



UNIVERSIDADE ESTATUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

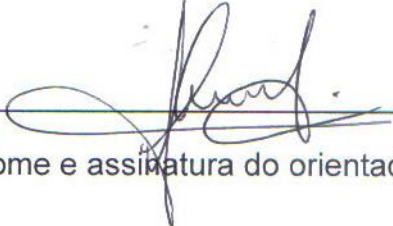


CONCORDÂNCIA DO ORIENTADOR

Declaro que a aluna Julio Cesar Colmanetti RA: 091805, esteve sob minha orientação para a realização do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Análise de Weibull do Reforço da Cerâmica pela Cimentação Adesiva com Diferentes Cimentos Resinosos no ano de 2012.

Concordo com a submissão do trabalho apresentado à Comissão de Graduação pelo aluno, como requisito para aprovação na disciplina DS833 – Trabalho de Conclusão de Curso.

Piracicaba, 23 de setembro de 2013.


(nome e assinatura do orientador)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



Análise de Weibull do reforço da cerâmica pela cimentação adesiva com diferentes cimentos resinosos

Julio Cesar Colmanetti

Piracicaba

2013

Julio Cesar Colmanetti

“Análise de Weibull do reforço da cerâmica pela cimentação adesiva com diferentes cimentos resinosos”

Monografia apresentada ao curso de Odontologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, para obtenção do diploma de cirurgião dentista.

Orientador: Lourenço Correr Sobrinho

Piracicaba

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
MARILENE GIRELLO – CRB8/6159 - BIBLIOTECA DA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNICAMP

Colmanetti, Julio Cesar.

C71a Análise de Weibull do reforço da cerâmica pela
cimentação adesiva com diferentes cimentos
resinosos / Julio Cesar Colmanetti . -- Piracicaba, SP:
[s.n.], 2013.

Orientador: Lourenço Correr Sobrinho.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)
– Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Odontologia de Piracicaba.

1. Materiais dentários. I. Correr Sobrinho,
Lourenço, 1960- II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba.
III. Título.

Agradecimentos

Agradeço a meus pais, avós, irmãos e amigos pelo grande incentivo e contribuição durante esses anos de aprendizagem.

Agradeço muito ao Prof. Lourenço Correr Sobrinho que me orientou durante dois anos na Área de Materiais Dentários. Agradeço a Aloísio e Guilherme Bottene Guarda, aluno do curso de doutorado.

Resumo

Cerâmicas vítreas são frágeis intrinsecamente, mas podem ter reforço adicional quando cimentadas à estrutura dental utilizando cimentos resinosos. A objetivo estudo foi avaliar o reforço da cerâmica variando o cimento resinoso e analisar estatisticamente os dados de resistência com base na análise de Weibull. Foram determinados o módulo de elasticidade e a resistência à flexão dos compósitos Tetric Flow (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Filtek Z350 Flow (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), Variolink Veneer (Ivoclar Vivadent), pasta base do Variolink II (Ivoclar Vivadent), e pasta base e catalisadora do Variolink II (Ivoclar Vivadent). Ambas propriedades foram mensuradas em teste de flexão de três pontos ($n = 5$). Discos de cerâmica feldspática foram obtidos, condicionados com ácido fluorídrico 10% e silanizados. Os cimentos foram empregados no recobrimento das superfícies tratadas dos discos cerâmicos simulando o processo de cimentação, gerando conjuntos cerâmico-cimento com espessura de cimento de $120 \pm 50 \mu\text{m}$. Grupo controle foi composto por espécimes não recobertos. A resistência à flexão biaxial das amostras foi determinada em teste de flexão biaxial ($n = 30$). O número de espécimes utilizados no experimento para determinação do módulo de Weibull determina a confiança e precisão das análises.

Os dados serão analisados estatisticamente com base na análise de Weibull.. Médias $\pm$ DP de R_f (MPa) e E (GPa) foram, respectivamente: ZF= 99 ± 10^a e $4,7 \pm 0,5^b$; TF= 81 ± 12^a e $2,8 \pm 0,4^c$; VV= 66 ± 10^b e $2 \pm 0,2^d$; VB= 88 ± 13^a e $3,3 \pm 0,4^c$; e VD= 103 ± 10^a e $6,3 \pm 0,8^a$. A resistência biaxial (MPa) – na posição $z=0$ (superfície da cerâmica na interface com o cimento) foi: C= 68 ± 10^b ; ZF= 139 ± 20^a ; TF= 129 ± 26^a ; VV= 145 ± 32^a ; VB= 169 ± 32^a ; e VD= 159 ± 57^a . Na posição $z=-t_2$ (superfície do cimento resinoso voltada para o anel) foi: ZF= 12 ± 2^{ab} ; TF= 7 ± 2^{bc} ; VV= 6 ± 1^c ; VB= 11 ± 2^{ab} ; e VD= 20 ± 9^a . Os cimentos resinosos aumentaram a resistência da cerâmica. As diferentes propriedades mecânicas dos cimentos resinosos não tiveram influência na

resistência da cerâmica, mas influenciaram na resistência do conjunto cerâmica–cimento.

Palavras-chave: cerâmica, cimentação, cimento resinoso, módulo de elasticidade, propriedades mecânicas, resistência à flexão, resistência à flexão biaxial.

Abstract

Glass-ceramics are inherently brittle, but may have additional reinforcement when cemented to tooth structure using resin cements. The study objective was to evaluate the enhancement of ceramic varying the resin cement and statistically analyze the strength data based on Weibull analysis. We determined the elastic modulus and flexural strength of the composite Tetric Flow (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Flow Filtek Z350 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA), Variolink Veneer (Ivoclar Vivadent), the folder Variolink II (Ivoclar Vivadent), and base paste and catalyst of Variolink II (Ivoclar Vivadent). Both properties were measured on test three-point bending ($n = 5$). Feldspathic ceramic discs were obtained, etched with 10% hydrofluoric acid and silanized. Cements were employed in the coating of surfaces and ceramic discs simulating the cementation process, generating sets ceramic cement - thick cement 120 ± 50 micron. Control group was composed of uncoated specimens. The biaxial flexural strength of the samples was determined by biaxial bending test ($n = 30$). The number of specimens used in the experiment to determine the Weibull modulus determines the reliability and accuracy of analysis.

The data will be analyzed statistically based on Weibull analysis. Means $\pm$ SD of R_f (MPa) and E (GPa) were, respectively : ZF = $99 \pm 10a$ and $4.7 \pm 0.5 b$, TF = $81 \pm 12a$ and $2.8 \pm 0.4 c$; VV = $66 \pm 10b$ and $0.2 \pm 2 d$; VB = $88 \pm 0.4 3.3 \pm 13a$ and c , and VD = $103 \pm 0.8 6.3 \pm 10a$ and a . The biaxial strength (MPa) - at position $z = 0$ (interface surface with ceramic cement) was : C = $68 \pm 10b$; ZF = $139 \pm 20a$, TF = $129 \pm 26a$; VV = $145 \pm 32a$, VB = $169 \pm 32a$, and VD = $159 \pm 57a$. At position $z = -t_2$ (surface resin cement facing the ring) was : ZF = $12 \pm 2ab$, $2bc$ TF = ± 7 ; VV = $6 \pm 1c$, VB = $11 \pm 2ab$, and VD = $20 \pm 9a$. The resin cements increased resistance of ceramics. The different mechanical properties of resin cements had no influence on the strength of ceramics, but influenced the overall strength of ceramic cement.

Keywords: ceramics, cement, resin cement, elastic modulus, mechanical properties, flexural strength, biaxial flexure strength.

Sumário

1. Introdução e revisão de literatura	1
2. Proposição	3
3. Material e métodos	4
4. Resultados	9
5. Discussão	10
6. Conclusão	12
7. Referências	13
8. Anexo 1	16
9. Anexo 2	17
10. Anexo 3	18

1 Introdução e Revisão da Literatura

A avaliação das características mecânicas in vitro dos materiais restauradores utilizados na odontologia fornece parâmetros para os profissionais quanto ao critério de seleção dos mesmos e identificação das particularidades do uso clínico (Addison et al., 2007). No ambiente bucal, porém, restaurações diretas ou indiretas frequentemente envolvem a sobreposição de materiais, resultando num conjunto restaurador final formado por múltiplas interfaces (Addison & Fleming, 2008).

Técnicas restauradoras minimamente invasivas têm sido preconizadas para conservar a estrutura de suporte do remanescente dental, reduzindo danos à polpa durante o preparo (Christensen, 1997; Lockard, 2002; Kahler et al., 2006). Cerâmicas feldspáticas podem ser empregadas para produzir laminados de porcelana na região anterior, apresentando sobrevida clínica superior a 20 anos (Faunce, 1977; Burke et al., 1998). Tais cerâmicas, apesar de frágeis intrinsecamente, podem obter resistência adicional quando fixadas à estrutura dental utilizando cimentos resinosos (Fleming et al., 2006). Inúmeros mecanismos têm sido propostos para explicar o reforço obtido pela cimentação adesiva, como o selamento de microtrincas no interior do material, interrupção da propagação das mesmas (Addison et al., 2007; Addison et al., 2008; Addison et al., 2008) e formação de conjunto cerâmica–cimento–dente que se comporte biomecanicamente como corpo único (Soares et al., 2006; Soares et al., 2008). O exato mecanismo de reforço, entretanto, não está completamente explicado, sendo provavelmente resultado de uma combinação de fatores individuais.

As propriedades mecânicas dos cimentos resinosos são ditadas por suas características de trabalho e adesão obtida entre restauração e substrato dental. A maneira como esse polímero dissipa as tensões da restauração sob carregamento mecânico para a estrutura dental subjacente não tem sido estudada em detalhe, embora tenha sido proposto que cimentos resinosos deveriam ter um módulo de elasticidade intermediário entre o dentina e da cerâmica (Addison et al., 2007). O módulo de elasticidade (E) dos cimentos resinosos pode variar de 1,2 a 16,5 GPa (Saskalauskaite et al., 2008), enquanto a dentina é considerada dúctil, apresentando certa deformação elástica ($E = \sim 13$ GPa) (Kinney et al., 2003). Já as cerâmicas

feldspáticas são friáveis, apresentando pouca ou nenhuma deformação elástica, com E em torno de 70 GPa (White et al., 2005).

Addison et al. (2007) relataram aumento na resistência à flexão biaxial da cerâmica feldspática associado ao aumento do módulo de elasticidade do cimento resinoso. No estudo, porém, o aumento do módulo de elasticidade foi proporcional ao aumento da resistência a flexão dos cimentos, ficando difícil identificar qual das propriedades (se não ambas) foi responsável pelo reforço da cerâmica. Neste contexto, é de fundamental importância determinar as propriedades mecânicas dos cimentos resinosos utilizados clinicamente e como elas atuam na resistência da restauração. A distribuição da resistência à flexão biaxial de materiais friáveis é mais propriamente descrita pelo método estatístico de Weibull (Weibull, 1951) comparado a análise dos valores médios de resistência baseada na distribuição Gaussiana (Addison & Fleming, 2008). O módulo de Weibull reflete a distribuição resultante e a confiabilidade dos dados de resistência à flexão (valores maiores indicam agrupamento mais próximo dos dados). O número de espécimes utilizados no experimento para determinação do módulo de Weibull determina a confiança e precisão das análises (Ritter et al., 1981). Trinta espécimes foram testados para cada condição experimental. Neste contexto, foi proposto analisar estatisticamente os dados de resistência com base na análise de Weibull.

2 Proposição

2.1 Geral:

Avaliar a influência de diferentes cimentos resinosos no reforço da cerâmica e analisar estatisticamente os dados de resistência com base na análise de Weibull.

2.2 Específicos:

- Avaliar o efeito das propriedades mecânicas de 2 compósitos de baixa viscosidade fotoativados (Tetric Flow e Filtek Z350 Flow) na resistência biaxial da cerâmica feldspática;
- Avaliar o efeito das propriedades mecânicas de um cimento resinoso fotoativados (Variolink Veneer) na resistência biaxial da cerâmica feldspática;
- Avaliar o efeito das propriedades mecânicas de um cimento resinoso fotoativados (somente pasta base do Variolink II) na resistência biaxial da cerâmica feldspática;
- Avaliar o efeito das propriedades mecânicas de um cimento resinoso dual (pasta base + catalisador do Variolink II) na resistência biaxial da cerâmica feldspática;
- Comparar as diferentes condições experimentais e analisar estatisticamente os dados de resistência com base na análise de Weibull.

3 Materiais e métodos

3.1 Determinação da resistência à flexão e módulo de elasticidade dos cimentos

O módulo de elasticidade e a resistência à flexão da pasta base do Variolink II (Ivoclar Vivadent), Tetric Flow (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Filtek Z350 Flow (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), Variolink Veneer (Ivoclar Vivadent), e pasta base e catalisadora do Variolink II (Ivoclar Vivadent) foram mensurados. Para cada compósito, 5 barras retangulares (25 mm de comprimento × 2 mm de largura × 2 mm de espessura) foram preparadas. Os materiais foram condensados em matriz metálica e tiras transparentes de poliéster posicionadas nas superfícies de topo e base do espécime. Lâminas de vidro foram também posicionadas nas superfícies de topo e base das barras e, após aplicação de pressão manual para extrusão do excesso de cimento, os espécimes foram fotoativados conforme determinação da ISO 4049 (4049, 2000). A fotoativação foi realizada utilizando fonte de luz emitida por diodo (Bluephase; Ivoclar Vivadent) com irradiância de 700 mW.cm^{-2} .

O acabamento e polimento dos espécimes foi realizado sob refrigeração com lixas de SiC granulação 600 (Norton S.A., São Paulo, SP) e os espécimes armazenados em água destilada a 37°C. Após 24 h, o teste de flexão de três pontos foi realizado em máquina de ensaios mecânicos (modelo 4411; Instron, Canton, MA, EUA). A carga foi aplicada no centro dos corpos-de-prova a uma velocidade de $0,5 \text{ mm.min}^{-1}$ até a fratura do espécime. A resistência à flexão (RF, MPa) foi calculada pelo software do equipamento (Blue Hill 2, Instron) de acordo com a seguinte equação:

$$RF = 3P_f L / 2WH^2$$

em que P_f foi a carga máxima necessária para fratura do espécime (N), L a distância entre os suportes (20 mm), W a largura do espécime (mm) e H a espessura do mesmo (mm). O software, executado em computador conectado à máquina de ensaios, monitorará o ensaio de flexão, gerando um gráfico 'tensão × deformação' automaticamente durante o teste. O módulo de elasticidade (E , GPa), para cada espécime, foi calculado a partir da porção linear da curva 'tensão × deformação', que corresponde à deformação elástica do material, utilizando a fórmula:

$$E = (\Delta F / \Delta y) \times (L^3 / 4WH^3)$$

em que $\Delta F / \Delta y$ foi a alteração de força (ΔF) por unidade de alteração da deflexão do centro do espécime (Δy), L a distância entre os suportes (20 mm), W a largura do espécime (mm) e H a espessura do mesmo (mm).

3.2 Preparo dos espécimes cerâmicos

Discos de cerâmica feldspática (VM7 Transpa Dentine 2M2; Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) cor Dentina A2, foram obtidos por meio da condensação do material cerâmico em molde metálico com dimensões de 15 mm de diâmetro e 0,9 mm de espessura. Para padronização dos espécimes, o pó e o fluido do sistema cerâmico foram pesados, sendo a massa de ambos mantida constante para a mistura e obtenção dos espécimes. Os corpos-de-prova condensados foram sinterizados em forno cerâmico (Vacumat 40; Vita Zahnfabrik), sendo o processo realizado seguindo as recomendações do fabricante. Após a sinterização dos espécimes, os mesmos foram colocados em bancada para esfriamento a temperatura ambiente. O acabamento e polimento foi realizado sob refrigeração a água com lixas de SiC granulações 320, 400, 600 e 1200 (Norton S.A.). No total, 60 discos cerâmicos serão obtidos, sendo aleatoriamente divididos em 6 grupos, 5 grupos de acordo com o cimento resinoso utilizado para o recobrimento que simulará o processo de cimentação, além de grupo controle. As dimensões de cada espécime serão aferidas utilizando paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Mitutoyo, Tóquio, Japão).

3.3 Protocolo de condicionamento da cerâmica

A cerâmica foi condicionada por 90 s (Adisson 2007), utilizando gel de ácido fluorídrico 10% (Dentsply, Rio de Janeiro, RJ). O condicionamento da superfície foi realizado da seguinte forma: o gel foi aplicado e distribuído sobre a superfície cerâmica utilizando microbrush. Após aplicação, os corpos-de-prova foram lavados com jato água/ar por 60 s, seguido de secagem com jato de ar por 30 s. Duas camadas do agente de silanização RelyX Ceramic Primer (3M ESPE) foram

aplicadas utilizando microbrush e, após 1 min, a superfície foi seca com jato de ar por 30 s.

3.4 Procedimento de cimentação

O cimento resinoso foi aplicado sobre o centro da superfície cerâmica condicionada e silanizada, sendo coberto com tira transparente de poliéster e lâmina de vidro. Pressão foi aplicada para extrusão do cimento e espalhamento do mesmo por toda superfície da cerâmica utilizando dispositivo previamente confeccionado (Moraes et al., 2008). Após remoção do excesso de agente cimentante utilizando microbrush, o material foi fotoativado por 60 s utilizando o aparelho LED (Bluephase, Ivoclar Vivadent). Quaisquer rebarbas e/ou excessos de cimento foram removidos com lâminas de bisturi. A espessura final do conjunto cerâmica–cimento foi mensurada com paquímetro digital, sendo descartados espécimes que por ventura apresentarem espessura de cimento fora da faixa de $120 \pm 50 \mu\text{m}$ (Addison et al., 2007). Os espécimes do grupo controle foram testados sem nenhum tratamento.

3.5 Teste de resistência à flexão biaxial

A resistência à flexão biaxial dos conjuntos cerâmica–cimento foi determinada conforme metodologia descrita anteriormente (Addison et al., 2007). Os espécimes foram posicionados no dispositivo biaxial “ball on ring” com a face não-condicionada voltada para cima. Uma extremidade esférica de 4 mm de diâmetro, acoplada à célula de carga da máquina de ensaios (Instron), foi posicionada no centro do disco cerâmico e utilizada para aplicação de carga compressiva até a fratura do corpo-de-prova. A tensão de flexão biaxial foi calculada em posições axiais ao longo da espessura do espécime, conforme previamente descrito (Addison et al., 2007). O plano neutro (t_n) foi calculado em função das espessuras (t_1 e t_2) e módulos de elasticidade (E_1 e E_2) da cerâmica e do cimento, respectivamente, como segue:

$$t_n = \frac{E_1^* (t_1)^2 - E_2^* (t_2)^2}{2(E_1^* t_1 + E_2^* t_2)}$$

$$E^* = \frac{E}{1 - \nu^2}$$

A tensão de flexão biaxial (σ) poderá ser calculada em posições axiais (z) no centro do disco cerâmico, onde se localizam a interface de união ($z = 0$), superfície da cerâmica ($z = t_1$) e superfície da resina ($z = -t_2$), como segue:

$$\sigma = \frac{-3P(1+\nu)(z-t_n)}{2\pi(t_1+t_2)^3} \left[1 + 2 \ln \left(\frac{a}{b} \right) + \frac{1-\nu}{1+\nu} \left(1 - \frac{b^2}{2a^2} \right) \frac{a^2}{R^2} \right] \times \left[\frac{E_1^*(E_1^*t_1 + E_2^*t_2)(t_1+t_2)^3}{(E_1^*t_1^2)^2 + (E_2^*t_2^2)^2 + 2E_1^*E_2^*t_1t_2(2t_1^2 + 2t_2^2 + 3t_1t_2)} \right] \quad (0 \leq z \leq t_1)$$

$$\sigma = \frac{-3P(1+\nu)(z-t_n)}{2\pi(t_1+t_2)^3} \left[1 + 2 \ln \left(\frac{a}{b} \right) + \frac{1-\nu}{1+\nu} \left(1 - \frac{b^2}{2a^2} \right) \frac{a^2}{R^2} \right] \times \left[\frac{E_2^*(E_1^*t_1 + E_2^*t_2)(t_1+t_2)^3}{(E_1^*t_1^2)^2 + (E_2^*t_2^2)^2 + 2E_1^*E_2^*t_1t_2(2t_1^2 + 2t_2^2 + 3t_1t_2)} \right] \quad (-t_2 \leq z \leq 0)$$

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

em que P foi a carga na fratura, ν_1 e ν_2 os coeficientes de Poisson da cerâmica e compósito, e a , b e R os raios do suporte, da região de carga e do espécime, respectivamente. Os dados serão submetidos a análise estatística em nível de significância de 5%.

3.6 Análise de Weibull

A distribuição da resistência à flexão biaxial de materiais frágeis é mais propriamente descrita pelo método estatístico de Weibull (Weibull, 1951) comparado a análise dos valores médios de resistência baseada na distribuição Gaussiana (Addison & Fleming, 2008). Dessa forma, este estudo analisou estatisticamente os dados de resistência com base na análise de Weibull, cuja forma básica de distribuição segue:

$$P_f = 1 - \exp \left[- \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^m \right]$$

em que σ_0 é a constante de parâmetro de escala e m o módulo de Weibull (que reflete a friabilidade do material) (Addison & Fleming, 2008). O módulo de Weibull reflete a distribuição resultante e a confiabilidade dos dados de resistência à flexão (valores maiores indicam agrupamento mais próximo dos dados). O número de espécimes utilizados no experimento para determinação do módulo de Weibull determina a confiança e precisão das análises (Ritter et al., 1981). Dessa forma, 30 espécimes serão testados para cada condição experimental no presente estudo.

4 Resultados

As médias e desvio padrão das propriedades mecânicas dos compósitos são descritas na Tabela 1. Os compósitos não apresentaram diferença estatisticamente significativa na resistência à flexão ($p > 0,05$). Quanto ao módulo de elasticidade, a maior média foi encontrada para o cimento resinoso Variolink II (base + catalizador) seguido do compósito de baixa viscosidade Filtek Z350 Flow ($p < 0,05$). Os compósitos Tetric-N Flow e Variolink II (Base) apresentaram valores menores com diferença para os demais compósitos ($p < 0,05$).

Tabela 1 – Médias (desvio padrão) da resistência à flexão (RF) e módulo de elasticidade (E) dos compósitos. Médias (desvio padrão) da resistência à flexão biaxial (RB) dos conjuntos cerâmica-cimento nas posições $z=0$ e $z=-t_2$ também são apresentados.

	Controle	Filtek Flow	Z350	Tetric-N Flow	Variolink (Base)	II	Variolink (Dual)	II
RF	-	99 (10) ^A		81 (12) ^A	88 (13) ^A		103 (27) ^A	
E	-	4,7 (0,2) ^B		2,8 (0,4) ^C	3,3 (0,4) ^C		6,3 (0,8) ^A	
RB ($z=0$)	63 (11) ^B	134 (22) ^A		126 (23) ^A	129 (33) ^A		135 (40) ^A	
RB ($z=-t_2$)	-	13,0 (3,4) ^{AB}		7,5 (1,6) ^C	8,4 (2,5) ^{BC}		18,7 (6,4) ^A	

Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatisticamente significativa entre as médias com $p < 0,05$.

As médias e desvio padrão da resistência à flexão biaxial dos diferentes grupos experimentais também são descritos na Tabela 1. O grupo controle onde a cerâmica não recebeu um recobrimento de cimento resinoso apresentou menor valor médio de resistência à flexão biaxial comparado aos demais grupos com recobrimento ($p < 0,05$). A resistência à flexão biaxial do conjunto cerâmica-cimento na posição $z=0$ (superfície da cerâmica na interface com o compósito) foi similar para todos os grupos com recobrimento ($p > 0,05$). Na posição $z=-t_2$ (superfície do compósito voltado para o anel), o maior valor médio de resistência à flexão biaxial foi encontrado para conjunto cerâmica-cimento onde utilizado o cimento resinoso Variolink II (base + catalizador), não apresentando diferença estatística significativa para o compósito Filtek Z350 Flow ($p > 0,05$). O conjunto com Tetric-N Flow apresentou valor médio menor sem diferença para o Variolink II (base) ($p > 0,05$).

5 Discussão

O presente estudo analisou as propriedades mecânicas (módulo de elasticidade e resistência à fratura de quatro compósitos fotoativados e um duplamente ativado (dual) para avaliar a influência destas propriedades na resistência da cerâmica feldspática e do conjunto cerâmica-cimento após o recobrimento da cerâmica com estes cimentos (simulando procedimentos de cimentação). As propriedades mecânicas de um material pode ser um importante fator quando o material está sendo utilizado clinicamente (Wang et al., 2003). As amostras de cerâmica que não receberam recobrimento com cerâmica mostrou os menores valores de resistência à flexão biaxial. O mecanismo de reforço pela utilização de compósito foi proposto ser através da formação de uma camada híbrida ou de transição de resina-cerâmica, resultado da interpenetração da superfície da cerâmica pelo cimento resinoso (Addison et al., 2007; Addison et al., 2008b). O aumento na resistência da cerâmica foi em média 100%.

O cimento resinoso de dupla-ativação Variolink II (base + catalisador) apresentou o maior módulo de elasticidade comparado ao demais cimentos. Resultado está em concordância com Öztürk et al. (2010) comparando o Variolink II ao RelyX Vener e Variolink Vener. O alto módulo de elasticidade do compósito utilizado parece não aumentar a resistência da cerâmica (posição $z=0$), uma vez que o grupo onde a cerâmica foi recoberta com o compósito Tetric-N Flow apresentou resistência à flexão biaxial similar aos demais cimentos. Como relatado anteriormente, o mecanismo de reforço da cerâmica conferida pelo cimento resinoso, é pela interação entre o cimento e os defeitos na superfície da cerâmica (Fleming et al., 2006; Addison et al., 2007; Addison et al., 2008b), e é a partir destes defeitos que as fraturas se propagam (Quinn et al., 2005).

Na prática clínica, a interação entre cimento e cerâmica é determinado pela habilidade do cimento em molhar a superfície da cerâmica (Phoenix e Shen, 1995), qual depende da química e rugosidade da superfície da cerâmica (Oh et al., 2002), viscosidade e química do cimento resinoso, e força aplicada durante a cimentação (Addison et al., 2010). O Variolink II visivelmente apresenta uma maior viscosidade, seja a pasta base ou pasta base + catalizador, fato que pode sugerir uma diferença no preenchimento dos compósitos nas irregularidades da superfície da cerâmica. Estudos de microscopia eletrônica de varredura pode confirmar estas hipóteses.

Na superfície do cimento voltada para o anel (posição $z=t-2$), o conjunto cerâmica-cimento utilizando Varilink II (pasta base + catalisadora) apresentou o maior média de resistência à flexão biaxial, sem diferença estatística para o compósito Filtek Z350 Flow. Um maior módulo de elasticidade parece aumentar a resistência à flexão biaxial do conjunto cerâmica-cimento, em concordância com outro estudo (Addison et al., 2007).

Outro fator que deve ser considerado é a alteração de cor dos compósitos. No presente estudo foi utilizada uma espessura média de 0,8 mm de espessura das espécimes cerâmicos, simulando uma restauração do tipo faceta. A composição química do cimento resinoso pode, clinicamente, influenciar nos resultados estéticos, especialmente quando o cimento resinoso é utilizado com uma cerâmica translúcida e fina (Nathanson e Banasf, 2002). A pasta base do Variolink II contém amina alifática e amina terciária aromática, e a pasta catalisadora contém peróxido de benzoíla. A alteração de cor de cimentos resinosos duais é causada, principalmente pela oxidação da amina, qual é um componente necessário para iniciação do sistema de polimerização mantida pela pasta catalisadora (Lu e Powers, 2004). A utilização de cimentos resinosos fotoativados em restaurações cerâmicas delgadas e translúcidas seria mais interessante. Embasado nos achados deste estudo e da literatura pode ser sugerido que vários são os fatores importantes e devem ser estudados para se obter cimentos resinosos de alta qualidade para a cimentação de cerâmicas vítreas. Sugerindo que um cimento com alto módulo de elasticidade, alta molhabilidade sobre a superfície da cerâmica condicionada e boa estabilidade química deve ser almejado para restaurações deste tipo, entre outros fatores a serem determinado.

Uma das limitações do estudo é que as propriedades mecânicas do cimento resinoso foram avaliadas em teste de resistência à flexão de dois pontos recomendada pela ISO 4049. As amostras para tal teste necessita de uma espessura de aproximadamente 2 mm deste modo a polimerização através da cerâmica não trariam dados confiáveis. Trabalhos futuros, em desenvolvimento, poderão avaliar as propriedades mecânica dos cimentos através do teste de microdureza (Özturk et al., 2010), que poderia trazer uma confiabilidade ainda maior dos resultados devido a fotoativação poder ser realizada através da cerâmica.

6 Conclusão

O recobrimento das cerâmicas com cimentos resinosos aumentaram a resistência da cerâmica. As diferentes propriedades mecânicas dos cimentos resinosos não tiveram influência na resistência da cerâmica na interface com o cimento resinoso. Porém, as propriedades mecânica influenciaram na resistência do conjunto cerâmica–cimento, apresentando melhores resultados para cimentos resinosos com maior módulo de elasticidade e resistência à flexão.

7 Referências

Addison O, Marquis PM, Fleming GJ (2007). Resin elasticity and the strengthening of all-ceramic restorations. J Dent Res 86(6):519-23.

Addison O, Fleming GJ (2008). Application of analytical stress solutions to bi-axially loaded dental ceramic-dental cement bilayers. Dent Mater 24(10):1336-42.

Addison O, Marquis PM, Fleming GJ (2008a). Adhesive luting of all-ceramic restorations--the impact of cementation variables and short-term water storage on the strength of a feldspathic dental ceramic. J Adhes Dent 10(4):285-93.

Addison O, Marquis PM, Fleming GJ (2008b). Quantifying the strength of a resin-coated dental ceramic. J Dent Res 87(6):542-7.

Addison O, Sodhi A, Fleming GJ (2010) Seating load parameters impact on dental ceramic reinforcement conferred by cementation with resin-cements. Dent Mater 26(9):915-21.

Cadenaro M, Pashley DH, Marchesi G, Carrilho M, Antonioli F, Mazzoni A, et al. (2009). Influence of chlorhexidine on the degree of conversion and E-modulus of experimental adhesive blends. Dent Mater 25(10):1269-74.

Cavalcante LM, Schneider LF, Masouras K, Silikas N, Watts DC (2008). Elastic moduli of resin-composites with silorane, ormocer and dimethacrylate matrices. Proceedings of The Pan European Federation of the International Association for Dental Research Abstract

De Jager N, Pallav P, Feilzer AJ (2004). The apparent increase of the Young's modulus in thin cement layers. Dent Mater 20(5):457-62.

Fleming GJ, Maguire FR, Bhamra G, Burke FM, Marquis PM (2006). The strengthening mechanism of resin cements on porcelain surfaces. J Dent Res 85(3):272-6.

Kinney JH, Marshall SJ, Marshall GW (2003). The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. *Crit Rev Oral Biol Med* 14(1):13-29.

Layton D, Walton T (2007). An up to 16-year prospective study of 304 porcelain veneers. *Int J Prosthodont* 20(4):389-96.

Lu H, Powers JM (2004) Color stability of resin cements after accelerated aging. *Am J Dent* 17:354–358.

Moraes RR, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA, Puppim-Rontani RM, Ogliari FA, Piva E (2008). Light-activation of resin cement through ceramic: relationship between irradiance intensity and bond strength to dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 85(1):160-5.

Nathanson D, Banasr F (2002) Color stability of resin cements. An in vitro study. *Pract Proced Aesthet Dent* 14:449–455

Oh WS, Shen C, Alegre B, Anusavice KJ (2002). Wetting characteristic of ceramic to water and adhesive resin. *J Prosthet Dent* 88:616–21.

Otto T, De Nisco S (2002). Computer-aided direct ceramic restorations: a 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *Int J Prosthodont* 15(2):122-8.

Oztürk E, Hickel R, Bolay S, Ilie N (2010). Micromechanical properties of veneer luting resins after curing through ceramics. . *Clin Oral Investig* Nov 6. [Epub ahead of print]

Quinn JB, Quinn GD, Kelly JR, Scherrer SS (2005). Fractographic analyses of three ceramic whole crown restoration failures. *Dent Mater*. 21:920–9.

Phoenix RD, Shen C (1995). Characterization of treated porcelain surfaces via dynamic contact angle analysis. *Int J Prosthodont* 8:187–94.

Ritter JE, Bandyopadhyay N, Jakus K (1981). Statistical reproducibility of the dynamic and static fatigue experiments. *Ceram Bull* 60(798-806).

Saskalauskaite E, Tam LE, McComb D (2008). Flexural strength, elastic modulus, and pH profile of self-etch resin luting cements. *J Prosthodont* 17(4):262-8.

Soares CJ, Martins LR, Fonseca RB, Correr-Sobrinho L, Fernandes Neto AJ (2006). Influence of cavity preparation design on fracture resistance of posterior Leucite-reinforced ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 95(6):421-9.

Soares PV, Santos-Filho PC, Gomide HA, Araujo CA, Martins LR, Soares CJ (2008). Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part II: strain measurement and stress distribution. *J Prosthet Dent* 99(2):114-22.

Wang L, D'alpino PHP, Lopes LG, Pereira JC (2003) Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *J Appl Oral Sci* 11(3):162–167

Weibull W (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *J Appl Mech* 18(293-7).

White SN, Miklus VG, McLaren EA, Lang LA, Caputo AA (2005). Flexural strength of a layered zirconia and porcelain dental all-ceramic system. *J Prosthet Dent* 94(2):125-31.

Anexo 1

Valores de Resistência em Z=0

Espécime	Controle	Z350 Flow	Tetric-N Flow	Vario Base	II Vario Dual	II
1	78,3	163,3	111,8	205,9	268,7	
2	72,9	153,9	97,7	149,2	152,5	
3	56	108,1	134,0	139,6	115,7	
4	82,2	150,3	164,0	166,1	96,3	
5	71,9	134,1	118,1	162,4	216,5	
6	66,2	152,0	169,7	216,6	137,0	
7	54,9	111,5	112,6	127,4	157,2	
8	64,9	139,2	121,0	188,0	129,0	
9	54,3	117	119,4	108,4	135	
10	45,3	136,2	91,6	108,4	93,4	
11	46,2	116,3	109,6	136,8	90,4	
12	46,1	118,3	124,6	119	88	
13	48,7	109,9	135,6	106,2	112,1	
14	51,6	169,5	128,4	97,9	97,2	
15	82,8	139,3	123,6	107,5	105,7	
16	67	169,6	140,8	91,5	106,7	
17	71,6	151,9	88,7	121,4	136,5	
18	76,5	161,6	105,8	122,4	168,7	
19	53	139	114	98,8	93,7	
20	71,1	155,3	129,4	126,6	129,9	
21	64,3	124,9	154,9	146,4	149,1	
22	60,6	122,5	93,9	99,2	110,6	
23	58,7	149,8	169,2	108,2	121,1	
24	67,2	102,1	108,7	127,5	155,9	
25	63	118,5	118,2	136,1	152,6	
26	63,8	86,1	144,5	120,6	130,7	
27	64,6	109,1	140,5	82,7	147	
28	65,4	138,7	156	101,6	168,8	
	63	134	126	129	135	
	11	22	23	33	40	

Anexo 2

Valores de Resistência Z=-t2

Espécime	Z350 Flow	Tetric-N Flow	Vario II Base	Vario II Dual
1	14,5	5,5	13,0	36,2
2	13,8	5,3	10,1	18,2
3	9,1	6,8	9,2	13,5
4	13,8	9,2	10,9	10,7
5	11,3	6,7	12,8	28,6
6	14,4	9,5	13,8	15,0
7	9,8	6,4	8,2	18,0
8	12,7	7,0	13,2	16,6
9	11,1	7,92	6,6	14,5
10	12,8	5,07	7,1	13
11	13,2	5,85	9,9	11,4
12	10,5	6,95	9	12,2
13	8,9	7,72	6,8	13,1
14	20,3	8,3	5,7	14,8
15	15,4	8,65	7,3	14,3
16	20,7	9,82	6	14,8
17	20,8	5,12	9,5	18,6
18	16,3	6,2	7,7	24,5
19	13,2	7,16	6,13	13,7
20	13,8	8	8,3	18,9
21	11	8,9	8	24,8
22	11	6,19	5,5	15,5
23	14,2	9,78	6,3	18,7
24	8,7	5,92	8,4	28,6
25	13,4	6,57	8,2	21,6
26	7,8	9,4	8,6	24,6
27	10,1	8,78	4,8	20,3
28	12,7	10,25	5,5	28,8
Média	13,0	7,5	8,4	18,7
Desv. Padrão	3,4	1,6	2,5	6,4

Anexo 3

PROGRAMA DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – QUOTA INSTITUCIONAL UNICAMP

(quota de agosto de 2011 a julho de 2012)

PARECER SOBRE RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES

Bolsista: JULIO CESAR COLMANETTI – RA 91805

Orientador(a): Prof.(a) Dr.(a) LOURENCO CORRER SOBRINHO

Projeto: Avaliação do reforço da cerâmica pela cimentação adesiva com diferentes cimentos resinosos através da análise de Weibull

PARECER

O aluno apresenta seu relatório final de atividades, finalizando seu projeto de pesquisa dentro do cronograma proposto. O texto está bem escrito e os resultados discutidos adequadamente. Seu desempenho acadêmico foi regular durante todo o período de bolsa, porém, não comprometeu o desenvolvimento do projeto.

Conclusão do Parecer:

APROVAR (SIM)
REFORMULAR (NÃO)
REJEITAR (NÃO)

Pró-Reitoria de Pesquisa, 24 de setembro de 2013.


Mirian Cristina Marcançola
PRP / PIBIC - Unicamp
Matr. 299062