratório de pesquisa do Programa de Pós-Graduação do Curso de Odontologia da Universidade de Passo Fundo (UPF). O estudo tratou-se de um experimento laboratorial controlado, inserindo-se na linha de pesquisa de Biomateriais e Odontologia Restauradora.

4.2 Materiais

Os materiais utilizados neste estudo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Materiais utilizados.

Material	Fabricante	Composição
Cerâmica infiltrada por polímero (PICN) Vita Enamic	VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha	Cerâmica: dióxido de silício 58-63%, óxido de alumínio 20-23%, óxido de sódio 9-11%, óxido de potássio 4-6%, tri óxido de boro 0,5-2%, zircônia e óxido de cálcio. Parte do polímero (25%): UDMA e TEGDMA
Cimento resinoso Relyx U200	3M ESPE, St. Paul, EUA	Pasta base: vidro tratado com silano, ácido 2-propenoico, 2-metil [1,1 (hidroximetil) -1,2 clartodiil] éster, trietileno dimetacrilto, persulfato de sódio e por – 3,5,5- trimetilhexanoato t-butil. Pasta catalisadora:, dimetacrilato, enchimento tratado com silano, p-totuenossultonato de sódio, Ácido 1-benzil-5-fenil-bárico, sais de cálcio, 1,12 dodecano dimetacrilato, hidróxido de cálcio e dióxido de titânio.
Cimento de ionômero de vidro Luting & Lining Cement	GC Corp., Tokyo, Japão	Pó: fluoro alumino - vidro de silicato (amorfo). Líquido: água destilada, ácido poliacrílico, 2-hidroxietilmetacrilato (HEMA), uretanodimetacrilato (UDMA). Condicionador: ácido cítrico, água destilada, cloreto de ferro (III) (cloreto férrico), aditivo alimentar azul Nº1.

4.3 Confeção dos corpos de prova

Os blocos de PICN foram obtidos por secção do bloco CAD/CAM com um disco diamantado sob refrigeração com água, em uma cortadeira metalográfica (Strues Minitron, Copenhague, Dinamarca). A secção dos blocos produziu lâminas, que foram lixadas em uma politriz (Strues Abramin, Copenhague, Dinamarca) utilizando lixas de carbetto de silício (#400, 600, 800, 1200), até que elas atingissem aproximadamente 1mm

de espessura (Figura 1) para compressão, e 4mm de espessura para microtração. As lâminas foram posteriormente cimentadas sobre análogos de dentina feitos de um compósito resinoso reforçado por fibra de vidro (CRFV), submetidas a envelhecimento por ciclagem mecânica e testadas em compressão e microtração.

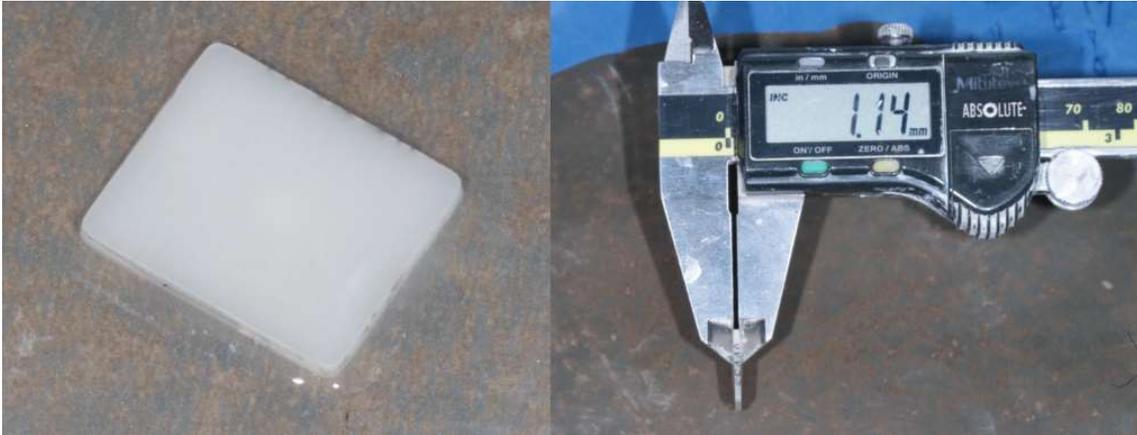


Figura 1 - Amostras obtidas por secção do bloco CAD/CAM, com aproximadamente 1mm de espessura.

O substrato CRFV foi obtido através da secção do cilindro do compósito resinoso reforçado por fibra de vidro em cortadeira metalográfica, gerando discos com 12mm de diâmetro e 4mm de espessura (Figura 2). Esse material apresenta potencial para ser utilizado como análogo de dentina, já que apresenta um módulo de elasticidade de 14,7GPa, razão de Poisson de 0,4 e dureza Knoop de 52,7GPa, valores semelhantes aos encontrados na dentina (MERLO *et al.*, 2020).



Figura 2 - Bases de CRFV.

Ao todo, foram utilizados 40 corpos de prova. Para a cimentação, realizou-se tratamentos do substrato análogo e da PICN. Independente do cimento utilizado, o tratamento de superfície foi padronizado. O CRFV foi limpo com escova Robinson e pasta profilática, lavado por 15 segundos e seco pelo mesmo tempo. Já a superfície da PICN foi tratada, conforme recomendação do fabricante, com ácido fluorídrico 5% durante 60 segundos, lavada e seca com jatos de ar. O silano foi aplicado e deixado evaporar por 1 minuto (Figura 3).



Figura 3 - Tratamento do substrato do análogo e da PICN, e aplicação do silano.

4.3.1 PICN + Relyx™ + Substrato (CRFV)

Após as superfícies estarem devidamente preparadas, o cimento Relyx™ U200 (3M ESPE), foi dispensado em um bloco de mistura, manipulando até obter uma mistura homogênea e aplicado sobre a superfície do substrato. A lâmina de PICN foi, então, posicionada sobre o substrato, sendo aplicada uma carga de 750 gramas (g) durante 5 minutos sobre todos os corpos de prova para obter uma padronização da força e espessura de cimento. Após a aplicação da carga, os excessos de cimento foram removidos com o auxílio de um *microbrush* (FGM, Joinville, SC, Brasil) seguido da fotoativação do cimento por 40 segundos em cada face, conforme recomendação do fabricante, com um aparelho fotopolimerizador VALO Grand ING com 1400mW/cm² (Ultradent products, South Jordan, UT, EUA) (Figura 4). A Figura 5 representa, esquematicamente, o corpo de prova com PICN/RelyX U200/ANÁLOGO.



Figura 4 - Dispositivo que simula pressão digital.



Figura 5 - Desenho esquemático do corpo de prova com PICN/RelyX U200/ANÁLOGO.

4.3.2 PICN + GC Gold Label 1 + Substrato (CRFV)

Após as superfícies estarem devidamente preparadas, o cimento de ionômero de vidro GC Gold Label 1, foi manipulado e aplicado sobre a superfície do substrato, seguido

da aplicação de uma carga de 750g durante 5 minutos sobre todos os corpos de prova, para obter uma padronização da força e espessura do cimento. Os excessos de cimento foram removidos com o auxílio de um *microbrush* (Figura 6). A Figura 7 representa, esquematicamente, o corpo de prova com PICN/GC GOLD LABEL 1/ANÁLOGO.

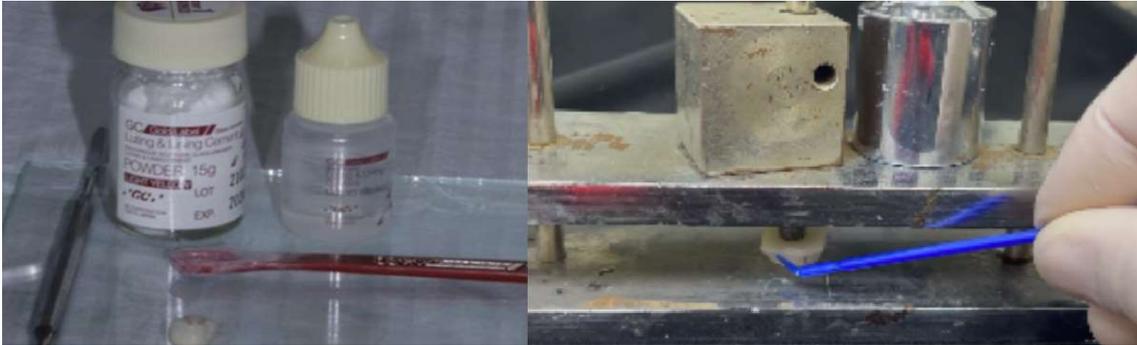


Figura 6 - Cimento GC GOLD LABEL e corpo de prova com PICN/GC GOLD LABEL 1/ANÁLOGO sendo removido os excessos.

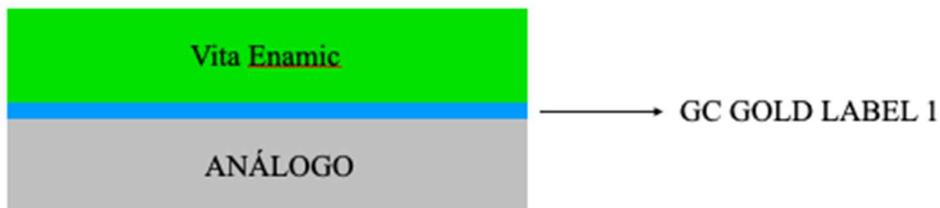


Figura 7 - Desenho esquemático do corpo de prova com PICN/GC GOLD LABEL 1/ANÁLOGO.

Com o intuito de envelhecer os espécimes, simulando o ambiente oral, foi realizada a ciclagem mecânica (cicladora mecânica, BioPDI São Carlos, SP, Brasil) de todos os corpos de prova que seriam testados em compressão. Os seguintes parâmetros foram adotados: frequência de 2 Hertz (Hz); carga de 50 Newtons (N), 500.000 ciclos, com o corpo de prova imerso em água destilada a 37°C. O pistão utilizado foi um pistão metálico (aço inoxidável) de ponta plana de 3mm, apoiado no centro do corpo de prova (Figura 8).



Figura 8 - Teste de envelhecimento mecânico por ciclagem em água com temperatura de 37.1°C.

4.4 Teste de resistência à compressão

Os corpos de prova foram inseridos em um recipiente com paredes transparentes contendo água destilada a 37°C e levados a uma máquina de ensaios universal (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, PR, Brasil), equipada com uma célula de carga de 500N. Assim, foi aplicada uma carga compressiva no centro do corpo de prova, com velocidade 0,5mm/minuto por um pistão de aço inoxidável ($E=200\text{GPa}$) com ponta plana de 3mm. No momento em que o operador detectou o som da primeira trinca, o ensaio foi finalizado e a carga foi registrada em N (Figura 9).

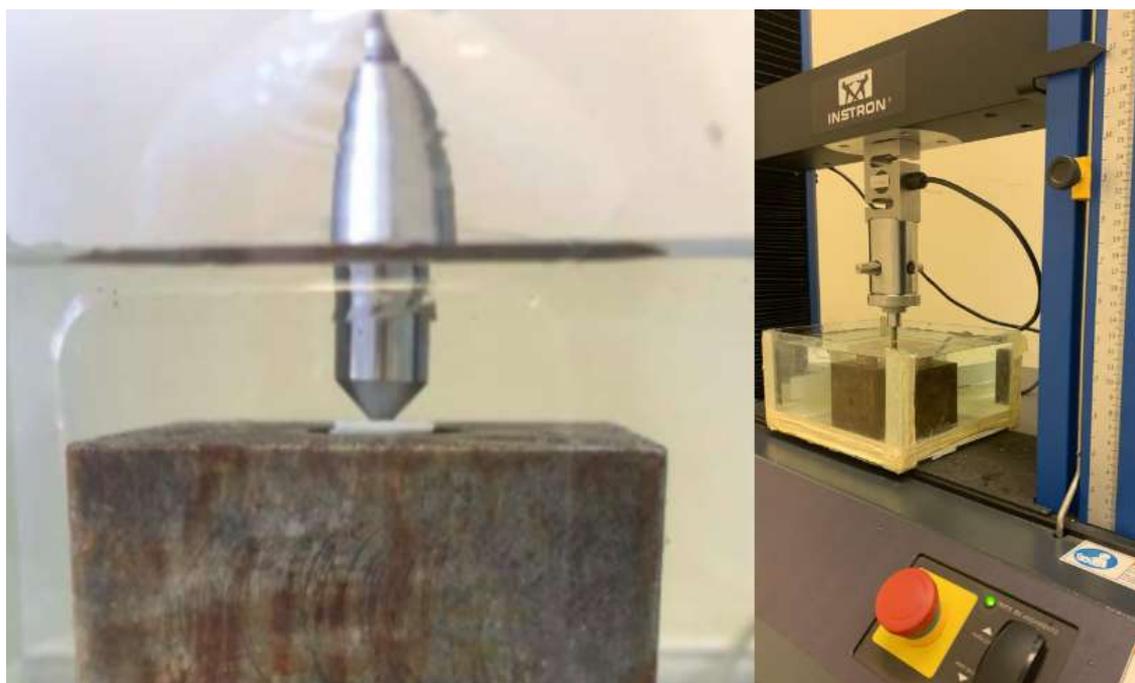


Figura 9 - Teste de carga compressiva.

4.4.1 *Análise fractográfica da resistência à compressão*

Após a aplicação da carga, as amostras foram limpas em banho sônico e analisadas através da transiluminação com um aparelho fotopolimerizador. A classificação ocorreu quanto ao tipo de trinca da seguinte forma:

- Trinca radial: falha que têm origem na superfície da cimentação;
- Trinca cônica: falha que têm origem na superfície da cerâmica;
- Ocorrência de ambas (radial e cônica – mista);
- Catastrófica: falha de todo o corpo de prova, material restaurador e substrato.

4.4.2 *Análise dos dados*

Para avaliar a carga compressiva sobre a cerâmica Enamic, os corpos de prova foram comparados com um teste t, com nível de significância de 95%, no programa estatístico SPSS (Chicago, Illinois, USA). Além disso, uma análise de *Weibull* (Weibull++, Reliasoft) foi utilizada para comparação das resistências características (σ) e módulo de *Weibull* (m). Os intervalos de confiança de 95% para os parâmetros de Weibull foram calculados pelo método da Razão da Verossimilhança.

4.5 Ensaio de Microtração

Cinco amostras de cada grupo foram seccionadas em forma de palito, com uma área de secção no local de adesão de 1mm^2 e fixadas através de um adesivo de cianoacrilato (Super bonder, 3M, Sumaré, SP, Brasil) em um dispositivo metálico em forma de guilhotina, especialmente desenvolvido para ensaios de microtração pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo (Figura 10). O ensaio de microtração foi efetuado em uma máquina universal de ensaios (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, SP, Brasil) à velocidade de 0,5mm/minuto, até ocorrer a fratura, quando os valores de força foram registrados em N. O diâmetro dos palitos foi medido no sentido méso-distal e vestibulo-lingual, em milímetros, por meio de

paquímetro digital, para posterior cálculo da área (A), em mm². Com esses dados foi efetuado o cálculo da tensão (T), em MPa, pela fórmula:

$$T=F/A$$



Figura 10 - Ensaio de microtração.

4.5.1. Classificação da fratura

O modo de falha foi classificado com uma lupa estereoscópica em: adesiva da interface cerâmica (A/C), adesiva da interface CRFV (A/CRFV), Mista (M) pela presença de cimento em ambas as interfaces dos substratos, ou coesiva do cimento (CC).

4.5.2. Análise estatística do ensaio de microtração

Os dados de resistência de união por microtração foram analisados estatisticamente por método paramétrico de teste t, ao nível de 5% de significância, no programa estatístico SPSS. Para o padrão de fratura, foi registrada a frequência de cada tipo de falha e submetida a análise percentual.

5. RESULTADOS

Os resultados do teste de resistência à compressão estão descritos na Tabela 2. Para este teste, foram utilizadas 15 amostras do grupo U200 e 12 amostras do grupo CIV, visto que 3 amostras deste grupo fraturaram durante a ciclagem mecânica. Verificou-se que o grupo U200 apresentou médias de resistência à compressão significativamente maiores ($p < 0,05$) quando comparado ao grupo CIV (Figura 11). Também se observou diferença entre os grupos quanto ao tipo de falha, uma vez que a falha mais frequente no grupo U200 foi a do tipo mista (46,7%) (Figura 12a), enquanto que no grupo CIV, verificaram-se mais falhas catastróficas (73,3%) (Figura 12b). A Tabela 3 e a figura 13 apresentam os resultados da análise de *Weibull*. Pode-se observar que o grupo U200 apresentou carga de fratura característica estatisticamente superior ao grupo CIV, já que os intervalos de confiança de 95% não se sobrepõem. O módulo de *Weibull* foi semelhante entre os grupos.

Tabela 2 - Média, desvio padrão (DP) e tipos de falha dos grupos experimentais através do teste de resistência à compressão.

Grupo (n)	Média±DP	Tipos de falha			
		Cônica	Radial	Mista	Catastrófica
U200 (15)	2673±398 ^b	3 (20%)	2 (13,3%)	7 (46,7%)	3 (20%)
CIV (12)	2022±442 ^a	0 (0%)	0 (0%)	4 (26,7%)	11 (73,3%)

^{a,b} - Letras diferentes após os resultados de DV representam diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

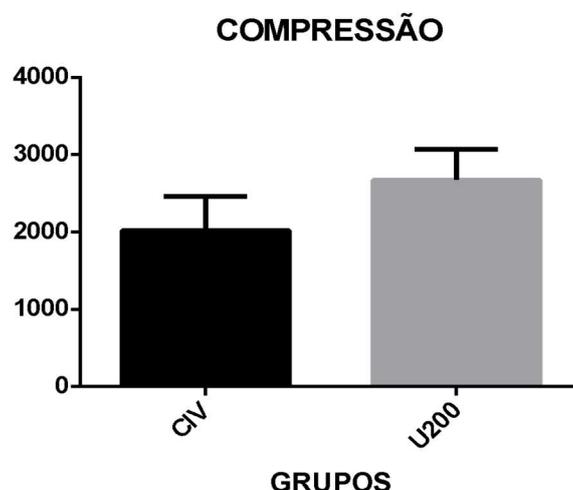


Figura 11 - Gráfico de comparação entre os resultados de resistência à compressão dos grupos experimentais.

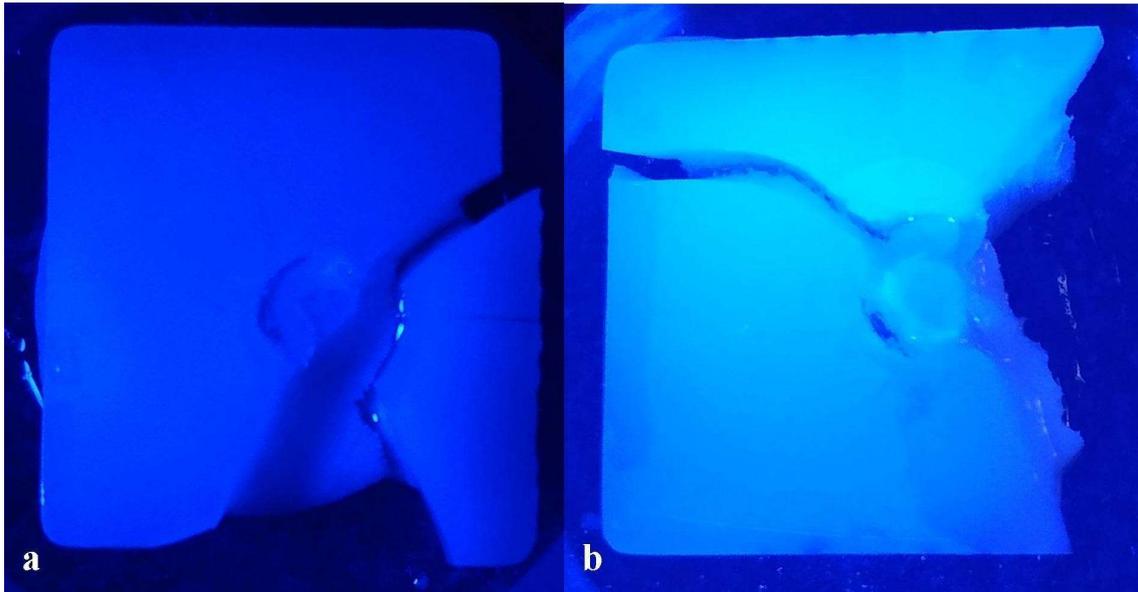


Figura 12a - Exemplo de falha mista, mais encontrada no grupo U200. b - Exemplo de falha catastrófica, mais encontrada no grupo CIV.

Tabela 3 - Carga de fratura característica (L_0) e módulo de *Weibull* (m), com os respectivos intervalos de confiança de 95% (95% CI).

Grupo	L_0^*	$L_0 - 95\% \text{ CI}$	m^*	$m - 95\% \text{ CI}$
CIV	2196 ^b	1928; 2481	5,16 ^a	3,18; 7,63
U200	2825 ^a	2659; 2992	9,76 ^a	6,08; 14,51

*Valores seguidos por letras iguais na mesma coluna são estatisticamente semelhantes.

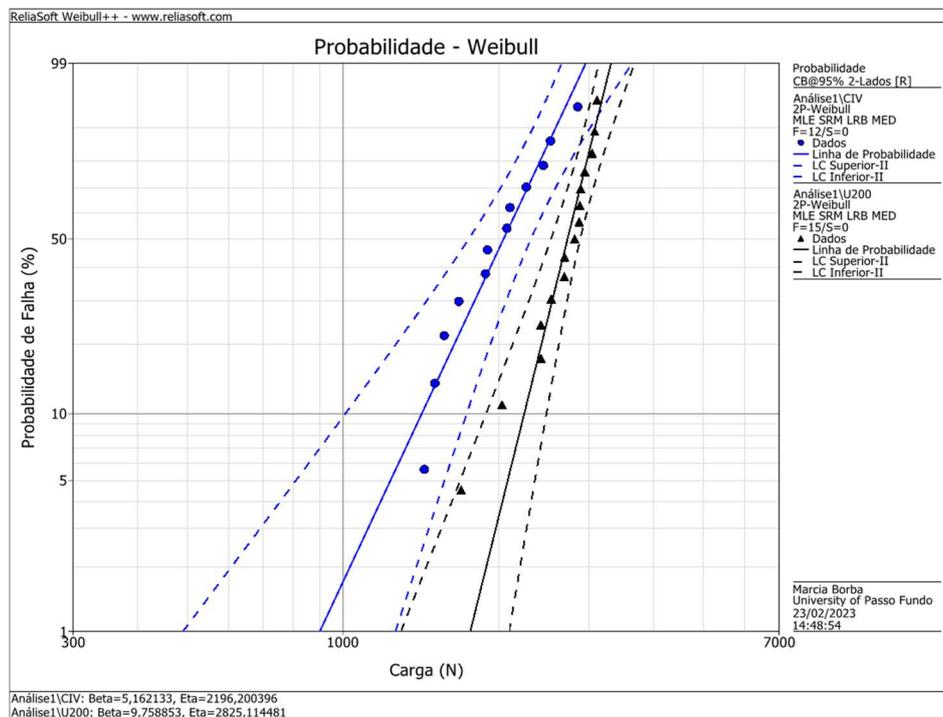


Figura 13 - Resultado gráfico da análise de *Weibull* (*Weibull++*, Reliasoft).

Para o teste de microtração, cada bloco do experimento deveria gerar, em média, 11 palitos. Não ocorreram falhas pré-teste no grupo U200, de modo que todos os palitos gerados (55) foram testados. Já para o grupo CIV, um bloco não teve falhas pré-teste e um bloco teve duas falhas pré-teste, possibilitando a obtenção da resistência adesiva com esse cimento. Dos outros três blocos desse grupo, dois perderam todos os palitos, e um perdeu 9 dos 11 palitos. Assim, para o grupo CIV, foram testados 24 palitos.

Observou-se uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre as médias dos grupos, com o grupo CIV demonstrando as menores médias de resistência adesiva (Figura 14). Ambos os grupos demonstraram mais falhas mistas (91% para U200 e 79% para CIV), seguida por falha adesiva em dentina para o grupo U200 (9%), e falha adesiva em resina para o grupo CIV (21%), conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Média, desvio padrão (DP) e tipos de falha dos grupos experimentais através do teste de resistência à microtração.

Grupo (n)	Média±DP	Tipos de falha			
		Adesiva em dentina	Adesiva em resina	Mista	Coesiva em cimento
U200 (55)	10,527±4,66 ^{5a}	5 (9%)	0 (0%)	51 (91%)	0 (0%)
CIV (24)	5,385±2,109 ^b	0 (0%)	5 (21%)	19 (79%)	0 (0%)

^{a,b} - Letras diferentes após os resultados de DV representam diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

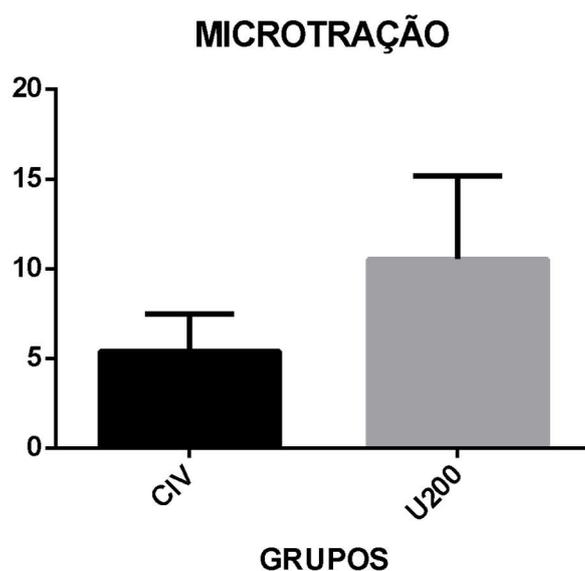


Figura 14 - Gráfico de comparação entre os resultados de resistência à microtração dos grupos experimentais.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo propôs-se a avaliar a resistência compressiva e adesiva de uma PICN (VITA Enamic) quando cimentada com um material resinoso e um ionomérico. A primeira hipótese foi rejeitada, uma vez que foi observada diferença na resistência à compressão proporcionada pelos dois agentes cimentantes, com o grupo que utilizou o CIV demonstrando uma média significativamente menor de resistência à compressão quando comparado ao grupo do cimento resinoso U200. Este resultado vai de encontro ao estudo de Vohra *et al.* (2020) que, realizando um teste de compressão em coroas de dissilicato de lítio cimentadas em dentina com um cimento bioativo, um cimento resinoso e um ionomérico, verificaram que o cimento resinoso apresentou a maior resistência a fratura dentre todos os grupos. Além disso, coroas cimentadas com cimento de ionômero de vidro mostraram cargas de falha significativamente menores em comparação às amostras de cimentos bioativo e resinoso.

Investigando a resistência à fratura por fadiga e o comportamento ao desgaste da PICN Vita Enamic obtidas por CAD/CAM e cimentadas sobre pilares de dentina com um cimento resinoso, El Zhawi *et al.* (2016) verificaram que danos oclusais menores e trincas cônicas induzidas por contato foram observadas em todos os espécimes sobreviventes, mas nenhuma trinca radial de flexão foi observada. Por outro lado, Facenda *et al.* (2019) observaram uma maior frequência de trincas radiais quando a PICN foi cimentado a pinos de fibra de vidro+resina composta, enquanto que, quando cimentado a uma liga de níquel-cromo, falhou mais por trincas cônicas.

No presente estudo, observaram-se mais falhas mistas no grupo U200 e falhas catastróficas no grupo CIV. Um cimento resinoso contendo múltiplos monômeros/polímeros de metacrilato interage bem com a superfície cerâmica silanizada e a dentina preparada, resultando na formação de um monobloco entre o dente, o cimento e a cerâmica, reforçando-a e aumentando suas cargas de fratura. As propriedades mecânicas inferiores dos ionômeros de vidro, porém, além de resultarem em maior número de falhas na adesão à superfície da cerâmica (VOHRA *et al.*, 2020), também podem tornar esse cimento mais propenso aos efeitos dos ciclos mastigatórios cumulativos. Estes, por sua vez, causam a propagação de trincas submetidas a contato deslizante cumulativo, que fornecem uma força motriz persistente para sua propagação (BEHR *et al.*, 2011; EL ZHAWI *et al.*, 2016) e podem induzir a falhas catastróficas.

Considerando apenas o material restaurador, sem cimentação, Mendonça *et al.* (2018) buscaram determinar e comparar a microestrutura, resistência à flexão, módulo de flexão, resistência à fratura e microdureza de quatro tipos de materiais restauradores obtidos por CAD/CAM, entre eles uma PICN. Foi verificado que, embora a média dos valores de resistência à fratura para a PICN (1562N) tenha sido significativamente menor do que para a vitrocerâmica (2003N) incluída neste estudo, a PICN estava acima das forças mastigatórias médias em dentes posteriores adultos, indicando sua capacidade de suportar as cargas mastigatórias sem fratura prematura. A PICN também apresentou valores de módulo de elasticidade e dureza significativamente menores em comparação à vitrocerâmica, indicando maior flexibilidade e menor rigidez.

A segunda hipótese deste estudo foi aceita, uma vez que a média de resistência de união do grupo U200 foi maior do que a do grupo CIV. Para Browning *et al.* (2002), embora o ionômero de vidro interaja na interface com a estrutura dentária criando ligações covalentes, o papel dessas ligações não é significativo no aumento da retenção, que costuma ser baixa por motivos como: (1) fratura coesiva espontânea do cimento, (2) alto estresse gerado por contração na presa, (3) restrições de adesão do cimento à coroa, (4) paredes de dentina ou configuração geométrica onde existem poucas oportunidades de alívio de tensão por deformação plástica ou fluxo de cimento, (5) e o fato de que o cimento de ionômero de vidro desidrata e se contrai extremamente rapidamente no ar ou na umidade.

Apesar destes resultados, o estudo de Lorenzetti *et al.* (2019), que comparou o desempenho de cimentos de ionômero de vidro e do cimento resinoso autoadesivo RelyX U200 quando da cimentação de pinos de fibra de vidro, encontrou valores semelhantes de resistência adesiva. Os autores explicam que o cimento de ionômero de vidro adere ao substrato da dentina principalmente através de uma ligação química entre o íon cálcio da hidroxiapatita e os grupos carboxilato formados durante a reação ácido-base do material, enquanto a composição do cimento Relyx U200 consiste em partículas de carga (alumínio, estrôncio, cálcio e flúor), compostos fotoiniciadores e monômeros de resina de fosfato ácido. Esses monômeros fornecem uma característica hidrofílica inicial ao cimento, o que facilita a reação química com o cálcio presente no substrato dentinário, porém, também reagem com partículas de cálcio presentes na composição química do cimento autoadesivo, como o Relyx U200.

A semelhança em parte das reações químicas entre a hidroxiapatita e os grupos carboxila do cimento resinoso autoadesivo e do cimento de ionômero de vidro

quimicamente ativado podem justificar os resultados de Lorenzetti *et al.* (2019). Porém, seus resultados divergem dos nossos muito provavelmente devido a diferenças metodológicas, como o fato que o estudo em questão utilizou pinos, enquanto o presente estudo foi feito sobre blocos. Devido à sua natureza resinosa, a polimerização dos cimentos resinosos é caracterizada por uma inevitável contração volumétrica. Além disso, quando usados para cimentar pinos, *inlays* e coroas, os cimentos resinosos são aplicados em camadas finas, caracterizadas por um nível extremamente alto de restrição externa, que podem gerar tensão suficiente para causar a descolagem do material de cimentação, diminuindo a retenção e aumentando a microinfiltração (FRASSETTO *et al.*, 2012).

Os melhores resultados obtidos no nosso trabalho em relação ao estudo de Lorenzetti *et al.* (2019) se justificam pelo fato de que nós trabalhamos com corpos de prova geométricos para tentar isolar o fator adesão e eliminar todos os vieses que uma retenção mecânica pode trazer. Nessa situação, isolando os fatores, o comportamento foi melhor para o cimento resinoso. Sendo esta uma pesquisa laboratorial que testou espécimes de geometria simplificada, contudo, nossos achados devem ser interpretados com cautela, sendo necessária a realização de testes clínicos que avaliem as variáveis em estudo a fim de se comprovar os resultados obtidos antes de qualquer extrapolação a uma situação clínica.

Indo de encontro aos nossos resultados, Pathak *et al.* (2016), que avaliaram e compararam a resistência adesiva de dois cimentos resinosos autoadesivos, um deles sendo o RelyX U200, e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina na cimentação de uma coroa de aço inoxidável, verificaram que o cimento RelyX U200 apresentou resistência retentiva significativamente maior do que os outros dois cimentos. Vivek *et al.* (2022) também compararam o RelyX U200 a um cimento de ionômero de vidro quanto a resistência ao cisalhamento entre zircônia e dentina, verificando uma melhor força de união quando utilizado o cimento resinoso. É relatado que a superioridade dos cimentos resinosos decorre da sua interação clínica e mecânica com o substrato dental, já que seus monômeros ácidos são capazes de dissolver a *smear layer*, permitindo a penetração do cimento para o interior dos túbulos dentinários e uma boa adesão e camada híbrida, que resulta em retenção micromecânica (GOMES; GOMES; GOMES, 2019). Yilmaz *et al.* (2004) explicam que a presença de ésteres de fosfato nesses cimentos descalcifica a dentina ou o esmalte, melhorando a ligação micromecânica entre ele e o dente, além de ocorrer uma ligação iônica entre o monômero de éster de fosfato carregado negativamente e os íons do cálcio dentário carregados positivamente.

Diferentes cimentos resinosos já foram testados entre si no estudo de Eltoukhy *et al.* (2021), que avaliaram o desempenho clínico de 5 anos de inlays indiretos de resina composta cimentados com um cimento resinoso de condicionamento total, um autocondicionante e um autoadesivo. Todos os três mostraram desempenho clínico aceitável em 5 anos, apesar de o grupo de cimento resinoso de condicionamento total ter obtido o melhor desempenho clínico em relação à descoloração adaptação marginal. Por outro lado, o estudo de Kim *et al.* (2022), que avaliaram a resistência ao cisalhamento de vários tipos de cimentos resinosos e aderentes, com e sem termociclagem, verificou-se que o cimento resinoso autoadesivo RelyX Unicem 2 obteve resultados de resistência ao cisalhamento significativamente maiores do que os outros cimentos resinosos nos aderentes de resina e cerâmica, independente de terem passado ou não por termociclagem. Os autores explicam que a resistência de união dos cimentos resinosos pode variar a depender do método experimental, do tipo de aderente e da ocorrência de termociclagem, bem como das diferentes técnicas e materiais disponíveis para a cimentação de restaurações à estrutura dental.

Um exemplo disso é o estudo de Fathy *et al.* (2022) que, avaliando o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união à microtração de duas cerâmicas CAD/CAM, sendo uma PICN e uma com resina composta, verificou que esses tratamentos de superfície aumentaram significativamente a resistência de união à microtração em comparação com o grupo controle, que não recebeu tratamento de superfície. O grupo da cerâmica infiltrada com resina composta obteve melhores valores quando tratada com abrasão a ar com $50\mu\text{m Al}_2\text{O}_3$ e adesivo universal, enquanto que a PICN obteve os melhores resultados quando tratada com abrasão a ar com $50\mu\text{m Al}_2\text{O}_3$, ácido fluorídrico e silano. Da mesma forma, o estudo de Nagasawa *et al.* (2021), que examinou os efeitos do jateamento, condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação de silano na resistência ao cisalhamento de um cimento resinoso autoadesivo, sete diferentes resinas compostas CAD/CAM e um núcleo de resina composta, verificou melhores valores de resistência de união quando o condicionamento ácido ou o jateamento da superfície foi utilizado junto ao silano.

O ácido fluorídrico tende a dissolver a fase vítrea da PICN enquanto a rede polimérica permanece intacta, o que cria uma estrutura com alto potencial de intertravamento micromecânico (YU *et al.*, 2020). A aplicação do silano, então, aumenta a molhabilidade da superfície, facilitando a formação de ligações covalentes entre o material restaurador e o cimento resinoso, o que resulta em uma interação efetiva

(CAMPOS *et al.*, 2016). No presente estudo, a utilização do ácido fluorídrico seguido pelo silano no grupo da PICN provavelmente favoreceu os resultados superiores deste grupo, conforme já relatado anteriormente por Hilgemberg *et al.* (2022) que, ao avaliar o efeito de diferentes estratégias na resistência de união à microtração de agentes de cimentação a compósitos CAD/CAM, verificou que os maiores valores foram observados quando um silano foi aplicado antes do uso do cimento resinoso na superfície da cerâmica Vita Enamic, concluindo que a eficácia da estratégia de união pode variar de acordo com o compósito CAD/CAM, o cimento resinoso, adesivo e o silano utilizado.

Os diferentes parâmetros aos quais as PICN e os cimentos forem submetidos, como tratamento de superfície, influenciam nos tipos de falha desses materiais (ARCILA *et al.*, 2022). El-Damanny e Gaintantzopoulou (2017) observaram um maior número de falhas coesivas, e atribuíram esse resultado ao micro-intertravamento criado pelo ácido fluorídrico, que aumenta a resistência de união entre o adesivo e o substrato. Santos-Neto *et al.* (2021), por sua vez, avaliaram a resistência à tração e os tipos de falha sofridos por *copings* de zircônia cimentados com cimentos resinosos ou de ionômeros de vidro sobre pilares de base de titânio, observando uma melhor estabilidade dos cimentos resinosos e um padrão de falha misto predominante para ambos os grupos.

7. CONCLUSÕES

Após a realização do presente estudo, concluiu-se que a cimentação de um material à base de cerâmica infiltrada por resina (PICN) utilizando cimento resinoso (U200) gera um conjunto com maior resistência à compressão e maior resistência adesiva do que a cimentação com um cimento de ionômero de vidro (CIV).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SHATTI, R. A.; DASHTI, G. H.; PHILIP, S.; MICHAEL, S.; SWAIN, M. V. Size or hierarchical dependence of the elastic modulus of three ceramic-composite CAD/CAM materials. *Dent Mater*, v.35, n.7, p.953-962, 2019. doi: 10.1016/j.dental.2019.03.012.

ARCILA, L. V. C.; GOMES, L. C. L.; ORTIZ, L. P. N.; COSTA, M. M. D.; TRIBST, J. P. M.; BOTTINO, M. A.; SAAVEDRA, G. S. F. A.; DE MELO, R. M. Effect of resin cement at different thicknesses on the fatigue shear bond strength to leucite ceramic. *Eur J Dent*, 2022. doi: 10.1055/s-0042-1758797. Epub ahead of print.

BEHR, M.; MEIER, S.; HAHNEL, S.; BÜRGERS, R.; HANDEL, G.; ROSENTRITT, M. Glass ionomer layer thickness and its influence on zirconia failure. *J Mech Behav Biomed Mater*, v.4, n.7, p.1567-1570, 2011. doi: 10.1016/j.jmbbm.2011.05.023.

BROWNING, W. D.; NELSON, S. K.; CIBIRKA, R.; MYERS, M. L. Comparison of luting cements for minimally retentive crown preparations. *Quintessence Int*, v.33, n.2, p.95-100, 2002.

CAMPOS, F.; ALMEIDA, C. S.; RIPPE, M. P.; MELLO, R. M. de; VALANDRO, L. F.; BOTINO, M. A. Resin bonding to a hybrid ceramic: Effects of surface treatments and aging. *Oper Dent*, v.41, n.2, p.171-178, 2016.

COLDEA, A.; SWAIN, M. V.; THIEL, N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent Mater*, v.29, n.4, p.419-426, 2013.

DAL BELLO, Y.; DI DOMENICO, M. B.; DAL MAGRO, L.; LISE, M. W.; CORAZZA, P. H. Bond strength between composite repair and polymer-infiltrated ceramic-network material: Effect of different surface treatments. *J Esthet Restor Dent*, v.31, n.3, p.275-279, 2019.

DELLA BONA, A.; CORAZZA, P. H.; ZHANG, Y. Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material. *Dent Mater*, v.30, n.5, p.564-569, 2014.

DUARTE, S.; SARTORI, N.; PHARK, J. H. Ceramic-reinforced polymers: CAD/CAM hybrid restorative materials. *Curr Oral Health Rep*, v.3, n.3, p.198-202, 2016. doi:10.1007/s40496-016-0102-2.

EL ZHAWI, H.; KAIZER, M. R.; CHUGHTAI, A.; MORAES, R. R.; ZHANG, Y. Polymer infiltrated ceramic network structures for resistance to fatigue fracture and wear. *Dent Mater*, v.32, n.11, p.1352-1361, 2016. doi: 10.1016/j.dental.2016.08.216.

EL-DAMANHOURY, H. M.; GAINANTZOPOULOU, M. D. Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching: Etching efficacy and bonding performance. *J Prosthodont Res*, v.62, n.1, p.75-83, 2018. doi: 10.1016/j.jpor.2017.06.002.

ELTOUKHY, R. I.; ELKAFFAS, A. A.; ALI, A. I.; MAHMOUD, S. H. Indirect resin composite inlays cemented with a self-adhesive, self-etch or a conventional resin cement luting agent: A 5 years prospective clinical evaluation. *J Dent*, v.11, p.103740, 2021. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103740.

EMSERMANN, I.; EGGMANN, F.; KRASTL, G.; WEIGER, R.; AMATO, J. Influence of pretreatment methods on the adhesion of composite and polymer infiltrated ceramic CAD-CAM blocks. *J Adhes Dent*, v.21, n.5, p.433-443, 2019. doi: 10.3290/j.jad.a43179.

FACENDA, J. C.; BORBA, M.; CORAZZA, P. H. A literature review on the new polymer-infiltrated ceramic-network material (PICN). *J Esthet Restor Dent*, v.30, n.4, p.281-286, 2018.

FACENDA, J. C.; BORBA, M.; BENETTI, P.; DELLA BONA, A.; CORAZZA, P. H. Effect of supporting substrate on the failure behavior of a polymer-infiltrated ceramic network material. *J Prosthet Dent*, v.121, n.6, p.929-934, 2019.

FATHY, H.; HAMAMA, H. H.; EL-WASSEFY, N.; MAHMOUD, S. H. Effect of different surface treatments on resin-matrix CAD/CAM ceramics bonding to dentin: In vitro study. *BMC Oral Health*, v.22, n.1, p.635, 2022.

FLURY, S.; SCHMIDT, S. Z.; PEUTZFELDT, A.; LUSSI, A. Dentin bond strength of two resin-ceramic computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) materials and five cements after six months storage. *Dent Mater J*, v.35, n.5, p.728-735, 2016.

FRASSETTO, A.; NAVARRA, C. O.; MARCHESI, G.; TURCO, G.; DI LENARDA, R.; BRESCHI, L.; FERRACANE, J. L.; CADENARO, M. Kinetics of polymerization and contraction stress development in self-adhesive resin cements. *Dent Mater*, v.28, n.9, p.1032-1039, 2012. doi: 10.1016/j.dental.2012.06.003.

GOMES, E. V.; GOMES, F. V.; GOMES, I. A. Uso de cimentos resinosos Rely-x u200 e ultimate + single bond universal em odontologia: Uma revisão de literatura. *Revista da ACBO*, v.8, n.2, p.65-70, 2019.

HILGEMBERG, B.; SIQUEIRA, F. S. F.; CARDENAS, A. F. M.; RIBEIRO, J. L.; DÁVILA-SÁNCHEZ, A.; SAURO, S.; LOGUERCIO, A. D.; ARRAIS, C. A. G. Effect of bonding protocols on the performance of luting agents applied to cad-cam composites. *Materials*, v.15, n.17, p.6004, 2022. doi: 10.3390/ma15176004.

KANG, L.; ZHOU, Y.; LAN, J.; YU, Y.; CAI, Q.; YANG, Z. Effect of resin composition on performance of polymer-infiltrated feldspar-network composites for dental restoration. *Dent Mater J*, v.39, n.5, p.900-908, 2020.

KAWAJIRI, Y.; IKEDA, H.; NAGAMATSU, Y.; MASAKI, C.; HOSOKAWA, R.; SHIMIZU, H. PICN nanocomposite as dental CAD/CAM block comparable to human tooth in terms of hardness and flexural modulus. *Materials*, v.14, n.5, p.1-13, 2021.

KIM, A. J.; SHIN, S. J.; YU, S. H.; OH, S.; BAE, J. M. Shear bond strengths of various resin cements between three types of adherends and bovine teeth with and without thermocycling. *Dent Mater J*, v.41, n.2, p.323-332, 2022. doi: 10.4012/dmj.2021-259.

LEEVAILOJ, C.; PLATT, J. A.; COCHRAN, M. A.; MOORE, B. K. In vitro study of fracture incidence and compressive fracture load of all-ceramic crowns cemented with resin-modified glass ionomer and other luting agents. *J Prosthet Dent*, v.80, n.6, p.699-707, 1998.

LI, J.; ZHANG, X. H.; CUI, B. C.; LIN, Y. H.; DENG, X. L.; LI, M.; NAN, C. W. Mechanical performance of polymer-infiltrated zirconia ceramics. *J Dent*, v.58, p.60-66, 2017. doi: 10.1016/j.jdent.2017.01.008.

LIN, A.; MCINTYRE, N. S.; DAVIDSON, R. D. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *J Dent Res*, v.71, n.11, p.1836-1841, 1992.

LORENZETTI, C. C.; BORTOLATTO, J. F.; RAMOS, A. T. P. R.; SHINOHARA, A. L.; SAAD, J. R. C.; KUGA, M. C. The effectiveness of glass ionomer cement as a fiber post cementation system in endodontically treated teeth. *Microsc Res Tech*, v.82, n.7, p.1191-1197, 2019.

LUDOVICHETTI, F. S.; TRINDADE, F. Z.; WERNER, A.; KLEVERLAAN, C. J.; FONSECA, R. G. Wear resistance and abrasiveness of CAD-CAM monolithic materials. *J Prosthet Dent*, v.120, n.2, p.318-326, 2018.

MAINJOT, A. K.; DUPONT, A. M.; OUDKERK, J. C.; DEWAEEL, T. Y.; SADOUN, M. J. From artisanal to CAD-CAM blocks: State of the art of indirect composites. *J Dent Res*, v.95, p.487-495, 2016.

MANSO, A. G.; GONZÁLEZ-LOPEZ, S.; BOLAÑOS-CARMONA, V.; MAURÍCIO, P. J.; FÉLIX, S. A.; CARVALHO, P. A. Regional bond strength to lateral walls in class I and II ceramic inlays luted with four resin cements and glass-ionomer luting agent. *J Adhes Dent*, v.13, n.5, p.455-465, 2011. doi: 10.3290/j.jad.a19816.

MANSO, A. P.; SILVA, N. R. F. A.; BONFANTE, E. A.; PEGORARO, T. A.; DIAS, R. A.; CARVALHO, R. M. Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dent Clin North Am*, v.55, n.2, p.311-332, 2011.

MARTINS, L. M.; LORENZONI, F. C.; FARIAS, B. C.; LOPES, L. D. S.; BONFANTE, G.; RUBO, J. H. Comportamento biomecânico das cerâmicas odontológicas: Revisão. *Cerâmica*, v.56, p.148-155, 2010.

MENDONÇA, A. F.; SHAHMORADI, M.; DE GOUVÊA, C. V. D.; DE SOUZA, G. M.; ELLAKWA, A. Microstructural and mechanical characterization of cad/cam materials for monolithic dental restorations. *J Prosthodont*, v.28, n.2, p.e587-e594, 2019. doi:10.1111/jopr.12964

MENEZES-SILVA, R.; CABRAL, R. N.; PASCOTTO, R. C.; BORGES, A. F. S.; MARTINS, C. C.; NAVARRO, M. F. de L.; SIDHU, S. K.; LEAL, S. C. Mechanical and optical properties of conventional restorative glass ionomer cements: A systematic review. *J Appl Oral Sci*, v.27, p.1-9, 2019.

MERLO, E. G.; DELLA BONA, A.; GRIGGS, J. A.; JODHA, K. S.; CORAZZA, P. H. Mechanical behavior and adhesive potential of glass fiber-reinforced resin-based composites for use as dentin analogues. *Am J Dent*, v.33, n.6, p.310-314, 2020.

NAGASAWA, Y.; HIBINO, Y.; EDA, Y.; NAKAJIMA, H. Effect of surface treatment of CAD/CAM resin composites on the shear bond strength of self-adhesive resin cement. *Dent Mater J*, v.40, n.2, p.364-378, 2021. doi: 10.4012/dmj.2019-431.

NISHIOKA, G.; PROCHNOW, C.; FIRMINO, A.; AMARAL, M.; BOTTINO, M. A.; VALANDRO, L. F.; MELO, R. M de. Fatigue strength of several dental ceramics indicated for CAD-CAM monolithic restorations. *Braz Oral Res*, v.32, p.e53, 2018.

ÖZCAN, M.; VOLPATO, C. A. M. Surface conditioning and bonding protocol for polymer-infiltrated ceramic: How and why? *J Adhes Dent*, v.18, n.2, p.174-175, 2016.

PATHAK, S.; SHASHIBHUSHAN, K. K.; POORNIMA, P.; REDDY, V. S. *In vitro* evaluation of stainless steel crowns cemented with resin-modified glass ionomer and two new self-adhesive resin cements. *Int J Clin Pediatr Dent*, v.9, n.3, p.197-200, 2016. doi: 10.5005/jp-journals-10005-1363.

PEREIRA, J. R.; ROSA, R. A. da; SÓ, M. V. R.; AFONSO, D.; KUGA, M. C.; HONÓRIO, H. M.; VALLE, A. L. do; VIDOTTI, H. A. Push-out bond strength of fiber posts to root dentin using glass ionomer and resin modified glass ionomer cements. *J Appl Oral Sci*, v.22, n.5, p.390-396, 2014.

PETRINI, M.; FERRANTE, M.; SU, B. Fabrication and characterization of biomimetic ceramic/polymer composite materials for dental restoration. *Dent Mater*, v.29, n.4, p.375-381, 2013.

PEUTZFELDT, A.; SAHAFI, A.; FLURY, S. Bonding of restorative materials to dentin with various luting agents. *Oper Dent*, v.36, n.3, p.266-273, 2011. doi: 10.2341/10-236-L.

ROHR, N.; FLURY, A.; FISCHER, J. Efficacy of a universal adhesive in the bond strength of composite cements to polymer-infiltrated ceramic. *J Adhes Dent*, v.19, n.5, p.417-424, 2017. doi: 10.3290/j.jad.a39277.

SANTOS, F.; BRANCO, A.; POLIDO, M.; SERRO, A. P.; FIGUEIREDO-PINHA, C. G. Comparative study of the wear of the pair human teeth/Vita Enamic® vs commonly used dental ceramics through chewing simulation. *J Mech Behav Biomed Mater*, v.88, p.251-260, 2018.

SANTOS-NETO, O. S.; GONÇALVES, L. M.; MAIA-FILHO, E. M.; MALHEIROS, A. S.; FIROOZMAND, L. M.; VILLIS, P. C.; CARDENAS, A. F.; TAVAREZ, R. R. Retention of cemented zirconia copings on TiBase abutments. *Acta Odontol Latinoam*, v.34, n.3, p.214-220, 2021. doi: 10.54589/aol.34/3/214.

SARKIS-ONOFRE, R.; SKUPIEN, J. A.; CENCI, M. S.; MORAES, R. R.; PEREIRA-CENCI, T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper Dent*, v.39, n.1, p.E31-44, 2014. doi: 10.2341/13-070-LIT.

SCHWENTER, J.; SCHMIDLI, F.; WEIGER, R.; FISCHER, J. Adhesive bonding to polymer infiltrated ceramic. *Dent Mater J*, v.35, n.5, p.796-802, 2016. doi: 10.4012/DMJ.2015-271.

SODEYAMA, M. K.; IKEDA, H.; NAGAMATSU, Y.; MASAKI, C.; HOSOKAWA, R.; SHIMIZU, H. Printable PICN composite mechanically compatible with human teeth. *J Dent Re*, v.100, n.13, p.1475-1481, 2021. doi: 10.1177/00220345211012930.

SOLEIMANI, F.; JALALI, H.; MOSTAFAVI, A. S.; ZEIGHAMI, S.; MEMARIAN, M. Retention and clinical performance of zirconia crowns: A comprehensive review. *Int J Dent*, v.2020, n.1, p.1-6, 2020.

SOLIMAN, A. S.; IBRAHIM, R. M.; AMEEN, S. A. The effect of thickness on the optical properties of enamic hybrid ceramic compared to vita feldspathic: In vitro study. *Egypt Dent J*, v.62, n.1, p.727-732, 2016.

SNYDER, M. D.; LANG, B. R.; RAZZOOG, M. E. The efficacy of luting all-ceramic crowns with resin-modified glass ionomer cement. *J Am Dent Assoc*, v.34, n.5, p.609-612, 2003. doi: 10.14219/jada.archive.2003.0228.

VAN DIJKEN, J. W. Resin-modified glass ionomer cement and self-cured resin composite luted ceramic inlays. A 5-year clinical evaluation. *Dent Mater*, v.19, n.7, p.670-674, 2003. doi: 10.1016/s0109-5641(03)00011-3.

VIEIRA, I. M.; LOURO, R. L.; ATTA, M. T.; NAVARRO, M. F. de L.; FRANCISCONI, P. A. S. O cimento de ionômero de vidro na odontologia. *Rev. Saúde.com*, v.2, n.1, p.75-84, 2006.

VIVEK, V. J.; VENUGOPAL, P.; DIVAKAR, N.; BHARATH, S.; SARIN, K.; MOHAMMED, N. Comparison of zirconia to dentin bonding using resin-based luting cements and resin-modified glass-ionomer cement: *In vitro*. *J Pharm Bioallied Sci*, v.14(Suppl 1, p.S460-S463, 2022. doi: 10.4103/jpbs.jpbs_779_21.

VOHRA, F.; ALTWAIM, M.; ALSHUWAIER, A.; DEEB, M. A.; ALFAWAZ, Y.; ALRABIAH, M.; ABDULJABBAR, T. Influence of bioactive, resin and glass ionomer luting cements on the fracture loads of dentin bonded ceramic crowns. *Pak J Med Sci*, v.36, n.3, p.416-421, 2020.

WHITE, S. N.; MIKLUS, V. G.; MCLAREN, E. A.; LANG, L. A.; CAPUTO, A. A. Flexural strength of a layered zirconia and porcelain dental all-ceramic system. *J Prosthet Dent*, v.94, p.125-131, 2005.

YILMAZ, Y.; DALMIS, A.; GURBUZ, T.; SIMSEK, S. Retentive force and microleakage of stainless steel crowns cemented with three different luting agents. *Dent Mater J*, v.23, n.4, p.577-584, 2004.

YIU, C. K.Y.; TAY, F. R.; KING, N. M.; PASHLEY, D. H.; CARVALHO, R. M.; CARRILHO, M. R. O. Interaction of resin-modified glass-ionomer cements with moist dentine. *J Dent*, v.32, n.7, p.521-530, 2004.

YU, H.; ÖZCAN, M.; YOSHIDA, K.; CHENG, H.; SAWASE, T. Bonding to industrial indirect composite blocks: A systematic review and meta-analysis. *Dent Mater*, v.36, n.1, p.119-134, 2020. doi: 10.1016/j.dental.2019.11.002.

ZHANG, Y. R.; DU, W.; ZHOU, X. D.; YU, H. Y. Review of research on the mechanical properties of the human tooth. *Int J Oral Sci*, v.6, n.2, p.61-69, 2014.