

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE CERÂMICAS
CAD/CAM SUBMETIDAS A QUEIMAS ESTENDIDAS

Samuel Oliveira Costa

SAMUEL OLIVEIRA COSTA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE CERÂMICAS
CAD/CAM SUBMETIDAS A QUEIMAS ESTENDIDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade CEUMA como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Odontologia

Área de concentração: Odontologia Integrada

Orientador: Prof. Dr. Matheus Coêlho Bandéca

SÃO LUÍS

2019

C837a

Costa, Samuel Oliveira.

Avaliação da resistência de união de cerâmicas CAD/CAM submetidas a queimas estendidas/ Samuel Oliveira Costa. – São Luís: UNICEUMA, 2019.

51f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Curso de Odontologia.

Universidade CEUMA, 2019.

1. Cerâmica. 2. CAD/CAM. 3. Cimentos Dentários. I. BANDÉCA, Matheus coelho. (Orientador) III. BANDÉCA, Matheus coelho. (Coordenador) III. Título.

CDU: 616.314

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marina Carvalho CRB13/823
Proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio eletrônico ou mecânico, inclusive através de processos xerográficos, sem permissão expressa do Autor. (Artigo 184 do Código Penal Brasileiro, com a nova redação dada pela Lei n.8.635, de 16-03-1993).



UNIVERSIDADE DO CEUMA – UNICEUMA
REITORIA
Pró- Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão
Mestrado em Odontologia

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação apresentada e defendida por
Samuel Oliveira Costa

E aprovada pela comissão julgadora em
06/05/2019

Prof. Dr. Darlton Martins Lima
Instituição pertencente Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Andres Felipe Millan Cardenas
Instituição pertencente Universidade do CEUMA

Profa. Dra. Letícia Machado Gonçalves
Presidente da Banca e coorientadora
Instituição pertencente Universidade do CEUMA

Prof. Dr. Sérgio Fernando Saraiva da Silva
Pró-Reitor de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

DEDICATÓRIA

Para meus pais, **Manoel e Raimunda**, os melhores pais do mundo,
que com muito amor, ensinaram o valor da honestidade, do carinho
e do respeito.

AGRADECIMENTOS

A Deus

Pelo dom da vida e todas as bênçãos concedidas.

A minha família

Por sempre torcerem por mim, pela convivência harmoniosa e todo amor que eu pude receber de vocês.

Ao meu Professor e Orientador Matheus Bandéca

Agradeço imensamente por tê-lo como orientador, pelo auxílio, disponibilidade de tempo e material para a pesquisa, sempre com paciência e entusiasmo. Sou muito grato pela oportunidade de ter trabalho ao lado de uma pessoa tão competente. Muito obrigado por contribuir na minha formação pessoal e profissional !

Ao Professor Andres Felipe

Pela paciência e orientações durante as etapas de testes da minha pesquisa, por ter me apresentado ao laboratório de materiais dentários da UFMA e mediado parte do meu estudo em Ponta Grossa. Principalmente por ter dedicado parte do seu tempo me ensinando a operar as máquinas necessárias para dar seguimento ao trabalho. Sem você essa realização não seria possível, muito obrigado !

A Professora Letícia Machado

Pela delicadeza e esclarecimentos nas considerações feitas ao meu trabalho durante a qualificação.

Aos Professores Darlon e Bauer

Pelo auxílio durante a realização de parte da minha pesquisa na UFMA.

À minha turma de Mestrado

Bruna, Camila, Claudio, Daniella, Daniel, Gustavo, Letícia, Lucas, Paulo, Rosyara, Silvana e Thiago, pela amizade e conhecimento adquirido.

À UNIVERSIDADE CEUMA

Por ter mediado a minha formação acadêmica, e dispor de corpo docente de excelência no Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

COSTA SO. Avaliação da resistência de união de cerâmicas CAD/CAM submetidas a queimas estendidas [dissertação]. São Luís. Universidade CEUMA; 2019.

RESUMO

Introdução: Falhas críticas em materiais cerâmicos podem ser causadas pelo modo de processamento, que inclui todas as etapas realizadas na fabricação de uma peça cerâmica, desde a moldagem até a queima. **Objetivo:** Avaliar o efeito da queima estendida na resistência de união em cerâmicas densamente sinterizadas. **Materiais e métodos:** Foram avaliadas três tipos de cerâmicas: silicato de lítio reforçado com zircônia; dissilicato de lítio e feldspática. Um total de 24 superfícies cerâmicas foram aleatoriamente divididas em 6 condições experimentais (n=4 superfícies por grupo) divididos de acordo com as variáveis: Tratamento térmico: queima convencional ou queima estendida; Tempo de teste: imediato (24 horas após cimentação) ou longevidade (após 1.000 ciclos de termociclagem). Os testes de resistência de união foram realizados em máquina de ensaio semi-universal para o microcisalhamento. Para análise dos dados o teste de Kolmogorov-Smirnov foi realizado para avaliar a normalidade entre os grupos medidos, e quanto a homocedasticidade (homogeneidade de variâncias) pelo teste de Bartlett. As comparações entre os grupos foram feitas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. **Resultados:** Não houve diferença estatisticamente significativa dos valores de resistência em relação

aos métodos de tratamento térmico (queima convencional e queima estendida) em nenhum grupo de cerâmica ($p < 0,05$). Entre os tempos (imediate e longevidade) houve diferença estatisticamente significativa, sempre com maiores valores de resistência para o tempo imediato ($p < 0,05$). **Conclusão:** A queima estendida não influenciou a resistência de união de cerâmicas a base de silicato de lítio reforçado por zircônia, dissilicato de lítio e feldspática.

Palavras-chave: Cerâmica. CAD/CAM. Cimentos Dentários.

COSTA SO. Evaluation of bond strength of CAD/CAM ceramics subjected to extended firing [dissertation]. São Luís, Universidad CEUMA; 2019.

ABSTRACT

Introduction: Critical failures in ceramic materials can be caused by the processing mode, which includes all steps taken in the manufacture of a ceramic part, from molding to firing. **Objective:** To evaluate the effect of extended firing on bond strength in densely sintered ceramics. **Materials and methods:** Three types of ceramics were evaluated: zirconia reinforced lithium silicate, lithium disilicate, feldspathic. A total of 6 ceramic blocks, two for each material were used in the study. Each block was cut into four square sections. A total of 24 ceramic surfaces were randomly divided into 6 experimental conditions (n = 4 surfaces per group) divided according to the variables: Heat treatment: conventional burning or extended burning; Test time: immediate (24 hours after cementation) or longevity (after 1000 cycles of thermocycling). The bond strength tests were performed in a semi-universal test machine for microshear bond strength. For data analysis the Kolmogorov-Smirnov test was performed to evaluate the normality between the groups measured, and regarding homoscedasticity (homogeneity of variances) by the Bartlett test. The comparisons between the groups were made by Kruskal-Wallis non-parametric test. **Results:** There was no statistically significant difference of the resistance values in relation to

the thermal treatment methods (conventional burning and extended burning) in any ceramic group ($p < 0.05$). Between the times (immediate and longevity) there was a statistically significant difference, always with higher resistance values for the immediate time ($p < 0.05$). **Conclusion:** The extended burning did not influence the bond strength of ceramics based on lithium silicate reinforced by zirconia, lithium disilicate and feldspathic.

Key words: Ceramics. CAD/CAM. Dental Cements.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-----------------|---|----|
| Figura 1 | Cerâmicas densamente sinterizadas..... | 38 |
| Figura 2 | Bloco de cerâmica seccionado..... | 39 |
| Figura 3 | Superfície cerâmica montada em anel de policroeto de vinila..... | 41 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 Descrição dos grupos experimentais de acordo com o tratamento térmico aplicado aos materiais cerâmicos..... | 22 |
| Tabela 2 Materiais utilizados, números de lote e modo de aplicação..... | 24 |
| Tabela 3 Porcentagem (%) de espécimes de acordo com o modo de falha..... | 27 |
| Tabela 4 Média e desvio padrão da resistência de união (μ SBS) em MPa dos grupos experimentais..... | 27 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|-----------|--|
| CAD/CAM | <i>Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing</i> |
| SLZ | Silicato de lítio reforçado por zircônia |
| FEL | Feldspática |
| DIS | Dissilicato de lítio |
| QC | Queima convencional |
| QE | Queima estendida |
| μ SBS | Resistência de união ao microcisalhamento |
| MPa | Megapascal |
| MDP | Monômeros fosfatados |

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------|----|
| RESUMO..... | 16 |
| 1. INTRODUÇÃO | 17 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS | 20 |
| 3. RESULTADOS | 26 |
| 4. DISCUSSÃO | 28 |
| 5. CONCLUSÃO | 32 |
| 6. REFERÊNCIAS | 33 |
| 7. METODOLOGIA DETALHADA..... | 38 |
| 8. ANEXOS | 46 |

CAPÍTULO 1

Título: Avaliação da resistência de união de cerâmicas CAD/CAM submetidas a queimas estendidas

RESUMO

Introdução: Falhas críticas em materiais cerâmicos podem ser causadas pelo modo de processamento, que inclui todas as etapas realizadas na fabricação de uma peça cerâmica, desde a moldagem até a queima. **Objetivo:** Avaliar o efeito da queima estendida na resistência de união em cerâmicas densamente sinterizadas.

Materiais e métodos: Foram avaliadas três tipos de cerâmicas: silicato de lítio reforçado com zircônia; dissilicato de lítio e feldspática. Um total de 24 superfícies cerâmicas foram aleatoriamente divididas em 6 condições experimentais (n=4 superfícies por grupo) divididos de acordo com as variáveis: Tratamento térmico: queima convencional ou queima estendida; Tempo de teste: imediato (24 horas após cimentação) ou longevidade (após 1.000 ciclos de termociclagem). Os testes de resistência de união foram realizados em máquina de ensaio semi-universal para o microcisalhamento. Para análise dos dados o teste de Kolmogorov-Smirnov foi realizado para avaliar a normalidade entre os grupos medidos, e quanto a homocedasticidade (homogeneidade de variâncias) pelo teste de Bartlett. As comparações entre os grupos foram feitas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. **Resultados:** Não houve diferença estatisticamente significativa dos valores de resistência em relação aos métodos de tratamento térmico (queima convencional e queima

estendida) em nenhum grupo de cerâmica ($p < 0,05$). Entre os tempos (imediate e longevidade) houve diferença estatisticamente significativa, sempre com maiores valores de resistência para o tempo imediato ($p < 0,05$). **Conclusão:** A queima estendida não influenciou a resistência de união de cerâmicas a base de silicato de lítio reforçado por zircônia, dissilicato de lítio e feldspática.

Palavras-chave: Cerâmica. CAD/CAM. Cimentos Dentários.

INTRODUÇÃO

Cerâmicas odontológicas são materiais que possuem excelentes propriedades mecânicas, ópticas e biológicas.^{3,7,9} Estas características possibilitaram à cerâmica um desempenho superior em relação aos outros materiais restauradores por apresentarem boa resistência a compressão, excelente integridade marginal, estabilidade de cor e biomimetismo.^{7,12,28} Com o desenvolvimento de novas tecnologias para o processamento destes materiais, como o sistema CAD/CAM (*Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing*), o processo de fabricação das restaurações cerâmicas tornou-se mais rápido e conveniente, proporcionando uma maior utilização destes materiais.^{4,23,28}

Com a evolução, esses materiais obtiveram mudanças significativas em suas propriedades físicas, mecânicas e estéticas, originando sistemas restauradores com características clínicas e laboratoriais bastante distintas, como as cerâmicas reforçadas por alumina, leucita, dissilicato de lítio e zircônia.^{9,15,24} Estas qualificações

associadas a evolução dos sistemas adesivos possibilitaram a utilização de técnicas no qual a cerâmica é aderida ao tecido dental com o uso de agentes resinosos.^{2,10} Esta adesão proporciona uma melhora do desempenho mecânico deste conjunto, o que tem permitido a utilização de peças protéticas de espessura reduzida, associada às técnicas que envolvem desgaste mínimo da estrutura dental.^{20,27} Contudo, a união dos materiais cerâmicos utilizando adesivos resinosos é um processo complexo que exige tanto o tratamento dos tecidos dentais, como da superfície cerâmica.^{20,22,27}

O sucesso clínico de um tratamento reabilitador protético depende em parte da técnica de cimentação utilizada.^{26,29,33} Cimentos resinosos são indicados para fixação de laminados cerâmicos, uma vez que os preparos para essas restaurações são muito conservadores, com pouca ou nenhuma retenção e uma cimentação adesiva se faz necessária.^{26,29} Os cimentos resinosos fotoativados são os materiais de primeira escolha para a cimentação de laminado cerâmico devido à possibilidade do cirurgião-dentista conseguir controlar o tempo do procedimento, uma vez que a polimerização está condicionada à exposição à luz.³³

Dentro da sua diversidade na composição química, as cerâmicas odontológicas podem ser classificadas de várias formas, como: cerâmicas vítreas, que possuem alto conteúdo de matriz vítrea, são sensíveis ao condicionamento com ácido fluorídrico e passíveis de silanização.^{3,9,14,28} Dentre os tipos de cerâmicas vítreas estão as

reforçadas por dissilicato de lítio, reforçadas por leucita, e cerâmicas híbridas.⁹

Cerâmicas à base de dissilicato de lítio, silicato de lítio reforçado com zircônia, e feldspática, são materiais disponíveis para usinagem em CAD/CAM, nos quais blocos densamente sinterizados são fresados no formato da restauração desejada.^{9,15,23} Estudos recentes mostraram que o tempo esperado para o aparecimento de 10% de falhas em restaurações cerâmicas, fresadas pelo sistema CAD/CAM, foi de aproximadamente 10 anos.^{7,13} No entanto, a fratura da cerâmica ainda é uma das principais falhas técnicas ou complicações em estudos clínicos, e a natureza frágil desses materiais permanece um desafio para o processo de usinagem.^{15,28}

Falhas críticas em materiais cerâmicos podem ser causadas pelo modo de processamento, que inclui todas as etapas realizadas na fabricação de uma peça cerâmica, desde a moldagem até a queima.^{3,4} Falhas comuns incluem danos à superfície interna e externa da restauração durante a fresagem em CAD/CAM.^{4,5} Além disso, os procedimentos de acabamento recomendados pelo fabricante, como a queima convencional, são insuficientes para promover a redução de danos causados na superfície das cerâmicas durante a usinagem.^{3,4,5} Por este motivo, falhas causadas durante o processo de fresamento podem se transformar em origem de fratura. Alguns estudos ainda sugerem um possível efeito deletério da queima convencional em materiais vitrocerâmicos usinados.^{3,4,5}

Estudos realizados por Aurélio et al.,^{3,4,5} desenvolveram um método alternativo para a queima convencional de cerâmicas vítreas densamente sinterizadas, a queima estendida, que foi capaz de promover tensões residuais toleráveis, alterações de cor clinicamente aceitáveis e estabilidade microestrutural das superfícies cerâmicas após tratamento térmico. A queima estendida ainda aumentou significativamente a resistência a flexão de vitrocerâmicas após a usinagem, em comparação a queima recomendada pelo fabricante.^{3,4,5} Tendo em vista as significativas melhorias estruturais de vitrocerâmicas submetidas à queima estendida, e a necessidade de vincula-las aos procedimentos adesivos para permitir o sucesso clínico de restaurações cerâmicas CAD/CAM, testes que avaliassem a resistência de união dessas cerâmicas aos materiais resinosos após o tratamento proposto são necessários.

Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da queima estendida na resistência de união de cerâmicas densamente sinterizadas. A hipótese nula testada é que a queima estendida não influencia na resistência de união em cerâmicas densamente sinterizadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

PREPARO DAS AMOSTRAS

Três cerâmicas para CAD/CAM foram selecionadas para o estudo: 1) silicato de lítio reforçado com zircônia (Celtra Duo –

Dentsply); 2) dissilicato de lítio (IPS e.max CAD – Ivoclar Vivadent); 3) feldspática (Cerec Blocs – SIRONA).

Um total de 6 blocos cerâmicos para CAD/CAM, dois para cada material, foram utilizados no presente estudo. Cada bloco de cerâmica (12 x 12 x 6 mm) foi cortado em 4 seções quadradas (6 x 6 x 6 mm) utilizando disco diamantado em baixa rotação (Isomet Buehler; Lake Bluff, IL, USA) sob irrigação constante de água. Em seguida a rugosidade da superfície foi padronizada utilizando lixas de carvão de silício granulação 600 (CarbiMet, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) sob irrigação com água, com fricção por 60 s.

Cada grupo de cerâmica passou por dois diferentes tratamentos térmicos (Pro-gramart P300, Ivoclar Vivadent): 1) de acordo com as recomendações do fabricante - queima convencional; 2) segundo o protocolo testado - queima estendida (Tabela 1).³

DESENHO EXPERIMENTAL

De acordo com a cerâmica utilizada e o tratamento térmico proposto, as superfícies cerâmicas (n=24) foram distribuídas aleatoriamente (<http://www.sealedenvelope.com>) em 6 grupos (n=4 superfícies cerâmicas por grupo): 1. Silicato de lítio reforçado com zircônia (SLZ) – queima convencional (QC); 2. Dissilicato de lítio (DIS) – QC; 3. Feldspática (FEL) – QC; 4. SLZ – queima estendida (QE); 5. DIS – QE; 6. FEL – QE (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos grupos experimentais de acordo com o tratamento térmico aplicado aos materiais cerâmicos

| | Grupos (n=6) | | | | | |
|--|--|-------|-------|---|-------|-------|
| | SLZ-C | DIS-C | FEL-C | SLZ-E | DIS-E | FEL-E |
| Cerâmica | SLZ | DIS | FEL | SLZ | DIS | FEL |
| Tipo de queima | Queima convencional | | | Queima estendida | | |
| Temperatura inicial (°C) | 400 | 403 | 500 | 400 | 403 | 500 |
| Taxa de aumento de temperatura (°C/min) | 80 | 60 | 80 | 80 | 60 | 80 |
| Temperatura final (°C) | 800 | 770 | 950 | 800 | 770 | 950 |
| Tempo de espera na temperatura final (min) | 1:00 | 1:30 | 1:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 |
| Tempo de refrigeração | Rápido. Abertura imediata do forno após temperatura esperada | | | Lento. O forno permanecerá fechado até o material atingir a temperatura de 200 °C | | |

Abreviaturas: SLZ-C: Silicato de lítio reforçado com zircônia – queima convencional; DIS-C: dissilicato de lítio - queima convencional; FEL-C: cerâmica feldspática – queima convencional; SLZ-E: silicato de lítio reforçado com zircônia -queima estendida; DIS-E: dissilicato de lítio – queima estendida; FEL-E: cerâmica feldspática – queima estendida; °C: graus Celsius; Min: minutos.

TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DAS CERÂMICAS

As superfícies cerâmicas sinterizadas foram montadas em um anel de policloreto de vinila (PVC) preenchido com resina acrílica (AutoClear, DentBras; Pirassuna, São Paulo, Brasil), deixando a superfície da amostra a uma altura de 3 mm do topo do cilindro. As superfícies foram

condicionadas com ácido fluorídrico a 5% (Condac Porcelana 5%, FGM; Joinville, SC, Brasil) de acordo com as respectivas indicações dos fabricantes. O agente de acoplamento de silano (RelyX Ceramic Primer, 3M, São Paulo, Brasil) foi aplicado de forma ativa durante 60 s com auxílio de aplicador descartável (Cavibrush, FGM; Joinville, SC, Brasil). Para o sistema adesivo (Adper Single Bond 2, 3M, São Paulo, Brasil) aplicou-se uma camada com fricção vigorosa durante 20 s, evaporação do solvente delicadamente com ar por pelo menos 5 s, sem realizar fotopolimerização, para todas as superfícies cerâmicas (Tabela 2).

Após aplicação do sistema adesivo, 12 tubos transparentes de polietileno (Tygon Medical Tubing Formulations 54-HL, Saint Gobain Performance Plastics; Akron, OH, USA) com diâmetro interno de 0,8 mm e altura de 0,5 mm foram posicionados sobre cada superfície cerâmica. O cimento resino (RelyX Veneer, 3M, São Paulo, Brasil) foi inserido cuidadosamente no interior de cada tubo, seguido de fotopolimerização por 30 s, usando uma unidade de fotopolimerização de 1.200 mW/cm² (Radium-cal, SDI; Bayswater, Victoria, Australia).

Os espécimes foram armazenados em água destilada por 24 horas a 37°C, procedendo-se a remoção dos tubos tygon cuidadosamente com lâmina de bisturi até expor os cilindros de cimento. O cilindro de cimento foi descartado caso houvesse evidências de porosidade ou bolhas na interface.

Tabela 2 – Materiais utilizados, números de lote e modo de aplicação

| Cerâmica, fabricante (lote) | Materiais, fabricante | Modo de aplicação |
|---|------------------------------|---|
| Silicato de lítio reforçado com zircônia Celtra Duo – Dentsplay (45080) | Condac Porcelana 5 % FGM | 1. Ácido fluorídrico - Aplicar durante 30 s - Enxaguar por 30 s - Secar a superfície com jato de ar |
| | RelyX Ceramic Primer 3M | 2. Silano - Aplicar de forma ativa durante 60 s |
| | Adper Single Bond 2 3M | 3. Adesivo - Aplicar uma camada com fricção vigorosa por 20 s - Evaporar o solvente delicadamente com ar por 5 s |
| Dissilicato de lítio IPS e.max CAD – Ivoclar Vivadent (554980) | Condac Porcelana 5 % FGM | 1. Ácido fluorídrico - Aplicar durante 20 s - Enxaguar por 30 s - Secar a superfície com jato de ar |
| | RelyX Ceramic Primer 3M | 2. Silano - Aplicar de forma ativa durante 60 s |
| | Adper Single Bond 2 3M | 3. Adesivo - Aplicar uma camada com fricção vigorosa por 20 s - Evaporar o solvente delicadamente com ar por 5 s |
| Cerâmica feldspática Cerec Blocs – SIRONA (51250) | Condac Porcelana 5 % FGM | 1. Ácido fluorídrico - Aplicar durante 60 s - Enxaguar por 30 s - Secar a superfície com jato de ar |
| | RelyX Ceramic Primer 3M | 2. Silano - Aplicar de forma ativa durante 60 s |
| | Adper Single Bond 2 3M | 3. Adesivo - Aplicar uma camada com fricção vigorosa por 20 s - Evaporar o solvente delicadamente com ar por 5 s |

Abreviaturas: s: segundos

Os espécimes foram armazenados em água destilada por 24 horas a 37°C, procedendo-se a remoção dos tubos tygon cuidadosamente com lâmina de bisturi até expor os cilindros de cimento. O cilindro de cimento foi descartado caso houvesse evidências de porosidade ou bolhas na interface.

RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO MICROCISALHAMENTO (μ SBS)

Metade dos espécimes de cada grupo foram testados após 24 horas de armazenamento. A outra metade foi submetida a termociclagem (n=24) de 1.000 ciclos de 5 e 55°C, por 30 s cada, com banho intermediário de 37°C por 30 s em máquina de ciclagem térmica (Modelo 521-4D – Nova Ética Ind., Com e Serv Ltda, Vargem Grande Paulista – SP, Brasil).²⁸ As amostras foram adaptadas em uma máquina de teste de microcisalhamento (Microtensile Semi-universal, ODEME, Joaçaba, SC, Brasil), onde os espécimes foram testados com a utilização de um fio ortodôntico (0,2 mm de diâmetro) adaptado ao redor da base de cada cilindro de cimento resinoso. Após posicionado na base do cilindro, o fio ortodôntico foi alinhado ao centro da célula de carga para garantir a orientação correta das forças de cisalhamento²². Os espécimes foram tracionados até ruptura da interface adesiva, e os valores de μ SBS em megapascal (MPa) foram anotados.

Após a realização dos testes, as superfícies cerâmicas foram avaliadas em microscópio óptico (SZH-131, Olympus; Tokyo, Japan)

com aumento de 100X para definir o modo de falha. O modo de falha foi classificado em coesiva em cimento resinoso ([CCR] falha exclusivamente em cimento resinoso), coesiva em cerâmica ([CC] falha exclusivamente em cerâmica), adesiva/mista ([A/M] falha na interface cimento-cerâmica / falha coesiva parcial em substratos vizinhos).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os grupos medidos foram avaliados quanto a normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, e quanto a homocedasticidade (homogeneidade de variâncias) pelo teste de Bartlett. Como alguns grupos não apresentaram distribuição normal, e não havida homocedasticidade entre eles, as comparações entre os grupos foram feitas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Em todos os testes foi adotado nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os procedimentos estatísticos foram realizados no programa Statistica versão 10 (StatSoft Inc., Tulsa, USA).

RESULTADOS

RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO MICROCISALHAMENTO (μ SBS)

Nenhum espécime foi descartado devido a presença de porosidades ou outros defeitos, nem foram observadas falhas pré-teste. Um total de 88,4% dos espécimes mostrou falhas adesivas/mistas (Tabela 3).

Não houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) dos valores de resistência em relação aos métodos de tratamento térmico (queima convencional e queima estendida) em nenhum grupo de cerâmica (Tabela 4). Entre os tempos (imediatos e longevidade) houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$), sempre com maiores valores de resistência para o tempo imediato (Tabela 5).

Tabela 3 – Porcentagem (%) de espécimes de acordo com o modo de falha

| Cerâmica | Modo de falha | | | | | | | | | | | |
|----------|---------------|----------|-------------|-------------|-----|------|------|-----|------|-----|-----|-------|
| | QC | | QE | | | | | | | | | |
| | Imediato | Imediato | Longevidade | Longevidade | | | | | | | | |
| | CCR | CC | A/M | CCR | CC | A/M | CCR | CC | A/M | CCR | CC | A/M |
| ZLS | (50) | (0) | (50) | (4) | (0) | (96) | (18) | (0) | (82) | (0) | (0) | (100) |
| DIS | (7) | (0) | (93) | (14) | (0) | (86) | (5) | (0) | (95) | (3) | (0) | (97) |
| FEL | (1) | (10) | (89) | (0) | (9) | (91) | (2) | (7) | (91) | (0) | (9) | (91) |

Abreviaturas: QC: queima convencional; QE: queima estendida; ZLS: silicato de lítio reforçado com zircônia; DIS: dissilicato de lítio; FEL: cerâmica feldspática; CCR: falha coesiva em cimento resinoso; CC: falha coesiva em cerâmica; A/M: falha adesiva/mista.

Tabela 4 – Média e desvio padrão da resistência de união (μ SBS) em MPa dos grupos experimentais

| Cerâmica | QC | QE | QC | QE |
|------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | IMEDIATO | IMEDIATO | LONGEVIDADE | LONGEVIDADE |
| SLZ | 16,40 ± 6,08 A | 14,48 ± 4,49 A | 5,07 ± 1,41 B | 6,57 ± 1,63 B |
| DIS | 16,48 ± 5,82 C | 11,94 ± 5,55 C | 7,46 ± 1,33 D | 7,26 ± 0,93 D |
| FEL | 15,70 ± 4,12 E | 16,10 ± 4,09 E | 7,64 ± 3,11 F | 5,97 ± 1,88 F |

Abreviaturas: QC: queima convencional; QE: queima estendida; SLZ: silicato de lítio reforçado com zircônia; DIS: dissilicato de lítio; FEL: cerâmica feldspática. Para cada grupo, letras diferentes indicam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

A incapacidade das queimas convencionais de produzir uma redução dos danos causados durante a usinagem de cerâmicas densamente sinterizadas para o sistema CAD/CAM, junto ao possível efeito deletério desse tratamento térmico em cerâmicas vítreas, fez com que surgissem estudos que avaliassem a viabilidade de empregar regimes térmicos alternativos.^{3,4,5} Os estudos de Aurélio et al.,^{3,4,5} demonstraram que a queima estendida aumentou significativamente a resistência à flexão, reduziu a rugosidade da superfície e não alterou a microestrutura das amostras de cerâmicas de vidro.

O tempo prolongado de permanência durante o qual o material cerâmico está acima da sua transição de vidro, pode manter a viscosidade da matriz de vidro baixa durante tempo suficiente para reduzir a profundidade de falhas induzidas durante o processo de fresagem.^{4,5,15} Ademais, foi constatado que a queima estendida (QE) induziu o reparo adicional de defeitos, reduzindo a profundidade de falhas, em comparação a queima convencional (QC).^{3,4,5} Em cerâmicas à base de zircônia, feldspato e dissilicato de lítio a QE melhorou a resistência flexural biaxial quando comparada a queima recomendada pelo fabricante.⁴ Portanto, a QE pode ser considerada uma alternativa para o acabamento de restaurações feitas a partir desses materiais, principalmente para aquele com maior conteúdo vítreo.

A hipótese nula testada de que a queima estendida não influencia na resistência de união em cerâmicas de silicato de lítio reforçado por zircônia, dissilicato de lítio e feldspática, foi aceita com base nos resultados do presente estudo. Não houve diferenças significativas entre os valores de μ SBS dentre os três grupos de cerâmicas testadas, quando comparado o tratamento térmico com QC ou QE. Possivelmente a queima estendida não influenciou na manutenção da interface adesiva entre cerâmica e cimento resinoso das superfícies cerâmicas testadas. Portanto, a permanência das cerâmicas vítreas durante tempo prolongado na sua temperatura final, não é capaz de produzir alterações na microestrutura das cerâmicas.^{3,4,5,15} Dessa forma o tratamento térmico proposto pode aumentar as propriedades mecânicas das vitrocerâmicas utilizadas para confecção de restaurações CAD/CAM^{3,4,5}, sem alterações significativas nas propriedades de adesão.

As propriedades de um material vitrocerâmico como a resistência, o desgaste e as características estéticas, podem ser altamente dependentes da sua estrutura cristalina.⁴ Assim, o controle da estrutura cristalina, da fase cristalina e do tamanho dos cristais é importante durante a queima de um material cerâmico.^{3,4,5} Em um estudo realizado por Aurélio et al., foi possível observar que o protocolo de tratamento térmico com o aumento da temperatura no tempo testado não causou alterações no grau de cristalização do material.⁴ Dessa maneira acredita-se que a queima estendida seja

incapaz de produzir alterações significativas na microestrutura de vitrocerâmicas, que possa influenciar o processo adesivo.

Vale ressaltar que no presente estudo, metade das superfícies cerâmicas de cada grupo foram submetidas a termociclagem de 1.000 ciclos, para simular as condições *in vivo* de 1 ano. O presente estudo constatou que uma redução significativa na média das forças de μ SBS ocorreu em todos os grupos após a termociclagem, o que está de acordo com outros autores.^{10,12,21} Esse resultado pode ter um impacto clínico significativo, porque as restaurações vitrocerâmicas podem falhar clinicamente a longo prazo.^{3,9,14,28} O modo de falha adesivo ou misto em vitrocerâmicas submetidas a termociclagem tende a ser rotineiramente maior que em testes realizados 24 horas pós cimentação.^{10,22,27} O presente estudo corrobora com a literatura, mostrando um número maior de falhas adesivas/mistas após longevidade em todos os grupos cerâmicos testados. Esta mudança no modo de falha e a diminuição da resistência de união sugerem que esta união química não é estável ao longo do tempo e provavelmente sofreu degradação hidrolítica no período de armazenamento.^{10,18, 21}

Tem sido demonstrado que o ácido fluorídrico dissolve seletivamente a matriz vítrea de cerâmicas produzindo uma superfície porosa e irregular que facilita a retenção micromecânica dessas restaurações promovida pela aplicação de um sistema adesivo e cimento resinoso.^{25,27} No presente estudo, as superfícies internas das cerâmicas expostas a QE não demonstraram diferença significativa

de μ SBS quando comparada aos grupos com QC. Em um estudo realizado por Aurélio et al.,^{3,4,5} foi possível observar que a queima estendida de esmalte (QE) reduziu a rugosidade da superfície de cerâmicas vítreas e não alterou a microestrutura das amostras após a usinagem. Acredita-se que a diminuição da rugosidade superficial das cerâmicas, causada pelo tratamento térmico testado, não tenha influenciado na dissolução da matriz vítrea pelo ácido fluorídrico, já que os valores de μ SBS para os grupos de cerâmicas não apresentaram diferenças significativas.

Outro fator relevante seria o tipo de agente silano utilizado.¹⁰ Neste estudo foi usado um produto pré-hidrolizado composto por: 1) álcool etílico; 2) água; 3) metacrilato de 3- trimetoxissililpropilo. Alguns trabalhos observaram que superfícies cerâmicas tratadas com solução de monômeros fosfatados (MDP) contendo silano apresentaram uma menor redução de resistência de união quando comparadas com tratamento de superfície com solução de silano sem MDP.^{10,,21,25}

Mais estudos que avaliem a influencia da queima estendida na resistência de união de cerâmicas densamente sinterizadas precisam ser feitos. Além disso, abordagens alternativas no procedimento adesivo devem ser testadas, a fim de desenvolver um protocolo que proporcione maior estabilidade na adesão em cerâmicas densamente sinterizadas submetidas a queima estendida estendida.

CONCLUSÃO

A queima estendida não influenciou a resistência de união de cerâmicas a base de silicato de lítio reforçado por zircônia, dissilicato de lítio e feldspática.

REFERÊNCIAS

1. Addison O, Cao X, Sunnar P, Fleming GJP. Machining variability impacts on the strength of a “chair-side” CAD-CAM ceramic. *Dent Mater* 2012; 28: 880-887.
2. Andrade AM, Moura SK, Reis A, Loguercio AD, Garcia EJ, Grande RH. Evaluating resin-enamel bonds by microshear and microtensile bond strength tests: effects of composite resin. *J Appl Oral Sci* 2010; 18: 591-598.
3. Aurélio IL, Dorneles LS, May LG. Extended glaze firing on ceramics for hard machining: Crack healing, residual stresses, optical and microstructural aspects. *Dent Mater* 2016; 33: 226-232.
4. Aurélio IL, Fraga S, Dorneles LS, Bottino MA, May LG. Extended glaze firing improves flexural strength of a glass ceramic. *Dent Mater* 2015; 31: 316–324.
5. Aurélio IL, Prochnow C, Guilard LF, Ramos GF, Bottino MA, May LG. The effect of extended glaze firing on the flexural fatigue strength of hard-machined ceramics 2018; 29: 1-7.
6. Baldassarri M, Stappert CFJ, Wolff MS, Thompson VP, Zhang Y. Residual stresses in porcelain-veneered zirconia prostheses. *Dent Mater* 2012; 28: 873–879.
7. Belli R, Petschelt A, Hofner B, Hajto J, Scherrer SS, Lohbauer U. Fracture rates and lifetime estimations of CAD/CAM all-ceramic restorations. *J Dent Res* 2015; 95: 1-3.

8. Benetti P, Kelly JR, Sanchez M, Della AB. Influence of thermal gradients on stress state of veneered restorations. *Dent Mater* 2014; 30: 554-559.
9. Borges GA, Sophr AM, de Goes MF, Sobrinho LC, Chan DC. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 479-488.
10. Cardenas AM, Siqueira F, Hass V, Malaquias P, Gutierrez MF, Reis A, Perdigão J, Loguercio AD. Effect of MDP-containing Silane and Adhesive Used Alone or in Combination on the Long-term Bond Strength and Chemical Interaction with Lithium Disilicate Ceramics. *The Journal of Adhesive Dentistry* 2017; 20: 1-10.
11. Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. *J Dent* 1998; 26: 53-58.
12. Curran P, Cattani-Lorente M, Anselm Wiskott HW, Durual S Scherrer SS. Grinding damage assessment for CAD-CAM restorative materials. *Dent Mater* 2017; 33: 294-308.
13. Denry I, Holloway JA. Ceramics for dental applications: a review. *Materials* 2010; 3: 351-358.
14. Denry I. How and when does fabrication damage adversely affect the clinical performance of ceramic restorations? *Dent Mater* 2013; 29: 85-96.

15. Fraga S, Valandro LF, Bottino MA, May LG. Hard machining, glaze firing and hydrofluoric acid etching: do these procedures affect the flexural strength of a leucite glass-ceramic? *Dent Mater* 2015; 31: 131-137.
16. Frankenberger R, Hartmann VE, Krech M, Kramer N, Reich S, Braun A, Roggendorf M. Adhesive luting of new CAD/CAM materials. *Int J Comput Dent* 2015; 18: 9-20.
17. Girard R, Faivre A, Despetis F. Influence of water on crack selfhealing in soda-lime silicate glass. *J Am Ceram Soc* 2011; 94: 2402-2407.
18. Kalavacharla VK, Lawson NC, Ramp LC, Burgess JO. Influence of etching protocol and silane treatment with a universal adhesive on lithium disili- cate bond strength. *Oper Dent* 2015; 40: 372-378.
19. Kelly JR, Rungruanganunt P, Hunter B, Vailati F. Development of a clinically validated bulk failure test for ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2010; 104: 228-238.
20. Kim JH, Chae SY, Lee Y, Han GJ, Cho BH. Effects of multipurpose, universal adhesives on resin bonding to zirconia ceramic. *Oper Dent* 2015; 40: 55-62.
21. Matinlinna JP, Lassila LV. Experimental novel silane system in adhesion promotion between dental resin and pretreated titanium. Part II: Effect of long-term water storage. *Silicon* 2010; 2: 79-85.

22. May LG, Robert Kelly J, Bottino MA, Hill T. Influence of the resin cement thickness on the fatigue failure loads of CAD/CAM feldspathic crowns. *Dent Mater* 2015; 31: 895-900.
23. Otto T, Schneider D. Long-term clinical results of chairside Cerec CAD/CAM inlays and onlays: a case series. *Int J Prosthodont* 2008; 21: 53-59.
24. Ozturk N, Usumez A, Usumez S, Ozturk B. Degree of conversion and surface hardness of resin cement cured with different curing units. *Quintessence Int* 2005; 36: 771-777.
25. Pereira GKR, Silvestri T, Amaral M, Rippe MP, Kleverlaan CJ, Valandro LF. Fatigue limit of polycrystalline zirconium oxide ceramics: effect of grinding and low temperature aging. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016; 61: 45-54.
26. Pereira SG, Fulgencio R, Nune TG, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Effect of curing protocol on the polymerization of dual cured resin cements. *Dental Materials* 2010; 26:710- 718.
27. Quemard L, Rebillat F, Guette A, Tawil H, Louchet-Pouillier C. Degradation mechanisms of a SiC fiber reinforced self sealing matrix composite in simulated combustor environments. *J Eur Ceram Soc* 2007; 27: 377–401.
28. Rossomando KJ, Wendt SL JR. Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent Mater* 1995; 11: 47-51

29. Shimada Y, Yamaguchi S, Tagami J. Microshear bond strength of dual cured resin cement to glass ceramics. *Dent Mater* 2002; 18: 380-388.
30. Siqueira F, Cardenas AM, Gutierrez MF, Malaquias P, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Perdigão J. Laboratory Performance of Universal Adhesive Systems for Luting CAD/CAM Restorative Materials 2016; 18: 1-10.
31. Tian T, Tsoi JK, Matinlinna JP, Burrow MF. Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dent Mater* 2014; 30: 147-162.
32. Yang R, Arola D, Han Z, Zhang X. A comparison of the fracture resistance of three machinable ceramics after thermal and mechanical fatigue. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 878-885.
33. Zhang X & Wang F. Hardness of resin cement cured under different thickness of lithium disilicate-based ceramic. *Chin Med J* 2011; 124: 3762-3767.

METODOLOGIA DETALHADA

PREPARO DAS AMOSTRAS

Três cerâmicas para CAD/CAM foram selecionadas para o estudo: 1) silicato de lítio reforçado com zircônia (Celtra Duo – Dentsplay); 2) dissilicato de lítio (IPS e.max CAD – Ivoclar Vivadent); 3) feldspática (Cerec Blocs – SIRONA).



Figura 1 – Cerâmicas CAD/CAM

Um total de 6 blocos cerâmicos para CAD/CAM, dois para cada material, foram utilizados no presente estudo. Cada bloco de cerâmica (12 x 12 x 6 mm) foi cortado em 4 seções quadradas (6 x 6 x 6 mm) utilizando disco diamantado em baixa rotação (Isomet Buehler; Lake Bluff, IL, USA) sob irrigação constante de água. Em seguida a rugosidade da superfície foi padronizada utilizando lixas de carbeto de silício granulação 600 (CarbiMet, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) sob irrigação com água, com fricção por 60 s.



Figura 2 – Bloco CAD/CAM seccionado

Cada grupo de cerâmica passou por dois diferentes tratamentos térmicos (Pro-gramart P300, Ivoclar Vivadent): 1) de acordo com as recomendações do fabricante - queima convencional; 2) segundo o protocolo testado - queima estendida (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos grupos experimentais de acordo com o tratamento térmico aplicado aos materiais cerâmicos

| | Grupos (n=6) | | | | | |
|--|--|-------|-------|---|-------|-------|
| | SLZ-C | DIS-C | FEL-C | SLZ-E | DIS-E | FEL-E |
| Cerâmica | SLZ | DIS | FEL | SLZ | DIS | FEL |
| Tipo de queima | Queima convencional | | | Queima estendida | | |
| Temperatura inicial (°C) | 400 | 403 | 500 | 400 | 403 | 500 |
| Taxa de aumento de temperatura (°C/min) | 80 | 60 | 80 | 80 | 60 | 80 |
| Temperatura final (°C) | 800 | 770 | 950 | 800 | 770 | 950 |
| Tempo de espera na temperatura final (min) | 1:00 | 1:30 | 1:00 | 15:00 | 15:00 | 15:00 |
| Tempo de refrigeração | Rápido. Abertura imediata do forno após temperatura esperada | | | Lento. O forno permanecerá fechado até o material atingir a temperatura de 200 °C | | |

Abreviaturas: SLZ-C: Silicato de lítio reforçado com zircônia – queima convencional; DIS-C: dissilicato de lítio - queima convencional; FEL-C: cerâmica feldspática – queima convencional; SLZ-E: silicato de lítio reforçado com zircônia -queima estendida; DIS-E: dissilicato de lítio – queima estendida; FEL-E: cerâmica feldspática – queima estendida; °C: graus Celsius; Min: minutos.

DESENHO EXPERIMENTAL

De acordo com a cerâmica utilizada e o tratamento térmico proposto, as superfícies cerâmicas (n=24) foram distribuídas aleatoriamente (<http://www.sealedenvelope.com>) em 6 grupos (n=4 superfícies cerâmicas

por grupo): 1. SLZ - C; 2. DIS - C; 3. FEL - C; 4. SLZ - E; 5. DIS - E; 6. FEL - E (Tabela 1).

TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DAS CERÂMICAS

As superfícies cerâmicas sinterizadas foram montadas em um anel de policloreto de vinila (PVC) preenchido com resina acrílica (AutoClear, DentBras; Pirassuna, São Paulo, Brasil), deixando a superfície da amostra a uma altura de 3 mm do topo do cilindro. As superfícies foram condicionadas com ácido fluorídrico a 5% (Condac Porcelana 5%, FGM; Joinville, SC, Brasil) de acordo com as respectivas indicações dos fabricantes (Tabela 2). O agente de acoplamento de silano (RelyX Ceramic Primer, 3M, São Paulo, Brasil) foi aplicado de forma ativa durante 60 s com auxílio de aplicador descartável (Cavibrush, FGM; Joinville, SC, Brasil). Para o sistema adesivo aplicou-se uma camada com fricção vigorosa durante 20 s, secado delicadamente com ar por pelo menos 5 s, sem realizar fotopolimerização, para todas as superfícies cerâmicas.



Figura 3 – Superfície cerâmica montada em anel de policloreto de vinila

Tabela 2 – Materiais utilizados, números de lote e modo de aplicação

| Cerâmica, fabricante (lote) | Materiais, fabricante | Modo de aplicação |
|---|------------------------------|---|
| Silicato de lítio reforçado com zircônia Celtra Duo – Dentsplay (45080) | Condac Porcelana 5 % FGM | 1. Ácido fluorídrico - Aplicar durante 30 s - Enxaguar por 30 s - Secar a superfície com jato de ar |
| | RelyX Ceramic Primer 3M | 2. Silano - Aplicar de forma ativa durante 60 s |
| | Adper Single Bond 2 3M | 3. Adesivo - Aplicar uma camada com fricção vigorosa por 20 s - Evaporar o solvente delicadamente com ar por 5 s |
| Dissilicato de lítio IPS e.max CAD – Ivoclar Vivadent (554980) | Condac Porcelana 5 % FGM | 1. Ácido fluorídrico - Aplicar durante 20 s - Enxaguar por 30 s - Secar a superfície com jato de ar |
| | RelyX Ceramic Primer 3M | 2. Silano - Aplicar de forma ativa durante 60 s |
| | Adper Single Bond 2 3M | 3. Adesivo - Aplicar uma camada com fricção vigorosa por 20 s - Evaporar o solvente delicadamente com ar por 5 s |
| Cerâmica feldspática Cerec Blocs – SIRONA (51250) | Condac Porcelana 5 % FGM | 1. Ácido fluorídrico - Aplicar durante 60 s - Enxaguar por 30 s - Secar a superfície com jato de ar |
| | RelyX Ceramic Primer 3M | 2. Silano - Aplicar de forma ativa durante 60 s |
| | Adper Single Bond 2 3M | 3. Adesivo - Aplicar uma camada com fricção vigorosa por 20 s - Evaporar o solvente delicadamente com ar por 5 s |

Abreviaturas: s: segundos.

Após aplicação do sistema adesivo, 12 tubos transparentes de polietileno (Tygon Medical Tubing Formulations 54-HL, Saint Gobain Performance Plastics; Akron, OH, USA) com diâmetro interno de 0,8 mm e altura de 0,5 mm foram posicionados sobre cada superfície cerâmica. O cimento resino (RelyX Veneer, 3M, São Paulo, Brasil) foi inserido cuidadosamente no interior de cada tubo, seguido de fotopolimerização simultânea por 30 s, usando uma unidade de fotopolimerização de 1.200 mW/cm² (Radii-cal, SDI; Bayswater, Victoria, Australia).

Os espécimes foram armazenados em água destilada por 24 horas a 37°C, procedendo-se a remoção dos tubos tygon cuidadosamente com lâmina de bisturi até expor os cilindros de cimento. O cilindro de cimento foi descartado caso houvesse evidências de porosidade ou bolhas na interface.

RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO MICROCISALHAMENTO (μ SBS)

Metade dos espécimes de cada grupo foram submetidos a termociclagem (n=24) de 1.000 ciclos de 5 e 55°C, por 30 s cada, com banho intermediário de 37°C por 30 s. A outra metade foi testada após 24 horas. As amostras foram adaptadas em uma máquina de teste de microcissalhamento (Microtensile Semi-universal, ODEME, Joaçaba, SC, Brasil), onde os espécimes foram testados com a utilização de um fio ortodôntico (0,2 mm de diâmetro) adaptado ao redor da base de cada cilindro de cimento resinoso. Após posicionado na base do

cilindro, o fio ortodôntico foi alinhado ao centro da célula de carga para garantir a orientação correta das forças de cisalhamento²². Os espécimes foram tracionados até ruptura da interface adesiva, e os valores de μ SBS em megapascal (Mpa) foram anotados.

Após a realização dos testes, as superfícies cerâmicas foram avaliadas em microscópio óptico (SZH-131, Olympus; Tokyo, Japan) com aumento de 100X para definir o modo de falha. O modo de falha foi classificado em coesiva em cimento resinoso ([CCR] falha exclusivamente em cimento resinoso), coesiva em cerâmica ([CC] falha exclusivamente em cerâmica), adesiva/mista ([A/M] falha na interface cimento-cerâmica / falha coesiva parcial em substratos vizinhos).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os grupos medidos foram avaliados quanto a normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, e quanto a homocedasticidade (homogeneidade de variâncias) pelo teste de Bartlett. Como alguns grupos não apresentaram distribuição normal, e não havida homocedasticidade entre eles, as comparações entre os grupos foram feitas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Em todos os testes foi adotado nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os procedimentos estatísticos foram realizados no programa Statistica versão 10 (StatSoft Inc., Tulsa, USA).

ANEXOS

Anexo 1 – NORMAS DA REVISTA: JOURNAL OF ADHESIVE DENTISTRY

PREPARAÇÃO DO MANUSCRITO

- O Jornal seguirá o máximo possível recomendações do Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas (Vancouver Group) em relação a preparação de manuscritos e autoria (Uniformes requisitos para manuscritos submetidos à biomedicina revistas. Ann Intern Med 1997; 126: 36-47).
- Folha de rosto. A primeira página deve incluir o título de o artigo (descritivo, mas o mais conciso possível) e o nome, graduação, cargo, afiliação profissional, contribuição para o artigo (por exemplo, idéia, hipótese, projeto experimental, realizou os experimentos em cumprimento parcial dos requisitos para um diploma, escreveu o manuscrito, revisou o manuscrito, realizou um determinado teste, consultado e realizado avaliação, contribuiu substancialmente para a discussão, etc.) e endereço completo de todos os autores. Telefone, fax e e-mail endereço também deve ser fornecido para o correspondente autor, que será considerado o primeiro autor listado salvo indicação em contrário. Se o papel foi apresentado antes de um grupo organizado, o nome da organização, localização e data devem ser incluídos.
- 3-8 palavras-chave.

- **Resumo estruturado.** Inclua no máximo 250 palavras. Resumo estruturado (com cabeçalhos Finalidade, Materiais e Métodos, Resultados, Conclusão).
- **Introdução.** Resumir a lógica e propósito de o estudo, dando apenas referências pertinentes. Claramente declarar a hipótese de trabalho.
- **Materiais e métodos.** Apresentar materiais e métodos com detalhes suficientes para permitir a confirmação da observações. Métodos publicados devem ser referenciados e discutido apenas brevemente, a menos que as modificações tenham foi feito. Indique os métodos estatísticos utilizados, se aplicável.
- **Resultados.** Apresentar resultados em uma seqüência lógica no texto, tabelas e ilustrações. Não repita no texto todos os dados nas tabelas ou ilustrações; enfatizar apenas observações importantes.
- **Discussão.** Enfatize os aspectos novos e importantes do estudo e as conclusões que se seguem. Não repita em detalhes dados ou outros materiais dados na Introdução ou seção de resultados. Relacione as observações para outros estudos relevantes e apontam as implicações da as descobertas e suas limitações.
- **Agradecimentos** Reconheça pessoas que têm fez contribuições substanciais para o estudo. Especificamos concessão ou outro apoio financeiro, citando o nome do organização de apoio e número de concessão.

- Abreviações O termo completo para o qual uma abreviatura estandes devem preceder seu primeiro uso no texto, a menos que é uma unidade padrão de medição.
- nomes comerciais. Termos genéricos devem ser usados sempre que possível, mas nomes comerciais e fabricantes devem ser incluído entre parênteses na primeira menção.
- Relevância clinica. Por favor, inclua um breve (2 frases ou 3 linhas) declaração de relevância clínica.

REFERÊNCIAS

- Todas as referências devem ser citadas no texto, de acordo com a lista de referências alfabética e numérica.
- A lista de referências deve aparecer no final do artigo, em seqüência alfabética e numérica.
- Não inclua dados não publicados ou comunicações pessoais na lista de referências. Citar essas referências entre parênteses no texto e inclua uma data.
- Evite usar resumos como referências.
- Fornecer informações completas para cada referência, incluindo nomes de todos os autores. Se a referência é parte de um livro, também incluem o título do capítulo e nomes do (s) editor (es) do livro.

Estilo de referência do diário:

1. Turp JC, Kowalski CJ, Stohler CS. Tratamento-buscando padrões de pacientes com dor facial: muitas possibilidades, satisfação limitada. J Orofacial Pain 1998; 12: 61-66.

Estilo de referência do livro:

1. Hannam AG, Langenbach GEJ, Peck CC. Computador simulações de biomecânica mandibular. Em: McNeill C (ed).Ciência e Prática da Oclusão. Chicago: Quintessence, 1997: 187-194.

ILUSTRAÇÕES

- Todas as ilustrações devem ser numeradas e citadas no texto em ordem de aparição.
- Os valores apresentados devem atender ao seguinte mínimo requisitos:
 - Imagens de alta resolução devem ter uma largura de 83 mm e 300 dpi (para tamanho de coluna).
 - Gráficos (diagramas de barras, representações esquemáticas, desenhos), sempre que possível, devem ser produzidos em Adobe Illustrator e salvo como arquivos AI ou EPS.
 - Todas as figuras e gráficos devem ser arquivos separados - não incorporado em documentos do Word ou Power Point.

Após a aceitação do artigo, imagem digital de alta resolução. Os arquivos devem ser enviados por uma das seguintes formas:

1. Como anexo de e-mail, se os arquivos não estiverem excessivamente grande (não mais de 10 MB), para a nossa produção departamento: Steinbrueck@quintessenz.de
2. Ferramenta de troca de arquivos on-line: envie seus dados com nossa ferramenta de troca de arquivos online. Esta ferramenta web permite para fazer upload de arquivos grandes (<350,0 MB) para o nosso servidor. Por favor archive suas figuras com um tamanho

máximo de 350 MB primeiro. Em seguida, faça o upload desses arquivos com o seguinte link: <http://files.qvnet.de/JAD/>, senha: IAAD. Por favor nomeie o arquivo com o seu nome e número do artigo para que possamos identificar os números.

Desenhos de linhas - Figuras, gráficos e gráficos devem ser profissionalmente desenhado e rotulado grande o suficiente para ser lido após a redução. Laser de boa qualidade gerado por computador ,impressões são aceitáveis (sem fotocópias); Também fornecemarquivos eletrônicos (eps, ai) se possível. Linhas dentro de gráficos deve ser de um único peso, a menos que a ênfase especial seja necessário.

Legendas - Legendas de figuras devem ser agrupadas em uma folha separada e digitadas em espaço duplo.

TABELAS

- Cada mesa deve ser logicamente organizada, em uma folha e numerados consecutivamente.
- O título e as notas de rodapé devem ser digitados no mesmo folha como a tabela.

FORMULÁRIO DE APRESENTAÇÃO OBRIGATÓRIA

O Formulário de Submissão Obrigatória, assinado por todos os autores, deve acompanhar todos os manuscritos antes que possam ser revisados para publicação.

Envio eletrônico: digitalize o formulário assinado e envie como arquivo JPG ou TIF.

PERMISSÕES E RENÚNCIAS

- Permissão do autor e editor deve ser obtida para o uso direto de material (texto, fotos, desenhos) sob direitos autorais que não pertencem ao autor.
- Renúncias devem ser obtidas para fotografias mostrando pessoas. Quando tais dispensas não são fornecidas, será mascarado para evitar a identificação. Para clínica estuda a aprovação do comitê de ética deve ser apresentado