

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
Faculdade de Odontologia
Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

INFLUÊNCIA DO TIPO DE CIMENTO RESINOSO NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE UMA RESINA NANO CERÂMICA

Relatório Final

Apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, como requisito da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso e para graduação no curso de Odontologia da Universidade de Passo Fundo.

Aluno – Daniel Eduardo Meneghetti

Orientador – Prof^ª. Dr^ª. Márcia Borba

Passo Fundo, Junho de 2019.

Sumário

1. TÍTULO	3
2. EQUIPE EXECUTORA	3
2.1. Aluno	3
2.2. Orientadora	3
2.3. Co-orientador	3
2.4. Colaboradora	3
3. RESUMO	3
4. PROBLEMA DE PESQUISA	4
5. JUSTIFICATIVA	4
6. REVISÃO DE LITERATURA	5
6.1. Resina Nano Cerâmica	5
6.2. Cimento Resinoso Universal RelyX Ultimate (RXU)	10
6.3. Cimento Resinoso Autoadesivo RelyX U200 (RX)	11
7. OBJETIVOS	12
7.1. Objetivos gerais	12
7.2. Objetivos específicos	12
8. MATERIAIS E MÉTODOS	13
8.1. Materiais	13
8.2. Teste de Resistência à Flexão Biaxial	13
8.3. Teste de Carga de Fratura	16
9. RESULTADOS	20
9.1. Teste de Resistência à Flexão Biaxial	20
9.2. Teste de Carga de Fratura	21
10. DISCUSSÃO	21
11. CONCLUSÃO	24
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
13. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO ALUNO	26
14. ANEXOS	26

RELATÓRIO FINAL

1. TÍTULO

INFLUÊNCIA DO TIPO DE CIMENTO RESINOSO NO
COMPORTAMENTO MECÂNICO DE UMA RESINA NANO CERÂMICA

2. EQUIPE EXECUTORA

2.1. Aluno

Nome: Daniel Eduardo Meneghetti

Matrícula: 149231

2.2. Orientadora

Nome: Profa. Dra. Márcia Borba

Matrícula: 8224-4

2.3. Co-orientador

Nome: Prof. Dr. Pedro Henrique Corazza

Matrícula: 10160

2.4 Colaboradora

Nome: Ms. Kátia Raquel Weber

Matrícula: 63684

3. RESUMO

A resina nano cerâmica para CAD/CAM tem 80% de carga inorgânica em sua composição, possui similaridade à dentina humana, e pelos elementos poliméricos contidos, tem reduzida friabilidade. O objetivo deste estudo é avaliar a influência do tipo de cimento resinoso no comportamento mecânico de uma resina nano cerâmica (Lava Ultimate, LVU). Foram avaliados dois cimentos resinosos duais: autoadesivo

(RelyX U200, 3M) e convencional (Rely X Ultimate, 3M), em dois testes, resistência flexural e carga compressiva. Para o teste de resistência flexural, foram confeccionados discos de LVU (n=10), que receberam uma camada de cimento e foram armazenados em água destilada, em uma câmara a 37°C durante seis meses. Depois desse tempo foi realizado o teste de flexão biaxial de acordo com o método *piston-on-three-balls*, e os dados avaliados com o teste Mann-Whitney ($\alpha=0,05$). Para o teste de carga de fratura, foram confeccionadas lâminas de LVU, que foram cimentadas sobre um material análogo à dentina (NEMA G10) utilizando os dois tipos de cimentos resinosos (n=10). Antes do teste de carga compressiva, os dois grupos foram submetidos a um envelhecimento através de ciclagem mecânica (50 N a 2 Hz, 500.000 ciclos). Os dados foram analisados com Teste t ($\alpha=0,05$). Não houve diferença estatística entre os grupos para resistência flexural. O tipo de cimento não afetou a carga de fratura e o modo de falha dos corpos-de-prova avaliados no teste de carga compressiva. Conclui-se que o tipo de cimento resinoso não tem influência no comportamento mecânico da resina nano cerâmica.

Palavras-chave: cimentação, cimentos dentários, Materiais Dentários.

4. PROBLEMA DE PESQUISA

A resina nano cerâmica, Lava Ultimate, tem sido indicada para restaurações unitárias e em preparos mais conservadores, entretanto têm demonstrado descolamento das margens da restauração, o que pode desenvolver infiltração, pigmentação da margem e fratura do material, que são resultados indesejáveis em qualquer tratamento restaurador (Cerik-Nagas *et al.*, 2016; Lührs *et al.*, 2014; Flury *et al.*, 2016; Awada e Nathanson, 2015). Portanto, procuramos, através deste estudo, buscar o protocolo de cimentação mais adequado a este material, avaliando o comportamento mecânico com diferentes cimentos e em diferentes configurações de teste.

5. JUSTIFICATIVA

Tendo em vista a necessidade de se conhecer o comportamento de cada material para com isso determinar sua aplicabilidade, é preciso realizar testes que apontem qual será o comportamento mecânico destes quando em uso no meio oral. Com isso, associa-se o conhecimento prévio do material através da literatura disponível. Quando um novo material é disponibilizado ao mercado, a literatura é escassa, tornando ainda mais vital a elaboração de trabalhos científicos para provar as suas características (Poggio *et al.*, 2016).

A resina nano cerâmica é um material desenvolvido para CAD/CAM (*computer aided design/ computer aided manufacturing*) com componentes cerâmicos (sílica e zircônia), o que lhe confere maior resistência mecânica quando comparada à uma resina composta convencional. A Lava Ultimate, material alvo deste estudo, contém 80% de carga inorgânica e 20% de matriz polimérica altamente reticulada, apresenta compatibilidade e comportamento similar ao substrato dental, é indicada para inlays, onlays e facetas, podendo ser proposta para pacientes bruxomanos, pois por ser mais flexível pode sofrer maior carregamento mecânico e maior deformação elástica quando comparado aos materiais cerâmicos. Apesar disso, pode ocorrer a perda de adesão marginal devido à flexão, além do material ser pouco rígido, ainda há aspectos onde existem limitações, como a fadiga cíclica, estabilidade de cor e desgaste do material ou do antagonista (Lührs *et al.*, 2014; Flury *et al.*, 2016; Awada e Nathanson, 2015).

6. REVISÃO DE LITERATURA

6.1 Resina Nano Cerâmica

Frente à atualização constante dos materiais dentários disponíveis no mercado, deve-se praticar uma odontologia baseada em estudos científicos que dão base à conduta profissional, que demonstrem aplicações, comportamentos e contra indicações dos materiais que surgem no mercado. Para isso trabalharemos, através de testes mecânicos, a fim de avaliar a influência de cimentos resinosos em relação a uma resina nano cerâmica (*Lava Ultimate, 3M ESPE*).

A Lava Ultimate (LVU) é uma resina nano cerâmica para CAD/CAM que contém uma mistura de partículas de sílica (20 nm) e de zircônia (4 a 11 nm) com cerca de 80% de carga inorgânica em sua composição, nos outros 20% é formada por uma matriz orgânica de polímeros altamente reticulados, à base de metacrilato, além de conter silano (Lührs *et al.*, 2014; Flury *et al.*, 2016; Yin *et al.*, 2019).

De acordo com o fabricante, a 3M ESPE, esse material contém absorção de forças mastigatórias similares ao dente, maior resistência à fratura que as cerâmicas, alta resistência à flexão, ao desgaste, e ao manchamento, além de possuir boa retenção de brilho e polimento.

Awada e Nathanson (2015) concluíram que os materiais à base de polímeros tem maior semelhança às características mecânicas da dentina humana, o que pode levá-los a serem boas opções para restaurações unitárias, contudo a sua baixa dureza e a possibilidade de ocorrer a desadaptação marginal por causa da flexão denotam uma desvantagem à indicação desse material.

Em junho de 2015 a 3M ESPE limitou a indicação a apenas inlays, onlays e facetas, retirando a indicação para coroas sobre implante e sobre dente, pelo potencial de falha de adesão apontado em literatura clínica (Krejci e Daher. 2017). Potencial esse, registrado em cerca de 10% de falhas (Rosentritt *et al.*, 2017).

Ao contrário dos materiais cerâmicos, que são mais friáveis, esse material apresenta maior resistência flexural antes da falha, ou de uma deformação plástica. Esta diferença entre os materiais à base de polímeros e dos cerâmicos pode ser atribuída aos componentes poliméricos, que auxiliam na redução da friabilidade (Awada e Nathanson, 2015). Além de apresentar a capacidade de reparo na cavidade oral mais facilmente que as cerâmicas convencionais, exibir boa reprodução das margens da restauração e possuir tempo de usinagem menor em comparação às cerâmicas para CAD/CAM (Jeong *et al.*, 2018).

Tekçe *et al.* (2018) afirmam que a LVU causa menor desgaste nos dentes antagonistas quando comparada às cerâmicas. Também dizem que contém maior resistência à deformação plástica e à fratura.

Oz e Bolay (2018) acrescentam que, apesar da instabilidade de cor ser um problema para a LVU, as propriedades mecânicas, como resistência à fratura e à

compressão, bem como as características de desgaste do dente antagonista, constituem vantagens desse material sobre as cerâmicas vítreas.

Para adesão adequada há necessidade de uma retenção micromecânica e de uma união química à superfície da restauração, sendo necessário boa limpeza e maior rugosidade superficial. Ao avaliar o comportamento da resina nano cerâmica frente a tratamento de superfície, especificamente o ataque com ácido hidrofluorídrico, um estudo anterior notou que esse não formou rugosidade superficial suficiente para adesão, o que foi justificado por a LVU conter partículas de zircônia em sua estrutura, o que pode diminuir o efeito do ataque ácido e da resistência de união. Indicando que o método de jateamento com partículas de alumina e silicatização são os mais adequados para ampliar a resistência de união (Park e Choi, 2016).

Apesar do ácido hidrofluorídrico remover as fases cristalinas e vítreas do material restaurador, reagindo com a sua matriz vítrea, não produz ação eficaz o suficiente para aumentar a resistência de união da resina nano cerâmica (Cerik-Nagas *et al.*, 2016).

Ao avaliar o tempo de jateamento, outro estudo mostrou não haver diferença estatística, em relação a testes de resistência ao cisalhamento, quando jateados durante 15 s, 30 s ou 60 s. Entretanto, após termociclagem (5000 ciclos), o grupo que foi submetido a 30 s de jateamento mostrou resultados significativamente maiores que os outros dois grupos. Porém todos os grupos diminuíram significativamente os resultados em relação aos CP's que não passaram por termociclagem (Tekçe *et al.*, 2018).

Dermitag e Culhaoglu (2019) sugerem que a rugosidade superficial não afeta a resistência de união, tendo maior efeito o adesivo utilizado ao método de tratamento de superfície. Além disso, observaram que as superfícies com menor rugosidade obtiveram maior resistência adesiva no teste resistência ao cisalhamento, o que é explicado pelo aumento na resistência de união pelo uso do silano com MDP (*10- methacryloxydecyl dihydrogen phosphate*) e pelo cimento utilizado.

Keul *et al.* (2014), ao medir o ângulo de contato de adesivos sobre resina nano cerâmica, perceberam que testes destrutivos fazem-se necessários para a avaliação do comportamento mecânico do material, esses testes ainda devem simular de maneira mais adequada às condições orais nas quais a restauração será submetida.

Güth *et al.* (2016) observaram que um corpo-de-prova de aproximadamente 1,2 mm de espessura de LVU, transmite em média 29,59% da luz azul e 47,13% da luz visível a que é submetido, indicando que deve se dar preferência ao uso de cimentos duais nas reabilitações realizadas com esse material. A espessura é outro fator que deve ser levado em conta durante o planejamento do cimento a ser usado, pois quanto maior for, maior será a dispersão das ondas de luz durante a fotoativação.

Poggio *et al.* (2016) notaram que o uso de um adesivo autocondicionante associado a um cimento resinoso apresentaram os melhores resultados para a resistência de união. Além disso, a forma do preparo, integridade marginal e microinfiltração clínica são parâmetros-chave para a avaliação da efetividade de adesão.

A resina nano cerâmica associada ao adesivo Scotchbond Universal, produz três mecanismos de adesão, sendo: 1) através do compósito resinoso metacrilato homogêneo, 2) através do silano presente em ambos os materiais e, 3) por conter 10-MDP, que tem capacidade de agir como mediador de união para as partículas de carga de zircônia presentes na resina. O que se opõem aos outros adesivos e consequentemente outros cimentos resinosos (Flury *et al.*, 2016). Schepke *et al.* (2016) também afirmam que o jateamento de partículas seguido por silanização ou ativação química com monômero funcional contendo 10-MDP tanto no adesivo como no cimento resinoso aumentam os valores de resistência de união à tração.

Quando o cimento resinoso e o adesivo são polimerizados separadamente, resulta em maior resistência de união. Caso se espere pela auto polimerização do cimento resinoso, o pH relativamente baixo do adesivo Scotchbond Universal pode interferir com o processo de autopolimerização do cimento, inativando a amina iniciadora através de uma reação ácido-base (Lührs *et al.*, 2014).

Quanto aos cimentos, Flury *et al.* (2016) mostram que o cimento resinoso RelyX Ultimate, recomendado pelo fabricante para a cimentação da LVU, não apresenta diferença significativa quando comparado ao Variolink II. Contudo, após seis meses, RelyX Ultimate apresentou resistência de união significativamente superior ao Variolink II. Quando utilizado o Panavia F2.0, foi observado o aumento da taxa de falhas entre cimento resinoso e material nano cerâmico, o que, de acordo com os autores, indica a degradação do adesivo.

Em outro estudo, os menores resultados para resistência de união e falhas prematuras ocorreram quando utilizado Variolink Esthetic, o que é atribuído ao baixo conteúdo de carga (38%), quando comparado ao RelyX Ultimate (43%) e o G-CEM LinkAce (entre 52,5 e 62,5%) (Cerik-Nagas *et al.*, 2016; Rohr e Fischer, 2017).

Um resumo dos dados encontrados nos estudos pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo dos dados encontrados nos estudos.

ARTIGO	TESTE	RESULTADOS
AWADA e NATHANSON, 2015	FLEXÃO EM TRÊS PONTOS	- LVU obteve maior resistência flexural do que cerâmicas vítreas e outras resinas - A qualidade da margem foi superior para polímeros do que cerâmicas
FLURY <i>et al.</i> , 2016	RESISTÊNCIA AO CISCALHAMENTO	- Combinação de jateamento de partículas de alumina com cimento Rely X Ultimate resultou em maiores valores de resistência de união após 6 meses
POGGIO <i>et al.</i> , 2016	RESISTÊNCIA AO CISCALHAMENTO	- Cimento resinoso convencional (Rely X Ultimate) tem melhor adesão do que autoadesivo
CERIK-NAGAS <i>et al.</i> , 2016	RESISTÊNCIA AO MICROCISCALHAMENTO COM E SEM TERMOCICLAGEM	- Melhor adesão com o cimento Rely X Ultimate - Condicionamento com 10% HF por 60 s não teve efeito na adesão
PARK e CHOI, 2016	RESISTÊNCIA À MICROTRAÇÃO	- O grupo com jateamento de partículas de alumina, adesivo universal e cimento Rely X Ultimate resultou em melhor adesão - Condicionamento com 4% HF por 5 min reduziu a adesão
KEUL <i>et al.</i> , 2014	MEDIÇÃO DO ÂNGULO DE CONTATO DE ADESIVOS SOBRE MATERIAIS	LVU apresentou maior energia livre de superfície
GÜTH <i>et al.</i> , 2016	AVALIAÇÃO DA TRANSMISSÃO DE LUZ (espectrofotômetro)	LVU apresentou transmitância de luz visível e azul inferior às cerâmicas, mas superior às demais RC
LÜHRS <i>et al.</i> , 2014	RESISTÊNCIA À MICROTRAÇÃO	Cimento resinoso e adesivo fotoativado obtiveram melhor adesão Não foi observado efeito do uso de silano ou adesivo

6.2 Cimento Resinoso Universal RelyX Ultimate (RXU)

É um cimento resinoso dual, que, segundo o fabricante, tem resistência de união máxima, elimina a necessidade de muitos frascos, pode ser usado tanto como autocondicionante, condicionamento seletivo ou condicionamento total, com ativador de cura para o adesivo Scotchbond Universal, altamente estético, com fluorescência similar ao dente natural e tolerância à umidade para situações clínicas desfavoráveis. É apresentado em um seringador automix que contém uma pasta base e uma pasta catalisadora. A pasta base é composta por monômeros metacrilato, partículas silanizadas que conferem radiopacidade, componente iniciador, estabilizadores, aditivos reológicos. Já a pasta catalisadora compõem-se de monômero metacrilato, partículas alcalinas radiopacas, componentes iniciadores, estabilizadores, pigmentos, aditivos reológicos, corante fluorescente, iniciador de cura escura para o adesivo Scotchbond Universal (3M ESPE).

Indicado para cimentação definitiva de próteses metal-free, inlays, onlays e pontes (até 3 elementos, exceto em pacientes bruxomanos) em metal ou resina, vêniers de cerâmica ou polímero, próteses sobre implante, e especialmente desenvolvido para cerâmicas vítreas (3M ESPE).

O RXU pode ligar-se fracamente à zircônia, através dos grupos fosfato que possui, entretanto não mostrou aumento significativo na resistência de união quando comparado a cimentos que não têm essa característica, em próteses sobre implante (Rohr *et al.*, 2018).

De acordo com Pilo *et al.* (2017), os monômeros que compõem o RXU são: DCDMA, TEGDMA, substituído-DMA, GPDMA na GPDMA isômero. Os catalisadores são: persulfato de sódio, sódio tolueno p-sulfonato, TBPIN, 1-benzil,5-ácido fenil barbitúrico-sal de Ca. E a carga inorgânica: pó de vidro silanizado, SiO₂ silanizado, óxido vítreo, Ca(OH)₂, TiO₂ (61-71%).

Outro estudo aponta que, por o RXU conter monômero fosfato, ou pelo menos, uma quantidade mínima de metacrilatos de ácido fosfórico, esse cimento demonstrou altos valores de resistência à tração (Passia *et al.*, 2016). Além disso, a literatura aponta que o RXU tem como iniciador de polimerização química sódio p-tolueno sulfonado (Rohr e Fischer, 2017).

A fabricante sugere o uso, juntamente como RXU, do Scotchbond Universal, um adesivo autocondicionante da 3M ESPE, composto por monômero de fosfato MDP, resina dimetacrilato, HEMA, Vitrebond Copolymer, etanol, água, iniciadores e silano (3M ESPE).

De Souza *et al.* (2014) demonstraram que adesivos baseados em MDP mostraram efeito significativo na resistência de união, sendo que os grupos em que foram aplicados adesivos que não continham MDP tiveram menor resistência de união em relação aos que tinham MDP em sua composição.

6.3 Cimento Resinoso Autoadesivo RelyX U200 (RX)

O RX, é um cimento resinoso, sucessor do RelyX Unicem e U100, com a mesma base química, contudo, contém monômero adicional e modificações reológicas. A sua pasta base é composta por monômero de metacrilato com grupos de ácido fosfórico, monômeros metacrilato, partículas silanizadas, componentes iniciadores, estabilizadores e aditivos reológicos. A pasta catalisadora é formada por monômeros metacrilatos, partículas alcalinas, partículas silanizadas, componentes iniciadores, pigmentos e aditivos reológicos. É autoadesivo, de polimerização dual, comercializado em sistema de “clicker” ou seringa automix. De acordo com o fabricante, tem alta resistência de união em todos os substratos, baixa sensibilidade pós-operatória, excelente propriedades mecânicas, estabilidade de cor e estabilidade de longa duração (3M ESPE).

É indicado para inlays, onlays e pontes de total cerâmicas, compósitos ou metal, pânticos e pilares, restaurações para pilares de implantes em total cerâmica, metal ou compósitos, próteses adesivas de dois ou três elementos e pontes de inlay/onlay de até três elementos (3M ESPE).

Alkurt *et al.* (2017), observaram que o RX teve o menor aumento de temperatura, comparado a outro cimento autoadesivo e a um autocondicionante, isso devido ao diferente grau de conversão ou a variável proporção de matriz resinosa.

O ativador de polimerização (sódio-p-tolueno sulfonado) reage aos monômeros ácidos contidos na fórmula do RX formando radicais livres phenyl ou benzenosulfonil,

o que tem sido relacionado a um atraso no grau de conversão dos monômeros (Kim, *et al.*, 2016).

De acordo com Rohr e Fischer (2017) o cimento RelyX Unicem, tem 43% de carga inorgânica, já que tem a mesma carga do RX, podemos concluir que há 43% de carga inorgânica também no RX.

A Tabela 2 apresenta as propriedades gerais dos cimentos utilizados na presente pesquisa, RXU e RX, de acordo com o fabricante (3M ESPE).

Tabela 2. Propriedades dos cimentos utilizados no estudo

Propriedades	RXU	RX
Resistência à flexão	98 MPa	99 MPa
Resistência à compressão	261 MPa	291 MPa
Modulo de elasticidade	7,7 GPa	6,6 GPa
Sorção de água	21 µg/mm ³	28 µg/mm ³
Solubilidade	0 µg/mm ³	0 µg/mm ³
Expansão após um mês	0,5 %	0,63%

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo geral avaliar a influência do tipo de cimento resinoso no comportamento mecânico de uma resina nano cerâmica.

7.2. Objetivos específicos

Esse estudo tem por objetivo específico:

1. Verificar a resistência à flexão biaxial de corpos-de-prova bicamadas (cimento + resina nano cerâmica), testando a hipótese de que o cimento resinoso influencia na resistência à flexão do conjunto;

2. Verificar a carga de fratura de corpos-de-prova multicamadas constituídos por substrato + cimento + resina nano cerâmica, testando a hipótese de que o cimento resinoso influencia a carga de fratura do conjunto;
3. Verificar o padrão de fratura dos corpos-de-prova, testando a hipótese nula de que o cimento resinoso não influencia no padrão de fratura do material.

8. MATERIAIS E MÉTODOS

8.1 Materiais

Na Tabela 3, apresenta-se o nome comercial, descrição e o fabricante dos materiais a serem utilizados no experimento. Quarenta corpos-de-prova (CPs) obtidos através de blocos de CAD/CAM de uma resina nano cerâmica foram usados na pesquisa. Vinte corpos-de-prova foram testados em flexão biaxial após armazenamento em água destilada a 37°C por 6 meses (n=10) e vinte CPs foram testados com o teste de carga de fratura compressiva após envelhecimento mecânico (n=10).

Tabela 3. Nome comercial, fabricante e descrição dos materiais utilizados

Material	Fabricante	Descrição
NEMA graduação G10	International Paper	Resina epóxi reforçada por fibras de vidro
Resina nano cerâmica (Lava Ultimate)	3M Dental Care	Material híbrido constituído por aproximadamente 80% de partículas inorgânicas (LÜHRS, 2014)
Cimento RelyX U200	3M Dental Care	Cimento resinoso de polimerização dual autoadesivo
Cimento RelyX Ultimate	3M Dental Care	Cimento resinoso de polimerização dual universal

8.2 Teste de Resistência à Flexão Biaxial

Para o teste de resistência à flexão biaxial, foram utilizados 20 discos. Os blocos de CAD-CAM foram usinados utilizando uma retificadora cilíndrica interna e externa (FERDIMAT, São José dos Campos, SP, Brasil), sob refrigeração, demorando

aproximadamente 40 min para cada bloco ser transformado em cilindro com diâmetro de 12 mm (Figura 1a e 1b). Após, os mesmos foram cortados em cortadeira metalográfica (modelo Miniton, Struers, Dinamarca) sob refrigeração (Figura 1c). O polimento realizou-se com lixa de carbeto de silício (#300, #400, #600, #1200) sob refrigeração, até chegar à espessura desejada ($1,00 \pm 0,02$ mm). O tamanho final dos CPs é de 1 mm de espessura e 12 mm de diâmetro.

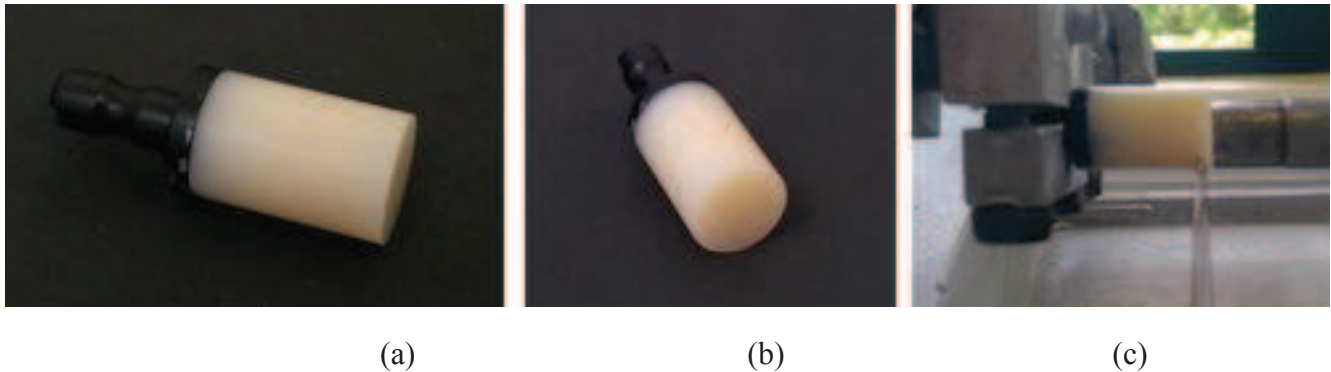


Figura 1: Blocos de CAD/CAM usinados em forma de cilindro (a-b) e bloco sendo cortado na cortadeira metalográfica (c).

Posteriormente os discos foram divididos de acordo com o tipo de cimento resinoso utilizado: cimento resinoso dual autoadesivo (RX - RelyX U200, 3M Dental Care) e cimento resinoso dual universal (RXU - RelyX Ultimate, 3M Dental Care), totalizando 10 CPs para cada grupo (n=10). Primeiramente, todos discos receberam tratamento de superfície com jateamento de partículas de Al_2O_3 de, aproximadamente, 50 μm a 2 bar de pressão (30 psi). Os discos eram pintados com marcador permanente na face a ser jateada, assim, efetuava-se o jateamento removendo toda a tinta dos CPs. Depois os CPs foram limpos com álcool 70° e secos com jatos de ar. Abaixo seguem os protocolos de cada cimento de acordo com o recomendado pelo fabricante:

RXU: um adesivo universal (3M Dental Care) foi aplicado antes da cimentação com microbrush esfregando durante 20 s, depois fotoativado por 20 s.

RX: Aplicou-se silano na face de tração do disco com microbrush, durante um minuto, seguido de leves jatos de ar, para então ser realizada a cimentação.

O cimento resinoso de escolha foi colocado em uma das faces do disco. Uma tira de poliéster (3,7 mm de comprimento e 2,7 mm de largura) foi adaptada sobre o

cimento, e o conjunto foi submetido a um peso de 750 g, por dois minutos, tornando uniforme a cimentação. Após a remoção dos excessos com microbrush, efetuou-se a fotoativação (radii-cal, SDI, Austrália) em todas as faces por 20 s em cada face.

Terminado o processo de cimentação, os CPs ficaram armazenados em uma câmara durante seis meses, em água destilada, a uma temperatura de 37°C com o objetivo de envelhecimento dos materiais.

Decorrido esse tempo, foi realizado o teste de flexão biaxial em uma máquina de ensaio universal, onde a resistência biaxial de cada corpo-de-prova em forma de disco foi determinada utilizando o método de pistão sobre três esferas (*piston-on-three-balls*) a uma velocidade de 1 mm/mim em água destilada a 37°C (Figura 2). A face do disco com o cimento resinoso ficou em contato com as três esferas para ser testada em tração.

Após o teste, os CPs foram observados em estereoscópio (STEMI 2000-C, ZEISS, Alemanha) para aferir a espessura das camadas de cimento e material restaurador (Figura 3).

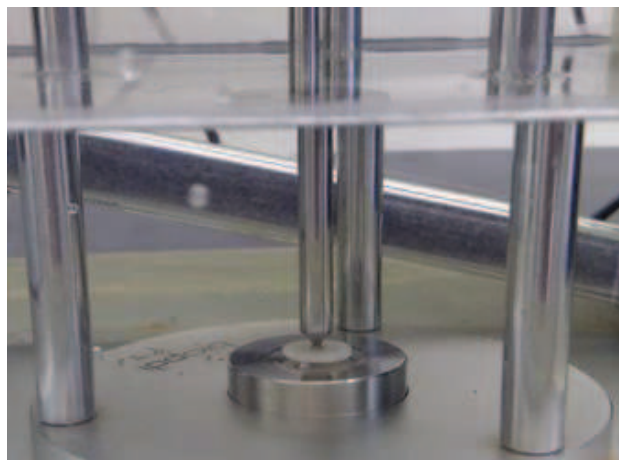


Figura 2 - Teste de resistência à flexão biaxial.

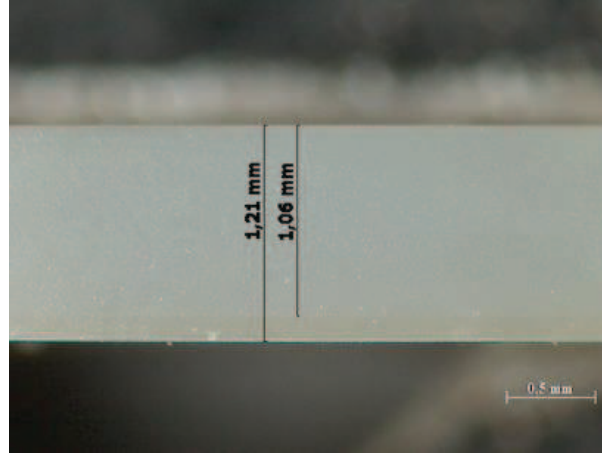


Figura 3 – Imagem das camadas do corpo-de-prova submetido ao teste de resistência flexural: cimento (camada inferior), LVU (camada superior).

A resistência à flexão biaxial dos corpos-de-prova multi-camadas foi calculada de acordo com as equações abaixo:

$$\sigma_1 = \frac{-E_1(z-z^*)P}{8\pi(1-\nu_1)D^*} \left\{ 1 + 2\ln\left(\frac{a}{c}\right) + \frac{1-\nu}{1+\nu} \left[1 - \frac{c^2}{2a^2} \right] \frac{a^2}{R^2} \right\} \text{ (for } 0 \leq z \leq t_1 \text{ and } r \leq c),$$

$$\sigma_2 = \frac{-E_2(z-z^*)P}{8\pi(1-\nu_2)D^*} \left\{ 1 + 2\ln\left(\frac{a}{c}\right) + \frac{1-\nu}{1+\nu} \left[1 - \frac{c^2}{2a^2} \right] \frac{a^2}{R^2} \right\} \text{ (for } t_1 \leq z \leq t_1 + t_2 \text{ and } r \leq c),$$

onde, z^* , D^* e ν são:

$$z^* = \frac{E_1 t_1^2 / (2(1-\nu_1^2)) + E_2 t_2^2 / (2(1-\nu_2^2)) + E_2 t_1 t_2 / (1-\nu_2^2)}{E_1 t_1 / (1-\nu_1^2) + E_2 t_2 / (1-\nu_2^2)},$$

$$D^* = \frac{E_1 t_1^3}{3(1-\nu_1^2)} + \frac{E_2 t_2^3}{3(1-\nu_2^2)} + \frac{E_2 t_1 t_2 (t_1 + t_2)}{1-\nu_2^2} - \frac{[E_1 t_1^2 / (2(1-\nu_1^2)) + E_2 t_2^2 / (2(1-\nu_2^2)) + E_2 t_1 t_2 / (1-\nu_2^2)]^2}{E_1 t_1 / (1-\nu_1^2) + E_2 t_2 / (1-\nu_2^2)},$$

$$\nu = \frac{\nu_1 t_1 + \nu_2 t_2}{t_1 + t_2}$$

sendo, a o raio do círculo de apoio do CP (5 mm), c o raio do pistão (0,775 mm), d o diâmetro do CP, R o raio do CP, t_1 a espessura da camada de cimento, t_2 a espessura da LVU, E_1 o módulo de elasticidade do cimento, E_2 o módulo de elasticidade da LVU, P a carga de fratura (N), ν_1 o coeficiente de Poisson do cimento, ν_2 o coeficiente de Poisson da LVU.

Foram utilizados para o cálculo os valores de $E = 12,7$ GPa e $\nu = 0,47$ para LVU (Belli *et al.*, 2017) e os valores de $E = 7,7$ GPa e $E = 6,6$ GPa para os cimentos RXU e RX, respectivamente, de acordo com informações do fabricante. Para os dois cimentos foi usado um valor de $\nu = 0,5$.

Os dados de resistência à flexão biaxial foram analisados com teste de Mann-Whitney com significância de 5%.

8.3 Teste de Carga de Fratura

Para o teste de carga de fratura, os blocos de CAD-CAM da resina nano cerâmica (Lava Ultimate) foram cortados em cortadeira metalográfica (modelo Miniton, Struers, Denmark) em fatias de aproximadamente 1 mm sob refrigeração com água. Após, as fatias foram polidas com lixa de carbetto de silício (#320, #400, #600, #1200) até chegar à espessura desejada ($1,00 \pm 0,02$ mm).

Blocos cilíndricos do material análogo à dentina (NEMA G10, Accurate Plastic) foram cortados em cortadeira metalográfica e lixados com lixa de carbetto de silício, granulação #400 até chegar a espessura de 2,00 mm.

Os CPs foram subdivididos de acordo com o tipo de cimento resinoso utilizado: cimento resinoso dual autoadesivo (RX) e cimento resinoso dual universal (RXU) ($n=10$). Para a resina nano cerâmica, seguiu-se o mesmo tratamento de superfície descrito para os CPs submetidos ao teste de resistência flexural.

A superfície do material análogo à dentina foi condicionada com ácido hidrófluídrico 10% por um minuto e silanizada por um minuto, sendo esfregado com microbrush. O cimento resinoso foi colocado na superfície do disco e o mesmo foi posicionado sobre o material análogo à dentina. Um peso de 750 g foi aplicado sobre o conjunto durante 2 minutos, para a padronização da espessura da camada de cimento. Após, os mesmos foram fotoativados (radii-cal, SDI, Austrália), 20 s em cada face (Figura 4).

Finalizado o processo de cimentação, os dois grupos foram envelhecidos através de ciclagem mecânica (Cicladora mecânica Biocycle, BioPDI, São Paulo, Brasil), onde um pistão de metal de ponta plana (3 mm de diâmetro) aplicou uma força de 50 N, com

frequência de 2 Hz no centro dos CPs, totalizando 500.000 ciclos cada grupo (n=10). O teste foi realizado em água a 37° C (Figura 5).

Após o envelhecimento mecânico, os CPs foram submetidos ao teste de carga compressiva. Em um recipiente com água a uma temperatura de 37°C, um pistão metálico de ponta plana de 3 mm aplicou-se uma carga até a primeira trinca audível (Instron 23-10, série 2310P-0008, São José dos Pinhais, PR, Brasil), na velocidade de 0,5 mm/min (Figura 6). Após o teste, as trincas foram observadas utilizando transiluminação com luz azul. As trincas foram classificadas como radial, trinca mais superficial; cônica, quando mais profunda envolvendo a camada de cimentação; combinada (associação de trinca radial e cônica) e catastrófica, quando havia a fratura total dos CPs (Figuras 7 a 10).

Os dados de carga de fratura foram analisados com teste t de Student com significância de 5%.



Figura 4 - Modelo do CP para o teste carga compressiva

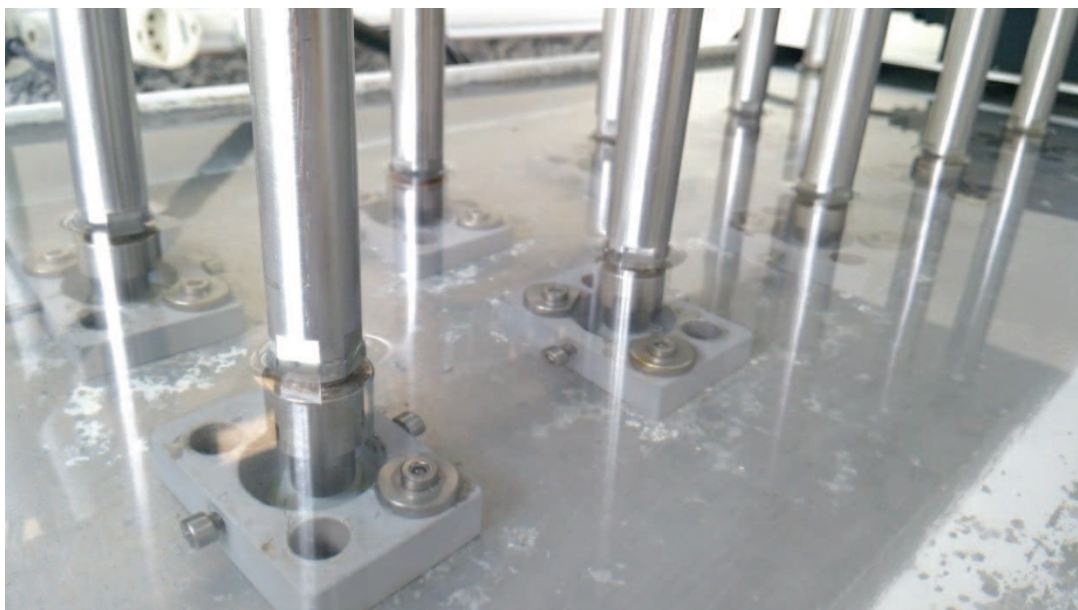
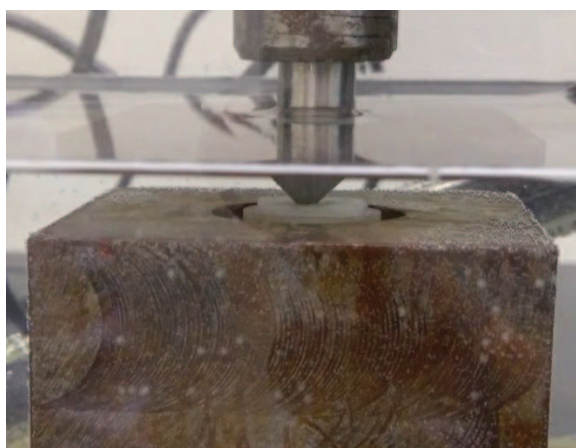


Figura 5 - CP's posicionados na cicladora mecânica durante o protocolo de envelhecimento.



Figuras 6 – CP durante o teste de carga compressiva.



Figura 7 – Falha radial

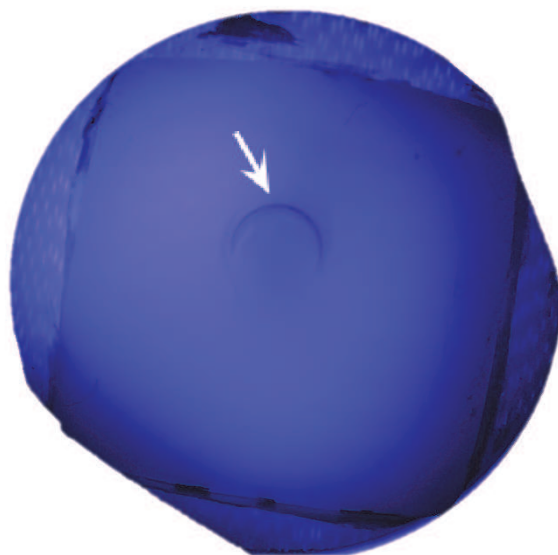


Figura 8 – Falha cônica



Figura 9 – Falha combinada

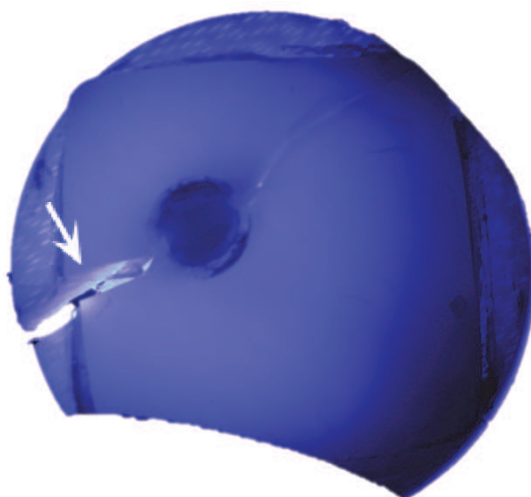


Figura 10 – Falha catastrófica

9. RESULTADOS

9.1 Teste de Resistência à Flexão Biaxial

Não foi encontrada diferença estatística para resistência à flexão biaxial entre os diferentes cimentos ($p=0,734$) (Tabela 4).

Tabela 4. Mediana de resistência flexural (σ_f) e intervalo interquartil (IQ) para os grupos experimentais (MPa).

Grupos	σ_f	IQ
RXU	126 a	10
RX	124 a	42

*Medianas seguidas da mesma letra são estatisticamente similares ($p \geq 0,05$).

9.2 Teste de Carga de Fratura

Não foi encontrada diferença estatística para carga de fratura entre os diferentes cimentos ($p=0,575$) (Tabela 5). Na Tabela 6 está apresentada a frequência de cada modo de falha para cada grupo experimental.

Tabela 5. Média de carga de fratura (L_f) e desvio-padrão (DP) para os grupos experimentais (N).

Grupos	L_f	DP
RXU	3905 a	613
RX	3758 a	536

*Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente similares ($p \geq 0,05$).

Tabela 6. Frequência dos tipos de falha por grupo (%).

Grupos	Radial	Cônica	Combinada	Catastrófica
RXU	0	60	10	30
RX	0	70	20	10

10. DISCUSSÃO

Este estudo visou avaliar a influência do tipo do cimento nas características mecânicas da LVU, uma resina nano cerâmica produzida em blocos para CAD/CAM.

Estudos anteriores mostraram que a LVU tem boa resistência à flexão biaxial, ao desgaste em contato com o antagonista, tanto da LVU quanto do dente, e, após a escovação, apresenta superfície mais lisa em comparação com um material híbrido (Vita Enamic) (Yin, *et al.*, 2019). Sobretudo, apesar de suas qualidades, o fabricante (3M ESPE) alterou a indicação do produto, removendo a indicação à coroas totais, por causa de limitações na adesão (Krejci e Daher, 2017). Por isso, torna-se importante que haja a investigação do comportamento, não só do material, mas também do conjunto formado com cimento e substrato.

Os resultados do teste de resistência à flexão biaxial mostraram que não há diferença estatística quando se compara os cimentos RXU e RX, cimentados à LVU. Assim, a primeira hipótese do estudo, de que o cimento resinoso influencia na resistência à flexão do conjunto, foi rejeitada. Ao avaliar as características mecânicas e adesivas dos dois cimentos resinosos testados, encontramos valores muito próximos de resistência à flexão e à compressão (Tabela 2). Apesar do RXU apresentar um maior módulo de elasticidade, levando a acreditar que esse cimento resista mais à deformação quando comparado ao RX, o comportamento mecânico do conjunto não foi afetado.

A diferença nos resultados pode ser explicada pelo fato do RXU – que apresentou resultados pouco maiores – apresentar a capacidade de ligar-se fracamente a zircônia, o que faz parte da composição de carga da LVU, diferenciando-o dos concorrentes, ainda que isso também não seja capaz de resultar em uma diferença significativa (Rohr *et al.*, 2018). Estudos anteriores demonstraram que cimentos resinosos associados a um adesivo que contenha MDP tiveram maior resistência de união quando comparados aos que não tinham essa associação (De Souza *et al.*, 2014), diferente do presente trabalho, onde não foi encontrada diferença. Entretanto, os resultados concordam com Passia *et al.* (2016) que também não encontraram diferença estatística entre cimentos associados ao MDP ou não, isso pode ser justificado por haver vários outros aditivos no adesivo SBU, o que pode resultar em locais de ligação das partículas de MDP bloqueados.

A segunda hipótese de que o cimento resinoso influencia na carga de fratura dos corpos-de-prova multicamadas (substrato + cimento + LVU) também foi rejeitada, já que não houve diferença estatística entre os grupos neste estudo. Ao observar as características dos materiais (Tabela 2), encontramos similaridade na resistência à

compressão dos dois cimentos, o que demonstra que os dois materiais tem comportamentos mecânicos similares e quando associados à LVU, não obtiveram mudanças significativas nesse comportamento. Além da quantidade de carga inorgânica ser de 43% em ambos os cimentos (Rohr e Fisher, 2017). Existem diferenças no módulo de elasticidade dos dois cimentos, porém, devido a pequena espessura de película, o efeito das diferenças nas propriedades elásticas não afetou significativamente o comportamento mecânico da estrutura.

O carregamento contínuo, realizado no teste, aponta para situações de apertamento dental em pacientes bruxômanos, que é um caso de indicação da LVU. Não haver diferença estatística entre os grupos sugere que ambos os cimentos podem ser induzidos a tal situação clínica sem resultar em prejuízos à sobrevivência da restauração.

A terceira hipótese do estudo, de que o cimento resinoso não influencia no padrão de fratura das estruturas foi aceita. Em relação às falhas no teste de resistência à flexão biaxial, observa-se que o padrão de fratura foi muito parecido, sendo que os discos fraturaram em dois ou três fragmentos. Já os corpos-de-prova submetidos ao teste de carga de fratura tiveram as falhas classificadas como cônica, radial, combinada ou catastrófica (Tabela 5). Esses modos de falha podem ser encontrados clinicamente e existe uma tendência a maior frequência de falhas tipo cone crack devido a similaridade no módulo de elasticidade entre substrato, cimento resinoso e material restaurador.

Este estudo teve como limitações a padronização dos CPs em forma simplificada e aplicação de uma carga monotônica de fratura. É importante também testar os materiais tendo em vista as variações que ocorrem na boca, o formato das restaurações e as variadas direções de carga a que uma restauração é submetida simultaneamente. Para que os efeitos do ambiente oral fossem replicados, os corpos-de-prova passaram por um envelhecimento através de armazenamento em água por 6 meses e de ciclagem mecânica, o que simula esse ambiente. Dessa forma, os corpos-de-prova já haviam sofrido certa degradação, como se estivessem em uso clínico anteriormente, dando previsibilidade da sobrevivência do material. Durante a ciclagem, nenhum dos corpos-de-prova falhou, demonstrando confiabilidade para sua indicação. Por fim, reiteram-se as indicações da fabricante do material, para inlays/onlays e facetas indiretas, podendo, através dos resultados deste trabalho, indicar tanto um cimento

resinoso universal (RXU), quanto um autoadesivo (RX), para a cimentação das restaurações acima sugeridas.

11. CONCLUSÃO

Concluiu-se que:

- 1- O tipo de cimento resinoso não influenciou na resistência à flexão dos corpos-de-prova bi-camadas (LVU + cimento);
- 2- O tipo de cimento resinoso não influenciou a carga de fratura dos corpos-de-prova multi-camadas (LVU + cimento + substrato);
- 3- O tipo de cimento resinoso não influenciou o padrão de fratura dos corpos-de-prova.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3M ESPE. *RelyX U200*: technical data sheet. Disponível em: <<http://multimedia.3m.com/mws/media/742338O/relyx-u200-technical-data-sheet-2-clicker-and-automix-syringe.pdf>>.

3M ESPE. *RelyX Ultimate*: technical data sheet. Disponível em: <<http://multimedia.3m.com/mws/media/783784O/relyx-ultimate-adhesive-resin-cement.pdf>>.

ALKURT, M.; DUYMUS, Z. Y., GUNDOGDU, M., KARADAS, M. Comparisson of temperature change among different adhesive resin cement during polymerization process. *J Ind Prosth Soc.* v.17, n. 2, p. 183-188, 2017.

AWADA, A.; NATHANSON, D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent.* v. 114, n. 4, p. 587-593, 2015.

BELLI, R.; WENDLER, M.; LIGNY, D. de; CICONI, M.R.; PETSCHLT, A.; PETERLIK, H.; LOHBAUER, U. Chairside CAD/CAM materials. Part 1: Measurement of elastic constants and microstrutural characterization. *Dent. Mater.* v. 33, n. 1, p. 84-98, 2017.

CERIK-NAGAS, I.; ERGUM, G.; EGILMEZ, F.; VALLITU, P. K.; LASSILA, L. V. J.. Micro-shear strength of different resin cement to ceramic/glass-polymer CAD-CAM block materials. *J Prosthodont Res.* v. 60, n.4, p. 265-273, 2016.

DE SOUZA, G.; HENNING, D.; AGGARWAL, A.; TAM, L. E. The use of MDP-based materials for bonding to zircônia. *J Prothet Dent.* v. 112, n. 4, p. 895-902, 2014.

DERMITAG, Z.; CULHAOGLU, A.K. Surface roughness of ceramic-resin composites after femtosecond laser irradiation, sandblasting or acid etching and their bond strength with and without silanization to a resin cement. *Oper dent.* v. 44, n. 2., p.156-167, 2019.

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

GÜTH, J.; KAULING, A.; UEDA, K.; FLORIAN, B.; STIMMELMAYR, M. Transmission of light in the visible spectrum (400-700nm) and blue spectrum (360-540 nm) through CAD/CAM polymers. *Clin Oral Invest.* v. 20, n. 9, p. 2501-2506, 2016.

JEONG, H; LEE, H; CHOI, Y. Mechanical properties of hybrid computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) materials after aging treatments. *Ceram int.* v. 44, n. 16, p. 19217-19226, 2018.

KEUL, C.; MÜLLER-HAHL, M.; EICHBERGER, M.; LIEBERMANN, A.; ROOS, M.; EDELHOFF, D.; STAWARCZYK, B. Impact of different adhesives on work of adhesion between CAD/CAM polymers and resin composite cements. *J Dent.* v. 42, n. 9, p. 1105-1114, 2014.

KIM, A.; JEON, Y.; JEONG, C.; YUN, M.; CHOI, J. W.; KWON, Y. H.; HUH, J. Effect of activation modes on the compressive strength, diametral tensile strength and microhardness of dual-cured self-adhesive resin cements. *Dent Mater.* v. 35, n.2, p. 298-308, 2016.

KREJCI, I.; DAHER, R. Stress distribution difference between Lava Ultimate full crowns and IPS e.max CAD full crowns on a natural tooth and on tooth-shaped implant abutments. *Odontology.* v. 105, n. 2, p. 254-256, 2017.

LÜHRS, A; PONGPRUEKSA, P; MUNCK, J.; GEUTERSEN, W; MEERBEEK, B. V. Curing mode affects bond strength of adhesively luted composite CAD/CAM restorations to dentin. *Dent mat.* v. 30, n. 3, p. 281-291, 2014.

OZ, F.D; BOLAY, S. Comparative evaluation of marginal adaptation and fracture strength of different ceramic inlays produced by CEREC omnica and heat-pressed technique. *Int J Dent.* v. 2018, 2018. doi:10.1155/2018/5152703.

PARK, J.; CHOI, Y. Microtensile bond strength and micromorphologic analysis of surface-treated resin nanoceramics. *J Adv Prosthodont.* v. 8, n.4, p. 275-284, 2016.

PASSIA, N.; MITSIAS, M.; LEHMANN, F.; KERN, M. Bond strength of a new generation of universal bonding systems to zirconia ceramic. *J Mech Behav Biomed Mater.* v. 62. p. 268-274, 2016.

PILO, R.; PAPADOGIANNIS, D.; ZINELIS, S.; ELIADES, G. Setting characteristics and mechanical properties of self-adhesive resin luting agents. *Dent Mater.* v.33, n. 3, p. 344-357, 2017.

POGGIO, C.; PIGOZZO, M.; CECI, M.; SCRIBANTE, A.; BELTRAMI, R.; CHIESA, M. Influence of different luting protocols on shear bond strength of computer aided design/computer aided manufacturing resin nanoceramic material to dentin. *Dent Res j.* v.13, n. 2, p. 91-97, 2016.

ROHR, N; BRUNNER, S; MÄRTIN, S; FISHER, J. Influence of cement type and ceramic primer on retention of polymer-infiltrated ceramic crowns to a one-piece zirconia implant. *J Prosthet Dent.* v. 119, n. 1, p. 138-145, 2018.

ROHR, N; FISCHER, J. Effect of aging and curing mode on the compressive and indirect tensile strength of resin composite cements. *Head & Face Med.* v. 13, n. 1, p. 13-22, 2017.

ROSENTRITT, M.; PREIS, V.; BEHR, M.; HAHNEL, S. Influence of preparation, fitting and cementation on the vitro performance and fracture resistance of CAD/CAM crowns. *J Dent.* v. 65, p. 70-75, 2017.

SCHEPKE, U; MEIJER, H. J. A; VERMEULEN, K. M. Clinical bonding of resin nano ceramic restorations to zircônia abutments: A case series within a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* v. 18, n. 5, p. 984-992, 2016.

TEKÇE, N; TUNCER, S; DEMIRCI, M. The effect of sandblastin duration on the bond durability of dual-cure adhesive cement to CAD/CAM resin restoratives. *J Adv Prosthodont.* v. 10, n. 3, p. 211-217, 2018.

YIN, R; KIM, Y; JANG, Y; LEE, J; LEE, M; BAE, T. Comparative evaluation of the mechanical properties of CAD/CAM dental blocks. *Odontology.* 2019. doi: 10.1007/s10266-018-0407-9. [Epub ahead of print]

13. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO ALUNO

Profa. Dra. Márcia Borba

14. ANEXOS

INFLUÊNCIA DO TIPO DE CIMENTO RESINOSO NO COMPORTAMENTO
MECÂNICO DE UMA RESINA NANO CERÂMICA

INFLUENCE OF THE TYPE OF RESIN CEMENT IN THE MECHANICAL
BEHAVIOR OF A NANO CERAMIC RESIN

Daniel Eduardo Meneghetti¹, Márcia Borba²

¹ Graduando em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.

² Doutora em Odontologia, Professora da Faculdade de Odontologia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Correspondência: Daniel Eduardo Meneghetti; Av. Brasil, 729, Sertão, Rio Grande do Sul, Brasil, CEP 99170-000; meneghettide@gmail.com.

RESUMO

A resina nano cerâmica para CAD/CAM tem 80% de carga inorgânica em sua composição, possui similaridade à dentina humana, e pelos elementos poliméricos contidos, tem reduzida friabilidade. Objetivo: avaliar a influência do tipo de cimento resinoso no comportamento mecânico de uma resina nano cerâmica (Lava Ultimate, LVU). Materiais e Métodos: Foram avaliados dois cimentos resinosos duais: autoadesivo (RelyX U200, 3M) e convencional (Rely X Ultimate, 3M), em dois testes, resistência flexural e carga compressiva. Para o teste de resistência flexural, foram confeccionados discos de LVU (n=10), que receberam uma camada de cimento e foram armazenados em água destilada, em uma câmara a 37°C durante seis meses. Depois desse tempo foi realizado o teste de flexão biaxial de acordo com o método piston-on-three-balls, e os dados avaliados com o teste Mann-Whitney ($\alpha=0,05$). Para o teste de carga de fratura, foram confeccionadas lâminas de LVU, que foram cimentadas sobre um material análogo à dentina (NEMA G10) utilizando os dois tipos de cimentos resinosos (n=10). Antes do teste de carga compressiva, os dois grupos foram submetidos a um envelhecimento através de ciclagem mecânica (50 N a 2 Hz, 500.000 ciclos). Os dados foram analisados com Teste t ($\alpha=0,05$). Resultados: Não houve diferença estatística entre os grupos para resistência flexural. O tipo de cimento não afetou a carga de fratura e o modo de falha dos corpos-de-prova avaliados no teste de carga compressiva. Conclusão: o tipo de cimento resinoso não tem influência no comportamento mecânico da resina nano cerâmica.

Palavras Chave: cimentação, cimentos dentários, materiais dentários.

INTRODUÇÃO

A resina nano cerâmica para CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*), Lava Ultimate (LVU – 3M Dental Care), é composta por 80% de carga inorgânica, sendo uma mistura de partículas de zircônia (4 a 11nm) e de sílica (20nm) e nos 20% restantes, por uma matriz orgânica de polímeros altamente reticulados, à base de metacrilato, contendo também silano¹⁻³.

A LVU apresenta, segundo o fabricante, 3M ESPE, absorção de forças mastigatórias similar à dentina humana, menor friabilidade, alta resistência à flexão, ao desgaste e ao manchamento, além de boa retenção de brilho e polimento.

Além disso, as características de desgaste do dente antagonistas constituem vantagens desse material quando comparada às cerâmicas vítreas^{4,5}.

Pelo fato da LVU ter zircônia em sua composição diminui o efeito do ácido hidrofluorídrico ineficaz para a formação de rugosidade superficial suficiente para a adesão, por isso os métodos de tratamento com jateamento de partículas e silicatização são os mais adequados^{6,7}.

Dermitag e Culhaoglu⁸ sugerem que o adesivo utilizado é mais importante que a rugosidade de superfície. Em seu estudo observaram maior resistência ao cisalhamento para as superfícies com menor rugosidade, o que é explicado pelo uso de silano com MDP (*10- methacryloxydecyl dihydrogen phosphate*) e pelo cimento utilizado.

A resina nano cerâmica associada ao adesivo *ScotchBond Universal*, produz três mecanismos de adesão, que são: 1) através do compósito resinoso metacrilato homogêneo; 2) através do silano presente em ambos os materiais e, 3) por conter 10-MDP, que tem a capacidade de agir como mediador de união para as partículas de zircônia², contudo é necessário que haja atenção quanto a polimerização dos cimentos,

pois o pH relativamente baixo do *ScotchBond Universal* pode interferir no processo de autopolimerização do cimento, inativando a amina iniciadora através de uma reação ácido-base¹.

A baixa dureza da LVU, que pode causar desadaptação marginal pela flexão, denota uma desvantagem ao material⁹, e representa um potencial de cerca de 10% de falhas clínicas adesivas. O que já resultou na restrição da indicação a coroas totais sobre dente e implante^{10,11}. Tal desvantagem justifica a necessidade de mais testes mecânicos e com variados agentes cimentantes a fim de propiciar maior segurança à indicação clínica.

A composição do cimento resino RelyX Ultimate (3M ESPE, Seefeld, Germany) consiste em monômero metacrilato, radiopacificadores, cargas silânicas alcalinas, componentes iniciadores, estabilizadores, aditivos reológicos, pigmentos, adesivo scotchbond universal¹².

Apesar do RXU poder ligar-se fracamente a zircônia através de seus grupos fosfato, não foi capaz de resultar em diferença estatística no comportamento, quando comparado a cimentos que não possuem essa característica¹³.

O fabricante sugere que o RXU seja utilizado juntamente com um adesivo universal (*Scotchbond Universal*, 3M Dental Care), um adesivo auto condicionante que contém partículas de MDP. Estudos posteriores demonstram que esse componente pode aumentar significativamente a resistência de união¹⁴.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tipo de cimento resinoso no comportamento mecânico de uma resina nano cerâmica e de uma cerâmica híbrida, testando as hipóteses de que: 1- O cimento resinoso influencia na resistência à flexão biaxial do conjunto (cimento + material restaurador); 2- O cimento resinoso influencia

na carga de fratura do conjunto (substrato + cimento + material restaurados); e a hipótese nula, 3- O cimento resinoso não influencia no padrão de fratura do material.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Quarenta corpos-de-prova (CPs) obtidos através de blocos de CAD/CAM de uma resina nano cerâmica foram usados na pesquisa. Vinte corpos-de-prova foram testados em flexão biaxial após armazenamento em água destilada a 37°C por 6 meses (n=10) e vinte corpos-de-prova foram testados com o teste de carga de fratura compressiva após envelhecimento mecânico (n=10).

Teste de Resistência à Flexão Biaxial

Para o teste de resistência à flexão biaxial, foram utilizados 20 discos. Os blocos de CAD-CAM foram usinados utilizando uma retificadora cilíndrica interna e externa (FERDIMAT, São José dos Campos, SP, Brasil), sob refrigeração. Após, os mesmos foram cortados em cortadeira metalográfica (modelo Miniton, Struers, Dinamarca) sob refrigeração. O polimento foi realizado com lixa de carbeto de silício (#300, #400, #600, #1200) sob refrigeração, até chegar à espessura desejada ($1,00 \pm 0,02$ mm). O tamanho final dos CPs é de 1 mm de espessura e 12 mm de diâmetro.

Posteriormente os discos foram divididos de acordo com o tipo de cimento resinoso utilizado: cimento resinoso dual autoadesivo (RX - RelyX U200, 3M Dental Care) e cimento resinoso dual universal (RXU - RelyX Ultimate, 3M Dental Care), totalizando 10 CPs para cada grupo (n=10). Primeiramente, todos discos receberam

tratamento de superfície com jateamento de partículas de Al_2O_3 de, aproximadamente, 50 μm a 2 bar de pressão (30 psi). Os discos eram pintados com marcador permanente na face a ser jateada e, assim, efetuava-se o jateamento removendo toda a tinta dos CPs. Depois os CPs foram limpos com álcool 70° e secos com jatos de ar. Abaixo seguem os protocolos de cada cimento de acordo com o recomendado pelo fabricante:

RXU: um adesivo universal (3M *Dental Care*) foi aplicado antes da cimentação com *microbrush* esfregando durante 20 s, depois fotoativado por 20 s.

RX: Aplicou-se silano na face de tração do disco com *microbrush*, durante um minuto, seguido de leves jatos de ar, para então ser realizada a cimentação.

O cimento resinoso de escolha foi colocado em uma das faces do disco. Uma tira de poliéster (3,7 mm de comprimento e 2,7 mm de largura) foi adaptada sobre o cimento, e o conjunto foi submetido a um peso de 750 g, por dois minutos, tornando uniforme a cimentação. Após a remoção dos excessos com *microbrush*, efetuou-se a fotoativação (radii-cal, SDI, Austrália) por 20 s em cada face.

Terminado o processo de cimentação, os CPs ficaram armazenados em uma câmara durante seis meses, em água destilada, a uma temperatura de 37°C com o objetivo de envelhecimento dos materiais.

Decorrido esse tempo, foi realizado o teste de flexão biaxial em uma máquina de ensaio universal, onde a resistência biaxial de cada corpo-de-prova em forma de disco foi determinada utilizando o método de pistão sobre três esferas (*piston-on-three-balls*) a uma velocidade de 1 mm/min em água destilada a 37°C (Figura 1). A face do disco com o cimento resinoso ficou em contato com as três esferas para ser testada em tração.

Após o teste, os CPs foram observados em estereoscópio (STEMI 2000-C, ZEISS, Alemanha) para aferir a espessura das camadas de cimento e material restaurador.

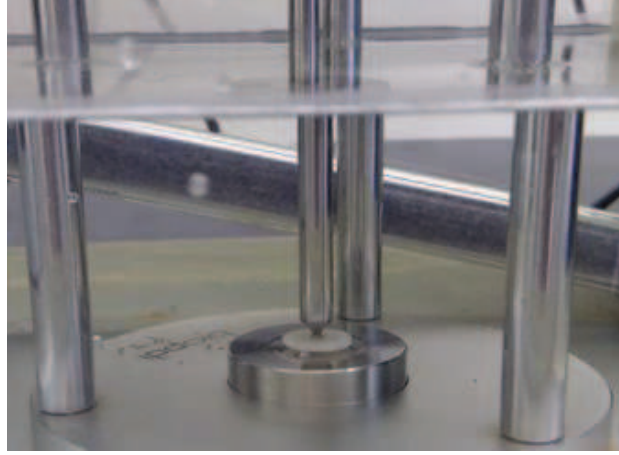


Figura 1 - Teste de resistência à flexão biaxial.

A resistência à flexão biaxial dos corpos-de-prova multi-camadas foi calculada de acordo com as equações abaixo:

$$\sigma_1 = \frac{-E_1(z-z^*)P}{8\pi(1-\nu_1)D^*} \left\{ 1 + 2\ln\left(\frac{a}{c}\right) + \frac{1-\nu}{1+\nu} \left[1 - \frac{c^2}{2a^2} \right] \frac{a^2}{R^2} \right\} \text{ (for } 0 \leq z \leq t_1 \text{ and } r \leq c),$$

$$\sigma_2 = \frac{-E_2(z-z^*)P}{8\pi(1-\nu_2)D^*} \left\{ 1 + 2\ln\left(\frac{a}{c}\right) + \frac{1-\nu}{1+\nu} \left[1 - \frac{c^2}{2a^2} \right] \frac{a^2}{R^2} \right\} \text{ (for } t_1 \leq z \leq t_1 + t_2 \text{ and } r \leq c),$$

onde, z^* , D^* e ν são:

$$z^* = \frac{E_1 t_1^2 / 2(1-\nu_1^2) + E_2 t_2^2 / 2(1-\nu_2^2) + E_2 t_1 t_2 / (1-\nu_2^2)}{E_1 t_1 / (1-\nu_1^2) + E_2 t_2 / (1-\nu_2^2)},$$

$$D^* = \frac{E_1 t_1^3}{3(1-\nu_1^2)} + \frac{E_2 t_2^3}{3(1-\nu_2^2)} + \frac{E_2 t_1 t_2 (t_1 + t_2)}{1-\nu_2^2} - \frac{[E_1 t_1^2 / (2(1-\nu_1^2)) + E_2 t_2^2 / 2(1-\nu_2^2) + E_2 t_1 t_2 / (1-\nu_2^2)]^2}{E_1 t_1 / (1-\nu_1^2) + E_2 t_2 / (1-\nu_2^2)},$$

$$\nu = \frac{\nu_1 t_1 + \nu_2 t_2}{t_1 + t_2}$$

sendo, a o raio do círculo de apoio do CP (5 mm), c o raio do pistão (0,775 mm), d o diâmetro do CP, R o raio do CP, t_1 a espessura da camada de cimento, t_2 a espessura da LVU, E_1 o módulo de elasticidade do cimento, E_2 o módulo de elasticidade da LVU, P a carga de fratura (N), ν_1 o coeficiente de Poisson do cimento, ν_2 o coeficiente de Poisson da LVU.

Foram utilizados para o cálculo os valores de $E = 12,7$ GPa e $\nu = 0,47$ para LVU (Belli et al., 2017) e os valores de $E = 7,7$ GPa e $E = 6,6$ GPa para os cimentos Rely X Ultimate e Rely X U200, respectivamente, de acordo com informações do fabricante. Para os dois cimentos foi usado um valor de $\nu = 0,5$.

Os dados de resistência à flexão biaxial foram analisados com teste de Mann-Whitney com significância de 5%.

Teste de Carga de Fratura

Para o teste de carga de fratura, os blocos de CAD-CAM da LVU foram cortados em cortadeira metalográfica (modelo Miniton, Struers, Denmark) em fatias de aproximadamente 1 mm sob refrigeração com água. Após, as fatias foram polidas com lixa de carbetto de silício (#320, #400, #600, #1200) até chegar à espessura desejada ($1,00 \pm 0,02$ mm).

Blocos cilíndricos do material análogo à dentina (NEMA G10, Accurate Plastic) foram cortados em cortadeira metalográfica e lixados com lixa de carbetto de silício, granulação #400 até chegar à espessura de 2,00 mm.

Os CPs foram subdivididos de acordo com o tipo de cimento resinoso utilizado: cimento resinoso dual autoadesivo (RX) e cimento resinoso dual universal (RXU)

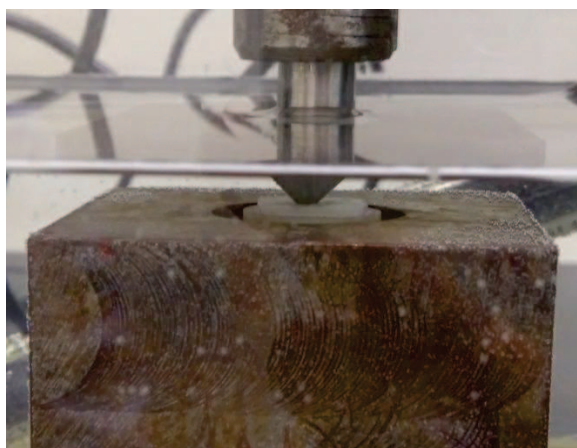
(n=10). Para a LVU, seguiu-se o mesmo tratamento de superfície descrito para os CPs submetidos ao teste de resistência flexural.

A superfície do material análogo à dentina foi condicionada com ácido hidrofluorídrico 10% por um minuto e silanizada, por um minuto, sendo esfregado com *microbrush*. O cimento resinoso foi colocado na superfície do disco e o mesmo foi posicionado sobre o material análogo à dentina. Um peso de 750 g foi aplicado sobre o conjunto durante 2 minutos, para a padronização da espessura da camada de cimento. Após, os mesmos foram fotoativados (radiancal, SDI, Austrália) 20 s em cada face.

Finalizado o processo de cimentação, os dois grupos foram envelhecidos através de ciclagem mecânica (Cicladora mecânica Biocycle, BioPDI, São Paulo, Brasil), onde um pistão de metal de ponta plana (3 mm de diâmetro) aplicou uma força de 50 N, com frequência de 2 Hz no centro dos CPs, totalizando 500.000 ciclos cada grupo (n=10). O teste foi realizado em água a 37° C.

Após o envelhecimento mecânico, os CP's foram submetidos ao teste de carga compressiva. Em um recipiente com água a uma temperatura de 37°C, um pistão metálico de ponta plana de 3 mm aplicou-se uma carga até a primeira trinca audível (Instron 23-10, série 2310P-0008, São José dos Pinhais, PR, Brasil), na velocidade de 0,5 mm/min (Figura 2). Após o teste, as trincas foram observadas utilizando transiluminação com luz azul. As trincas foram classificadas como radial, cônica, combinada (associação de trinca radial e cônica) e catastrófica (Figuras 3 a 6).

Os dados de carga de fratura foram analisados com teste t de Student com significância de 5%.



Figuras 2 – CP durante o teste de carga compressiva.



Figura 3 – Falha radial

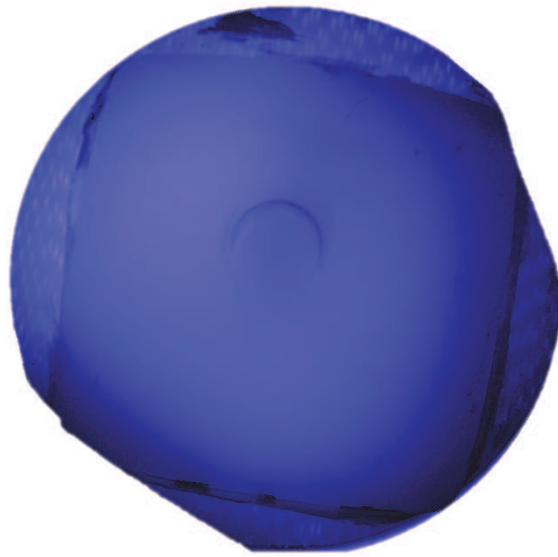


Figura 4 – Falha cônica

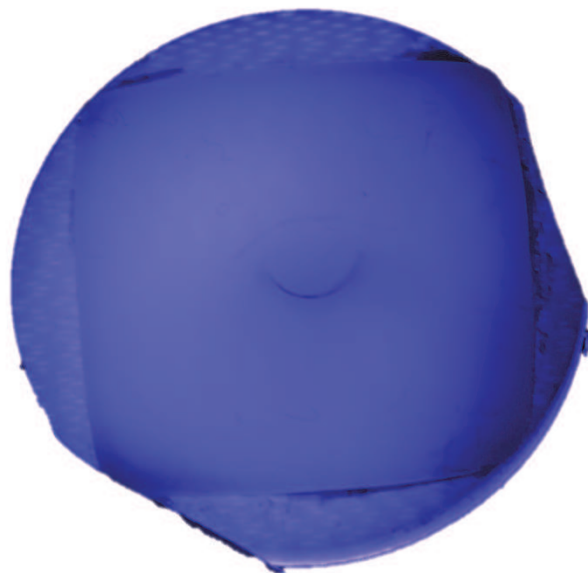


Figura 5 – Falha combinada

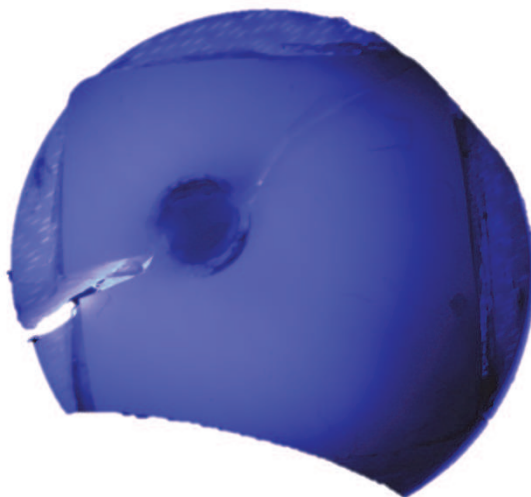


Figura 6 – Falha catastrófica

RESULTADOS

Teste de Resistência à Flexão Biaxial

Não foi encontrada diferença estatística para resistência à flexão biaxial entre os diferentes cimentos ($p=0,734$) (Tabela 1).

Tabela 1. Mediana de resistência flexural (σ_f) e intervalo interquartil (IQ) para os grupos experimentais (MPa).

Grupos	σ_f	IQ
RXU	126 a	10
RX	124 a	42

*Medianas seguidas da mesma letra são estatisticamente similares ($p \geq 0,05$).

Teste de Carga de Fratura

Não foi encontrada diferença estatística para carga de fratura entre os diferentes cimentos ($p=0,575$) (Tabela 2). Na Tabela 3 está apresentada a frequência de cada modo de falha para cada grupo experimental.

Tabela 2. Média de carga de fratura (L_f) e desvio-padrão (DP) para os grupos experimentais (N).

Grupos	L_f	DP
RXU	3905 a	613
RX	3758 a	536

*Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente similares ($p \geq 0,05$).

Tabela 3. Frequência dos tipos de falha por grupo (%).

Grupos	Radial	Cônica	Combinada	Catastrófica
RXU	0	60	10	30
RX	0	70	20	10

DISCUSSÃO

Este estudo visou avaliar a influência do tipo do cimento nas características mecânicas da LVU, uma resina nano cerâmica produzida em blocos para CAD/CAM. Estudos anteriores mostraram que a LVU tem boa resistência à flexão biaxial, ao desgaste em contato com o antagonista, tanto da LVU quanto do dente, e, após a

escovação, apresenta superfície mais lisa em comparação com um material híbrido (*Vita Enamic*)³. Sobretudo, apesar de suas qualidades, o fabricante (3M ESPE) alterou a indicação do produto, removendo a indicação à coroas totais, por causa de limitações na adesão¹¹. Por isso, torna-se importante que haja a investigação do comportamento, não só do material, mas também do conjunto formado com cimento e substrato.

Os resultados do teste de resistência à flexão biaxial mostraram que não há diferença estatística quando se compara os cimentos RXU e RX, cimentados à LVU. Assim, a primeira hipótese do estudo, de que o cimento resinoso influencia na resistência à flexão do conjunto, foi rejeitada. Ao avaliar as características mecânicas e adesivas dos dois cimentos resinosos testados, encontramos valores muito próximos de resistência à flexão e à compressão. Apesar do RXU apresentar um maior módulo de elasticidade, o que faz que se espere que esse cimento resista mais à deformação quando comparado ao RX, isso não afetou o comportamento mecânico do conjunto.

A diferença nos resultados pode ser explicada pelo fato do RXU – que apresentou resultados pouco maiores – apresentar a capacidade de ligar-se fracamente a zircônia, o que faz parte da composição de carga da LVU, diferenciando-o dos concorrentes, ainda que isso também não seja capaz de resultar em uma diferença significativa¹³. Estudos anteriores demonstraram que cimentos resinosos associados a um adesivo que contenha MDP tiveram maior resistência de união quando comparados aos que não tinham essa associação, diferente do presente trabalho, onde não foi encontrada diferença¹⁴. Entretanto, os resultados concordam com Passia *et al.*¹⁵ (2016) que também não encontraram diferença estatística entre cimentos associados ao MDP ou não, isso pode ser justificado por haver vários outros aditivos no adesivo SBU, o que pode resultar em locais de ligação das partículas de MDP bloqueados.

A segunda hipótese de que o cimento resinoso influencia na carga de fratura dos corpos-de-prova multicamadas (substrato + cimento + LVU) também foi rejeitada, já que não houve diferença estatística entre os grupos neste estudo. Ao observar as características dos materiais, encontramos similaridade na resistência à compressão dos dois cimentos, o que demonstra que os dois materiais tem comportamentos mecânicos similares e quando associados à LVU, não obtiveram mudanças significativas nesse comportamento. Além da quantidade de carga inorgânica ser de 43% em ambos os cimentos¹⁷. Existem diferenças no módulo de elasticidade dos dois cimentos, porém, devido a pequena espessura de película, o efeito das diferenças nas propriedades elásticas não afetou significativamente o comportamento mecânico da estrutura.

O carregamento contínuo, realizado no teste, aponta para situações de apertamento dental em pacientes bruxomanos, que é um caso de indicação da LVU. Não haver diferença estatística entre os grupos sugere que ambos os cimentos podem ser induzidos a tal situação clínica sem resultar em prejuízos à sobrevivência da restauração.

A terceira hipótese do estudo, de que o cimento resinoso não influencia no padrão de fratura das estruturas foi aceita. Em relação às falhas no teste de resistência à flexão biaxial, observa-se que o padrão de fratura foi muito parecido, sendo que os discos fraturaram em dois ou três fragmentos. Já os corpos-de-prova submetidos ao teste de carga de fratura tiveram as falhas classificadas como cônica, radial, combinada ou catastrófica (Tabela 3). Esses modos de falha podem ser encontrados clinicamente e existe uma tendência a maior frequência de falhas tipo cone crack devido a similaridade no módulo de elasticidade entre substrato, cimento resinoso e material restaurador.

Este estudo teve como limitações a padronização dos corpos-de-prova em forma simplificada e aplicação de uma carga monotônica de fratura. É importante também testar os materiais tendo em vista as variações que ocorrem na boca, o formato das restaurações e as variadas direções de carga a que uma restauração é submetida simultaneamente. Para que os efeitos do ambiente oral fossem replicados, os corpos-de-prova passaram por um envelhecimento através armazenamento em água por 6 meses e de ciclagem mecânica, o que simula esse ambiente. Dessa forma, os corpos-de-prova já haviam sofrido certa degradação, como se estivessem em uso clínico anteriormente, dando previsibilidade da sobrevivência do material. Durante a ciclagem, nenhum dos corpos-de-prova falhou, demonstrando confiabilidade para sua indicação. Por fim, reiteram-se as indicações da fabricante do material, para inlays/onlays e facetas indiretas, podendo, através dos resultados deste trabalho, indicar tanto um cimento resinoso universal (RXU), quanto um autoadesivo (RX), para a cimentação das restaurações acima sugeridas.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que:

- 1- O tipo de cimento resinoso não influenciou na resistência à flexão dos corpos-de-prova bi-camadas (LVU + cimento);
- 2- O tipo de cimento resinoso não influenciou a carga de fratura dos corpos-de-prova multi-camadas (LVU + cimento + substrato);
- 3- O tipo de cimento resinoso não influenciou o padrão de fratura dos corpos-de-prova.

REFERÊNCIAS

- 1- LÜHRS, A; PONGPRUEKSA, P; MUNCK, J; GEUTERSEN, W; MEERBEEK, BV. Curing mode affects bond strength of adhesively luted composite CAD/CAM restorations to dentin. *Dent mat* 2014; 30 (3): 281-91.
- 2- FLURY, S; SCHIMIDT, SZ; PETZFELDT, A; LUSSI, A. Dentin bond strength of two resin-ceramic computer-aided design/ computer-aided manufacturing (CAD/CAM) materials and five cements after six months storage. *Dent Mater J* 2016; 35(5): 728-35.
- 3- YIN, R; KIM, Y; JANG, Y; LEE, J; LEE, M; BAE, T. Comparative evaluation of the mechanical properties of CAD/CAM dental blocks. *Odontology*. 2019. doi: 10.1007/s10266-018-0407-9. [Epub ahead of print]
- 4- TEKÇE, N; TUNCER, S; DEMIRCI, M. The effect of sandblasting duration on the bond durability of dual-cure adhesive cement to CAD/CAM resin restoratives. *J Adv Prosthodont* 2018; 10(3): 211-17.
- 5- OZ, F.D; BOLAY, S. Comparative evaluation of marginal adaptation and fracture strength of different ceramic inlays produced by CEREC omnicam and heat-pressed technique. *Int J Dent* 2018; 2018. doi:10.1155/2018/5152703.
- 6- CERIK-NAGAS, I; ERGUM, G; EGILMEZ, F; VALLITU, PK; LASSILA, LVJ. Micro-shear strength of different resin cement to ceramic/glass-polymer CAD-CAM block materials. *J Prosthodont Res* 2016; 60 (4): 265-73.
- 7- PARK, J; CHOI, Y. Microtensile bond strength and micromorphologic analysis of surface-treated resin nanoceramics. *J Adv Prosthodont* 2016; 8(4): 275-84.
- 8- DERMITAG, Z; CULHAOGLU, AK. Surface roughness of ceramic-resin composites after femtosecond laser irradiation, sandblasting or acid etching and their bond strength with and without silanization to a resin cement. *Oper denti* 2019; 44(2): 156-67.
- 9- ALKURT, M; DUYMUS, ZY; GUNDOGDU, M; KARADAS, M. Comparison of temperature change among different adhesive resin cement during polymerization process. *J Ind Prosth Soc* 2017; 17(2): 183-88.
- 10- ROSENTRITT, M; PREIS, V; BEHR, M; HAHNEL, S. Influence of preparation, fitting and cementation on the vitro performance and fracture resistance of CAD/CAM crowns. *J Dent* 2017; 65: 70-75.

- 11- KREJCI, I; DAHER, R. Stress distribution difference between Lava Ultimate full crowns and IPS e.max CAD full crowns on a natural tooth and on tooth-shaped implant abutments. *Odontology* 2017; 105(2): 254-56.
- 12- PILO, R; PAPADOGIANNIS, D; ZINELIS, S; ELIADES, G. Setting characteristics and mechanical properties of self-adhesive resin luting agents. *Dent Mater* 2017; 33(3): 344-57.
- 13- ROHR, N; BRUNNER, S; MÄRTIN, S; FISHER, J. Influence of cement type and ceramic primer on retention of polymer-infiltrated ceramic crowns to a one-piece zirconia implant. *J Prosthet Dent* 2018; 119(1): 138-45.
- 14- DE SOUZA, G.; HENNING, D.; AGGARWAL, A.; TAM, L. E. The use of MDP-based materials for bonding to zircônia. *J Prothet Dent* 2014; 112(4): 895-02.
- 15- PASSIA, N; MITSIAS, M; LEHMANN, F; KERN, M. Bond strength of a new generation of universal bonding systems to zirconia ceramic. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016; 62: 268-74.
- 16- ROHR, N; FISCHER, J. Effect of aging and curing mode on the compressive and indirect tensile strength of resin composite cements. *Head & Face Med* 2017; 13(1): 13-22.