

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Letícia Moreschi

**AVALIAÇÃO DA CARGA COMPRESSIVA E
RESISTÊNCIA ADESIVA DE UMA
ZIRCÔNIA TRANSLÚCIDA CIMENTADA
COM DIFERENTES MATERIAIS**

Passo Fundo

2024

Letícia Moreschi

**AVALIAÇÃO DA CARGA COMPRESSIVA E
RESISTÊNCIA ADESIVA DE UMA
ZIRCÔNIA TRANSLÚCIDA CIMENTADA
COM 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

2024

Folha reservada para
Ata de aprovação da Banca Examinadora

Observação:

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

Folha reservada para
Ficha catalográfica

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

Nascida em Passo Fundo, Rio Grande do Sul no dia 16 de abril de 1995. Filha primogênita de Osmar Antônio Moreschi e Silvana Caitana Moreschi.

Graduou-se em Odontologia na Atitus Educação (anteriormente denominada Faculdade IMED) com honra ao mérito, concedida pelo Conselho Regional de Odontologia do Rio Grande do Sul e pela instituição de ensino IMED pela obtenção da maior média acadêmica entre os formandos 2018/1.

Contemplada com uma bolsa de estudos, realizou a tão almejada especialização em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial no Centro de Estudos Odontológicos Meridional (CEOM) e Hospital São Vicente de Paulo (HSVP), em Passo Fundo, concluída em 2021. Posteriormente, iniciou a especialização em Prótese Dentária, também no CEOM, finalizada em 2023.

Atualmente, atua em consultório particular, além de outras clínicas na cidade de Passo Fundo. É docente do Curso de Atualização em Cirurgia Oral menor e da Especialização em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial do CEOM. Além disso, integra o corpo clínico do HSVP, atuando como Cirurgiã Bucomaxilofacial.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por sempre guiar meus passos e proteger a mim e a minha família. Ele é a minha fonte constante de fé, de sabedoria e de luta, tanto nos dias bons quanto nos dias desafiadores. Agradeço a Ele por me mostrar continuamente que o propósito da nossa jornada é crescer e tornar-se um ser humano melhor a cada dia.

Aos meus pais, **Osmar e Silvana**, agradeço por sempre destacarem a importância da educação e do estudo no meu desenvolvimento. Por me criarem dentro dos princípios do bem, da ética e da honestidade. Pelas palavras de força e de incentivo em todos os momentos que não me achei capaz. Obrigada por serem sempre meu porto seguro.

Ao meu marido, **Moacir**, por sempre incentivar a luta e a busca pelos meus sonhos. Nossa família é a minha maior conquista. Obrigada por ser meu parceiro nessa jornada.

Aos meus colegas de mestrado, foi uma honra tê-los como companheiros durante essa caminhada. Em especial, minha amiga e colega **Maisi Ruy Flores**, nossa amizade e parceria, que perdura há quase quinze anos, é motivo de muito orgulho para mim.

À **Universidade de Passo Fundo**, aos **professores e funcionários do PPGOdonto**, agradeço pelo acolhimento, pelo aprendizado e pelo ótimo convívio que compartilhamos ao longo desses dois anos. Ao meu orientador, **Prof. Dr. Pedro Henrique Corazza**,

agradeço pela paciência, auxílio e por todos os ensinamentos durante a realização desse trabalho. À **Marciele Fuhr**, à época graduanda e, agora, colega, agradeço pela disponibilidade e incentivo na construção dessa pesquisa.

Esse trabalho foi realizado com a colaboração da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)**. Agradeço à instituição pelo apoio financeiro na elaboração dessa pesquisa e pelo incentivo na progressão da ciência e pesquisa no nosso país.

SUMÁRIO

BIOGRAFIA DO AUTOR.....	5
AGRADECIMENTOS.....	6
SUMÁRIO	8
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS	13
1.INTRODUÇÃO	18
2.REVISÃO DE LITERATURA	200
2.1 Sistemas Cerâmicos.....	20
2.2 Zircônia – Comportamento mecânico.....	21
2.3 Zircônia – Comportamento adesivo.....	23
2.4 Cimento de Ionômero de Vidro.....	30
2.5 Cimentos Resinosos.....	34
3. PROPOSIÇÃO	377
3.1 Objetivos Gerais.....	37
3.2 Objetivos específicos.....	37
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
4.1 Local de realização da pesquisa e delineamento de estudo.....	39
4.2 Materiais.....	39
4.3 Métodos.....	43
4.4 Confecção dos corpos de prova.....	44

4.4.1 Zircônia.....	44
4.4.2 Compósito resinoso reforçado por fibra de vidro.....	45
4.5 Tratamentos de superfície da zircônia e sinterização.....	46
4.5.1 Jateamento.....	46
4.5.2 Zirlink®.....	47
4.6 Cimentação.....	48
4.6.1 Cimentação dos corpos de prova submetidos à compressão e microtração.....	48
4.6.1.1 Zircon Fit Plus® + CRaut RelyxU200® + Substrato (CRFV).....	49
4.6.1.2 Zircon Fit Plus® + CIV GC Gold Label 1 + Substrato (CRFV).....	50
4.6.1.3 Zircon Fit Plus® + CIV- RGC Fuji Plus C + Substrato (CRFV).....	51
4.6.2 Cimentação dos corpos de prova submetidos ao microcisalhamento.....	53
4.7 Teste de resistência à compressão.....	55
4.8 Ensaio de microtração.....	57
4.9 Teste de microcisalhamento.....	58
4.10 Análise dos dados.....	58
5. RESULTADOS.....	59
6. DISCUSSÃO.....	65
7. CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS.....	72
ARTIGO SUBMETIDO.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais utilizados nos grupos experimentais.....	40
Fluxograma do estudo.....	44
Tabela 2 - Média, desvio padrão (DP) e tipos de falha dos grupos experimentais do teste de resistência à compressão.....	60
Tabela 3 – Falhas pré-testes registradas nos grupos que seriam submetidos à microtração.....	62
Tabela 4 – Média, mediana e comparação dos resultados entre os grupos.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cimentos utilizados nos testes de compressão e microtração.....	43
Figura 2- Amostras de 4mm do CRFV obtidas após a secção do cilindro do material.....	46
Figura 3 – Lâminas de zircônia sinterizadas e espessuras conferidas com paquímetro digital.....	47
Figura 4 – Aplicação do Zirlink® (Imagem cedida pela Blue Dent).....	48
Figura 5- Aplicação de silano em toda superfície da lâmina de zircônia.....	49
Figura 6- Aplicação da carga sobre o conjunto cimentado, seguida da fotoativação.....	50
Figura 7- Desenho esquemático da cimentação Zircon Fit Plus® + CRaut RelyxU200® + Substrato (CRFV).....	50
Figura 8- Conjunto Zircon Fit Plus® + CIV GC Gold Label 1 + Substrato (CRFV) após cimentação.....	51
Figura 9- Desenho esquemático da cimentação Zircon Fit Plus® + CIV GC Gold Label 1 + Substrato (CRFV).....	51
Figura 10- Confeção dos tubos com resina acrílica, seguida da fixação do conjunto cimentado.....	52
Figura 11- Desenho esquemático da cimentação Zircon Fit Plus® + CIV-R GC Fuji Plus + Substrato (CRFV).....	53
Figura 12- Marcações realizadas nas lâminas de zircônia.....	53
Figura 13- Fixação dos cilindros de silicone na lâmina de zircônia.....	54
Figura 14- Cimentação dos corpos de prova de zircônia para o teste de microcisalhamento.....	55

Figura 15- Teste de envelhecimento mecânico por ciclagem.....	55
Figura 16- Teste de carga compressiva.....	56
Figura 17- Tentativa de secção dos palitos para o ensaio de microtração.....	57
Figura 18 – Gráfico de comparação entre os grupos do teste de resistência à compressão.....	60
Figura 19 – A) Falha catastrófica, encontrada nos grupos CIV e CIV-R.	
B) Falha mista, encontrada em todos os grupos.....	61
Figura 20- Gráfico de comparação entre os grupos do teste de microcisalhamento.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS

CIV	Cimento de ionômero de vidro
CIV –R	Cimento de ionômero de vidro reforçado por resina
CRFV	Compósito resinoso reforçado por fibra de vidro
ZrO ₂	Dióxido de Zircônio
µm	Micrômetro
MPa	Megapascal
GPa	Gigapascal
Y-TZP	Zircônia tetragonal policristalina
Y-PSZ	Zircônia parcialmente estabilizada
PSI	Libra-força por polegada quadrada
°C	Graus Celsius
mm ²	Milímetros quadrados
N	Newton
Hz	Hertz
mW	Miliwatt
MDP	10-Metacrilóiloxidecil di-hidrogênio fosfato

RESUMO

Esse estudo teve como objetivo avaliar a resistência adesiva e compressiva de uma zircônia translúcida (Zircon Fit Plus®) cimentada com diferentes tipos de cimento. Foram confeccionadas 84 lâminas a partir de um bloco de zircônia (Zircon Fit Plus®). 60 lâminas foram cimentadas sobre análogos de dentina (CRFV) para testes de compressão e microtração e 24 foram utilizadas para testes de microcisalhamento. Foram utilizados os cimentos GC Gold Label 1® (CIV), GC Fuji Plus C® (CIV-R) e Cimento resinoso Relyx U200® (CRaut) para os testes de compressão e microtração. Para o teste de microcisalhamento, foi adicionado um cimento resinoso contendo MDP, o Panavia V5® (CR-MDP). As lâminas de zircônia dos testes de compressão, microtração, e um grupo do teste de microcisalhamento foram submetidas a um jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica após a sinterização. No outro grupo do teste de microcisalhamento, a zircônia foi submetida a um tratamento pré-sinterização com um preparador de adesão de zircônias (Zirlink®). Os corpos de prova que foram testados em compressão foram submetidos a envelhecimento mecânico (500.000 ciclos, carga 50 N, 2 Hz). Os testes foram realizados com uma velocidade 0,5 mm/min em uma máquina de ensaios universal. Os resultados de carga compressiva foram comparados com um teste de

Anova 1-fator, seguido pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Para o teste de microcisalhamento, foi utilizado Kruskal-Wallis e Dunn ($\alpha=0,05$), e ANOVA 1-fator e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Os resultados do teste de compressão demonstraram que não houve diferença significativa entre os três grupos testados ($p>0,05$). Não foram obtidas amostras suficientes para a realização do teste de microtração (ocorreram falhas pré-teste durante o corte em todas as situações). No teste de microcisalhamento, foi possível observar que os cimentos resinosos obtiveram os melhores desempenhos quando comparados aos cimentos à base de ionômero de vidro. Na comparação dos substratos, não houve diferença estatística para os cimentos resinosos e ionomérico para os dois tratamentos realizados na zircônia. O desempenho adesivo dos cimentos sobre a zircônia e ao CRFV também foi semelhante, com exceção do grupo CIV-R, onde a adesão foi maior no CRFV do que na zircônia. Dessa forma, pode-se concluir que o tipo cimento não interfere na resistência a compressão após ciclagem mecânica de restaurações com zircônia translúcida. A adesão é superior quando são utilizados cimentos resinosos, comparados aos à base de ionômero de vidro.

Palavras-chave: Materiais Dentários; Cimentação; Cerâmica.

ABSTRACT¹

This study aimed to evaluate the adhesive and compressive resistance of translucent zirconia (Zircon Fit Plus®) cemented with different types of cement. 84 blades were made from a block of zirconia (Zircon Fit Plus®). 60 sheets were cemented onto dentin analogues (CRFV) for compression and microtensile tests and 24 were used for microshear tests. The cements GC Gold Label 1® (CIV), GC Fuji Plus C® (CIV-R) and Relyx U200® resin cement (CRaut) were used for compression and microtensile tests. For the microshear test, a resin cement containing MDP, Panavia V5® (CR-MDP), was added. The zirconia sheets from the compression, microtensile tests, and a group from the microshear test were subjected to blasting with silica-coated aluminum oxide particles after sintering. In the other group of the microshear test, the zirconia was subjected to a pre-sintering treatment with a zirconia adhesion preparer (Zirlink®). The specimens that were tested in compression were subjected to mechanical aging (500,000 cycles, load 50 N, 2 Hz). The tests were carried out with a speed of 0.5 mm/min on a universal testing machine. The compressive load results were compared with a 1-factor ANOVA test, followed by the Tukey test ($\alpha=0.05$). For the microshear test, Kruskal-Wallis and Dunn ($\alpha=0.05$) were used, and 1-way

¹ Evaluation of the compressive and adhesive resistance of translucent zirconia cemented with different materials

ANOVA and Tukey test ($\alpha=0.05$). The results of the compression test demonstrated that there was no significant difference between the three groups tested ($p>0.05$). Not enough samples were obtained to carry out the microtensile test (pre-test failures occurred during cutting in all situations). In the microshear test, it was possible to observe that resin cements obtained the best performance when compared to cements with glass ionomer base. When comparing the substrates, there was no statistical difference for resin and ionomeric cements for the two treatments carried out on zirconia. The adhesive performance of the cements on zirconia and CRFV was also similar, with the exception of the CIV-R group, where adhesion was greater on CRFV than on zirconia. Therefore, it can be concluded that the cement type does not interfere with the compression resistance after mechanical cycling of restorations with translucent zirconia. Adhesion is superior when resinous cements are used, compared to those based on glass ionomer.

Key words: Dental materials; Cementation; Ceramics.

1. INTRODUÇÃO

As restaurações à base de cerâmica têm sido muito utilizadas na odontologia com a finalidade de reproduzir as características dos tecidos dentais e, dessa forma, são a escolha de muitos profissionais e pacientes (MARTINS et al., 2010). Com o intuito de reproduzir as características estéticas e mecânicas dos dentes, foram introduzidos no mercado diferentes tipos de cerâmicas odontológicas, como as feldspáticas, reforçadas por leucita, dissilicato de lítio, vitrocerâmicas de fluorapatita, cerâmicas híbridas e as zircônias (TABATABAIAN, 2018).

A zircônia tem sido muito estudada como uma opção eficiente de material restaurador na odontologia. Entende-se, porém, que um dos fatores limitantes para o uso desse material é a baixa retenção entre as restaurações de zircônia, cimento e estrutura dentária e que os protocolos convencionais de cimentação de vitrocerâmica não podem ser aplicados a cerâmicas de óxido (MALKONDU et al., 2016). Recentemente, a composição da zircônia passou por diversas modificações, resultando no surgimento das variantes 4Y-PSZ e 5Y-PSZ no mercado odontológico, conhecidas como terceira geração, que contêm aproximadamente 4,6 mol% de ítria (BURGESS, 2018). Segundo a literatura, a resistência das restaurações de zircônias translúcidas é menor do que as restaurações tradicionais à base de zircônia, e o desgaste da dentição antagonista, quando comparado a outras cerâmicas estéticas (Dissilicato de lítio e feldspática), é menor (GHODSI; JAFARIAN, 2018).

Muitas técnicas estão sendo desenvolvidas para resolver os problemas relacionados às falhas de adesão da zircônia ao substrato. Levam destaque os diferentes métodos de condicionamento, como jateamento, silicatização e uma variedade de sistemas adesivos, além de diversos tipos de cimentos (OZCAN; BERNASCONI, 2015). A cimentação das restaurações à base de zircônia com cimentos frequentemente utilizados na prática clínica tem assegurado uma fixação adequada, entretanto, a cimentação adesiva é mais aconselhável, uma vez que proporciona maior retenção e adaptação marginal, garantindo maior resistência à fratura (ANDREIUOLO; GONÇALVES; DIAS, 2011).

Os cimentos resinosos foram produzidos com a finalidade de oferecer propriedades físicas e mecânicas adequadas na cimentação de restaurações totalmente cerâmicas (GUNDOĞDU; ALADAG, 2018). Os cimentos de ionômero de vidro (CIV) também são muito aplicados na cimentação, já que apresentam propriedades viscoelásticas favoráveis à preservação da integridade de união durante a contração de polimerização e expansão higroscópica pós-maturação que compensa sua contração inicial de presa e a interface dentina/cimento permanece mais estável quando comparado a outros cimentos (PAMEIJER, 2012; PEREIRA et al., 2014).

Além da adesão, a longevidade e sucesso de restaurações de cerâmica estão diretamente ligadas à resistência à fratura do material após sua instalação. Diante das alterações atuais na composição da zircônia e da possibilidade de utilizá-la com cimento resinoso e cimentos ionoméricos, torna-se de grande relevância clínica a investigação do desempenho desses materiais em restaurações de zircônia de terceira geração.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas Cerâmicos

Hoje, existem no mercado diferentes tipos de cerâmicas odontológicas, como as feldspáticas, leucita, dissilicato de lítio, vitrocerâmicas de fluorapatita, zircônias e cerâmicas híbridas. Para funcionar adequadamente no meio bucal, uma cerâmica deve aliar boas propriedades mecânicas e estéticas (TABATABAIAN, 2018). Além disso, seu sucesso vai estar relacionado a seleção de materiais, projeto de restauração e meios de cimentação (WARRETH; ELKAREIMI, 2020).

Muitas questões relacionadas a efetividade e longevidade de materiais cerâmicos são estudadas em relação à sobrevida em prótese parcial fixa, o que possibilita o surgimento de informações importantes sobre o prognóstico e possíveis causas e falhas na terapia protética (MARTINS et al., 2010). Atualmente, as próteses de cerâmica pura têm sido mais utilizadas quando comparadas às de metalocerâmicas, uma vez que, em muitos casos, a luz refletida na porcelana opaca para mascarar o metal, particularmente, no terço cervical da restauração causa uma aparência cinza claro no tecido gengival adjacente (MALKONDU et al., 2016).

Dentre as cerâmicas puras, as mais resistentes configuram-se mais opacas (menos translúcidas) do que as feldspáticas e podem ser

usadas em camadas únicas quando as restaurações não necessitam de muita demanda estética (DELLA BONA et al., 2008). As cerâmicas também podem ser confeccionadas em camadas, com uma infraestrutura cerâmica e uma cerâmica de cobertura, para permitir a reprodução de características de cor dos elementos dentários (MARTINS et al., 2010).

2.2 Zircônia – Comportamento mecânico

Desde a última década, a zircônia tem sido amplamente usada na Odontologia (QUIGLEY et al., 2021). As propriedades mecânicas das cerâmicas feldspáticas, como fragilidade, propagação de trincas, tenacidade, à fratura, baixa resistência à tração, desgaste, resistência, precisão marginal e dificuldade de reparo, limitaram seu uso clínico. Dessa forma, desde 1990, a zircônia tem sido utilizada como infraestrutura para dar mais resistência às cerâmicas estéticas (MALKONDU et al., 2016). Como matéria-prima, o zircônio (Zr) é um metal macio, dúctil, brilhante e prateado. O dióxido de zircônio (ZrO_2), o óxido do metal utilizado na odontologia conhecido como zircônia, é obtido, frequentemente, após um extenso e caro processo. Após um processo elaborado e de alto custo de produção e purificação, a zircônia pura está disponível como um pó cristalino e branco de alta fusão, podendo ser apresentada em três fases: monoclinica, tetragonal e cúbica (STAWARCZYK et al., 2017). Quando a zircônia se encontra na fase tetragonal, a transformação em fase monoclinica é acompanhada de uma ampla variação de volume (3% a 5%), o que provoca fissuras indesejadas na estrutura (YOSHIMURA et al., 2007). Sendo assim, torna-se necessário a adição de estabilizantes, como a ítria (Y_2O_3), na fase

tetragonal, que é dura e tenaz à temperatura ambiente, possibilitando sua utilização como cerâmica odontológica (KURANAGA; RIBEIRO; FILGUEIRA, 2005). A zircônia demonstra propriedades semelhantes ao aço inoxidável, o que a torna a mais forte e resistente das cerâmicas odontológicas, com resistência à flexão de 900-1200 Mpa e tenacidade à fratura de 9 -10 Mpa.m^{1/2} (MALKONDU et al.,2016).

Solá-Ruiz et al. (2021) avaliaram em cinco anos o comportamento clínico e a sobrevivência de coroas de zircônia monolítica de cobertura total em dentes posteriores. Cinquenta pacientes foram recrutados e submetidos à restauração com uma coroa de zircônia monolítica Lava Plus (Lava™ Frame Zircônia, 3M Espe, Alemanha) em pré-molares ou molares. Os pacientes foram monitorados em um seguimento de 5 anos. Para as 50 coroas monolíticas analisadas, a taxa de sobrevida foi de 98%. Apenas 6% das coroas apresentaram algum tipo de complicação (dois descolamentos e uma fratura radicular). Os autores concluíram que coroas monolíticas de zircônia em dentes posteriores são uma opção de tratamento altamente previsível, com alta taxa de sobrevivência.

Um estudo realizado por Miura et al. (2021) examinou o desempenho clínico de coroas unitárias de zircônia monolítica em termos de falha ou complicações a curto prazo através de um estudo de coorte prospectivo baseado na avaliação de registros e exame clínico de pacientes. Durante o período do estudo, foram analisadas 40 coroas monolíticas de zircônia. Quatro coroas apresentaram complicações clínicas, incluindo: fratura da coroa (duas coroas), abrasão da coroa (uma coroa) e fratura do dente antagonista (uma coroa). As taxas de sucesso e sobrevivência estimadas em 3,5 anos foram de 90,5% e 92,8%

respectivamente.

Pjetursson et al. (2018) avaliaram as taxas de sobrevivência e complicações de coroas unitárias implanto-suportadas à base de zircônia e metalocerâmicas com tempo médio de três anos de acompanhamento de pacientes. Entre os 35 estudos incluídos, a meta-análise revelou uma taxa de sobrevida estimada em 5 anos de 98,3% para coroas metalocerâmicas suportadas por implantes ($n = 4.363$) em comparação com 97,6% para coroas de zircônia suportadas por implantes. Os resultados biológicos dos dois tipos de coroas foram semelhantes e as coroas de zircônia exibiram menos complicações estéticas do que as metalocerâmicas. A incidência de falhas foi semelhante entre os grupos (2,9% metalocerâmica e 2,8% zircônia).

Larsson e Wennerberg (2014) avaliaram o sucesso clínico de coroas à base de zircônia suportadas por dentes ou implantes em ensaios clínicos através de uma revisão sistemática. A análise demonstrou sobrevivência de 5 anos de 95,9% para coroas suportadas por dentes e 97,1% para coroas suportadas por implantes. Para coroas implanto-suportadas, as razões mais comuns de falha foram técnicas (fraturas do material de revestimento). Para coroas suportadas por dentes, as razões técnicas (fraturas do material de revestimento, perda de retenção) e biológicas (endodôntica/periodontia) foram igualmente comuns. Os resultados demonstraram que a taxa de sucesso das coroas à base de zircônia é adequada e comparável às coroas convencionais metalocerâmicas.

2.3 Zircônia – Comportamento adesivo

Embora demonstre desempenho mecânico superior na resistência, tenacidade e resistência à fadiga, a zircônia mostra alguns problemas relacionados à adesão. As técnicas convencionais de cimentação/fixação usadas com componentes de ZrO_2 não fornecem resistência de união suficiente para muitas dessas aplicações (THOMPSON et al., 2011). Outro problema é a baixa molhabilidade da superfície da zircônia, que é hidrofóbica. Uma retenção micromecânica mais forte e mais rugosa pode alterar o seu umedecimento, facilitando o fluxo de cimento na superfície rugosa (FRANZ et al., 2021).

Um estudo realizado por Yong-Bum et al. (2020) avaliou as mudanças de rugosidade da superfície da zircônia após aplicar três concentrações diferentes de pasta ZrO_2 na superfície da zircônia pré-sinterizada e testou a resistência ao cisalhamento entre a zircônia e o cimento resinoso autoadesivo. Os grupos experimentais foram classificados em controle e três grupos de teste de acordo com o tratamento de superfície com diferentes concentrações de pasta (15%, 30% e 50%). Os valores de rugosidade de superfície aumentaram significativamente após a aplicação da pasta ZrO_2 na concentração de 50%, apresentando o maior valor de rugosidade superficial quando comparado aos demais e o valor de força de ligação de cisalhamento foi maior na concentração de 30%. Para os autores, a aplicação da pasta ZrO_2 na superfície da zircônia pré sinterizada pode ser um método eficaz para obter uma forte ligação entre a zircônia e o cimento resinoso autoadesivo, aumentando a rugosidade da superfície da zircônia após o processo de sinterização.

Uma revisão sistemática realizada por Ozcan e Bernasconi (2015) analisou o potencial de adesão de cimentos resinosos e de ionômero de vidro à zircônia. Os autores destacaram que a adesão dos cimentos é significativamente influenciada pelo método de condicionamento da superfície, tipo de cimento, método de teste e condição de envelhecimento. O estudo concluiu que após o método de condicionamento físico, o cimento à base de monômero MDP apresentou os maiores valores de adesão em comparação com os de outros cimentos resinosos e ionômero de vidro, usando tanto a macrotração ou microtração.

Um estudo realizado por Lawson et al. (2019) determinou se o tratamento de superfície e a seleção de cimento para zircônia tradicional de ítria parcialmente estabilizada (3Y-PSZ), zircônia translúcida de ítria estabilizada (5Y-Z) ou coroas de dissilicato de lítio afetaram sua carga de fratura. Metade das coroas foram abrasadas por partículas com 30 µm de alumina (zircônias) ou condicionadas com ácido fluorídrico a 5% (dissilicato de lítio), e a outra metade não recebeu tratamento de superfície. Metade das coroas de cada grupo foi cimentada com ionômero de vidro modificado por resina (RMGI, RelyX Luting Plus) e metade foi cimentada com cimento resinoso (RelyX Unicem 2) em troquéis de resina composta. Os autores concluíram que o tipo de cimento afetou a carga de fratura das coroas, mas o tratamento de superfície não. As coroas de espessura uniforme de 0,8 mm testadas se beneficiaram do uso de cimento resinoso independentemente do tipo de material cerâmico.

Comino-Garayoa et al. (2021) analisaram os diferentes pré-tratamentos da superfície de zircônia e cimento resinoso a fim de determinar um protocolo operatório válido para cimentação adesiva. Os

resultados demonstraram que os pré-tratamentos mecanoquímicos de superfície ofereceram os melhores resultados adesivos e os cimentos autoadesivos e os contendo 10-MDP obtiveram os melhores resultados na adesão à zircônia.

Bömicke et al. (2016) avaliaram a resistência à microtração, após envelhecimento artificial, de ligações resina-zircônia obtidas por métodos disponíveis na prática odontológica. Corpos de prova cimentados em discos Y-TZP foram divididos em 24 grupos com base no condicionamento de superfície dos discos e no adesivo usado (cimento + específico do fabricante primário). Os métodos de condicionamento foram: nenhum (controle), abrasão por partículas transportadas pelo ar ou revestimento de sílica triboquímica (Rocatec ou CoJet). Panavia 21 + Clearfil Ceramic Primer, Multilink Automix + Monobond Plus, BiFix QM + Ceramic bond ou RelyX Ultimate + Scotchbond Universal foram usados para cimentação. Condicionamento, cimento, envelhecimento e todas as suas interações afetaram significativamente a resistência de união. A falha prematura da união resina-cerâmica foi geralmente observada durante o envelhecimento a longo prazo, sendo a única exceção os grupos não-controle cimentados com Panavia. Para os autores, a maioria das estratégias de colagem não conseguiu criar ligações à zircônia com resistência aceitável após o envelhecimento a longo prazo e somente a adesão para a retenção de restaurações Y-TZP de suporte de carga não é suficiente.

A aparência opaca da zircônia é resultado da interação do tamanho do grão da zircônia dental (aproximadamente 0,4 μm) em comparação com o comprimento de onda da luz (aproximadamente 0,1-0,7 μm), a incompatibilidade do índice de refração entre partículas de grão

e matriz e a presença de fases monoclinica, cúbica e tetragonal também com diferentes índices de refração (GHODSI; JAFARIAN, 2018). A zircônia pode ser tornada mais translúcida alterando a temperatura de sinterização, que, quando ultrapassa 1600°C, leva a uma diminuição da resistência à flexão do material (STAWARCZYK et al., 2017). Quando uma determinada área é atingida, o tamanho do grão do material aumenta e a resistência do material diminui. A segunda abordagem para obter zircônia mais translúcida, que parece ser mais eficaz, é reduzir o tamanho do grão, o terceiro método é aumentar o teor de ítria dopante, o que leva a uma maior quantidade da fase cúbica e o quarto método é reduzir as impurezas, como aditivos de sinterização de alumina (GHODSI; JAFARIAN, 2018).

A composição da zircônia dental mudou drasticamente nas últimas duas décadas. Em 2011, a TZP translúcida estabilizada com 3 mol% de ítria com menos de 0,05% em peso de alumina (3Y) foi introduzida na odontologia. (BAN, 2020). Como essa zircônia de segunda geração ainda era inferior à translucidez da vitrocerâmica, buscou-se uma zircônia mais translúcida (STAWARCZYK et al., 2017). Com menor quantidade de fase tetragonal e aumento considerável da fase cúbica, surgiu no mercado as 4Y-PSZ e 5Y-PSZ (terceira geração), com cerca de 4,6 mol% de ítria (BURGESS, 2018).

A resistência das restaurações de coroa fabricadas a partir de zircônia translúcida monolítica foi demonstrada como superior à das coroas de material de infraestrutura que são revestidas com porcelana convencional. Além disso, a resistência à flexão do material é dois terços maior do que a do dissilicato de lítio e a sua resistência à fratura também se mostrou superior. Soma-se a isso, o fato das zircônias ultratranslúcidas

oferecerem a vantagem de ter a espessura mínima de 0,1 a 0,3 mm para facetas mais conservadoras (GHODSI; JAFARIAN, 2018).

Uma revisão sistemática de Alammar e Blatz (2022) revisou estudos *in vitro* sobre o sucesso e a durabilidade dos protocolos de adesão à zircônia de alta translucidez. Dos 18 estudos selecionados, foram investigados diferentes métodos de pré-tratamento de superfície, primers, cimentos resinosos, procedimentos de envelhecimento e protocolos de teste de resistência de união. Os autores sugerem que os protocolos de colagem de resina aplicados com sucesso à zircônia convencional também são os mais bem-sucedidos para zircônia de alta translucidez. A abrasão por partículas transportadas pelo ar e primers especiais contendo monômero de fosfato ou cimentos de resina composta proporcionaram ligações de resina duráveis a longo prazo.

Zhang et al. (2019) analisaram o desgaste de dois corpos de três cerâmicas de zircônia estabilizadas com 3, 4 e 5 mol% de ítria e compararam seu comportamento de desgaste com o de uma vitrocerâmica de dissilicato de lítio. Independentemente da tenacidade à fratura, resistência e suscetibilidade ao envelhecimento, as três cerâmicas de zircônia mostraram uma quantidade semelhante e limitada de desgaste e foram mais resistentes ao desgaste do que a vitrocerâmica de dissilicato de lítio. Desgaste abrasivo sem trincas evidentes foi observado para todas as zircônias investigadas, enquanto que a vitrocerâmica com menor limiar de fadiga e alta suscetibilidade à dissolução da superfície apresentou desgaste significativo por abrasão, fadiga e corrosão. Todas as três cerâmicas de zircônia apresentaram menor desgaste antagonista do que a vitrocerâmica e não foram encontradas diferenças significativas entre as cerâmicas de zircônia. Para os autores, cerâmicas de zircônia de alta

translucidez estabilizadas com maior teor de ítria, são tão resistentes ao desgaste e antagonistas quanto a zircônia convencional de alta resistência.

Uma pesquisa realizada por Le; Larsson; Papia (2019) avaliou a resistência de união entre um cimento adesivo e a zircônia translúcida em comparação com a zircônia convencional. Foram avaliadas quatro marcas de zircônia translúcida (BruxZir® HT, Lava™ Plus, Prettau® Anterior e Prettau® Zirconia) e uma zircônia convencional (Kavo Everest® ZS). As amostras foram divididas em grupos dependendo do pré-tratamento da superfície de cimentação da zircônia e foram submetidas a três diferentes procedimentos de envelhecimento artificial antes do teste de resistência ao cisalhamento. O tratamento com jato de areia aumentou significativamente a resistência de união para todas as marcas de zircônia, independentemente dos procedimentos de envelhecimento artificial, em comparação ao grupo controle. Os resultados demonstraram que a resistência de união entre o cimento adesivo à zircônia translúcida foi equivalente à zircônia convencional e o jateamento de areia criou uma superfície de cimentação que é mais durável do que a tratada com ácido fluorídrico, independentemente do tipo de zircônia.

Ruales-Carrera et al. (2019) avaliaram o comportamento adesivo da zircônia convencional e de alta translucidez após condicionamento superficial e envelhecimento hidrotérmico. Os espécimes de zircônia foram tratados com um adesivo universal contendo MDP e colados a dois blocos de resinas com um cimento adesivo. Os menores valores de resistência de união do estudo foram obtidos para os grupos de zircônia de alta translucidez tratados mecanicamente quando comparados aos seus homólogos de zircônia convencionais. O tratamento mecânico da

superfície melhorou significativamente a resistência de união à zircônia convencional e de alta translucidez.

2.4 Cimento de Ionômero de Vidro

A longevidade e sucesso de restaurações de cerâmica pura estão diretamente ligados à resistência à fratura e à adesão entre a restauração e o dente. A cimentação adesiva proporciona a adesão entre os materiais cerâmicos e a estrutura dentária, integrando toda a mecânica do sistema e, como consequência, aumentando a resistência à fratura, bem como a adaptação marginal e diminuição de microinfiltração e cáries secundárias. Além disso, o tipo de cimento e a técnica de cimentação utilizada também são importantes no sucesso clínico e longevidade das restaurações de cerâmica pura (GUNDOĞDU; ALADAG, 2018).

Os cimentos de ionômero de vidro (CIV) foram criados na década de 1970 para uso diversos, como revestimento de cavidade, agente cimentante, selante de fissura ou material restaurador. Os CIVs também possuem bom desempenho clínico e menor perda de retenção quando comparados com compósitos à base de resina, além de exercerem efeito preventivo e terapêutico em lesões cariosas (ÁVILA et al., 2019). Das propriedades físicas e químicas dos cimentos, forças adesivas ao esmalte e dentina e liberação de flúor são talvez as mais importantes (PAMEIJER, 2012). Os cimentos de ionômero de vidro convencionais e os modificados por resina interagem quimicamente com a estrutura do dente, com base na ligação iônica presentes nos grupos carboxílicos do ácido polialcenóico com o cálcio, presentes no tecido dentário. Apresentam propriedades viscoelásticas mais favoráveis à preservação da integridade de união do

que os cimentos resinosos mais rígidos durante a contração de polimerização e apresentam expansão higroscópica pós-maturação que compensa sua contração inicial de presa e a interface dentina/cimento permanece mais estável (PEREIRA et al., 2014).

Os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina são indicados para cimentação de coroas, assim como para cimentação de restaurações metálicas inlay e onlay. Seu manuseio clínico é relativamente fácil, assim como a remoção do excesso de cimento quando feita em tempo hábil, antes da presa final (PAMEIJER, 2012).

Um estudo clínico de boca dividida realizado por Torres et al. (2021) investigou o efeito da cimentação no desempenho de coroas de zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítrio (Y-TZP). As coroas foram cimentadas com cimento de ionômero de vidro (Meron, Voco) ou com cimento resinoso autoadesivo (Bifix-SE, Voco). As restaurações foram avaliadas imediatamente após o tratamento e após 6, 12, 24, 36 e 48 meses. Durante o período de avaliação, 1 coroa cimentada com cimento de ionômero de vidro e 1 coroa cimentada com cimento resinoso perderam retenção. A combinação de cores, descoloração e adaptação marginal, rugosidade da superfície e forma anatômica não se alteraram em nenhum dos períodos avaliados, e não foram observadas cáries secundárias. Não foram encontradas diferenças significativas entre os 2 cimentos para nenhum dos parâmetros clínicos analisados, nem para as taxas de sobrevivência durante o estudo. Para os autores, o tipo de cimento não influenciou o desempenho das coroas após 48 meses de uso clínico e ambos os cimentos resultaram em taxas de retenção adequadas, resultados estéticos e funcionais e resposta biológica.

Bulut; Atsu (2021) avaliaram os fatores que podem influenciar

na resistência à fratura de coroas posteriores monolíticas de zircônia implanto-suportadas. Foram utilizadas sessenta coroas molares de zircônia com três espessuras oclusais diferentes de 0,5, 1,0 e 1,5 mm (20 amostras por grupo). Em cada grupo, 10 coroas foram cimentadas com cimento resinoso (Panavia F), e as outras 10 coroas foram cimentadas com cimento de ionômero de vidro reforçado por resina (Ketac Cem Plus). Carga dinâmica ($1,2 \times 10^6$ ciclos; 70 N) e ciclagem térmica foram aplicadas às amostras usando um simulador de mastigação antes de avaliar sua resistência à fratura com uma máquina de teste universal e examinar seu tipo de fratura usando um estereomicroscópio. O resultados mostraram que tanto a espessura oclusal quanto o tipo de cimento afetaram notavelmente a resistência à fratura das coroas, mas a espessura oclusal foi mais significativa. A maior resistência à fratura foi encontrada em coroas de 1,5 mm de espessura cimentadas com cimento resinoso e a menor resistência à fratura foi encontrada em coroas de 0,5 mm e 1 mm de espessura cimentadas com cimento de ionômero de vidro modificado por resina. As coroas posteriores de zircônia suportadas por implantes podem suportar forças oclusais fisiológicas mesmo com uma espessura de 0,5 mm e, segundo os autores, o cimento resinoso é melhor escolha do que o cimento de ionômero de vidro para coroas posteriores de zircônia implanto-suportadas com espessura oclusal reduzida.

Nakamura et al. (2016) investigaram o efeito de cimentos na resistência à fratura de coroas monolíticas de zircônia em relação à sua resistência à compressão foram testados quatro cimentos diferentes: cimento de fosfato de zinco (ZPC), cimento de ionômero de vidro (GIC), cimento resinoso autoadesivo (SRC) e cimento resinoso (RC). O teste de carga até a falha foi realizado para analisar a resistência à fratura da coroa.

Coroas de zircônia monolíticas produzidas por CAD/CAM com espessura mínima de 0,5 mm foram preparadas e cimentadas com cada cimento. As amostras de coroa foram carregadas até a fratura. A resistência à compressão do cimento resinoso autoadesivo e cimento resinoso convencional foi significativamente maior do que a de cimento de fosfato de zinco e cimento de ionômero de vidro ($p < 0,05$). No entanto, não houve diferença significativa na carga de fratura da coroa entre os grupos. Sendo assim, os valores obtidos no teste de carga até a falha desse estudo sugerem que coroas monolíticas de zircônia com espessura mínima de 0,5 mm podem apresentar boa resistência à fratura independentemente do tipo de cimento.

2.5 Cimentos Resinosos

Os cimentos resinosos são resinas compostas desenvolvidas para fornecer propriedades mecânicas e características de manuseio que são importantes para a cimentação de restaurações indiretas (DE SOUZA et al., 2015). São indicados na cimentação de restaurações totalmente cerâmicas, principalmente, as que utilizam cerâmicas à base de sílica. As irregularidades da superfície interna da restauração e a interface dente/cimento resinoso/cerâmica é preenchida pelo cimento resinoso, impedindo o início de trincas. Além disso, esses cimentos estão disponíveis em muitas cores diferentes no mercado e são mais translúcidos do que os cimentos de ionômero de vidro e fosfato (GUNDOGDU; ALADAG, 2018).

Foram lançados no mercado diversos tipos de cimentos resinosos, que podem ser classificados em dois tipos: cimentos resinosos

convencionais, que requerem uso de sistema adesivo, uma vez que não apresentam adesão à estrutura dental, e os cimentos resinosos autoadesivos, que não necessitam de tratamento prévio do substrato dentário (MANSO et al., 2011).

Uma revisão sistemática realizada por Miotti et al. (2020) sobre estudos laboratoriais avaliou o desempenho de união à dentina de cimentos resinosos convencionais e autoadesivos, na cimentação de restaurações indiretas. Foi realizada uma análise global de 36 estudos comparando cimentos convencionais e autoadesivos e análises de três subgrupos comparando resultados imediatos e de longo prazo. A análise global mostrou diferença entre os grupos, com os cimentos resinosos convencionais apresentando resultados de resistência de união superiores aos cimentos resinosos autoadesivos, tanto no tempo imediato quanto no longo prazo. Os cimentos resinosos convencionais de várias etapas mostraram desempenho adesivo geral superior em comparação com os cimentos resinosos autoadesivos simplificados quando usados para cimentar restaurações indiretas à dentina.

Farias et al. (2019) avaliaram a resistência de união ao cisalhamento de cerâmica feldspática (Creation), cerâmica feldspática reforçada com leucita (Empress I) e cerâmica de óxido de alumínio densamente sinterizada (Procera AllCeram) usando cinco cimentos resinosos: Panavia F (PAN), RelyX ARC (ARC), RelyX Unicem (RXU), RelyX Veneer e Variolink II. Todos os cimentos tiveram desempenho semelhante após o envelhecimento, exceto RelyX ARC e Panavia F no grupo cerâmico de óxido de alumínio densamente sinterizado. Para os autores, os cimentos resinosos têm um desempenho diferente quando ligados a diferentes substratos cerâmicos. Para as cerâmicas feldspáticas,

todos os cimentos resinosos funcionaram de forma semelhante a longo prazo. Apenas o cimento resinoso contendo MDP forneceu ligações duráveis à cerâmica de óxido de alumínio densamente sinterizada.

Steiner et al. (2020) investigaram como o tipo de cimento e o protocolo de primer afetam a resistência de união ao cisalhamento em cerâmicas de zircônia utilizando 7 tipos de cimentos resinosos. Dez espécimes de cada grupo de cimento foram pré-tratados com primer universal, 10 espécimes por grupo foram colados sem pré- tratamento e 10 espécimes por grupo foram pré-tratados com primers de zircônia específicos do sistema. As médias de resistência ao cisalhamento dos cimentos no grupo sem primer apresentaram grandes variações entre $2,52 \pm 3,01$ (média $\pm$ SD) MPa e $33,15 \pm 7,35$ MPa. O pré-tratamento das amostras com primer universal melhorou significativamente a resistência ao cisalhamento em todos os grupos ($p < 0,05$) com uma faixa de $21,80 \pm 12,51$ a $57,20 \pm 11,40$ MPa. Dessa forma, o uso de primer universal aumentou a força máxima de adesão ao cisalhamento da zircônia.

Um estudo realizado por Go; Shin; Park (2019) teve como objetivo medir a resistência de união ao microcisalhamento de quatro diferentes cimentos resinosos autoadesivos com e sem primer contendo MDP em cerâmicas de zircônia e avaliar o efeito de primers de zircônia nesses cimentos resinosos autoadesivos. Vinte blocos de zircônia foram jateados e tratados sem primer ou com primer (Z-Primer Plus). Quatro cimentos resinosos autoadesivos contendo MDP foram utilizados: Permagem 2.0 e Clearfil SA curing. Sem MDP foram utilizados: Rely-X U200 e Maxcem Elite. Após a termociclagem, foi realizado um teste de microcisalhamento. Os resultados demonstraram que os cimentos resinosos autoadesivos sem MDP mostraram aumento do valor de ligação

com o primer contendo MDP à cerâmica de zircônia e a resistência de união dos cimentos resinosos contendo MDP não foi afetada significativamente pelo uso do primer de zircônia.

Tabatabaian et al. (2020) avaliaram o efeito do cimento resinoso na cor das restaurações à base de zircônia. Utilizaram 90 discos de zircônia na cor A2 recobertos por 0,5 mm de espessura. Os espécimes foram cimentados aos espécimes de fundo usando cimentos resinosos universais: RelyX Unicem 2 (RU), PANAVIA SA Cement Plus (PS) e NX3 Nexus (NN). Os valores de CIELab foram medidos com um espectrofotômetro antes e após a cimentação. Os valores de E foram calculados para determinar as diferenças de cor entre antes e após a cimentação dos corpos de prova (E1), e entre a cor A2 VITA clássica e corpos de prova antes da cimentação (E2) e após a cimentação (E3). Os valores de E foram comparados com um limiar de aceitabilidade ($E = 3,7$). A marca de cimento resinoso afetou significativamente o E1 ($p = 0,029$) e o E3 ($p < 0,001$), o que demonstrou que o tipo de cimento resinoso afetou a combinação de cores de restaurações à base de zircônia. Apesar de os cimentos testados criarem pequenas alterações de cor, RU e PS foram melhores do que NN para correspondência de cores.

3. PROPOSIÇÃO

3.1 Objetivos gerais

Avaliar a resistência adesiva e compressiva de uma zircônia translúcida (Zircon Fit Plus®) cimentada com diferentes tipos de cimento: cimento resinoso, cimento ionomérico e cimento à base de ionômero reforçado por resina.

3.2 Objetivos específicos

Comparar a resistência compressiva da zircônia translúcida cimentada sob um análogo da dentina, após envelhecimento mecânico, com três tipos de cimento: um cimento resinoso, um cimento ionomérico e um cimento à base de ionômero reforçado por resina, testando a hipótese nula de que não há diferença na resistência à compressão entre os diferentes cimentos.

Comparar a resistência adesiva à microtração do conjunto zircônia – cimento – substrato, utilizando três tipos de cimento: um cimento resinoso, um cimento ionomérico e um cimento à base de ionômero reforçado por resina, testando a hipótese nula de que não há diferença na resistência de união nos três materiais de cimentação.

Avaliar a resistência adesiva ao microcisoramento de quatro tipos de materiais: um cimento resinoso autoadesivo, um cimento resinoso adesivo contendo MDP, um cimento ionomérico e um cimento à base de ionômero reforçado por resina, cimentados em zircônia e CRFV, testando a hipótese nula de que não diferença na resistência adesiva entre os quatro materiais de cimentação aos substratos.

Comparar o desempenho adesivo de quatro tipos de cimentos aos substratos zircônia jateada, zircônia com Zirlink® e CRFV, por meio do teste de microcisoramento, testando a hipótese de que a adesão ao CRFV é maior do que a adesão à zircônia, independente do cimento utilizado.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de realização da pesquisa e delineamento do estudo

Esse estudo foi realizado no laboratório de pesquisa do Programa de Pós -Graduação (PPG) da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo (UPF). Tratou-se de uma pesquisa experimental laboratorial com linha de pesquisa na área de biomateriais e odontologia reabilitadora.

4.2 Materiais:

Os materiais utilizados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Materiais utilizados nos grupos experimentais

Material	Fabricante	Descrição	Composição
Zircônia Zircon Fit Plus®	Talmax, Brasil	Bloco Multilayer do tipo TT – 49% de translucidez (5Y-PSZ). Indicada para coroas, restaurações indiretas, pontes (até 3 elementos) e lentes de contato.	ZrO ₂ (86,3% - 94,2%), HfO ₂ (2,1% - 5,1%), Al ₂ O ₃ (<0,5%), Y ₂ O ₃ (5,8% - 9,7%), Fe ₂ O ₃ (<0,5%), Er ₂ O ₃ (<2%), outros óxidos (<0,5%).
Cimento resinoso Relyx U200®	3M ESPE, St. Paul, USA.	Cimento resinoso autoadesivo de polimerização dual usado para restaurações indiretas em cerâmica, compósitos ou metal, e para a fixação de pinos intrarradiculares.	Pasta base: vidro tratado com silano, ácido 2-propenoico, 2-metil [1,1 (hidroximetil) -1,2 clartodiil] ester, trietilen 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 Resinoso Panavia V5®	Kuraray, Japan.	Sistema de cimento resinoso adesivo composto por uma pasta de cimento (Paste), Try-in Paste, Tooth Primer, CLEARFIL CERAMIC PRIMER PLUS e K-ETCHANT Syringe. A pasta é um cimento resinoso dual radiopaco, que libera flúor, destinado a restaurações de cerâmica, cerâmicas híbridas, resinas compostas e metal. É fornecido em um sistema dispensador de automistura, que permite misturar quantidades iguais dos dois componentes.	Pasta A: Bisfenol-A-diglicidilmetacrilato, Trietilenoglicol dimetacrilato, Dimetacrilato aromático hidrófobo, Dimetacrilato alifático hidrófilo, Iniciadores, Aceleradores, Partícula de vidro bário silanizado, Partícula de vidro de fluoraluminossilicato silanizado, Sílica coloidal. Pasta B: Bisfenol-A-diglicidilmetacrilato, Dimetacrilato aromático hidrófobo, Dimetacrilato alifático hidrófilo, Partícula de vidro bário silanizado, Partícula de óxido de alumínio silanizado, Aceleradores, e dl-Camforoquinona Pigmento. Tooth primer: 10-metacrililoiloxidecil dihidrogenofosfato (MDP), 2-hidroxi-etil metacrilato (HEMA), dimetacrilato alifático hidrofílico, aceleradores, água.
-------------------------------------	------------------------	--	--

GC Fuji Plus C® Cimento de ionômero de vidro reforçado por resina	GC Corp., Japan	Características e propriedades mecânicas semelhantes às dos cimentos resinosos, adesão intrínseca às estruturas dentais elimina procedimentos complexos e sensíveis à umidade e espessura de filme de 10 µm	Pó: vidro de aluminofluorosilicato Líquido: ácido poliacrílico, HEMA, metadimetacrilato, água.
GC Gold Label 1 Luting & Lining Cement® Cimento de ionômero de vidro	GC Corp., Japan	Apresenta adesão química intrínseca ao dente e ao metal, liberação de flúor, alta resistência mecânica, excelentes propriedades umectantes, espessura do filme de apenas 15 µm, baixa solubilidade e longevidade clínica.	Pó: fluoro alumino – silicate glass (amorphous). Líquido: Distilled water, polyacrylic acid, 2 – hydroxyethylmetacrylate (HEMA), urethanedimethacrylate (UDMA) Conditioner: citric acid, distilled water, iron (III) Chloride (ferric Chloride), food additive blue No 1.

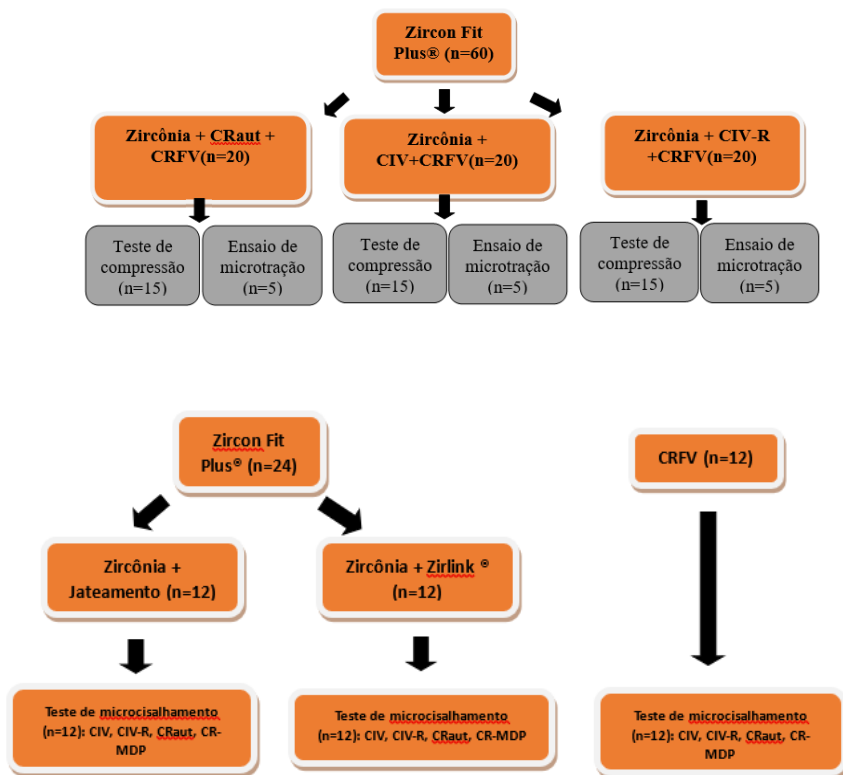
Zirlink®	Shin Dental Products Co., Korea. Distribuído por Blue Dent Dental Ltda, Brasil.	Preparador pré sinterização para adesão de zircônias entre cimentos e elementos dentários ou cimentos e materiais remanescentes.	ZRO2 (Dióxido de zircônio), Óxido de Ferro e água.
----------	---	--	--



Figura 1 – Cimentos utilizados nos testes de compressão e microtração.

4.3 Métodos

Foram confeccionadas 84 lâminas a partir de um bloco de zircônia (Zircon Fit Plus®). Dessas lâminas, 60 foram cimentadas sobre análogos de dentina (CRFV) para testes de compressão e microtração e 24 foram utilizadas para testes de microcisalhamento. O teste de microcisalhamento também foi realizado com os mesmos cimentos sobre o substrato CRFV. A divisão dos grupos está ilustrada pelos fluxogramas abaixo:



4.4 Confecção dos corpos de prova

4.4.1 Zircônia

Os blocos CAD/CAM do material restaurador utilizado (Zircon Fit Plus®) foram seccionados com um disco diamantado sob refrigeração em uma cortadeira metalográfica (Strues Minitron, Copenhagen, Dinamarca) para obtenção de quadrados com tamanho final de 12mm × 12mm, considerando a taxa de contração da zircônia após sinterização.

Foram produzidas lâminas de 1 mm para os testes de compressão e lâminas de 4 mm para os testes de microtração e de microcisalhamento. Essas lâminas foram lixadas em uma politriz (Strues Abramin, Copenhagen, Dinamarca), utilizando lixas de carbetto de silício (#400, 600, 800, 1200), para atingir as espessuras desejadas. Ao todo, foram obtidas 84 lâminas, sendo 45 para os testes de compressão, 15 para os testes de microtração e 24 para os testes de microcisalhamento.

4.4.2 Compósito resinoso reforçado por fibra de vidro

O substrato CRFV foi obtido através da secção, em cortadeira metalográfica do cilindro do material, resultando em 72 discos com 12 mm de diâmetro e 4 mm de espessura (Figura 2). Do total de discos obtidos, foram utilizados 45 para os testes de compressão, 15 para os testes de microtração e 12 para os testes de microcisalhamento. O tratamento do CRFV foi padronizado para todos os grupos, sendo realizada a limpeza dos discos com escova Robinson e pasta profilática, lavagem por 15 segundos e secagem pelo mesmo tempo. O CRFV possui valores semelhantes ao da dentina, como o módulo de elasticidade de 14,7GPa, razão de Poisson de 0,4 e dureza Knoop de 52,7 GPa, motivo pelo qual pode ser considerado um análogo em potencial (MERLO *et al.*, 2020).



Figura 2- Amostras de 4mm do CRFV obtidas após a secção do cilindro do material.

4.5 Tratamentos de superfície da zircônia e sinterização

4.5.1 Jateamento

As lâminas destinadas aos testes de compressão (n=45), microtração (n=15) e um grupo do teste de microcisalhamento (n=12) foram submetidas ao processo de sinterização, utilizando o forno Programat CS2 (Ivoclar). Conforme instruções do fabricante, a sinterização ocorreu ao longo de 2 horas, com uma taxa de elevação de temperatura de 10°C/min, abrangendo uma faixa de temperatura de 1450°C a 1550°C, seguida de resfriamento natural.

Após esse processo, as espessuras de todas as lâminas foram verificadas por meio de um paquímetro digital, considerando uma variação de +/- 10% em relação às espessuras previamente estabelecidas (Figura 3). As superfícies das zircônias foram então submetidas a jateamento com partículas de alumínio revestidas com sílica triboquímica

de 30 μm (CoJetTM Sand, 3M-ESPE, Seefeld, Alemanha), realizado por 20 segundos a uma pressão de 24-28 psi, mantendo uma distância de trabalho de 10 mm.

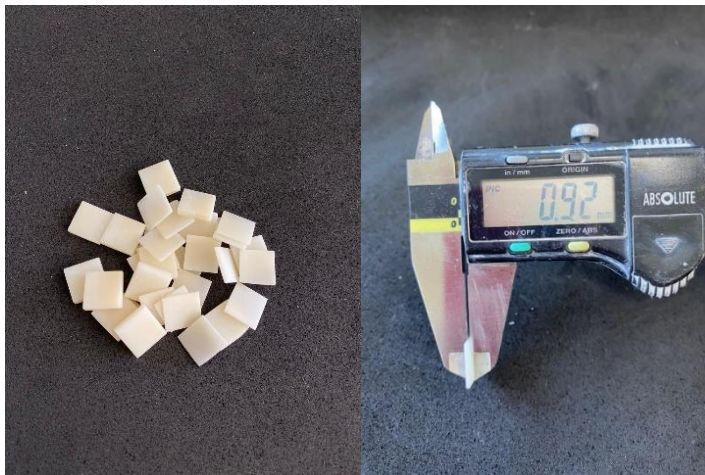


Figura 3 – Lâminas de zircônia sinterizadas e espessuras conferidas com paquímetro digital.

4.5.2 Zirlink®

Um dos grupos que passou pelo teste de microcisalhamento foi submetido a um tratamento pré-sinterização com um preparador de adesão de zircônias. O Zirlink® atua na formação de uma camada de adesão na superfície, uma vez que se incorpora na zircônia devido aos componentes de nanocerâmica compatíveis à Ítria, propiciando adesão do cimento, sem alterar a cor, a translucidez e a resistência da zircônia (Fabricante Blue Dent).

Após a secção do bloco de zircônia para confecção das lâminas e lixamento subsequente, foi realizada a aplicação da solução Zirlink®. O produto foi agitado, transferido para um recipiente limpo e aplicado de maneira uniforme em toda a superfície das lâminas de zircônia com o auxílio de um pincel, conforme as recomendações do fabricante (Figura 4). Posteriormente, as lâminas foram colocadas no forno Programat CS2 (Ivoclar), seguindo o mesmo protocolo de sinterização utilizado nos demais corpos de prova.



Figura 4 – Aplicação do Zirlink® (Imagem cedida pela Blue Dent).

4.6 Cimentação

4.6.1 Cimentação dos corpos de prova submetidos à Compressão e Microtração

As superfícies de todas as lâminas de zircônia foram limpas e secas com álcool e bolinhas de algodão. Foi então aplicada uma camada de agente silano (RelyX™ Ceramic Primer, 3M ESPE) em toda superfície dos corpos de prova com auxílio de um microbrush e secagem de ar por 5

segundos (Figura 5). A partir disso, a cimentação ocorreu de acordo com o grupo experimental.

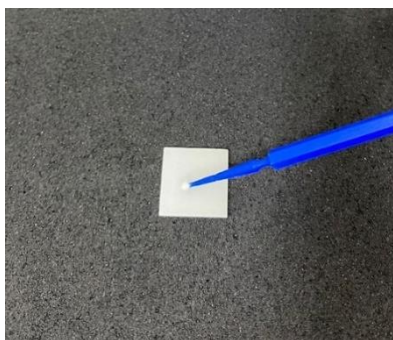


Figura 5- Aplicação de silano em toda superfície da lâmina de zircônia.

4.6.1.1 Zircon Fit Plus® + CRaut RelyxU200® + Substrato CRFV – Grupo CRaut

Após as superfícies estarem devidamente preparadas, o cimento resinoso autoadesivo (CRaut) Relyx™ U200 (3M ESPE St. Paul) foi dispensado em um bloco de mistura, manipulado até obter uma mistura homogênea e foi aplicado sobre a superfície do substrato. A lâmina da zircônia foi posicionada sobre o substrato e então foi aplicada uma carga de 750g durante 5 minutos sobre todos os corpos de prova para que houvesse uma padronização de força e de espessura de cimento (Figura 6). Após a aplicação da carga, os excessos de cimento foram removidos com o auxílio de um microbrush (FGM). Em seguida, foi realizada fotoativação do cimento por 40 segundos em cada face, conforme recomendação do fabricante, com um aparelho fotopolimerizador (Radii Cal, SDI) com potência de 1.200 mW/cm².

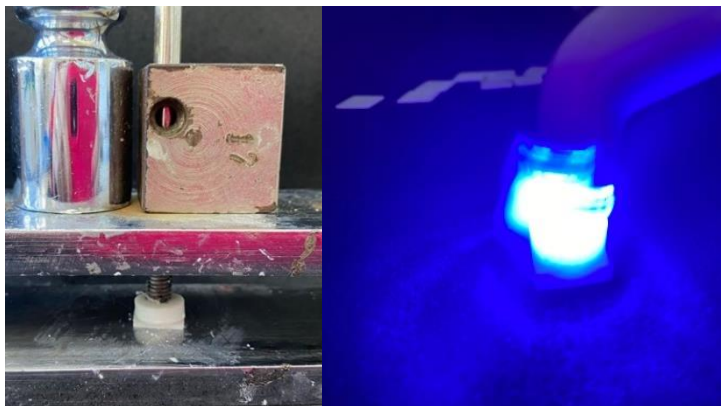


Figura 6- Aplicação da carga sobre o conjunto cimentado, seguida da fotoativação.



Figura 7- Desenho esquemático da cimentação Zircon Fit Plus® + CRaut RelyxU200® + Substrato (CRFV).

4.6.1.2 Zircon Fit Plus® + CIV GC Gold Label 1 + Substrato CRFV – Grupo CIV

O cimento de ionômero de vidro (CIV) GC Gold Label 1 foi transferido para uma placa de vidro na proporção recomendada pelo fabricante (1 porção de pó para 2 gotas de líquido), foi manipulado com auxílio de uma espátula e aplicado sobre a superfície do substrato. A lâmina da zircônia foi posicionada sobre o substrato e então foi aplicada

uma carga de 750g durante 5 minutos sobre todos os corpos de prova para que houvesse novamente padronização de força e de espessura de cimento. Após, os excessos de cimento foram removidos com o auxílio de um microbrush (FGM).



Figura 8- Conjunto Zircon Fit Plus® + CIV GC Gold Label 1 + Substrato (CRFV) após cimentação.



Figura 9- Desenho esquemático da cimentação Zircon Fit Plus® + CIV GC Gold Label 1 + Substrato (CRFV).

4.6.1.3 Zircon Fit Plus® + CIV-R GC Fuji Plus + Substrato CRFV - Grupo CIV-R

O cimento de ionômero de vidro reforçado por resina (CIV-R) GC Fuji Plus foi transferido para uma placa de vidro na proporção recomendada pelo fabricante (1 porção menor de pó para 1 gota de líquido), foi manipulado com auxílio de uma espátula e aplicado sobre a superfície do substrato. A lâmina da zircônia foi posicionada sobre o substrato e então foi aplicada uma carga de 750g durante 5 minutos sobre todos os corpos de prova para que houvesse novamente padronização de força e de espessura de cimento. Após, os excessos de cimento foram removidos com o auxílio de um microbrush (FGM).

Após a cimentação, foram utilizados tubos circulares de PVC (Tigre do Brasil) de 2,5 x 1,5 cm para fixação dos blocos. Os conjuntos cimentados foram então posicionados e fixados sobre uma placa de vidro dentro dos tubos com resina acrílica (Figura 10).



Figura 10- Confeção dos tubos com resina acrílica, seguida da fixação do conjunto cimentado.



Figura 11- Desenho esquemático da cimentação Zircon Fit Plus® + CIV-R GC Fuji Plus + Substrato (CRFV).

4.6.2 Cimentação dos corpos de prova submetidos ao Microcissalhamento

As lâminas de zircônia e os discos de CRFV submetidos aos testes de microcissalhamento foram fixados individualmente em tubos circulares de PVC, com dimensões de 2,5 x 1,5 cm, utilizando resina acrílica. Após a fixação, realizou-se a limpeza e secagem das superfícies das lâminas de zircônia com álcool e bolinhas de algodão. Posteriormente, essas superfícies foram divididas em quadrantes por meio de marcações efetuadas com marcador permanente (Figura 12). Em seguida, procedeu-se à aplicação de um agente silano (RelyX™ Ceramic Primer, 3M ESPE) em três dos quadrantes, enquanto que um primer (Clearfil Ceramic Primer Plus®, Kuraray) foi aplicado em um quadrante específico, todos devidamente identificados com marcador permanente no tubo de PVC. Os discos de CRFV também foram divididos em quadrantes, sendo que em um deles foi aplicado um primer (Tooth primer®, Kuraray), também identificado com marcador permanente.



Figura 12- Marcações realizadas nas lâminas de zircônia.

Na superfície de cada lâmina de zircônia e cada disco de CRFV foram então instalados 4 cilindros de silicone, formando orifícios com 1 mm de diâmetro e 2 mm de altura, fixados com cera odontológica rosa (Figura 13).



Figura 13- Fixação dos cilindros de silicone na lâmina de zircônia.

Cada orifício do corpo de prova foi preenchido com um cimento diferente, identificado no cilindro de PVC com um marcador permanente (Figura 14). Foram utilizados 4 cimentos: GC Gold Label 1® (CIV), GC Fuji Plus C® (CIV-R), Cimento resinoso Relyx U200® (CRaut) e Cimento Resinoso Panavia V5® (CR-MDP). Os cimentos foram introduzidos nos orifícios de silicone com uma seringa injetora Centrix e ponteira agulhada nº 2, sendo, o cimento Panavia, dispensado nos orifícios dos quadrantes que receberam o Tooth primer® e o Clearfil Ceramic Primer Plus®. Os orifícios preenchidos com os cimentos resinosos foram fotoativados com um aparelho fotopolimerizador (Ratii Cal, SDI) com

potência de 1.200 mW/cm². Todos os cilindros foram analisados em microscópio óptico e os que apresentaram falhas ou bolhas na cimentação foram excluídos do estudo.



Figura 14- Cimentação dos corpos de prova de zircônia para o teste de microcisalhamento.

4.7 Teste de resistência à compressão

Com o intuito de envelhecer os espécimes, simulando o ambiente oral, foi realizada a ciclagem mecânica (Cicladora mecânica, BioPDI São Carlos, SP, Brasil) nos corpos com os seguintes parâmetros: frequência de 2 Hz; carga de 50N, por 500.000 ciclos, em água destilada a 37°C, com um pistão metálico (aço inoxidável) de ponta plana de 3mm, apoiado no centro do corpo de prova (Figura 15).



Figura 15- Teste de envelhecimento mecânico por ciclagem.

Após a ciclagem mecânica, os corpos de prova foram inseridos em um recipiente com paredes transparentes contendo água destilada a 37° e levados em uma máquina de ensaios universal (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, PR, Brasil), equipada com uma célula de carga de 5000 N. Foi aplicada uma carga compressiva no centro do corpo de prova, com velocidade 0,5 mm/min por um pistão ($E = 200 \text{ GPa}$) com ponta plana de 3mm. No momento em que o operador detectou o som da primeira trinca audível, o ensaio foi finalizado e a carga registrada em Newtons (Figura 16).

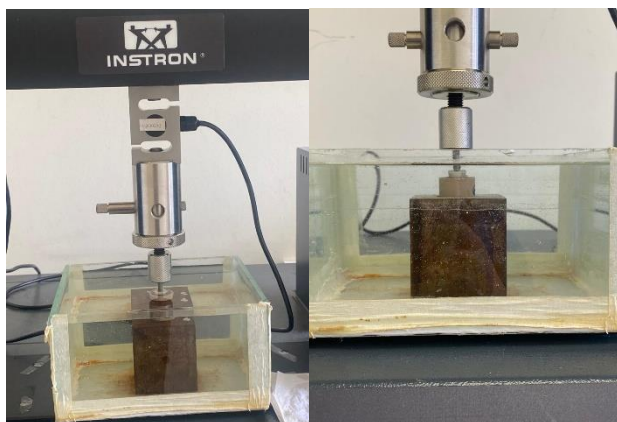


Figura 16- Teste de carga compressiva.

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.

4.8 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 as que não sofressem falhas pré-testes seriam fixadas a uma máquina universal de ensaios para microtração (EMIC DL 2000 – São José dos Pinhais, Brasil) à velocidade de $0,5\text{ mm/min}$, até que ocorresse fratura. As falhas pré-testes foram registradas. Os palitos seriam então medidos no sentido mesio-distal e vestibulo-lingual, em milímetros, por meio de paquímetro digital, para posterior cálculo da área (A), em mm^2 , e o modo de falha seria classificado com uma lupa estereoscópica. Como ocorreram falhas pré-teste durante os cortes dos palitos em todos os corpos de prova, a adesão foi avaliada pelo teste de microcisalhamento.



Figura 17- Tentativa de secção dos palitos para o ensaio de microtração.

4.9 Teste de Microcisalhamento

Após a cimentação de todos os corpos de prova, o teste de microcisalhamento foi realizado em uma máquina de ensaios universal (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, PR, Brasil), aplicando a carga perpendicular à superfície adesiva a uma velocidade de 0,5mm/minuto até ocorrer a falha. A resistência de união (em MPa) foi calculada dividindo-se a força (N) pela área aderida (mm²).

4.10 Análise dos Dados

Os resultados de carga compressiva de fratura foram comparados com um teste de Anova 1-fator, seguido pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Os resultados do teste de microcisalhamento foram comparados separadamente para cada substrato. O teste de igualdade de variâncias demonstrou que os desvios padrão dos grupos, para a comparação dos cimentos dentro dos substratos, eram diferentes. Dessa forma, essa comparação foi realizada por Kruskal-Wallis e Dunn ($\alpha=0,05$). Após isso, efetuou-se uma comparação dos substratos, dentro de cada cimento. O teste de igualdade de variâncias demonstrou variâncias estatisticamente iguais para essa comparação. Sendo assim, aplicou-se ANOVA 1-fator e teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Todas as comparações foram realizadas nos softwares Minitab 18 e GraphPad Prism 6.

5. RESULTADOS

Os resultados do teste de resistência à compressão estão descritos na tabela 2. Para esse teste, foram cicladas 15 amostras para cada grupo-cimento resinoso (CRaut), cimento ionomérico (CIV) e cimento ionomérico reforçado por resina (CIV- R). Durante a ciclagem mecânica, 2 amostras do grupo CIV fraturaram (50.000 ciclos e na remoção do corpo de prova), 3 amostras do grupo CRaut também fraturaram (290.000 ciclos e durante a remoção do corpo de prova) e 3 amostras do grupo CIV-R foram excluídas pelo mesmo motivo (fratura em 200.000 ciclos e 280.000 ciclos). Dessa forma, para o teste de compressão foram utilizadas 13 amostras do grupo CIV, 12 amostras do grupo CRaut e 12 amostras do grupo CIV-R.

Após a análise estatística, os resultados demonstraram que não houve diferença significativa entre os três grupos testados ($p > 0,05$). Também foi possível observar que a falha mais frequente encontrada nos 3 grupos foi a do tipo mista - 100% no grupo CRaut, 92,3% no grupo CIV e 66,6% no grupo CIV-R.

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

Grupo (n)	Média	Agrup.	Desvio Padrão	Falha Cônica	Falha Radial	Falha Mista	Falha Catastrófica
CIV (13)	1301,9	A	216,8	0	0	12 (92,3%)	1 (7,6%)
CIV-R (12)	1312,7	A	181,6	0	0	8 (66,6)	4 (33,3%)
CRaut (12)	1400,8	A	274,6	0	0	12 (100%)	0

**Médias que não compartilham uma letra na mesma coluna são significativamente diferentes.*

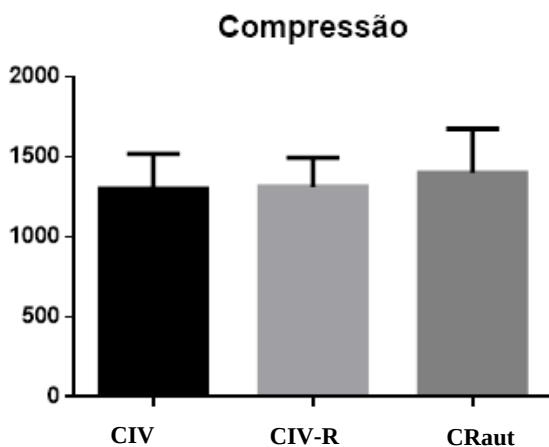


Figura 18 – Gráfico de comparação entre os grupos do teste de resistência à compressão.

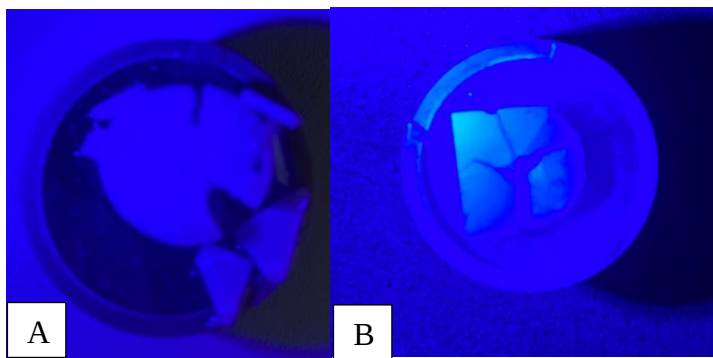


Figura 19 – A) Falha catastrófica, encontrada nos grupos CIV e CIV-R.
B) Falha mista, encontrada em todos os grupos.

Para o teste de microtração, cada conjunto cimentado deveria gerar, em média, 11 palitos. No entanto, em todos os grupos ocorreram falhas pré-testes, não sendo possível obter nenhum palito. No grupo CIV, todos os conjuntos falharam na primeira tentativa de corte. No grupo CIV-R, as falhas ocorreram durante as tentativas de primeiro e segundo cortes. No grupo CRaut as falhas ocorreram no primeiro, terceiro e último corte. A falha foi registrada em todos os grupos no momento em que a cimentação se desfez inteiramente do corpo de prova durante o corte.

As falhas pré-testes foram registradas conforme tabela abaixo:

Tabela 3 – Falhas pré-testes registradas nos grupos que seriam submetidos à microtração

Falhas pré-testes	CRaut	CIV-R	CIV
Bloco 1	último corte	1º corte	1º corte
Bloco 2	1º corte	2º corte	1º corte
Bloco 3	último corte	1º corte	1º corte
Bloco 4	1º corte	1º corte	1º corte
Bloco 5	3º corte	2º corte	1º corte

Para o teste de microcisalhamento, os cimentos foram, primeiramente, comparados entre si dentro de cada substrato. Após a análise estatística por Kruskal-Wallis e Dunn ($\alpha=0,05$), foi possível observar que os cimentos dos grupos CRaut e CR-MDP obtiveram os melhores desempenhos quando comparados aos grupos CIV e CIV-R. Após isso, foi realizada uma comparação dos substratos em cada cimento, sendo aplicado ANOVA 1-fator para esse desfecho. Os resultados demonstraram que para o cimento CIV, a adesão a Zirlink®, jateamento e CRFV foi estatisticamente igual. Em relação à adesão do CIV-R, o Zirlink® e o jateamento obtiveram um desempenho inferior em relação ao CRFV. Para os cimentos CRaut e CR-MDP não houve diferença estatística de adesão entre os substratos Zirlink®, jateamento e CRFV.

Tabela 4 – Média, mediana e comparação dos resultados entre os grupos

Cimento/Substrato	Jateamento			Zirlink			CRFV		
	Média (DP)	Mediana (DIQ)	Agrup.	Média (DP)	Mediana (DIQ)	Agrup.	Média (DP)	Mediana (DIQ)	Agrup.
CR-MDP	5,005 (2,490)	6,277 (4,744)	Aa	4,919 (2,990)	4,155 (5,720)	Aa	6,861 (1,072)	6,714 (1,636)	Aa
CRaut	6,32 (3,47)	6,39 (7,04)	Aa	6,94 (4,08)	7,08 (7,59)	Aa	7,248 (2,301)	7,21 (1,354)	Aa
CIV-R	1,976 (0,608)	1,683 (1,186)	Bb	1,7931 (0,3305)	1,885 (0,1390)	Bb	2,926 (1,060)	2,598 (1,637)	Ba
CIV	1,888 (0,848)	1,747 (0,562)	Ba	1,838 (0,441)	1,715 (0,721)	Ba	2,351 (0,717)	2,265 (0,423)	Ba

** Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indica igualdade estatística*

*** Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam igualdade estatística*

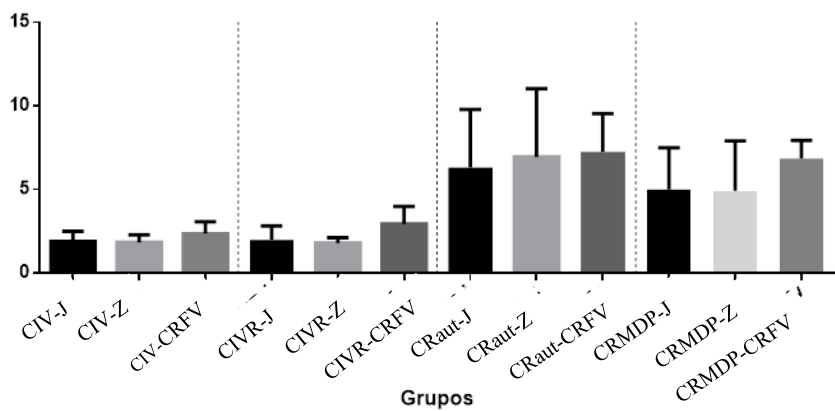


Figura 20- Gráfico de comparação entre os grupos do teste de microisalhamento.

6 DISCUSSÃO

Esse estudo teve como propósito avaliar a resistência adesiva e compressiva de uma zircônia translúcida (Zircon Fit Plus®) cimentada com diferentes tipos de cimento: cimento resinoso, cimento ionomérico e cimento à base de ionômero reforçado por resina. Com as alterações atuais na composição da zircônia, investigou-se o desempenho desses materiais em restaurações de zircônia de terceira geração.

Os resultados dos testes de compressão realizados neste estudo confirmam a hipótese inicial de ausência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos avaliados. Entretanto, em uma pesquisa similar com zircônias monolíticas, Nakamura et al. (2016) obtiveram resultados opostos. No referente estudo, que envolveu quatro tipos diferentes de cimentos (cimento de fosfato de zinco - ZPC, cimento de ionômero de vidro - GIC, cimento resinoso autoadesivo - SRC e cimento resinoso - RC), observou-se que a resistência à compressão dos cimentos resinosos foi significativamente superior em relação aos outros tipos de cimentos testados. Lawson et al. (2019) corroboram a importância do tipo de cimento na resistência de materiais odontológicos, especificamente em zircônias e dissilicato de lítio e também observaram desempenhos superiores no uso de cimentos resinosos em comparação com ionômero de vidro modificado por resina na carga de fratura de zircônia tradicional de ítria parcialmente estabilizada (3Y-PSZ), zircônia translúcida de ítria

estabilizada (5Y-Z), e coroas de dissilicato de lítio. As possíveis razões para essas discrepâncias de resultados em ambos os estudos podem estar relacionadas diretamente a questões metodológicas como o cimento utilizado, uma vez que, apesar da mesma classificação, existem várias marcas comerciais de agentes cimentantes no mercado odontológico. Neste estudo, foi optado pelos cimentos CG Fuji Plus e GC Gold label. Segundo Magwa et al. (2022), a média de resistência flexural para o cimento ionomérico (GC Gold label) e ionomérico reforçado por resina (GC Fuji Plus) é 7,488 MPa e 13,108 MPa, respectivamente. Para os autores, essas diferenças podem ser atribuídas à presença do componente de resina polimerizada, que endurece o cimento e melhora a sua capacidade de suportar cargas em flexão. Kheur et al. (2020) encontraram um valor médio de resistência à flexão de 11,65 MPa para o GC Gold Label, 41,07 MPa para O GC Fuji plus e 66,7 MPa para o cimento resinoso Relyx U200. Outros fatores, como tratamento de superfície e a concentração de ítria das zircônias escolhidas também podem influenciar nos resultados em diferentes tipos de testes. (ALGHAZZAWI, 2023; TZANAKAKIS et al., 2015).

Os tipos de falhas mais encontradas nos três grupos de cimentos testados foi a do tipo mista. Em estudos clínicos de acompanhamento da sobrevivência de próteses fixas conduzidos por Botelho et al. (2016) e Chaar; Kern (2015), as principais falhas também foram identificadas como mistas, com o cimento presente tanto na superfície de união da zircônia quanto nos dentes pilares. Esses achados sugerem que a união entre zircônia e cimento não era necessariamente o ponto mais suscetível a falhas. Nos grupos CIV e CIV-R também foram encontradas falhas de natureza catastrófica. Essas falhas podem estar relacionadas às

propriedades não adesivas do ionômero de vidro, o que pode resultar em um número maior de falhas de adesão no substrato (VOHRA, et al., 2020), principalmente, quando somado aos ciclos mastigatórios repetitivos. Como consequência, pode haver a propagação de trincas por esse efeito cumulativo (BEHR et al., 2011; EL ZHAWI et al., 2016) e uma possível indução de falhas catastróficas.

Diversos métodos de teste, tais como macrocisalhamento, microcisalhamento, macrotração e microtração, têm sido investigados para a avaliação da resistência de união de materiais a cerâmicas odontológicas. Independentemente da metodologia de ensaio empregada, é crucial que a interface de união seja a região mais tensionada, assegurando uma medição precisa dos valores de resistência de união (ÖZCAN; BERNASCONI, 2015). Para avaliar a adesão de uma zircônia translúcida, este estudo inicialmente adotou o teste de microtração. A direção vertical da carga em relação à interface de ligação da cerâmica e o pequeno tamanho das microbarras testadas por esse método reduzem a chance de falhas estruturais (NIKZADJAMNANI; ZARRATI; ROSTAMZADEH, 2017). Durante a secção dos palitos, contudo, observaram-se falhas pré-testes em todas as amostras, impedindo a realização do teste e, por conseguinte, a obtenção de resultados. Tais falhas sugerem que não ocorreu uma adesão satisfatória entre os três cimentos escolhidos e o substrato, possivelmente pela área crítica de superfície disponível para intertravamento mecânico, bem como a geometria do corpo de prova testado, o que poderia influenciar na retenção mecânica entre cimento e substrato. Sabe-se, dessa forma, que há limitações nessa pesquisa, e que a segunda hipótese do estudo não pôde ser respondida.

Diferentes métodos de tratamento superficial têm sido estudados com a finalidade de aumentar a rugosidade da superfície da zircônia, uma vez que uma maior rugosidade de superfície possibilita uma maior área de união (QUIGLEY et al., 2021; ELDAFRAWY et al., 2021). Por esse motivo, foi utilizado o jateamento com partículas de alumínio revestidas com sílica triboquímica neste estudo. Esse método não apenas demonstrou um excelente desempenho na adesão da zircônia, mas também se tornou uma prática comumente empregada para o revestimento de ligas metálicas e cerâmicas odontológicas à base de alumina e zircônia (QUIGLEY et al., 2021; FRANZ et al., 2021; ELDAFRAWY et al., 2022; ÖZCAN; BERNASCONI, 2015; THOMPSON et al., 2011). Para o teste de resistência ao microcisalhamento, foi introduzido outro tratamento de superfície além do jateamento, o Zirlink®, um preparador de adesão de zircônias a base de ZRO₂. Yong-Bum et al. 2020 constatou, por meio de um teste de microcisalhamento, que uma pasta a base de ZRO₂ pode ser um método eficaz de união entre a zircônia e o cimento resinoso autoadesivo. Neste estudo, foi possível observar que tanto o tratamento de superfície com jateamento, como com Zirlink® apresentaram desempenhos semelhantes, o que viabiliza o uso de ambos na prática clínica.

Para o teste de microcisalhamento foram utilizados quatro cimentos (cimento ionomérico, cimento ionomérico reforçado por resina, cimento resinoso com MDP e cimento resinoso autoadesivo) e três substratos (CRFV, Zircônia + Zirlink® e Zircônia + jateamento). Os resultados demonstraram que os cimentos resinosos obtiveram os melhores desempenhos quando comparados aos cimentos à base de ionômero de vidro, rejeitando a hipótese inicial de que não haveria diferença na resistência adesiva entre os quatro materiais de cimentação

aos substratos. Vivek et al. (2020) em um estudo com metodologia semelhante a esta pesquisa, compararam a resistência ao cisalhamento da zircônia à dentina usando dois cimentos de cimentação à base de resina e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina. Os resultados demonstraram que existe uma melhor adesão da zircônia à dentina com cimentos de cimentação à base de resina e o cimento resinoso de passo único produziu uma resistência de união comparável ao cimento com MDP, corroborando com os resultados encontrados neste estudo. Por outro lado, Torres et al. (2021), em um estudo clínico, não encontrou diferença significativa entre cimento resinoso e cimento de ionômero nas taxas de sobrevivência de coroas zircônia. Embora os cimentos de ionômero de vidro convencionais e modificados por resina sejam comumente empregados na cimentação de restaurações de zircônia, sua eficácia é muitas vezes comprometida pelos valores mais baixos de resistência de união quando comparados aos cimentos resinosos. Essa disparidade pode ser atribuída à falta de adesão química, considerada um fator crucial para alcançar uma força de união eficaz com o material de zircônia (ELDAFRAWY et al., 2022). Essas constatações podem justificar os resultados encontrados nesse estudo.

A partir das falhas encontradas no teste de microtração, foi avaliado também, por meio do teste de microcisalhamento, qual seria a interface mais frágil do conjunto CRFV-cimento-zirconia. Constatou-se que tanto o cimento ionomérico quanto os cimentos resinosos demonstraram uma adesão semelhante ao substrato CRFV e à zircônia, independente do tratamento de superfície empregado nela. Porém, para o cimento a base de ionômero de vidro reforçado por resina, o substrato zircônia (com Zirlink® e jateamento) obteve um desempenho inferior em

relação ao CRFV, rejeitando parcialmente a hipótese de que a adesão ao CRFV é maior do que a adesão à zircônia para todos os cimentos. Segundo a literatura, os cimentos resinosos possuem melhores propriedades mecânicas, menor solubilidade e reforço de restaurações de cerâmica pura em comparação com os cimentos tradicionais, como o ionômero de vidro (MANSO; CARVALHO, 2017).

A zircônia translúcida é resultado de uma menor quantidade de fase tetragonal e um aumento considerável da fase cúbica na sua composição (BURGESS, 2018). A 5Y-PSZ (terceira geração), com cerca de 4,6 mol% de ítria foi a zircônia escolhida para a realização desta pesquisa. Segundo a literatura, a resistência das restaurações de coroa de zircônia translúcida foi demonstrada como superior à das coroas de material de subestrutura revestidas com porcelana convencional (GHODSI; JAFARIAN, 2018). Esse estudo investigou o desempenho de cimentos resinosos e ionoméricos quando utilizados com a zircônia 5Y-PSZ. Em relação à cimentação adesiva, Le; Larsson; Papia (2019) constataram que a resistência de união entre cimento adesivo e zircônia translúcida é equivalente à zircônia convencional. Além disso, Alammari e Blatz (2022) sugerem que os protocolos de cimentação de resina aplicados com sucesso à zircônia convencional também são os mais bem-sucedidos para zircônia de alta translucidez. Esses achados enfatizam a viabilidade e eficácia da utilização da zircônia translúcida em restaurações odontológicas, reforçando não apenas sua resistência, mas também a compatibilidade com métodos de cimentação adesiva

7 CONCLUSÃO

A partir da realização do presente estudo, pode-se concluir que não há diferença na resistência à compressão após envelhecimento da zircônia translúcida cimentada com três diferentes cimentos. Em relação à adesão, os cimentos resinosos possuem melhores desempenhos adesivos quando comparados aos cimentos à base de ionômero de vidro. Não há diferença na adesão obtida com jateamento e aplicação de Zirlink®. Com exceção do cimento à base de ionômero reforçado por resina, a adesão à Zircônia e ao CRFV foi semelhante.

REFERÊNCIAS

ALAMMAR, A.; BLATZ, M.B. The resin bond to high-translucent zirconia – A systematic review. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 34, p. 117-135, 2022.

ALGHAZZAWI, A Comparison of Failure Loads for Polycrystalline Zirconia Ceramics with Varying Amounts of Yttria, Glass-Ceramics and Polymers in Two Different Test Conditions. **Polymers**, v. 15, p. 4506-4519, 2023.

ANDREIUOLO, R; GONÇALVES, S.A.; DIAS, K.R.H.C. A zircônia na Odontologia Restauradora. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 68, n. 1, p. 49-53, 2011.

ÁVILA, W. M. et al. Surface Conditioning Prior to the Application of Glass-Ionomer Cement: A Systematic Review and Meta-analysis. **J. Adhes Dent**, v. 21, n. 5, p. 391-403, 2019.

BAN, S. Chemical durability of high translucent dental zirconia. **Dental Materials Journal Japanese Society for Dental Materials and Devices**, v. 39, n. 1, p. 12-23, 2020.

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.

BÖMICKE, W. et al. Durability of Resin-Zirconia Bonds Produced Using Methods Available in Dental Practice Consulted on and performed statistical evaluation. **J Adhes Dent**, v. 18, n. 1, p. 17–27, 2016.

BOTELHO, M. G. et al. Long-term evaluation of cantilevered versus fixed-fixed resin-bonded fixed partial dentures for missing maxillary incisors. **Journal of Dentistry**, v. 45, p. 59-66, 2016.

BULUT, A. C.; ATSÜ, S. S. Occlusal Thickness and Cement-Type Effects on Fracture Resistance of Implant-Supported Posterior Monolithic Zirconia Crowns. **Int J Oral Maxillofac Implants**, v. 36, n. 3, p. 485-491.

BURGESS, J. O. Zirconia: the material, its evolution, and composition. **The Compendium of Continuing Education**, v. 39, n. 4, p. 4-8, 2018.

CHAAR, M. S.; KERN, M. Five-year clinical outcome of posterior zirconia ceramic inlay-retained FDPs with a modified design. **Journal of Dentistry**, v. 43, p. 1411-1415, 2015.

COMINO-GARAYOA, R. et al. Adhesion to Zirconia: A Systematic Review of Surface Pretreatments and Resin Cements. **Materials**, v. 21, 2021.

DE SOUZA, G. M. et al. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: A literature review. **Journal of Applied Oral Science**, v. 23, n. 4, p. 358-368, 2015.

DELLA BONA, A.; KELLY, J. R. The clinical success of all-ceramic restorations. **Journal of the American Dental Association**, v. 139, n. 9, p. 8-13, 2008.

ELDARAWY, M. et al. Bonding properties of third-generation zirconia CAD-CAM blocks for monolithic restorations to composite and resin-modified glass-ionomer cements. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 66, n. 3, p. 466-475, 2022.

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. **Dental Materials**, v.32, n.11, p.1352-1361, 2016.

FARIAS, D. C. S. et al. Bond strengths of various resin cements to different ceramics. **Brazilian Oral Research**, v. 33, 2019.

FRANZ, A. et al. Optimizing the fitting-surface preparation of zirconia restorations for bonding to dentin. **Dental Materials**, v. 37, n. 3, p. 464–476, 2021.

GHODSI, S; JAFARIAN, Z. A Review on Translucent Zirconia. **European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry**, v. 26, p. 62-74, 2018.

GO, E. J.; SHIN, Y.; PARK, J. W. Evaluation of the Microshear Bond Strength of MDP-containing and Non-MDP-containing Self-adhesive Resin Cement on Zirconia Restoration. **Operative Dentistry**, v. 4, n. 1, p. 379-385, 2019.

GUNDOGDU, M.; ALADAG, L. I. Effect of adhesive resin cements on bond strength of ceramic core materials to dentin. **Nigerian Journal of Clinical Practice**, v. 21, n. 3, p. 367–374, 2018.

KHEUR. M. et al. Evaluation of mechanical and adhesion properties of glass ionomer cement incorporating nano-sized hydroxyapatite particles. **Odontology**, n. 108, p. 66-73.

KURANAGA, C.; RIBEIRO, F. S. A.; FILGUEIRA, M..Estudo da sinterização da zircônia dopada com óxidos de terras raras a 5 GPa de pressão. **Cerâmica [online]**, v. 51, n. 318, p. 163-167, 2005.

LARSSON, C.; WENNERBERG, A. The Clinical Success of Zirconia-Based Crowns: A Systematic Review. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 27, n. 1, p. 33–43, 2014.

LAWSON, N. C. et al. Effect of Surface Treatment and Cement on Fracture Load of Traditional Zirconia (3Y), Translucent Zirconia (5Y), and Lithium Disilicate Crowns. **Journal of Prosthodontics**, v. 28, n. 6, p. 659–665, 2019.

LE, M.; LARSSON, C.; PAPIA, E. Bond strength between MDP-based cement and translucent zirconia. **Dental Materials Journal**, v. 38, n. 3, p. 480–489, 2019.

MAGWA, K. et al. Comparative analysis of flexural strength of four commercially available dental restorative materials. **International Journal of Health Sciences**, v. 6, n. 1, p. 2577-2586, 2022.

MALKONDU, Ö. et al. An overview of monolithic zirconia in dentistry. **Biotechnology and Biotechnological Equipment**, 2016.

MALKONDU, Ö; TINASTEPE, N; KAZAZOGLU, E. Influence of type of cement on the color and translucency of monolithic zirconia. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 116, p. 902-908, 2016.

MANSO, A. P. et al. Cements and adhesives for all-ceramic restorations. **Dental Clinics of North America**, v. 55, n. 2, p. 311–332, 2011.

MARTINS, L.M. et al. Comportamento biomecânico das cerâmicas odontológicas revisão. **Órgão oficial da associação brasileira de cerâmica**, v.56, p.148-155, 2010.

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.

MIOTTI, L. L. et al. Is conventional resin cement adhesive performance to dentin better than self-adhesive? a systematic review and meta-analysis of laboratory studies. **Operative Dentistry Indiana University School of Dentistry**, 2020.

MIURA, S. et al. Clinical evaluation of monolithic zirconia crowns: A failure analysis of clinically obtained cases from a 3.5-year study. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 65, n. 2, p. 148–154, 2021.

NAKAMURA, K. et al. Effect of cements on fracture resistance of monolithic zirconia crowns. **Acta Biomater Odontol Scand**, v. 2, n. 1, p. 12-19, 2016.

NIKZADJAMNAN, S.; ZARRATI, S.; ROSTAMZADEH, M. Microtensile Bond Strength Between Zirconia Core and Veneering Porcelain After Different Surface Treatments. **J Dent (Tehran)**, v. 14, n.6, p. 303-312, 2017.

ÖZCAN, M.; BERNASCONI, M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. **The journal of adhesive dentistry**, v. 17, n. 1, p. 7–26, 2015.

PAMEIJER, C. H. Crown retention with three resin-modified glass ionomer luting agents. **Journal of the American Dental Association**, v. 143, n. 11, p. 1218–1222, 2012.

PEREIRA, J. R. et al. Push-out bond strength of fiber posts to root dentin using glass ionomer and resin modified glass ionomer cements. **Journal of Applied Oral Science**, v. 22, n. 5, p. 390–396, 2014.

PJETURSSON, B. E. et al. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic single crowns. **Clinical Oral Implants Research**, v. 29, n. 16, p. 199-214, 2018.

QUIGLEY, N. P. et al. Clinical efficacy of methods for bonding to zirconia: A systematic review. **J Prosthet. Dent**, v. 125, n. 2, p. 231-240, 2021.

RUALES-CARRERA, E. et al. Adhesion behavior of conventional and high-translucent zirconia: Effect of surface conditioning methods and aging using an experimental methodology. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 31, n. 4, p. 388-397, 2019.

SOLÁ-RUIZ, M. F. et al. Prospective study of monolithic zirconia crowns: clinical behavior and survival rate at a 5-year follow-up. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 65, n. 3, 2021.

STAWARCZYK, B. et al. Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. Part I. **Quintessence international**, v. 48, n. 5, p. 369–380, 2017.

STEINER, R. et al. Zirconia Primers Improve the Shear Bond Strength of Dental Zirconia. **Journal of Prosthodontics**, v. 29, n. 1, p. 62-68, 2020.

TABATABAIAN, F. Color Aspect of Monolithic Zirconia Restorations: A Review of the Literature. **Journal of Prosthodontics**, p. 1-12, 2018.

TABATABAIAN, F et al. Effect of Resin Cement Brand on the Color of Zirconia-Based Restorations. **Journal of Prosthodontics**, v. 29, n. 4 p. 350-355, 2020.

THOMPSON, J. Y. et al. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: Where are we now? **Dental Materials**, v. 27, p. 71-82, 2010.

TORRES, C. R. G. et al. Glass Ionomer Versus Self-adhesive Cement and the Clinical Performance of Zirconia Coping/Press-on Porcelain Crowns. **Operative Dentistry**, v. 46, n. 4, p. 362-373, 2021.

TZANAKAKIS, D. D. S. et al. Is there a potential for durable adhesion to zirconia restorations? A systematic review. **Journal of Dentistry**, v. 115, n. 1, p. 9-19, 2016.

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, n. 1, p. 460-463, 2022.

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.

WARRETH, A.; ELKAREIMI, Y. All-ceramic restorations: A review of the literature. **Saudi Dental Journal**, v. 32, p. 365-372, 2020.

YONG-BUM, J. et al. The Effect of ZrO₂ Slurry Application to the Pre-sintered Zirconia Surface on Bonding Strength. **Journal of Oral Implantology**, v. 24, n. 2, 2020.

YOSHIMURA, H. N. et al, Zircônia parcialmente estabilizada de baixo custo produzida por meio de mistura de pós com aditivos do sistema MgO-Y₂O₃-CaO. **Cerâmica [online]**, p. 116-112, 2007.

ZANG, F. et al. High-translucent yttria-stabilized zirconia ceramics are wear-resistant and antagonist-friendly. **Dental Materials**, v. 35, n. 12, p. 1776-1790, 2019.

ARTIGO SUBMETIDO

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA COMPRESSIVA E ADESIVA DE UMA ZIRCÔNIA TRANSLÚCIDA CIMENTADA COM DIFERENTES MATERIAIS

Letícia Moreschi¹, Mariele Fuhr², Pedro Henrique Corazza³

1. Programa de pós Graduação em Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.

2. Graduação em Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.

3. Programa de pós Graduação em Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Resumo

Esse estudo teve como objetivo avaliar a resistência adesiva e compressiva de uma zircônia translúcida (Zircon Fit Plus®) cimentada com diferentes tipos de cimento. Foram confeccionadas 84 lâminas a partir de um bloco de zircônia (Zircon Fit Plus®). 60 lâminas foram cimentadas sobre análogos de dentina (CRFV) para testes de compressão e microtração e 24 foram utilizadas para testes de microcisalhamento. Foram utilizados os cimentos GC Gold Label 1® (CIV), GC Fuji Plus C® (CIV-R) e Cimento resinoso Relyx U200® (CRaut) para os testes de compressão e microtração. Para o teste de microcisalhamento, foi adicionado um cimento resinoso contendo MDP, o Panavia V5® (CR-MDP). As lâminas de zircônia dos testes de compressão, microtração, e um grupo do teste de microcisalhamento foram submetidas a um jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica após a sinterização. No outro grupo do teste de microcisalhamento, a zircônia foi submetida a um tratamento pré-sinterização com um preparador de adesão de zircônias (Zirlink®). Os corpos de prova que foram testados em compressão foram submetidos a

envelhecimento mecânico (500.000 ciclos, carga 50 N, 2 Hz). Os testes foram realizados com uma com velocidade 0,5 mm/min em uma máquina de ensaios universal. Os resultados de carga compressiva foram comparados com um teste de Anova 1-fator, seguido pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Para o teste de microcisalhamento, foi utilizado Kruskal-Wallis e Dunn ($\alpha=0,05$), e ANOVA 1-fator e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Os resultados do teste de compressão demonstraram que não houve diferença significativa entre os três grupos testados ($p>0,05$). Não foram obtidas amostras suficientes para a realização do teste de microtração (ocorreram falhas pré-teste durante o corte em todas as situações). No teste de microcisalhamento, foi possível observar que os cimentos resinosos obtiveram os melhores desempenhos quando comparados aos cimentos à base de ionômero de vidro. Na comparação dos substratos, não houve diferença estatística para os cimentos resinosos e ionomérico para os dois tratamentos realizados na zircônia. O desempenho adesivo dos cimentos sobre a zircônia e ao CRFV também foi semelhante, com exceção do grupo CIV-R, onde a adesão foi maior no CRFV do que na zircônia. Dessa forma, pode-se concluir que o tipo cimento não interfere na resistência a compressão após ciclagem mecânica de restaurações com zircônia translúcida. A adesão é superior quando são utilizados cimentos resinosos, comparados aos à base de ionômero de vidro.

Palavras-chave: Materiais Dentários; Cimentação; Cerâmica.

Abstract

This study aimed to evaluate the adhesive and compressive resistance of translucent zirconia (Zircon Fit Plus®) cemented with different types of cement. 84 blades were made from a block of zirconia (Zircon Fit Plus®). 60 sheets were cemented onto dentin analogues (CRFV) for compression

and microtensile tests and 24 were used for microshear tests. The cements GC Gold Label 1® (CIV), GC Fuji Plus C® (CIV-R) and Relyx U200® resin cement (CRaut) were used for compression and microtensile tests. For the microshear test, a resin cement containing MDP, Panavia V5® (CR-MDP), was added. The zirconia sheets from the compression, microtensile tests, and a group from the microshear test were subjected to blasting with silica-coated aluminum oxide particles after sintering. In the other group of the microshear test, the zirconia was subjected to a pre-sintering treatment with a zirconia adhesion preparer (Zirlink®). The specimens that were tested in compression were subjected to mechanical aging (500,000 cycles, load 50 N, 2 Hz). The tests were carried out with a speed of 0.5 mm/min on a universal testing machine. The compressive load results were compared with a 1-factor ANOVA test, followed by the Tukey test ($\alpha=0.05$). For the microshear test, Kruskal-Wallis and Dunn ($\alpha=0.05$) were used, and 1-way ANOVA and Tukey test ($\alpha=0.05$). The results of the compression test demonstrated that there was no significant difference between the three groups tested ($p>0.05$). Not enough samples were obtained to carry out the microtensile test (pre-test failures occurred during cutting in all situations). In the microshear test, it was possible to observe that resin cements obtained the best performance when compared to cements with glass ionomer base. When comparing the substrates, there was no statistical difference for resin and ionomeric cements for the two treatments carried out on zirconia. The adhesive performance of the cements on zirconia and CRFV was also similar, with the exception of the CIV-R group, where adhesion was greater on CRFV than on zirconia. Therefore, it can be concluded that the cement type does not interfere with the compression resistance after mechanical cycling of restorations with

translucent zirconia. Adhesion is superior when resinous cements are used, compared to those based on glass ionomer.

Key words: Dental materials; Cementation; Ceramics.

Introdução

Hoje, a busca pela excelência estética é fundamental na odontologia. As restaurações à base de cerâmica têm sido muito utilizadas com a finalidade de reproduzir as características dos tecidos dentais e, dessa forma, são a escolha de muitos profissionais e pacientes¹. Com o intuito de reproduzir as características estéticas e mecânicas dos dentes, foram introduzidos no mercado diferentes tipos de cerâmicas odontológicas, como as feldspáticas, leucita, dissilicato de lítio, vitrocerâmicas de fluorapatita, cerâmicas híbridas e as zircônias.²

A zircônia tem sido muito estudada como uma opção eficiente de material restaurador na odontologia. Entende-se, porém, que um dos fatores limitantes para o uso desse material é a baixa retenção entre as restaurações de zircônia, cimento e estrutura dentária e que os protocolos convencionais de cimentação de vitrocerâmica não podem ser aplicados a cerâmicas de óxido.³ Recentemente, a composição da zircônia passou por diversas modificações, resultando no surgimento das variantes 4Y-PSZ e 5Y-PSZ no mercado odontológico, conhecidas como terceira geração, que contêm aproximadamente 4,6 mol% de ítria.⁴ Segundo a literatura, a resistência das restaurações de zircônias translúcidas é menor do que as restaurações tradicionais à base de zircônia, e o desgaste da dentição antagonista, quando comparado a outras cerâmicas estéticas (Dissilicato de lítio e feldspática), é menor.⁵

Muitas técnicas estão sendo desenvolvidas para resolver os

problemas relacionados às falhas de adesão da zircônia ao substrato. Levam destaque os diferentes métodos de condicionamento, como jateamento, silicatização e uma variedade de promotores adesivos, além de diversos tipos de cimentos.⁶ A cimentação das restaurações à base de zircônia com cimentos frequentemente utilizados na prática clínica tem assegurado uma fixação adequada, entretanto, a cimentação adesiva é mais aconselhável, uma vez que proporciona maior retenção e adaptação marginal, garantindo maior resistência à fratura.⁷

Os cimentos resinosos foram produzidos com a finalidade de oferecer propriedades físicas e mecânicas adequadas na cimentação de restaurações totalmente cerâmicas.⁸ Os cimentos de ionômero de vidro (CIV) também são muito aplicados na cimentação, já que apresentam propriedades viscoelásticas favoráveis à preservação da integridade de união durante a contração de polimerização e expansão higroscópica pós-maturação que compensa sua contração inicial de presa e a interface dentina/cimento permanece mais estável quando comparado a outros.⁹

Além da adesão, a longevidade e sucesso de restaurações de cerâmica estão diretamente ligadas à resistência à fratura do material após sua instalação. Diante das alterações atuais na composição da zircônia e da possibilidade de utilizá-la com cimento resinoso e cimentos ionoméricos, torna-se de grande relevância clínica a investigação do desempenho desses materiais em restaurações de zircônia de terceira geração.

Metodologia

Foram confeccionadas 84 lâminas a partir de um bloco de zircônia (Zircon Fit Plus®). Dessas lâminas, 60 foram cimentadas sobre

análogos de dentina (CRFV) para testes de compressão e microtração e 24 foram utilizadas para testes de microcisalhamento. O teste de microcisalhamento também foi realizado com os mesmos cimentos sobre o substrato CRFV. Os blocos CAD/CAM do material restaurador utilizado (Zircon Fit Plus®) foram seccionados com um disco diamantado sob refrigeração em uma cortadeira metalográfica (Strues Minitron, Copenhagen, Dinamarca) para obtenção de quadrados com tamanho final de 12mm × 12mm, considerando a taxa de contração da zircônia após sinterização. Foram produzidas lâminas de 1 mm para os testes de compressão e lâminas de 4 mm para os testes de microtração e de microcisalhamento. Essas lâminas foram lixadas em uma politriz (Strues Abramin, Copenhagen, Dinamarca), utilizando lixas de carbetto de silício (#400, 600, 800, 1200), para atingir as espessuras desejadas. Ao todo, foram obtidas 84 lâminas, sendo 45 para os testes de compressão, 15 para os testes de microtração e 24 para os testes de microcisalhamento.

O substrato CRFV foi obtido através da secção, em cortadeira metalográfica do cilindro do material, resultando em 72 discos com 12 mm de diâmetro e 4 mm de espessura. Do total de discos obtidos, foram utilizados 45 para os testes de compressão, 15 para os testes de microtração e 12 para os testes de microcisalhamento. O tratamento do CRFV foi padronizado para todos os grupos, sendo realizada a limpeza dos discos com escova Robinson e pasta profilática, lavagem por 15 segundos e secagem pelo mesmo tempo. O CRFV possui valores semelhantes ao da dentina, como o módulo de elasticidade de 14,7GPa, razão de Poisson de 0,4 e dureza Knoop de 52,7 GPa, motivo pelo qual pode ser considerado um análogo em potencial¹⁰.

As lâminas destinadas aos testes de compressão (n=45),

microtração (n=15) e um grupo do teste de microcisalhamento (n=12) foram sinterizadas, utilizando o forno Programat CS2 (Ivoclar) e foram então submetidas a jateamento com partículas de alumínio revestidas com sílica triboquímica de 30 µm (CoJet™ Sand, 3M-ESPE, Seefeld, Alemanha), realizado por 20 segundos a uma pressão de 24-28 psi, mantendo uma distância de trabalho de 10 mm. Um dos grupos que passou pelo teste de microcisalhamento foi submetido a um tratamento pré-sinterização com um preparador de adesão de zircônias. O Zirlink® atua na formação de uma camada de adesão na superfície, uma vez que se incorpora na zircônia devido aos componentes de nanocerâmica compatíveis à Ítria, propiciando adesão do cimento, sem alterar a cor, a translucidez e a resistência da zircônia (Fabricante Blue Dent). Após a secção do bloco de zircônia para confecção das lâminas e lixamento subsequente, foi realizada a aplicação da solução Zirlink®.

As superfícies de todas as lâminas de zircônia foram limpas e secas com álcool e bolinhas de algodão. Foi então aplicada uma camada de agente silano (RelyX™ Ceramic Primer, 3M ESPE) em toda superfície dos corpos de prova com auxílio de um microbrush e secagem de ar por 5 segundos. A partir disso, a cimentação ocorreu de acordo com cada grupo experimental, conforme recomendação do fabricante.

As lâminas de zircônia e os discos de CRFV submetidos aos testes de microcisalhamento foram fixados individualmente em tubos circulares de PVC, com dimensões de 2,5 x 1,5 cm, utilizando resina acrílica. Após a fixação, realizou-se a limpeza e secagem das superfícies das lâminas de zircônia com álcool e bolinhas de algodão. Posteriormente, essas superfícies foram divididas em quadrantes por meio de marcações efetuadas com marcador permanente. Em seguida, procedeu-se à

aplicação de um agente silano (RelyX™ Ceramic Primer, 3M ESPE) em três dos quadrantes, enquanto que um primer (Clearfil Ceramic Primer Plus®, Kuraray) foi aplicado em um quadrante específico, todos devidamente identificados com marcador permanente no tubo de PVC. Os discos de CRFV também foram divididos em quadrantes, sendo que em um deles foi aplicado um primer (Tooth primer®, Kuraray). Na superfície de cada lâmina de zircônia e cada disco de CRFV foram então instalados 4 cilindros de silicone, formando orifícios com 1 mm de diâmetro e 2 mm de altura, fixados com cera odontológica rosa. Cada orifício do corpo de prova foi cimentado com um cimento diferente, identificado no cilindro de PVC com um marcador permanente. Foram utilizados 4 cimentos: GC Gold Label 1® (CIV), GC Fuji Plus C® (CIV-R), Cimento resinoso Relyx U200® (CRaut) e Cimento Resinoso Panavia V5® (CR-MDP). Os cimentos foram introduzidos nos orifícios de silicone com uma seringa injetora Centrix e ponteira agulhada nº 2, sendo, o cimento Panavia, dispensado nos orifícios dos quadrantes que receberam o Tooth primer® e o Clearfil Ceramic Primer Plus®. Os orifícios cimentados com os cimentos resinosos foram fotoativados com um aparelho fotopolimerizador (Radii Cal, SDI) com potência de 1.200 mW/cm². Todos os cilindros foram analisados em microscópio óptico e os que apresentaram falhas ou bolhas na cimentação foram excluídos do estudo.

Com o intuito de envelhecer os espécimes, simulando o ambiente oral, foi realizada a ciclagem mecânica nos corpos de prova submetidos à compressão. Após a esse processo, os corpos de prova foram levados em uma máquina de ensaios universal (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, PR, Brasil), equipada com uma célula de carga de 5000 N. Foi aplicada uma carga compressiva no centro do corpo de prova, com velocidade 0,5

mm/min por um pistão ($E = 200 \text{ GPa}$) com ponta plana de 3mm. 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.

Cinco amostras de cada grupo foram seccionadas em forma de palito, com uma área de secção no local de adesão de 1mm^2 e as que não sofressem falhas pré-testes seriam fixadas a uma máquina universal de ensaios para microtração (EMIC DL 2000 – São José dos Pinhais, Brasil) à velocidade de 0,5 mm/min, até que ocorresse fratura. As falhas pré-testes foram registradas. Os palitos seriam então medidos no sentido mesio-distal e vestibulo-lingual, em milímetros, por meio de paquímetro digital, para posterior cálculo da área (A), em mm^2 , e o modo de falha seria classificado com uma lupa estereoscópica. Como ocorreram falhas pré-teste durante os cortes dos palitos em todos os corpos de prova, a adesão foi avaliada pelo teste de microcisalhamento.

Após a cimentação de todos os corpos de prova, o teste de microcisalhamento foi realizado em uma máquina de ensaios universal (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, PR, Brasil), aplicando a carga perpendicular à superfície adesiva a uma velocidade de 0,5mm/minuto até ocorrer a falha. A resistência de união (em MPa) foi calculada dividindo-se a força (N) pela área aderida (mm^2).

Os resultados de carga compressiva de fratura foram comparados com um teste de Anova 1-fator, seguido pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Os resultados do teste de microcisalhamento foram comparados separadamente para cada substrato. O teste de igualdade de variâncias

demonstrou que os desvios padrão dos grupos, para a comparação dos cimentos dentro dos substratos, eram diferentes. Dessa forma, essa comparação foi realizada por Kruskal-Wallis e Dunn ($\alpha=0,05$). Após isso, efetuou-se uma comparação dos substratos, dentro de cada cimento. O teste de igualdade de variâncias demonstrou variâncias estatisticamente iguais para essa comparação. Sendo assim, aplicou-se ANOVA 1-fator e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Todas as comparações foram realizadas nos softwares Minitab 18 e GraphPad Prism 6.

Resultados

Os resultados do teste de resistência à compressão estão descritos na tabela 2. Para esse teste, foram cicladas 15 amostras para cada grupo-cimento resinoso (CRaut), cimento ionomérico (CIV) e cimento ionomérico reforçado por resina (CIV- R). Durante a ciclagem mecânica, 2 amostras do grupo CIV fraturaram (56.000 ciclos e na remoção do corpo de prova), 3 amostras do grupo CRaut também fraturaram (291.000 ciclos e durante a remoção do corpo de prova) e 3 amostras do grupo CIV-R foram excluídas pelo mesmo motivo (fratura em 201.000 ciclos, 280.000 ciclos e 291.000 ciclos). Dessa forma, para o teste de compressão foram utilizadas 13 amostras do grupo CIV, 12 amostras do grupo CRaut e 12 amostras do grupo CIV-R.

Após a análise estatística, os resultados demonstraram que não houve diferença significativa entre os três grupos testados ($p>0,05$). Também foi possível observar que a falha mais frequente encontrada nos 3 grupos foi a do tipo mista - 100% no grupo CRaut, 92,3% no grupo CIV e 66,6% no grupo CIV-R.

Tabela 1 – Média, desvio padrão (DP) e tipos de falha dos grupos experimentais do teste de resistência à compressão.

Grupo (n)	Média	Agrup.	Desvio Padrão	Falha Cônica	Falha Radial	Falha Mista	Falha Catastrófica
CIV (13)	1301,9	A	216,8	0	0	12 (92,3%)	1 (7,6%)
CIV-R (12)	1312,7	A	181,6	0	0	8 (66,6)	4 (33,3%)
CRaut (12)	1400,8	A	274,6	0	0	12 (100%)	0

**Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.*

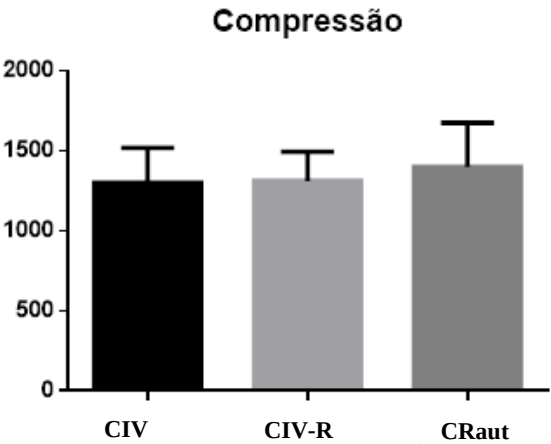


Figura 1 – Gráfico de comparação entre os grupos do teste de resistência à compressão.

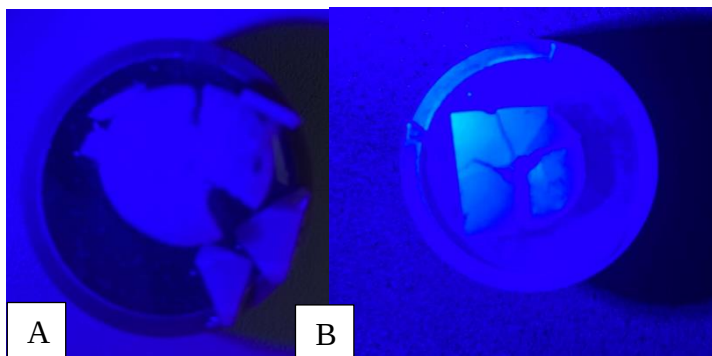


Figura 2 – **A)** Falha catastrófica, encontrada nos grupos CIV e CIV-R. **B)** Falha mista, encontrada em todos os grupos.

Para o teste de microtração, cada conjunto cimentado deveria gerar, em média, 11 palitos. No entanto, em todos os grupos ocorreram falhas pré-testes, não sendo possível obter nenhum palito. No grupo CIV, todos os conjuntos falharam na primeira tentativa de corte. No grupo CIV-R, as falhas ocorreram durante as tentativas de primeiro e segundo cortes. No grupo CRaut as falhas ocorreram no primeiro, terceiro e último corte. A falha foi registrada em todos os grupos no momento em que a cimentação se desfez inteiramente do corpo de prova durante o corte.

As falhas pré-testes foram registradas conforme tabela abaixo:

Tabela 2– Falhas pré-testes registradas nos grupos que seriam submetidos à microtração

Falhas pré-testes	CRaut	CIV-R	CIV
Bloco 1	último corte	1º corte	1º corte
Bloco 2	1º corte	2º corte	1º corte
Bloco 3	último corte	1º corte	1º corte
Bloco 4	1º corte	1º corte	1º corte
Bloco 5	3º corte	2º corte	1º corte

Para o teste de microcisalhamento, os cimentos foram, primeiramente, comparados entre si dentro de cada substrato. Após a análise estatística por Kruskal-Wallis e Dunn ($\alpha=0,05$), foi possível observar que os cimentos dos grupos CRaut e CR-MDP obtiveram os melhores desempenhos quando comparados aos grupos CIV e CIV-R. Após isso, foi realizada uma comparação dos substratos em cada cimento, sendo aplicado ANOVA 1-fator para esse desfecho. Os resultados demonstraram que para o cimento CIV, a adesão a Zirlink®, jateamento e CRFV foi estatisticamente igual. Em relação à adesão do CIV-R, o Zirlink® e o jateamento obtiveram um desempenho inferior em relação ao CRFV. Para os cimentos CRaut e CR-MDP não houve diferença estatística de adesão entre os substratos Zirlink®, jateamento e CRFV.

Tabela 3– Média, mediana e comparação dos resultados entre os grupos

Cimento/Substrato	Jateamento			Zirlink			CRFV		
	Média (DP)	Mediana (DIQ)	Agrup.	Média (DP)	Mediana (DIQ)	Agrup.	Média (DP)	Mediana (DIQ)	Agrup.
CR-MDP	5,005 (2,490)	6,277 (4,744)	Aa	4,919 (2,990)	4,155 (5,720)	Aa	6,861 (1,072)	6,714 (1,636)	Aa
CRaut	6,32 (3,47)	6,39 (7,04)	Aa	6,94 (4,08)	7,08 (7,59)	Aa	7,248 (2,301)	7,21 (1,354)	Aa
CIV-R	1,976 (0,608)	1,683 (1,186)	Bb	1,7931 (0,3305)	1,885 (0,1390)	Bb	2,926 (1,060)	2,598 (1,637)	Ba
CIV	1,888 (0,848)	1,747 (0,562)	Ba	1,838 (0,441)	1,715 (0,721)	Ba	2,351 (0,717)	2,265 (0,423)	Ba

** Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indica igualdade estatística*

*** Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam igualdade estatística*

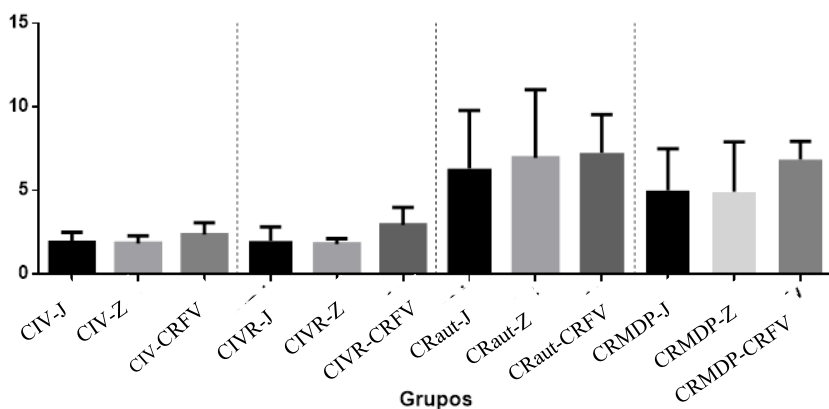


Figura 3- Gráfico de comparação entre os grupos do teste de microcisalhamento.

Discussão

Esse estudo teve como propósito avaliar a resistência adesiva e compressiva de uma zircônia translúcida (Zircon Fit Plus®) cimentada com diferentes tipos de cimento: cimento resinoso, cimento ionomérico e cimento à base de ionômero reforçado por resina. Com as alterações atuais na composição da zircônia, investigou-se o desempenho desses materiais em restaurações de zircônia de terceira geração.

Os resultados dos testes de compressão realizados neste estudo confirmam a hipótese inicial de ausência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos avaliados. Entretanto, em uma pesquisa similar com zircônias monolíticas, Nakamura et al. (2016)¹¹ obtiveram resultados opostos. No referente estudo, que envolveu quatro tipos diferentes de cimentos (cimento de fosfato de zinco - ZPC, cimento de ionômero de vidro - GIC, cimento resinoso autoadesivo - SRC e cimento resinoso - RC), observou-se que a resistência à compressão dos cimentos resinosos foi significativamente superior em relação aos outros tipos de

cimentos testados. Lawson et al. (2019)¹² corroboram a importância do tipo de cimento na resistência de materiais odontológicos, especificamente em zircônias e dissilicato de lítio e também observaram desempenhos superiores no uso de cimentos resinosos em comparação com ionômero de vidro modificado por resina na carga de fratura de zircônia tradicional de ítria parcialmente estabilizada (3Y-PSZ), zircônia translúcida de ítria estabilizada (5Y-Z), e coroas de dissilicato de lítio. As possíveis razões para essas discrepâncias de resultados em ambos os estudos podem estar relacionadas diretamente a questões metodológicas como o cimento utilizado, uma vez que, apesar da mesma classificação, existem várias marcas comerciais de agentes cimentantes no mercado odontológico. Neste estudo, foi optado pelos cimentos CG Fuji Plus e GC Gold label. Segundo Magwa et al. (2022)¹³, a média de resistência flexural para o cimento ionomérico (GC Gold label) e ionomérico reforçado por resina (GC Fuji Plus) é 7,488 MPa e 13,108 MPa, respectivamente. Para os autores, essas diferenças podem ser atribuídas à presença do componente de resina polimerizada, que endurece o cimento e melhora a sua capacidade de suportar cargas em flexão. Kheur et al. (2020)¹⁴ encontraram um valor médio de resistência à flexão de 11,65 MPa para o GC Gold Label, 41,07 MPa para o GC Fuji plus e 66,7 MPa para o cimento resinoso Relyx U200. Outros fatores, como tratamento de superfície e a concentração de ítria das zircônias escolhidas também podem influenciar nos resultados em diferentes tipos de testes.^{15,16.}

Os tipos de falhas mais encontradas nos três grupos de cimentos testados foi a do tipo mista. Em estudos clínicos de acompanhamento da sobrevivência de próteses fixas conduzidos por Botelho et al. (2016)¹⁷ e Chaar; Kern (2015)¹⁸, as principais falhas também foram identificadas

como mistas, com o cimento presente tanto na superfície de união da zircônia quanto nos dentes pilares. Esses achados sugerem que a união entre zircônia e cimento não era necessariamente o ponto mais suscetível a falhas. Nos grupos CIV e CIV-R também foram encontradas falhas de natureza catastrófica. Essas falhas podem estar relacionadas às propriedades não adesivas do ionômero de vidro, o que pode resultar em um número maior de falhas de adesão no substrato¹⁹ principalmente, quando somado aos ciclos mastigatórios repetitivos. Como consequência, pode haver a propagação de trincas por esse efeito cumulativo²⁰ e uma possível indução de falhas catastróficas.²¹

Diversos métodos de teste, tais como macrocisalhamento, microcisalhamento, macrotração e microtração, têm sido investigados para a avaliação da resistência de união de materiais a cerâmicas odontológicas. Independentemente da metodologia de ensaio empregada, é crucial que a interface de união seja a região mais tensionada, assegurando uma medição precisa dos valores de resistência de união.⁶ Para avaliar a adesão de uma zircônia translúcida, este estudo inicialmente adotou o teste de microtração. A direção vertical da carga em relação à interface de ligação da cerâmica e o pequeno tamanho das microbarras testadas por esse método reduzem a chance de falhas estruturais²² Durante a secção dos palitos, contudo, observaram-se falhas pré-testes em todas as amostras, impedindo a realização do teste e, por conseguinte, a obtenção de resultados. Tais falhas sugerem que não ocorreu uma adesão satisfatória entre os três cimentos escolhidos e o substrato, possivelmente pela área crítica de superfície disponível para intertravamento mecânico, bem como a geometria do corpo de prova testado, o que poderia influenciar na retenção mecânica entre cimento e substrato. Sabe-se, dessa

forma, que há limitações nessa pesquisa, e que a segunda hipótese do estudo não pôde ser respondida.

Diferentes métodos de tratamento superficial têm sido estudados com a finalidade de aumentar a rugosidade da superfície da zircônia, uma vez que uma maior rugosidade de superfície possibilita uma maior área de união.^{23,24} Por esse motivo, foi utilizado o jateamento com partículas de alumínio revestidas com sílica triboquímica neste estudo. Esse método não apenas demonstrou um excelente desempenho na adesão da zircônia, mas também se tornou uma prática comumente empregada para o revestimento de ligas metálicas e cerâmicas odontológicas à base de alumina e zircônia^{6,,23,24,25,26} Para o teste de resistência ao microcisalhamento, foi introduzido outro tratamento de superfície além do jateamento, o Zirlink®, um preparador de adesão de zircônias a base de ZRO2. Yong-Bum et al. 2020²⁷ constatou, por meio de um teste de microcisalhamento, que uma pasta a base de ZRO₂ pode ser um método eficaz de união entre a zircônia e o cimento resinoso autoadesivo. Neste estudo, foi possível observar que tanto o tratamento de superfície com jateamento, como com Zirlink® apresentaram desempenhos semelhantes, o que viabiliza o uso de ambos na prática clínica.

Para o teste de microcisalhamento foram utilizados quatro cimentos (cimento ionomérico, cimento ionomérico reforçado por resina, cimento resinoso com MDP e cimento resinoso autoadesivo) e três substratos (CRFV, Zircônia + Zirlink® e Zircônia + jateamento). Os resultados demonstraram que os cimentos resinosos obtiveram os melhores desempenhos quando comparados aos cimentos à base de ionômero de vidro, rejeitando a hipótese inicial de que não haveria diferença na resistência adesiva entre os quatro materiais de cimentação

aos substratos. Vivek et al. (2020)²⁸ em um estudo com metodologia semelhante a esta pesquisa, compararam a resistência ao cisalhamento da zircônia à dentina usando dois cimentos de cimentação à base de resina e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina. Os resultados demonstraram que existe uma melhor adesão da zircônia à dentina com cimentos de cimentação à base de resina e o cimento resinoso de passo único produziu uma resistência de união comparável ao cimento com MDP, corroborando com os resultados encontrados neste estudo. Por outro lado, Torres et al. (2021)²⁹, em um estudo clínico, não encontrou diferença significativa entre cimento resinoso e cimento de ionômero nas taxas de sobrevivência de coroas zircônia. Embora os cimentos de ionômero de vidro convencionais e modificados por resina sejam comumente empregados na cimentação de restaurações de zircônia, sua eficácia é muitas vezes comprometida pelos valores mais baixos de resistência de união quando comparados aos cimentos resinosos. Essa disparidade pode ser atribuída à falta de adesão química, considerada um fator crucial para alcançar uma força de união eficaz com o material de zircônia.²⁴ Essas constatações podem justificar os resultados encontrados nesse estudo.

A partir das falhas encontradas no teste de microtração, foi avaliado também, por meio do teste de microcisalhamento, qual seria a interface mais frágil do conjunto CRFV-cimento-zirconia. Constatou-se que tanto o cimento ionomérico quanto os cimentos resinosos demonstraram uma adesão semelhante ao substrato CRFV e à zircônia, independente do tratamento de superfície empregado nela. Porém, para o cimento a base de ionômero de vidro reforçado por resina, o substrato zircônia (com Zirlink® e jateamento) obteve um desempenho inferior em

relação ao CRFV, rejeitando parcialmente a hipótese de que a adesão ao CRFV é maior do que a adesão à zircônia para todos os cimentos. Segundo a literatura, os cimentos resinosos possuem melhores propriedades mecânicas, menor solubilidade e reforço de restaurações de cerâmica pura em comparação com os cimentos tradicionais, como o ionômero de vidro.³⁰

A zircônia translúcida é resultado de uma menor quantidade de fase tetragonal e um aumento considerável da fase cúbica na sua composição.⁴ A 5Y-PSZ (terceira geração), com cerca de 4,6 mol% de ítria foi a zircônia escolhida para a realização desta pesquisa. Segundo a literatura, a resistência das restaurações de coroa de zircônia translúcida foi demonstrada como superior à das coroas de material de subestrutura revestidas com porcelana convencional.⁵ Esse estudo investigou o desempenho de cimentos resinosos e ionoméricos quando utilizados com a zircônia 5Y-PSZ. Em relação à cimentação adesiva, Le; Larsson; Papia (2019)³¹ constataram que a resistência de união entre cimento adesivo e zircônia translúcida é equivalente à zircônia convencional. Além disso, Alammar e Blatz (2022)³² sugerem que os protocolos de cimentação de resina aplicados com sucesso à zircônia convencional também são os mais bem-sucedidos para zircônia de alta translucidez. Esses achados enfatizam a viabilidade e eficácia da utilização da zircônia translúcida em restaurações odontológicas, reforçando não apenas sua resistência, mas também a compatibilidade com métodos de cimentação adesiva.

Conclusão

A partir da realização do presente estudo, pode-se concluir que não há diferença na resistência à compressão após envelhecimento da zircônia

translúcida cimentada com três diferentes cimentos. Em relação à adesão, os cimentos resinosos possuem melhores desempenhos adesivos quando comparados aos cimentos à base de ionômero de vidro. Não há diferença na adesão obtida com jateamento e aplicação de Zirlink®. Com exceção do cimento à base de ionômero reforçado por resina, a adesão à Zircônia e ao CRFV foi semelhante.

Referências

1. Martins LM, et al. Comportamento biomecânico das cerâmicas odontológicas revisão. Órgão oficial da associação brasileira de cerâmica. 2010;56:148-155.
2. Tabatabaian F. Color Aspect of Monolithic Zirconia Restorations: A Review of the Literature. *Journal of Prosthodontics*. 2018;1-12.
3. Malkondu Ö, Tinastepe N, Kazazoglu E. Influence of type of cement on the color and translucency of monolithic zircônia. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2016;116:902-908.
4. Burgess JO. Zirconia: the material, its evolution, and composition. *The Compendium of Continuing Education*. 2018;39(4):4-8.
5. Ghodsi S, Jafarian Z. A Review on Translucent Zirconia. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*. 2018;26:62-74.
6. Özcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *The journal of adhesive dentistry*. 2015;17(1):7–26.
7. Andreiuolo R, Gonçalves SA, Dias KRHC. A zircônia na Odontologia Restauradora. *Revista Brasileira de Odontologia*. 2011;68(1):49-53.
8. Gundogdu M, Aladag LI. Effect of adhesive resin cements on bond strength of ceramic core materials to dentin. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. 2018;21(3):367–374.
9. Pameijer CH. Crown retention with three resin-modified glass ionomer luting agents. *Journal of the American Dental Association*. 2012;143(11):1218–1222.
10. Merlo EG, Della Bona A, Griggs JA, Jodha KS, Corazza PH. Mechanical behavior and adhesive potential of glass fiber-reinforced resin-based composites for use as dentin analogues. *Am J Dent*. 2020;33(6):310-314.

- 11.** Nakamura K, et al. Effect of cements on fracture resistance of monolithic zirconia crowns. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2016;2(1):12-19.
- 12.** Lawson NC, et al. Effect of Surface Treatment and Cement on Fracture Load of Traditional Zirconia (3Y), Translucent Zirconia (5Y), and Lithium Disilicate Crowns. *Journal of Prosthodontics*. 2019;28(6):659–665.
- 13.** Magwa K, et al. Comparative analysis of flexural strength of four commercially available dental restorative materials. *International Journal of Health Sciences*. 2022;6(1):2577-2586.
- 14.** Kheur M, et al. Evaluation of mechanical and adhesion properties of glass ionomer cement incorporating nano-sized hydroxyapatite particles. *Odontology*. 2020;108:66-73.
- 15.** Alghazzawi A. A comparison of failure loads for polycrystalline zirconia ceramics with varying amounts of yttria, glass-ceramics and polymers in two different test conditions. *Polymers*. 2023;15:4506 19.
- 16.** Tzanakakis DDS, Is there a potential for durable adhesion to zirconia restorations? A systematic review. *Journal of Dentistry*. 2016;115(1):9-19.
- 17.** Botelho MG, Long-term evaluation of cantilevered versus fixed–fixed resin-bonded fixed partial dentures for missing maxillary incisors. *Journal of Dentistry*. 2016;45:59-66.}
- 18.** Chaar MS, kern M. Five-year clinical outcome of posterior zirconia ceramic inlay-retained FDPs with a modified design. *Journal of Dentistry*. 2015;43:1411-5.
- 19.** Vohra F, altwaim M, Alshuwaier A, deeb MA, alfawaz Y,Arabiah 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*. 2020;36(3):416-21.
- 20.** 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*. 2011;4(7):1567-70.
- 21.** El Zhawi H, Kaizer MR, Chughtai A, Moraes RR, Zhang Y. Polymer infiltrated ceramic network structures for resistance to fatigue fracture and wear. *Dental Materials*. 2016;32(11):1352-61.
- 22.** Nikzadjamnan S, Zarrati S, Rostamzadeh M. Microtensile bond strength between zirconia core and veneering porcelain after different surface treatments. *J Dent (Tehran)*. 2017;14(6):303-12.
- 23.** Quigley NP, Clinical efficacy of methods for bonding to zirconia: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 2021;125(2):231-40.

- 24.** Eldafrawy M, Bonding properties of third-generation zirconia CAD-CAM blocks for monolithic restorations to composite and resin-modified glass-ionomer cements. *Journal of Prosthodontic Research*. 2022;66(3):466-75.
- 25.** Franz A, Optimizing the fitting-surface preparation of zirconia restorations for bonding to dentin. *Dental Materials*. 2021;37(3):464–76.
- 26.** Thompson JY, Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: Where are we now? *Dental Materials*. 2010;27:71-82.
- 27.** Yong-Bum J, The effect of ZrO₂ slurry application to the pre-sintered zirconia surface on bonding strength. *Journal of Oral Implantology*. 2020;24(2).
- 28.** Vivek VJ, 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*. 2022;14(1):460-3.
- 29.** Torres CRG, Glass ionomer versus self-adhesive cement and the clinical performance of zirconia coping/press-on porcelain crowns. *Operative Dentistry*. 2021;46(4):362-73.
- 30.** Manso AP, Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dental Clinics of North America*. 2011;55(2):311–32.
- 31.** Le M, Larsson C, Papia E. Bond strength between MDP-based cement and translucent zirconia. *Dental Materials Journal*. 2019;38(3):480–89.