

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA**

**WALISON ARTHUSO VASCONCELLOS**



**ARARAQUARA  
2005**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA**

**WALISON ARTHUSO VASCONCELLOS**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE DIFERENTES  
TRATAMENTOS SUPERFICIAIS DE SISTEMAS  
CERÂMICOS NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO ADESIVA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista, para obtenção do Título de Doutor em Dentística Restauradora.

**ORIENTADOR: ALEXANDRE HENRIQUE SUSIN  
CO-ORIENTADOR: JOSÉ ROBERTO CURY SAAD**

**ARARAQUARA  
2005**

Vasconcellos, Walison Arthuso

Análise da influência de diferentes tratamentos superficiais de sistemas cerâmicos na resistência de união adesiva / Walison Arthuso Vasconcellos. – Araraquara: [s.n.], 2005.

132 f.: 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Henrique Susin

Co-orientador: Prof. Dr. José Roberto Cury Saad

1. Cerâmica 2. Resistência à tração 3. Retenção em prótese dentária I. Título

# DADOS CURRICULARES

## WALISON ARTHUSO VASCONCELLOS

NASCIMENTO: 17 de janeiro de 1976, em Coronel Fabriciano, MG.

FILIAÇÃO: Lázaro de Castro Vasconcellos  
Ana Lúcia Arthuso Vasconcellos

- 1999: Curso de Graduação em Odontologia  
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
- 2002: Curso de Pós-graduação em Dentística Restauradora  
Nível Mestrado - Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.
- 2002: Curso de Pós-graduação em Dentística Restauradora  
Nível Especialização – Conselho Regional de Odontologia de Minas Gerais – CRO -MG
- 2002: Professor Adjunto do Departamento de Odontologia da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.
- 2004: Professor Adjunto da Faculdade de Odontologia das Faculdades Unidas do Norte de Minas – FUNORTE.

Associações:

- ABO-MG: Associação Brasileira de Odontologia - Minas Gerais.  
GBPD: Grupo Brasileiro de Professores de Dentística.  
GBMD: Grupo Brasileiro de Materiais Dentários.  
SBPqO: Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica.

# DEDICATÓRIA

Aos professores *LINCOLN DIAS LANZA, LUIZ THADEU DE ABREU POLETTO, RODRIGO DE CASTRO ALBUQUERQUE E WELLINGTON CORREA JANSEN* pelo incentivo, desde os tempos de graduação, imprescindível para meu ingresso na docência; pelo exemplo de dedicação, empenho e busca constante do conhecimento.

# **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Aos meus pais, *LÁZARO DE CASTRO VASCONCELLOS E ANA LÚCIA ARTHUSO VASCONCELLOS*, pelo apoio, incentivo, amizade, carinho e amor a mim dedicados, fazendo-me sentir que não estava sozinho mesmo estando distante.

# AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia – Araraquara – UNESP, na pessoa da diretora **ROSEMARY ADRIANA CHIÉRICI MARCANTONIO**.

Ao Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia - Araraquara – UNESP, na pessoa do **PROF. DR. JOSÉ ROBERTO CURY SAAD** coordenador do Programa de Doutorado em Dentística e co-orientador deste estudo.

Ao **PROF. DR. ALEXANDRE HENRIQUE SUSIN**, pela amizade e bom senso sempre transmitido, pela eficiência e dedicação pessoal na orientação deste trabalho. Sua forma serena de orientar transmite grande confiança, transformando as dificuldades em desafios que serão superados.

Aos professores da Dentística da Faculdade de Odontologia - Araraquara – UNESP: **MARIA SALETE MACHADO CÂNDIDO, MARCELO FERRAREZI DE ANDRADE, OSMIR BATISTA DE OLIVEIRA JÚNIOR, SIZENANDO DE TOLEDO PORTO NETO, SILLAS LUIZ LORDELO DUARTE JÚNIOR, WELLINGTON DINELLI** pela oportunidade e contribuição para minha formação acadêmica.

Ao Professor **GERALDO** do Departamento de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia – Araraquara – UNESP, pelo auxílio na realização dos ensaios de microtração.

Ao **BANCO DE DENTES DO CURSO DE ODONTOLOGIA**, da Universidade Federal de Santa Maria, pela doação dos dentes para a realização deste estudo.

Aos funcionários do colegiado de pós-graduação da Faculdade de Odontologia – Araraquara – UNESP, **MARA, JOSÉ ALEXANDRE, E ROSÂNGELA**, pela atenção.

Aos funcionários do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia – Araraquara - UNESP: **ADRIANA, CREUZA, D. CIDA, MARINHO** pela disponibilidade e ajuda.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araraquara, **ADRIANO, ELIANE, MARIA HELENA, MARIA INÊS**, pelo apoio prestado.



Aos colegas da UNIMONTES, em especial aos professores **ALEX, ALTAIR, CLEONICE, JOSÉ MENDES, LURDINHA, SORAIA, TÂNEA**, pela amizade, compreensão e apoio. A todos vocês serei sempre grato.

À **MARIA DAS GRAÇAS CRUZ NAJAR**, pela amizade e conselhos.

A **ANTONIO AUGUSTO DE PAIVA**, grande amigo e sócio, que soube entender minha ausência durante estes últimos anos.

A **HUGO HENRIQUE ALVIM, HUGO CARLO E RENATO QUEIROZ**, pela amizade sincera e bons momentos compartilhados.

Aos colegas do curso de doutorado **CLÁUDIA, CRISTINA, JOÃO KINA, LEONARDO, JÚLIO UEDA, RENATO, RINALDO**, pela oportunidade de convivência e trabalho.

Aos colegas **DARLON, ADRIANO E VICTOR GUSTAVO**, pela amizade e acolhida, em Araraquara, quando da minha chegada.

A **DENTSPLY, VITA, DEGUSSA, IVOCLAR, 3M/ESPE, VIGODENT**, pela doação dos materiais necessários e assistência técnica para este estudo.

A **ROLF ANKLY**, pela disponibilização do sistema Rocatec, para o tratamento de superfície dos corpos de prova.

Ao **CNPq**, pelo apoio financeiro através de bolsa de estudos.

A **CARLOS AUGUSTO** e **LINCOLN**, grandes amigos, pelo apoio, amizade e consideração que sempre tiveram por mim. Agradeço-lhes, também, as inúmeras vezes que me levaram à rodoviária para ir a Araraquara.

Aos meus familiares, **MARIA CRISTINA**, **MATHEUS**, **WASHINGTON**, **SHEILA**, **WELLINGTON** e minha namorada **ROBERTA**, os quais sempre apostaram no meu sucesso.

Ao **GRANDE ARQUITETO DO UNIVERSO – DEUS** - razão de toda a existência, que nos dá força para seguir e superar as dificuldades.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	11
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	16
<b>3 PROPOSIÇÃO</b>	69
<b>4 MATERIAL E MÉTODO</b>	71
SELEÇÃO DOS DENTES	72
PREPARO DOS CORPOS DE PROVA	72
OBTENÇÃO DAS RESTAURAÇÕES CERÂMICAS	73
TRATAMENTO DAS SUPERFÍCIES CERÂMICAS	74
CIMENTAÇÃO DAS RESTAURAÇÕES	75
OBTENÇÃO DOS ESPÉCIMES PARA O TESTE DE MICROTRAÇÃO.	76
ENSAIO MECÂNICO DE MICROTRAÇÃO	76
DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA	77
ANÁLISE MICROSCÓPICA DE ESPÉCIMES FRATURADOS	77
<b>5 RESULTADO</b>	86
<b>6 DISCUSSÃO</b>	92
<b>7 CONCLUSÃO</b>	109
<b>8 REFERÊNCIAS</b>	111
Apêndices	122
Resumo	127
Abstract	130

# **INTRODUÇÃO**

---

---

## 1 Introdução

Os materiais cerâmicos vêm sendo utilizados pela Humanidade há vários séculos, sendo que indícios de seu emprego em restaurações dentais são referentes ao período das civilizações Maia (300-900 dC) e Asteca (1200 dC). A combinação do uso de materiais refratários e cerâmicos na Odontologia ocorreu em 1774, quando o francês Alexis Duchâteau solicitou a fabricação de dentaduras de cerâmica ao protético parisiense Nicholas de Chemant. (WILDGOOSE et al., 2004).

O emprego de restaurações cerâmicas no restabelecimento funcional e estético de elementos dentais, aliado aos novos sistemas adesivos têm causado profundas mudanças na prática odontológica, sendo um procedimento bastante utilizado, devido às suas características mecânicas e estéticas (KATO et al., 1996; KATO et al., 2000; STEWART et al., 2002; ALVAREZ-FERNANDEZ et al., 2003). Tais características incluem translucidez, fluorescência, estabilidade química, biocompatibilidade, alta força compressiva e um coeficiente de expansão térmico linear similar à estrutura dental (SHAHVERDI et al., 1998; ESTAFAN et al., 2000; SEN et al., 2000; BORGES et al., 2003).

Desde a introdução do sistema Dicor, em 1984, os sistemas cerâmicos livres de metal apresentaram uma grande evolução, implicando no surgimento de vários sistemas distintos com características e propriedades específicas (KATO et al., 2000). As propriedades de cada sistema podem ser definidas baseando-se na interação do método de fabricação (processamento), composição (tipo de material), e microestrutura (cristal, vidro, ou ambos), conforme afirma Giordano (1999).

A união dos materiais cerâmicos aos tecidos dentais representa um dos principais fatores limitantes de sua longevidade e a sua cimentação é decisiva no sucesso clínico do

tratamento (BORGES et al., 2003; OZTURK e AYKENT, 2003). Dentre os materiais cimentantes disponíveis ao longo da história, podem ser citados o cimento de fosfato de zinco, cimento de ionômero de vidro, e os cimentos resinosos. Apesar da maior complexidade técnica, os cimentos resinosos são os materiais mais indicados para a cimentação de restaurações em cerâmica pura devido a um conjunto de características apresentadas, como a adesão micromecânica, baixa solubilidade aos fluidos bucais, diferentes alternativas de cores e opacidades (DELLA BONA et al., 2003; El ZOHAIRY et al., 2003; LOPES et al., 2003; MICHIDA et al., 2003; OLIVEIRA Jr et al., 2003).

A resistência de união alcançada após a cimentação de uma restauração empregando cimento resinoso deve ser analisada em função de duas interfaces distintas: cimento-dente e cimento-restauração (PEUMANS et al., 1999; STEWART et al., 2002). A união cimento-dente deve ser estudada considerando o substrato, a quantidade de esmalte, a área e tipo de dentina, e o tipo de tratamento do substrato dental. Já, a união cimento-restauração está relacionada a possíveis reações químicas e interações mecânicas do cimento com a restauração e com tipos de tratamentos superficiais empregados (OLIVEIRA Jr. et al., 2003). Desta forma, o sucesso do processo de cimentação é dependente da composição do material cerâmico (BORGES et al., 2003).

A primeira tentativa de aumento da resistência de união através do tratamento de superfície foi realizada por Buonocore (1955) quando propôs o condicionamento ácido do esmalte a fim de aumentar a adesão às estruturas dentais mineralizadas. De forma similar, a superfície interna das restaurações cerâmicas deve ser preparada para otimizar a união micromecânica entre a cerâmica e o cimento (BORGES et al., 2003). No que se refere a este procedimento, Awliya et al. (1998) afirmaram que tal procedimento é necessário para se alcançar alta resistência de união, e segundo Kato et al. (2000) a superfície da cerâmica pode ser preparada com uma variedade de procedimentos para se tornar retentiva mecânica e/ou

quimicamente aos substratos e agentes cimentantes. O jateamento com óxido de alumínio seguido de silanização é o tratamento mais difundido e de menor custo. Outras formas de tratamentos empregados são o condicionamento com ácido fluorídrico ou a silicatização da superfície após jateamento com partículas abrasivas seguida de silanização (KERN e THOMPSON, 1994; KERN e STRUB, 1998; GOMES e PORTO, 2001; BORGES et al., 2003; DELLA BONA et al., 2003; El ZOHAIRY et al., 2003; LOPES et al., 2003; MICHIDA et al., 2003; OLIVEIRA Jr et al., 2003).

Várias são as metodologias disponíveis para a avaliação da resistência de união adesiva entre diferentes substratos. Os testes de cisalhamento são largamente empregados para esta análise, pois são mais representativos das condições clínicas (CARDOSO et al., 1998). Porém em consequência de suas limitações, novas metodologias estão sendo atualmente preferidas, dentre as quais merece destaque o teste de microtração. O teste de microtração foi proposto por Sano et al. (1994) e consiste na aplicação de uma carga de tração pura, à uma área de secção muito reduzida da interface de união do substrato dental e material adesivo (GORACCI et al., 2004). Tal metodologia apresenta algumas vantagens como: possibilidade de medir a resistência de união em pequena área de substrato dentário, menor número de corpos de prova, permite mapear a resistência de união em diferentes regiões e ou profundidades do dente, permite obter um maior índice de falhas adesivas (SANO et al., 1994; PHRUKKANON et al., 1998a), além de exigir menor número de dentes e representar uma considerável economia de material, para a execução do estudo (SANO et al., 1994).

Embora vários tratamentos de superfícies diferentes e cimentos resinosos tenham sido estudados, não está claro se a rugosidade mecânica (jateamento com partículas abrasivas ou condicionamento ácido), união química (silano), ou outras condições de tratamento são os mais efetivos tratamentos de superfície para a cimentação de restaurações cerâmicas empregando materiais resinosos (STEWART et al., 2002). Vale ainda salientar que o

conhecimento sobre a efetividade dos tratamentos pode ser aplicado não somente ao processo de cimentação, mas também nos procedimentos de reparos das restaurações cerâmicas que tenham sofrido fraturas parciais durante a atividade clínica (SZEP et al., 2000).

Considerando que as respostas aos tratamentos de superfície são distintas para os diversos sistemas cerâmicos, em função das diferenças em sua composição, forma de confecção / processamento e características micro-estruturais, torna-se necessária à determinação do tratamento de superfície mais adequado para os principais sistemas atualmente empregados.



# **REVISÃO DA LITERATURA**

---

---

## **2 Revisão da literatura**

A ausência de adesão às estruturas dentárias é uma das principais deficiências dos materiais restauradores. Considerando as possíveis vantagens de uma adequada união entre dente e material restaurador, Buonocore (1955) discutiu algumas possibilidades de se proporcionar esta adesão. Quatro condições foram primeiramente consideradas: desenvolvimento de novos materiais que apresentassem propriedades adesivas, modificação nos materiais presentes para que se tornassem adesivos, aplicação de um material adesivo na interface entre o dente e a restauração, e a alteração na superfície do dente através de tratamento químico; para produzir uma nova superfície na qual o material pudesse aderir. A fim de determinar a influência de uma simples descalcificação ácida na adesão, o autor realizou o condicionamento da superfície do esmalte com ácido fosfórico 85% por 30 segundos. Aumento significativo no tempo de união de 11,2 horas para 1070 horas foi observado após o condicionamento ácido. O autor conclui que o aumento na adesão proporcionado pelo condicionamento ácido se deve a um aumento na área de superfície, sendo este fenômeno exclusivamente físico.

Segundo McLean e Hughes (1965), devido às deficiências apresentadas pelos materiais plásticos, os profissionais têm retornado ao uso de materiais cerâmicos para a confecção de coroas e pontes. Porém, as cerâmicas também apresentam limitações e podem vir a falhar. A fratura das cerâmicas dentais deve-se à micro-trincas, na superfície, que agem como concentradores de tensões. Devido à presença de defeitos de superfície e à concentração de tensões, a resistência medida em materiais frágeis é sempre menor que a coesão molecular. Quando grãos cristalinos de grande resistência e elasticidade foram introduzidos dentro de um vidro ou cerâmica de expansão térmica semelhante, a resistência e elasticidade

da mistura quando fundida aumentou progressivamente com a proporção da fase cristalina. Ou seja, uma trinca propaga-se tipo de sistema, indiscriminadamente, através de ambas as fases: vítrea e cristalina. Portanto, a energia requerida para a propagação da trinca, deve ser de uma magnitude maior que a requerida para a fratura da fase vítrea somente. Desta forma, os cristais, com elevada resistência, agem com pontos potenciais de paralisação da propagação das trincas.

Comparação das características de distribuição de tensões de testes de resistência de união; empregando o método dos elementos finitos, foi realizado por Anusavice et al. (1980). Modelos bidimensionais da interface metal cerâmica foram desenvolvidos para os vários testes de união considerados, podendo destacar: teste de resistência ao cisalhamento, teste de flexão a três pontos, teste de flexão a quatro pontos, teste de flexão em arco semicircular, e teste de união à torção. Os autores relataram que os efeitos das concentrações de tensões foram significantes em todos os testes de união. Em oito das onze configurações de teste analisadas, a tensão normal de tração excedeu a tensão normal de cisalhamento; sugerindo que falha de tração poderia ser responsável pelo aumento da relação tração / cisalhamento. Os autores concluíram que devido às concentrações de tensões, os valores de média resistência de união, calculados em testes de laboratório, são menores em magnitude que as tensões resultantes na ausência desta tensão aumentada.

Bailey e Bennett (1988) avaliaram a influência de diferentes tratamentos de superfície e do tempo de armazenamento após a cimentação na resistência de união ao cisalhamento. Corpos de prova da cerâmica Dicor foram obtidos, empregando a técnica da cera perdida, jateada com óxido de alumínio e limpa em ultra-som. As superfícies das cerâmicas foram tratadas com ácido fluorídrico 10% (1, 2 e 5 minutos), bifluoreto de amônio a 10% (1, 2 e 5

minutos), hidróxido de sódio 10% com EDTA 1% (6 minutos), e ácido fluorídrico a 5% (24 horas). Análise da superfície foi realizada através de microscopia eletrônica de varredura. Para cada agente condicionador testado, alguns corpos de provas foram silanizados e outros não. Prosseguiu-se com a aplicação do cimento resinoso em ambas extremidades do material cerâmico, a fim de obter dois espécimes no mesmo corpo de prova. Para se avaliar a estabilidade da união, alguns corpos de prova foram armazenados por diferentes períodos de tempo: um dia, um mês, seis meses e doze meses. Outros corpos de prova foram submetidos a 6000 ciclos de termociclagem. Após os preparos dos corpos de prova, carga de cisalhamento foi aplicada até a fratura. Maior valor de resistência de união foi observado para os corpos de prova que foram condicionados com hidróxido de sódio a 10% e EDTA 1% (27,4 MPa), seguido pelo bifluoreto de amônio 10% (20,6 MPa) e ácido fluorídrico 10% (18,5 MPa). Estes valores máximos de tensão foram sempre associados ao emprego de um agente silano. A armazenagem dos corpos de prova, condicionados e tratados com silano, não implicou em diminuição significativa na resistência de união depois do período de um ano.

Van Noort et al. (1989) examinaram métodos de medição de resistência de união e avaliaram procedimentos de teste; empregando o método dos elementos finitos bidimensional. Um bloco de resina composta com 6 mm de altura e 6 mm de largura foi unido a um corte de superfície de dentina. Foram aplicadas duas cargas de 60 N de forma distinta: uma de tração e outra de cisalhamento. As seguintes condições foram consideradas: o efeito de materiais com propriedades diferentes, o efeito da mudança na geometria e na condição de carregamento, e o efeito do carregamento em cisalhamento. Para se avaliar a influência de materiais com propriedades diferentes, utilizaram três valores de módulo de elasticidade para a resina composta (5, 15 e 25 GPa). Ao estudar a mudança na geometria, a altura do cilindro de resina composta foi diminuído sistematicamente de 6 mm para 5, 4, 3, 2, 1, e 0,5 mm. Para se avaliar

o efeito na distribuição de tensão interfacial, o comprimento foi variado em 1, 2, 3, 4, 5 e 6 mm. Além disto, ao simular uma condição de carga mais concentrada, a altura do bloco de resina composta foi reduzida de 6 mm para 0,5 mm e o efeito na linha de interface foi determinado. O efeito da carga de cisalhamento foi verificado através da aplicação de uma carga compressiva de 60 N distribuída por uma extensão de 1,0 mm acima da linha de interface, o que implica em uma resistência ao cisalhamento interfacial de 10 MPa. Um padrão de distribuição de tensão não-uniforme na interface resina-dentina foi produzido, sendo observada a concentração de tensão no ângulo da interface onde há uma mudança da geometria. A tensão máxima de tração foi gerada ao longo da superfície e não na interface entre a resina composta e a dentina; alcançando o valor de 40 MPa. A redução na altura do corpo de prova, de 6 mm até 3 mm, não teve efeito significativo na distribuição da tensão interfacial; entretanto, com a diminuição da altura para valores abaixo de 3 mm, a tensão interfacial diminuiu próximo à extremidade e aumentou na região mediana do material. A tensão de cisalhamento elevou-se com o aumento da distância entre o ponto de aplicação da carga e a superfície da dentina. Os autores relataram que a variação das condições dos testes é uma das causas que contribuem para os diferentes valores de resistência de união observados na literatura.

Al Edris et al. (1990) examinaram as alterações produzidas por três condicionadores ácidos na superfície de três sistemas cerâmicos, empregando microscopia eletrônica de varredura. Doze espécimes foram obtidos de cada um dos sistemas cerâmicos: Ceranco II, Mirage, Vita. Metade dos corpos de prova foi jateada com óxido de alumínio para a remoção do glaze e na outra metade não foi realizada a remoção do glaze. Cada grupo foi subdividido em três subgrupos em função do agente condicionador, que variou em Super Etch, Stripit e flúor fosfato acidulado. Os dois primeiros sistemas condicionadores são compostos por ácido

fluorídrico associado a outros ácidos. O emprego do condicionador Super Etch induziu a formação de canais mais profundos e largos na cerâmica Ceranco II, quando comparada à cerâmica Vita, e mais numerosos na cerâmica Mirage. O condicionador Stripit produziu um padrão de condicionamento semelhante ao Super Etch para as três cerâmicas, porém mais pronunciado e agressivo. O flúor fosfato acidulado causou menores mudanças morfológicas na superfície das cerâmicas. O condicionamento de cerâmicas glazeadas resultou em um padrão de condicionamento menos promissor quando comparado à cerâmica jateada. Os autores concluíram que o padrão de condicionamento foi diferente para os três sistemas cerâmicos, evidenciado no emprego de ácido fluorídrico.

A resistência adesiva à tração para diferentes técnicas de aplicação do sistema adesivo foi determinada por Van Noort et al. (1991) que também compararam o padrão de distribuição de tensões na interface adesiva; utilizando o método dos elementos finitos. Vinte quatro molares foram divididos, em dois grupos em função da técnica de aplicação do sistema adesivo. No grupo A, o sistema adesivo foi aplicado uniformemente em toda a superfície da dentina, não removendo o excesso do adesivo, permitindo a formação de uma camada de adesivo uniforme. No grupo B, o sistema adesivo foi aplicado de forma restrita a área de interface de união e não sobre toda a dentina. A restauração de resina composta foi confeccionada utilizando uma matriz, sem ocasionar a formação de uma camada de adesivo uniforme. Carga de tração foi aplicada na velocidade de 2,0 mm/min até a fratura. Os fragmentos foram avaliados através microscopia eletrônica de varredura. Dois modelos bidimensionais de elementos finitos foram preparados para representar as geometrias dos dois grupos, considerando uma camada adesiva de 50  $\mu\text{m}$ . O grupo A e B apresentaram valores de resistência de união de 6,90 MPa e 3,10 MPa respectivamente, permitindo concluir que a

resistência de união foi afetada, significativamente, pelo método de aplicação do sistema adesivo.

A perda de volume resultante do jateamento da superfície das cerâmicas In-Ceram e IPS Empress, o exame da morfologia e composição elementar da superfície das cerâmicas In-Ceram, foram investigados por Kern e Thompson (1994) antes e após o tratamento com os sistemas Rocatec e Silicoter MD. Confeccionaram-se 30 discos de In-Ceram com 6,0 mm de diâmetro e 3,4 mm de espessura; e 12 discos de IPS – Empress com 8,2 mm de diâmetro e 4,0 mm de espessura. A perda de volume, decorrente do jateamento, foi realizada em um diâmetro de 5 mm para todos os corpos de prova. Dividiu-se os corpos de prova de In-Ceram em três grupos de 10, e realizou-se o jateamento por quatorze segundos, mediante os tratamentos: Rocatec-Pre, Rocatec-Pre + Rocatec-Plus e Rocatec-Plus. Para o IPS Empress, o jateamento foi realizado com o Rocatec-Pre por 7 segundos em seis corpos de prova e por 14 segundos no restante. Após o jateamento, a perda de volume foi calculada e os resultados submetidos à análise de variância. Na determinação da morfologia e composição da superfície, trinta espécimes de In-Ceram foram preparados e divididos conforme o tratamento de superfície em seis grupos: 1. polimento; 2. jateamento com Rocatec-Pre; 3. jateamento com Rocatec-Pre e Rocatec-Plus; 4. jateamento com Rocatec-Pre e limpeza com álcool por 10 minutos; 5. jateamento com Rocatec-Pre e Rocatec-Plus e limpeza com álcool por 10 minutos; e 6. jateamento com Rocatec-Pre seguido por limpeza com álcool por 10 minutos e aplicação de sílica empregando a unidade Silicoater MD. Duas amostras de cada grupo foram avaliadas através de microscopia eletrônica de varredura. A composição da superfície foi determinada para as três amostras remanescentes de cada grupo, aplicando a espectroscopia de energia dispersa. A perda de volume, após o jateamento, foi 36 vezes menor para o In-Ceram comparado ao IPS Empress; sendo que o jateamento não alterou a composição da

superfície do In-Ceram. Após o recobrimento químico com o sistema Rocatec, o conteúdo de sílica aumentou de 4,5 para 19,7 % em peso. A limpeza em ultra-som retirou as partículas de sílica livres da superfície, diminuindo o conteúdo de sílica para 15,9% em peso. Depois do tratamento com o sistema Silicoater MD, o conteúdo de sílica aumentou menos quando comparado com o jateamento com o Rocatec Plus. A camada de sílica, criada pelo sistema Rocatec Plus, apresentou grande diferença tanto na morfologia quanto na espessura; o que pôde resultar em diferente resistência de união. Os autores concluíram que o jateamento de restaurações em cerâmicas feldspáticas deve ser evitado. No In-Ceram, o volume perdido está dentro dos limites aceitáveis e semelhante à perda observada em metais nobres.

Uma nova metodologia para o estudo da resistência adesiva, denominada teste de microtração, foi desenvolvida por Sano et al. (1994). Aplicando esta metodologia, os autores investigaram a relação entre a área de superfície para adesão e resistência de união à tração para materiais adesivos. Vinte molares tiveram suas superfícies oclusais removidas perpendicular ao longo eixo do dente. Posteriormente, o esmalte das superfícies mesial e distal foi removido e a superfície oclusal tratada com disco de lixa de papel. Tais superfícies foram, em seguida, tratadas com três sistemas adesivos: Scotchbond Multi- Purpose, Clearfill Liner Bond 2, e Vitremer, e reconstruídos com resina Z-100, resina Photo Clearfill A e Vitremer respectivamente. O conjunto dente-restauração foi cortado a fim de se obter espécimes cujas espessuras variavam de 0,5 a 3,0 mm. Cada espécime foi conformado a fim de se obter uma curva suave, com a porção mais estreita coincidindo com a interface adesiva. A área de superfície foi calculada para cada espécime e variou de aproximadamente 0,5 X 0,5 mm a 3,0 X 3,0 mm. Os espécimes foram fixados com cianoacrilato ao dispositivo de teste e submetidos à carga de tração na velocidade de 1,0 mm/min. O modo de falha de cada espécime foi determinado, empregando um microscópio com magnificação de 10 X. Os



maiores valores de união foram observados para o sistema adesivo Clearfill Liner Bond 2, sendo que o tipo de falha variou em função da área de superfície. Nas áreas de superfície superiores a  $7,17 \text{ mm}^2$ , as fraturas observadas foram coesivas na dentina, enquanto em áreas inferiores a  $2,31 \text{ mm}^2$  as fraturas foram adesivas. Em áreas que variaram de  $2,31$  a  $7,17 \text{ mm}^2$  observou-se os dois tipos de fratura anteriormente citados. Para o sistema adesivo Scotchbond Multi Purpose Plus todas as falhas foram adesivas. Os valores de união, quando da utilização de Vitremer, foi muito inferior a dos dois sistemas anteriores; sendo observadas várias falhas adesivas na restauração. Os autores concluíram que há uma relação inversa entre a resistência de união e área de superfície para os três sistemas adesivos testados e que, esta metodologia permite medir elevadas resistências de união sem falhas coesivas na dentina.

Thurmond et al. (1994) avaliaram a influência de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união ao cisalhamento de resina composta a superfície da cerâmica. Duzentos corpos de prova da cerâmica Ceranco II foram obtidos e divididos em dez grupos, em função do tratamento de superfície que incluiu: asperização com ponta diamantada, abrasão com óxido de alumínio, condicionamento com ácido fluorídrico ou ácido fosfórico, aplicação de silano, primer e agente de união, isoladamente ou de forma associada. Após o tratamento de superfície, um cilindro de resina composta foi confeccionado. Metade dos corpos de prova de cada grupo foi mantido em água destilada a  $37^\circ\text{C}$ , por 24 horas; enquanto a outra metade dos corpos de prova foi mantida por 3 meses na mesma condição. Em seguida, termociclados por 2500 ciclos, antes da aplicação da carga de cisalhamento para a determinação da resistência de união. Os sítios de fratura foram examinados visualmente para determinar a localização da falha após a fratura. Os valores de resistência de união foram significativamente maiores nos corpos de prova armazenados por 24 horas (10,6 MPa e 25 MPa) em comparação com os armazenados por maior período de tempo e termociclados (0,1

MPa a 17,4 MPa). Para os corpos de prova que apresentaram maiores resistências de união, as falhas foram coesivas no material cerâmico. Os autores relataram que o tratamento da cerâmica com uma combinação de abrasão com óxido de alumínio, condicionamento com ácido fluorídrico e silano, proporcionaram os melhores resultados.

A adesão de resina composta à superfície cerâmica tratada de cinco formas distintas, e que recebeu a aplicação de três agentes silanos, foi avaliada por Aida et al. (1995). A condição de superfície foi avaliada com microscopia eletrônica de varredura e os componentes do agente silano foi analisado por espectroscopia de infra-vermelho. As cinco condições de superfícies avaliadas foram: polimento da superfície com lixa 1000, condicionamento com ácido fosfórico, condicionamento com ácido fosfórico e limpeza com ultra-som, condicionamento com ácido fluorídrico e, condicionamento com ácido fluorídrico e limpeza com ultra-som. As amostras de cerâmica de cada grupo foram divididas em subgrupos e tratadas com o agente silano, sendo dois dos agentes silanos disponíveis comercialmente (Porcelain Liner M, Tokuso Ceramic Primer) e um terceiro agente experimental. Os silanos foram aplicados sobre os corpos de prova de cerâmica e então se seguiu com a aplicação do material resinoso. Os corpos de prova foram armazenados por 24 horas a 37°C, e então submetidos à carga de cisalhamento até a fratura. Os valores de resistência obtidos variaram de 0,0 MPa na cerâmica tratada com polimento da superfície e emprego do silano experimental a 15,8 Mpa, para a cerâmica condicionada com ácido fluorídrico e limpa em ultra-som, associada ao emprego do silano Porcelain liner M. Os silanos disponíveis comercialmente proporcionaram elevada resistência de união, sendo que maiores valores de resistência sempre foram associados ao emprego de condicionamento com ácido fluorídrico e limpeza em ultra-som. Para o agente silano experimental, observou-se valores baixos de união quando não se empregou o condicionamento com ácido fluorídrico.

Constatou-se que maiores valores de união estão associados ao emprego de ácido fluorídrico, principalmente, quando associado à limpeza com ultra-som.

Della Bona e Van Noort (1995) avaliaram a resistência de união ao cisalhamento de cerâmica à resina composta e examinaram, pelo método dos elementos finitos, os efeitos da distribuição de tensões na resistência de união ao cisalhamento e o modo de falha. O teste de união à tração também foi realizado para os mesmos materiais. Três configurações foram desenvolvidas para o teste de união ao cisalhamento, sendo produzidos dez corpos de prova para cada. A configuração A, denominada convencional, consistia de uma base de cerâmica tratada com ácido fluorídrico a 2% e silanizada, na qual um cilindro de resina composta foi unido. A configuração B, reversa, consistia de uma base de resina na qual foi cimentado um cilindro de cerâmica, após o tratamento de sua superfície com ácido fluorídrico a 2% e silano; e a configuração C, consistia de um bloco todo de resina composta. Todos os corpos de prova foram mantidos em água destilada por três dias antes de serem realizados os testes. Carga de cisalhamento foi aplicada até a fratura na velocidade de 0,5 mm/min e o modo de falha verificado sob aumento de 40 X. Modelos de elementos finitos bidimensionais foram desenvolvidos para as três configurações citadas. Carga de 10 N foi aplicada, de forma paralela, a 0,2 mm da superfície da base. O teste de resistência de união à tração foi usado para avaliar dois sistemas de reparo de cerâmica; um, usando ácido fluorídrico a 9,6% e o outro, usando flúor fosfato acidulado a 4%. Todos os corpos de prova foram silanizados antes da aplicação do sistema adesivo e da restauração. Ao teste de resistência ao cisalhamento, maiores valores de resistência foram associados aos corpos de prova do grupo C (21,82 MPa), que não apresentou diferença significativa em relação à configuração B (18,02 MPa). Menores valores de união foram constatados para os corpos de prova da configuração A (10,37 MPa). Para a configuração A, as fraturas na base cerâmica e adesiva aconteceram em igual

proporção, enquanto para a configuração B, 80% das falhas foram coesivas na base de resina. A análise de elementos finitos sugeriu uma maior concentração de tensão para a configuração A, considerando a resultante horizontal; embora a diferença significativa não tenha sido observada em relação às outras configurações. Para o teste de resistência à tração, a falha ocorrida foi sempre adesiva, não havendo diferença em função do tratamento com ácido fluorídrico (13,46 MPa) ou flúor fosfato acidulado (13,43 MPa). Os autores concluíram que os testes de resistência à tração são mais apropriados para avaliar a capacidade adesiva de resinas às cerâmicas.

Revisão da literatura sobre os testes de adesão de agentes adesivos à dentina foi realizada por Pashley et al., em 1995. Os autores discutiram sobre o grande número de variáveis presentes, dentre as quais; o tipo de substrato, as variações intrínsecas da dentina, as variáveis envolvidas no condicionamento ácido e aplicação dos sistemas adesivos, variáveis de armazenamento e variações dos testes propriamente ditos. Com relação ao substrato, sabe-se que embora um grande número de informações tenha sido obtido empregando dentes bovinos, preferência deve ser dada para os estudos em dentes humanos. O emprego de terceiros molares inclusos, normalmente, implica em maiores valores de resistência quando comparado ao emprego de dentes que se encontram em atividade funcional; devido à maior permeabilidade dos terceiros molares e à esclerose dos túbulos de dentes expostos ao meio bucal decorrente de injúrias e variações térmicas a que são submetidos. Várias metodologias estão disponíveis para o estudo da adesão além dos testes mecânicos convencionais, como a análise de elementos finitos, a fractologia e o teste de micro-tração. O teste de micro-tração tem como vantagens: falhas predominantemente adesivas, possibilidade de se mensurar maiores valores de resistência de união, determinação da resistência de união em regiões específicas, estudo da resistência de união em superfícies irregulares e áreas de dimensões

limitadas; facilita o exame de microscopia eletrônica de varredura dos espécimes fraturados. Tal método apresenta como desvantagens: técnica crítica e demasiadamente trabalhosa, dificuldade de se medir tensões inferiores a 5 MPa, requer equipamento especial e amostras altamente susceptíveis à desidratação.

Na tentativa de identificar as variáveis que exercem maior influência na resistência de união ao cisalhamento e determinar a influência da combinação de diferentes tratamentos de superfícies, Roulet et al. (1995) avaliaram um total de 540 corpos de provas dos sistemas cerâmicos Dicor, Mirage, e Vitabloc. Os corpos de prova foram divididos em função do método de preparo mecânico da superfície que compreendeu asperização da superfície com lixa de papel 600, jateamento com óxido de alumínio e condicionamento com ácido fluorídrico a 10%. Em seguida, foram subdivididos em função do agente silano empregado, que variou em  $\gamma$ -metacriloxi-propil-trimetoxi-silano (MPS), MPS mais para-toluidina, vinil-tricloro-silano. Os corpos de prova, após a aplicação do agente silano, foram novamente divididos em função do tratamento térmico que variou em 20 °C por 60 segundos e 100 °C por 60 segundos. As amostras de cerâmica foram unidas umas às outras, empregando cimento resinoso com uma pressão de cimentação de 10 N. Metade dos corpos de prova foi submetida a carregamento na velocidade de 0,5 mm/min até a fratura após o período de 24 horas em ambiente seco, enquanto a outra metade foi mantida imersa em água por um ano, antes de se realizar o teste mecânico. Desta forma, cinco corpos de prova foram testados para cada uma das 108 combinações. De todas as variáveis estudadas, somente o tipo do material cerâmico não teve efeito significativo na resistência de união. O método de preparo mecânico da superfície foi o que mais influenciou na resistência de união, sendo, o condicionamento ácido associado a valores de resistência de união superior ao apresentado quando do jateamento ou asperização da superfície. A resistência de união das cerâmicas condicionadas com ácido

permaneceu constante após um ano de imersão, enquanto diminuição de 50 a 75 % foi observada para as cerâmicas quando jateadas ou asperizadas com lixa. O aquecimento a elevada temperatura (100° C), após a silanização, implicou em maiores valores de resistência de união; o que pode estar relacionado à eliminação total da água e outros contaminantes. Os autores concluíram que o travamento mecânico parece ser um fator chave na resistência de união da resina composta à cerâmica.

As propriedades mecânicas da dentina mineralizada, desmineralizada, desmineralizada e infiltrada por adesivo foram determinadas Sano et al., em 1995. A partir de terceiros molares, discos de dentina da porção mediana da coroa foram obtidos. Para a obtenção dos espécimes de dentina desmineralizada, as 2 extremidades de espécimes mineralizados foram cobertos com verniz e então imersos em solução de EDTA 0,5 M por 4 dias. Os espécimes desmineralizados foram distribuídos em 5 grupos, de 10 espécimes cada, em função do agente adesivo testado, a se saber: All Bond 2, Scotchbond Multi Purpose, Clearfill Liner Bond 2, Superbond C & B, e Clearfill Photobond. Outros dois grupos, com dez espécimes cada, foram constituídos de dentina mineralizada e dentina desmineralizada para controle. A carga foi aplicada até a fratura em uma velocidade de 1,0 mm/min, e a resistência obtida pela divisão do valor obtido pela área de secção transversal. Foram obtidos ainda, o módulo de elasticidade, porcentagem de alongamento, a taxa de deformação e a rigidez. Os resultados indicaram que alguns adesivos, depois da infiltração na dentina desmineralizada, podem restaurar e mesmo exceder a resistência à tração máxima da dentina mineralizada. Embora as condições deste experimento não sejam idênticas às recomendações dos fabricantes e a prática clínica, os resultados sugerem um potencial para reforço da dentina; conseqüente da aplicação do agente resinoso.

A resistência e a durabilidade de união de corpos de prova de cerâmica unidos, através do emprego de seis sistemas de união à cerâmica, foi determinada por Kato et al. (1996). Sessenta pares de discos de cerâmica, com diâmetro de 8 e 10 mm, foram obtidos e então tratados com lixas de papel e jateadas com óxido de alumínio 50 µm. As superfícies dos corpos de prova, já tratadas, foram observadas através de microscopia eletrônica. As áreas de união de todos os corpos de prova foram silanizadas, antes da aplicação dos seis sistemas de união, que consistiam de cinco tipos de primer e seis tipos de cimentos resinosos. Os corpos de prova unidos com cimentos duais foram irradiados por 40 segundos, em cada face, por uma fonte de luz. Os espécimes foram armazenados em água por 24 horas, sendo metade dos corpos de prova submetida ao carregamento (termociclagem 0) e a outra metade submetida a 20.000 ciclos de termociclagem (4 a 60 °C). A carga de cisalhamento foi aplicada na velocidade de 0,5 mm/min até a fratura e o modo de falha foi determinado empregando microscopia óptica. Os valores de união variaram de 30,3 a 65,3 MPa e de 5,3 a 45,2 MPa antes e após a termociclagem, respectivamente. Os maiores valores de resistência de união foram relacionados ao emprego do sistema Clearfill Porcelain Bond e Panavia EX e do sistema Tokuso Ceramic Primer e Bistite Resim Cement, tanto antes, quanto após a termociclagem. A maioria dos corpos de prova apresentou uma combinação de falhas coesivas e adesivas antes da termociclagem, observando-se após a termociclagem, uma maior frequência de falhas adesivas.

Um grande número de sistemas de união tem sido desenvolvido para a cimentação de restaurações cerâmicas. Desta forma, Matsumura et al. (1997) se propuseram a avaliar a resistência de união ao cisalhamento de corpos de prova cerâmicos em relação a diferentes agentes silanos e cimentos resinosos assim como a influência da termociclagem. Oitenta pares de discos de cerâmica feldspática foram obtidos com 10 mm de diâmetro e 2,5 mm de

espessura e 8 mm de diâmetro de 2,5 mm de espessura. A superfície de união foi polida com disco de lixa e jateada com óxido de alumínio. As superfícies foram condicionadas com ácido fosfórico a 40%, lavadas e secas. Um espaçador foi posicionado, a fim de se determinar uma camada cimentante de espessura de 50 µm. Os corpos de prova foram divididos em quatro grupos, em função do silano empregado sobre a cerâmica, que variou em: nenhum silano (controle), Claparl Bonding Agent (iniciador dual), Clearfill Porcelain Bond (iniciador químico), e Panavia Ceramic Primer. Os dois primeiros silanos citados são compostos de três frascos que devem ser misturados antes do uso, enquanto o último primer é constituído de uma solução única. Cada grupo foi novamente subdividido, conforme o cimento empregado: Claparl DC (dual), Panavia 21 (químico). Os corpos de prova foram mantidos em água por 24 horas, sendo metade imediatamente submetida ao teste mecânico e a outra metade submetida a termociclagem (20.000 ciclos). Carga de cisalhamento foi aplicada na velocidade de 0,5 mm/min até a fratura, sendo o modo de falha analisado através de microscopia óptica. Os valores de união foram significativamente aumentados devido ao emprego de um agente silano para todas as condições avaliadas. Os maiores valores de união foram observados quando da utilização do agente silano Clearfill Porcelain Bond para ambos os cimentos Claparl DC (33,8 MPa) e Panavia 21 (32 MPa). Para o cimento Claparl DC, a utilização de outros silanos implicou em uma diminuição não significativa da resistência. Quanto ao cimento Panavia, houve uma diminuição significativa da resistência. Com a termociclagem, observou-se uma diminuição significativa na resistência em relação ao cimento Panavia 21, exceto quando se utilizou o silano Claparl Bond Agent. Para o cimento Claparl DC, a termociclagem implicou em diminuição não significante da resistência, exceto quando se utilizou o silano Claparl bond agent. Os autores concluíram ser necessário o emprego prévio de silano antes da cimentação de qualquer restauração cerâmica.



Versluis et al. (1997) investigaram se a falha coesiva na dentina é uma indicação de uma perfeita união ou se implica em propriedades mecânicas reduzidas da dentina. Para tanto, os autores desenvolveram um programa de acumulação de falhas, que calcula a progressão da falha interativamente com a mudança na distribuição de tensões. O programa apresentava cinco características principais: cálculo da tensão, critério de falha, resposta do material, critério de contato e remodelamento dinâmico. Quatro modelos de elementos finitos foram desenvolvidos para diferentes espessuras de adesivo, sendo constituídos de dentina, adesivo e resina composta. Para simular o acúmulo da falha em diferentes resistências adesivas, variou-se a resistência de união à dentina. Os autores, para validarem o comportamento de falha calculado, realizaram uma série de testes de união ao cisalhamento, aplicando o sistema adesivo Scotchbond Multi Purpose na união da resina composta P 50 a dentina bovina. Dois diferentes ácidos foram empregados (ácidos fosfórico e maléico) para se criar duas diferentes qualidades de resistência de união. À simulação, a resistência de união do compósito ao adesivo em todos os casos foi 90 % da resistência coesiva. Um aumento na tendência de se iniciar falhas na dentina é encontrado com o aumento na resistência de união, diminuição no número de núcleos de falha e na espessura da camada de adesivo. Ao teste experimental, quatro modos de falha foram observados: falha adesiva na interface do agente de união a dentina, falha coesiva na resina, na dentina e na camada de agente de união. A falha típica caracterizava-se por uma pequena área de falha coesiva na resina, próximo ao local de aplicação da carga, seguida por uma grande área de falha adesiva entre o agente de união e a dentina. No que se refere à influência do tipo de ácido, valores de união significativamente superiores foram associados ao emprego de ácido maléico. Os autores concluíram que a avaliação da resistência de união, baseada no mecanismo de fratura interfacial, merece consideração.

A influência de tratamentos de superfície da alumina sinterizada (Procera) na resistência de união foi examinada por Awliya et al. (1998). Quarenta corpos de prova cilíndricos de Procera, com 6,0 mm de diâmetro e 8,0 mm de comprimento, foram obtidos e, em função do tratamento de superfície, foram divididos em quatro grupos: condicionamento com ácido fluorídrico a 9,6% por 2 minutos, jateamento com partículas de alumínio, asperização com ponta diamantada e condicionamento com ácido fosfórico 37% por 2 minutos e, nenhum tratamento. Posteriormente todas as amostras foram examinadas através da microscopia eletrônica de varredura, a fim determinar a morfologia de superfície. Para o teste de resistência, após o tratamento de superfície, todas as superfícies foram silanizadas; prosseguindo-se com a aplicação do cimento. As amostras foram mantidas por 7 dias, em ambiente com 100% de umidade, antes de serem submetidas a carga de cisalhamento até a fratura na velocidade de 0,5 mm/min. Os maiores valores de resistência de união ao cisalhamento foram alcançados quando da realização do jateamento da superfície (11,99 MPa), enquanto menores valores estão associados ao condicionamento com ácido fluorídrico (5,38 MPa). Os autores relataram que o condicionamento com ácido fluorídrico não melhorou a união de cerâmicas com alto conteúdo de alumina; estando indicado o jateamento com óxido de alumínio.

A resistência de união de três sistemas adesivos à dentina foi determinada por Cardoso et al. (1998) através dos testes de cisalhamento, tração e microtração. Trinta molares humanos extraídos foram incluídos em resina acrílica e tiveram a dentina exposta em três de suas superfícies lisas. Dez corpos de prova foram confeccionados empregando cada sistema adesivo: Scotch Bond Multi Purpose Plus – 3M, Single Bond – 3M, Etch & Prime 3.0 - Degussa. Em cada superfície, o espécime foi preparado para ser submetido aos testes de resistência à microtração, ao cisalhamento e à tração. Para os testes de cisalhamento e tração,

após a aplicação do sistema adesivo, um cone de 3 milímetros de altura e de diâmetro foi construído com resina composta na menor superfície. Para o teste de micro-tração, uma restauração de compósito de 5 milímetros de altura foi confeccionada sobre toda a dentina exposta e espécimes com área de secção transversal de  $0,25 \text{ mm}^2$  foram obtidos. Todos os espécimes apresentaram valores na mesma ordem, sendo que, os valores médios obtidos pelo teste de microtração não foram estatisticamente diferentes para os três adesivos testados. Nos testes de cisalhamento e tração, Single Bond apresentou maiores valores de união que o Etch & Prime 3.0 ( $p= 0.05$ ). Scotchbond Multi Purpose Plus apresentou valores de união estatisticamente semelhante ao Single Bond e Etch & Prime 3.0. Comparando os três testes, uma maior média e um menor coeficiente de variação ( $p, 0.05$ ) foram encontrados com o teste de microtração. Os autores concluíram que o adesivo de frasco único apresentou valores de união mais elevados que os adesivos auto-condicionantes nos testes de cisalhamento e tração; e que dependendo do teste aplicado, as diferenças entre materiais não poderiam ser detectadas.

A avaliação do efeito do condicionamento e do primer silano na resistência de união de cerâmicas feldspáticas, à resina composta, foi realizada por Chen et al. (1998). Duzentos e oito discos de cerâmicas com 10 mm de diâmetro e 2,5 mm de espessura foram empregados neste estudo. Os discos foram divididos em três grupos. O primeiro, com 16 corpos de prova, não recebeu nenhum tratamento, servindo assim como controle. Os outros dois grupos, com 96 corpos de prova, cada, foram tratados com ácido fluorídrico nas concentrações de 2,5% e 5 % respectivamente. Os 96 corpos de prova de cada um dos grupos experimentais foram divididos em função do tempo de condicionamento (30, 60, 90, 120, 150 e 180 segundos). Cada um dos grupos foi, então, re-dividido em função do agente de união que poderia ou não ter silano em sua composição. Restaurações de resina composta foram confeccionadas. A

resistência ao cisalhamento foi determinada usando uma máquina de ensaios com velocidade de carregamento de 0,5 mm/min. O padrão de condicionamento foi observado por meio de microscopia eletrônica de varredura e a resistência de união foi determinada. A microscopia eletrônica de varredura mostrou um padrão de condicionamento complexo com o aumento do período de condicionamento. Os resultados dos testes de cisalhamento mostraram que a resistência de união da cerâmica não condicionada à resina composta foi muito menor; e que em períodos de condicionamento, superiores a 30 segundos, tem-se um aumento efetivo na resistência de união. Dos dois agentes condicionadores aplicados à cerâmica não silanizada, a solução de 2,5 % proporcionou maior resistência de união para todos os períodos de condicionamento, exceto 180 segundos. O primer silano foi efetivo em aumentar a resistência de união à cerâmica. Os autores concluíram que a aplicação do agente de silanização à cerâmica, depois do condicionamento com ácido, mostrou-se capaz de gerar uma união consistente entre a resina composta e a cerâmica.

A resistência de união ao cisalhamento de quatro cimentos resinosos ao sistema Cerec 2 quando submetidos a diferentes tratamentos de superfície, foi avaliada por Kamada et al. (1998). Corpos de prova de cerâmica nas dimensões de 10 x 8 x 2,5 mm de espessura e de 6 mm de diâmetro e 2,5 mm de espessura foram obtidos e submetidos a quatro tratamentos de superfície: abrasão com lixa de granulação 600, aplicação de ácido fosfórico a 37 %, um agente adesivo contendo silano e ácido fosfórico seguido da aplicação de agente silano. Posteriormente, foram empregados os sistemas adesivos: Super bond C & B, Panavia 21, Clarpeal, Vita Cerec Duo Cement. A combinação das condições acima citadas formou 32 grupos de teste com 10 amostras. Cada grupo foi então subdividido em dois em função da forma de armazenamento. Metade dos corpos de prova foi mantida por 24 horas em água, sem nenhum tratamento térmico e a outra metade foi submetida a 20.000 ciclos de 4 °C a 60 °C. A

carga de cisalhamento foi aplicada na velocidade de 0,5 mm/min e os resultados submetidos à análise de variância, a três critérios fixos. Após a fratura, o tipo de falha foi analisado por microscopia óptica para se avaliar a localização e o tipo de falha de união. Valores máximos de união variaram de 45 a 55 MPa, sempre associados ao emprego do agente silano, observando a diferença significativa em relação ao grupo que recebeu abrasão e condicionamento com ácido fosfórico. A aplicação de ácido fosfórico, previamente à aplicação do agente silano, não implicou em diferença significativa na resistência de união. Não foram observadas, também, diferenças na resistência de união quando se variaram o cimento resinoso e a forma de armazenamento. Concluiu-se que: os maiores valores de resistência de união dos agentes cimentantes resinosos ao sistema Cerec 2 estão associados ao emprego do agente silano

Kern e Strub (1998) realizaram avaliação clínica de cinco anos da resistência de união de restaurações cerâmicas. Os preparos cavitários foram realizados de forma a permitir adequada adaptação das restaurações, mas não apresentavam nenhuma retenção mecânica. Quinze próteses fixas e duas ferrulizações foram confeccionadas em cerâmica alumina infiltrada de vidro (In-Ceram – Vita), silicatizadas e silanizadas, empregando o sistema Rocatec – ESPE. As restaurações foram cimentadas com cimento resinoso (Panavia EX - Kuraray). Os pacientes foram contatados para exame clínico, em intervalos de 6 meses, a fim de avaliar a função e possíveis falhas. A união foi considerada intacta: quando não era possível forçar a ponta de um explorador entre o dente e a restauração e quando não se observava fenda, ao se empurrar a prótese, em sentido contrário ao dente pilar. As falhas clínicas foram consideradas totais (perda da restauração por falha de união ou fratura da cerâmica) e parciais (fratura da restauração, porém com manutenção de sua função). Nenhuma falha adesiva foi observada no período do estudo, sendo constatadas cinco falhas

devido à fratura da cerâmica; das quais uma foi considerada total e quatro parciais. Os autores concluíram que o tratamento com sílica, da superfície da cerâmica alumina, proporcionou adequada união.

O efeito da área de superfície da secção transversal na resistência de união adesiva entre resina e dentina, foi determinado em 1998a por Phrukkanon et al.; empregando os testes de micro-tração e micro-cisalhamento para quatro sistemas adesivos dentinários. Sessenta molares humanos foram divididos, em quatro grupos, em função do sistema adesivo: Scotchbond Multi Purpose Plus, OptiBond FL, OptiBond Solo, One-Step. Cada grupo foi subdividido em três, a fim de se ter espécimes com 1,1; 1,5 e 3,1 mm<sup>2</sup> de área de superfície. Os dentes foram seccionados verticalmente e tiveram o esmalte oclusal removido, sendo metade empregada para o teste de microtração e metade para o teste de micro-cisalhamento. Os sistemas adesivos foram aplicados segundo informações dos fabricantes e os dentes restaurados, com resina composta. Cada conjunto foi seccionado, originando três espécimes com área de secção quadrada, que foram desgastados na região adesiva, até que se atingisse as dimensões previamente citadas. Os espécimes foram montados em dispositivos específicos para cada teste e uma célula de carga, de 100 N, foi empregada para se realizar o carregamento na velocidade de 1,0 mm/min. Doze espécimes foram feitos para cada material, método de teste e diâmetro; perfazendo um total de 288 espécimes. As superfícies fraturadas foram examinadas via microscopia eletrônica de varredura e as modalidades da fratura classificadas em tipo 1: falha adesiva entre o adesivo e a dentina; tipo 2: falha parcial adesiva entre a dentina e a restauração e parcial coesiva na restauração; tipo 3: falha coesiva na restauração; tipo 4: falha coesiva na dentina). Para todos os materiais, os grupos com 3,1 mm<sup>2</sup> de área mostraram resistência de união, significativamente menor, que o grupo de área 1,1 mm<sup>2</sup> para ambas as metodologias. A maioria dos espécimes de área 1,1 e 1,5 mm<sup>2</sup>

apresentaram falhas do tipo adesivas entre o material restaurador e a dentina. Os autores concluíram que o emprego de espécimes, com menor área de superfície, está associado a alta resistência de união. Os efeitos sobre os teste de micro-cisalhamento e micro-tração foram semelhantes.

No mesmo ano, Phrukkanon et al. (1998b) publicaram outro artigo, no qual determinaram os efeitos da forma da área de seção transversal e a área de superfície de união na resistência à microtração, para quatro sistemas adesivos dentinários, e o padrão de distribuição de tensões via método dos elementos finitos. Cinquenta molares humanos extraídos foram divididos em quatro grupos: Scotchbond Multi Purpose Plus, OptiBond FL, OptiBond Solo, One-Step. Cada grupo foi subdividido em três, a fim de se ter espécimes com 1,1; 1,5 e 3,1 mm<sup>2</sup> de área de superfície. Todos os dentes foram cortados verticalmente, prosseguindo-se com a remoção do esmalte oclusal; sendo uma metade usada para os espécimes retangulares, a outra metade para espécimes cilíndricos. Os sistemas adesivos foram aplicados, segundo informações de seus fabricantes, e então confeccionadas restaurações em resina composta. Para os espécimes cilíndricos, a área de união foi conformada através de ponta diamantada. Os espécimes retangulares foram seccionados, para obtenção dos espécimes na forma de “palitos”; com a mesma área que os espécimes cilíndricos. Uma célula de carga de 100 N foi utilizada para a aplicação da carga em uma velocidade de 1,0 mm/min. As forças médias de união foram comparadas, usando ANOVA e teste de T-Student. As superfícies fraturadas foram examinadas, empregando microscopia eletrônica de varredura. As modalidades da fratura classificadas em: tipo 1: falha adesiva entre o adesivo e a dentina; tipo 2: falha parcial adesiva entre a dentina e a restauração, e parcial coesiva na restauração; tipo 3: falha coesiva na restauração; tipo 4: falha coesiva na dentina. A frequência de falhas foi comparada, usando os testes de Kruskal-Wallis e de Mann-

Whitney. Os modelos de elementos finitos foram criados, simulando as várias formas e tamanhos das áreas de secção transversal usados para os testes experimentais. Foram empregados elementos hexaédricos de 8 nós, sendo que os modelos cilíndricos apresentavam 810 elementos e 2975 nós e os retangulares 640 elementos e 2365 nós. Os grupos de área de união de 3,1 mm<sup>2</sup> mostraram resistência de união significativamente menor que os grupos de área de união de 1,1 mm<sup>2</sup> (p= 0.05). Exceção dos espécimes retangulares usando Scotchbond Multi Purpose Plus e One-Step. A maioria de espécimes cilíndricos, de área de união de 1,1 ou 1,5 mm<sup>2</sup>, exibiu falha adesiva na interface entre a dentina e restauração. Nenhuma diferença foi determinada entre espécimes cilíndricos e retangulares. A análise de elementos finitos demonstrou que as menores tensões estão localizadas no centro da interface adesiva, enquanto maiores valores de concentrações de tensões se encontram na superfície externa da interface adesiva. Ainda pôde ser constatado que áreas de secção cilíndrica proporcionaram melhor distribuição de tensões que áreas retangulares. Menores concentrações de tensões estão associadas a menores áreas de interface adesiva. Os resultados indicaram que os grupos, que usaram áreas de superfície pequenas, produziram forças de união mais elevadas do que aquelas que usaram áreas de superfície maiores; e que a forma de secção transversal tem pouca influência na resistência.

O reparo de restaurações cerâmicas com resina composta tem sido indicado devido ao custo e tempo dispendioso na substituição destas restaurações em caso de falhas. Para o emprego da técnica de reparo, é indicado o tratamento prévio da superfície cerâmica. Shahverdi et al., em 1998, determinaram os efeitos de tratamentos de superfície na resistência de união ao cisalhamento de resina composta à cerâmica. Cento e dez corpos de prova de cerâmica foram divididos, em função do tratamento de superfície, em cinco grupos: 1 - microjateamento e condicionamento com ácido fluorídrico; 2 - asperização com pedra e



aplicação de silano; 3 - microjateamento, condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação de silano; 4 - condicionamento com ácido fluorídrico mais silano, e 5 - microjateamento mais silano. Todos os corpos de prova foram restaurados com resina composta e divididos em dois grupos em função do tempo de armazenagem que foi de 24 horas ou de trinta dias. Após a termociclagem, as amostras foram armazenadas por mais trinta dias e então submetidos à carga de cisalhamento. Os resultados mostraram que houve diferença na resistência de união para os períodos de armazenagem de 24 horas e trinta dias nos vários tratamentos de superfície. As amostras tratadas com microjateamento, ácido fluorídrico e silano exibiram os maiores valores de resistência de união depois de 24 horas, seguido pelo microjateamento e silano, ácido fluorídrico e silano. O período de armazenagem e a termociclagem diminuíram a resistência de união das amostras, entretanto não houve uma diferença significativa entre grupos. O tratamento da cerâmica com silano foi importante para aumentar a média de resistência de união dos espécimes jateados e condicionados.

No ano de 1999a, Jardel et al. avaliaram os efeitos da modificação da superfície de duas cerâmicas feldspáticas na resistência de união. Oitenta corpos de prova de cada uma das cerâmicas feldspáticas, GC e PVS, foram divididos em oito subgrupos de vinte espécimes cada, para estudo da resistência de união à tração. Para cada sistema cerâmico, quatro condições de tratamento de superfície foram consideradas: nenhum tratamento, condicionamento com ácido fluorídrico a 10 %, silanização e condicionamento com ácido fluorídrico seguido de silanização. Após a cimentação, os corpos de prova foram armazenados por uma hora, e então se procedeu à aplicação da carga. Para se analisar a topografia de superfície, dez amostras de cada sistema cerâmico foram empregadas, sendo que metade foi condicionada com ácido fluorídrico a 10 % e metade foi polida. O exame da topografia de superfície mostrou um aumento na rugosidade média, para ambas as cerâmicas, após o

condicionamento com ácido fluorídrico. Os resultados de resistência apresentaram valores que variaram de 6,1 MPa a 21,7 MPa, sendo observado que maiores valores de resistência de união estavam associados ao emprego de condicionamento ácido, seguido por silanização para ambos os materiais cerâmicos. Os autores concluíram que o condicionamento com ácido fluorídrico implicou em aumento, não significativo, dos valores de resistência. Um aumento significativo na resistência está associado à técnica de silanização; sendo o condicionamento, seguido por silanização, a forma de tratamento de superfície mais eficiente para cerâmica.

A resistência de união é alcançada por uma combinação de fatores físicos, mecânicos e químicos. Jardel et al. (1999b) avaliaram os efeitos de modificações de superfície com ácido fluorídrico na energia de superfície e no trabalho de adesão de duas cerâmicas feldspáticas. O trabalho de adesão restringe-se ao fator físico da adesão e é obtido através da medição do ângulo de contato. Trinta amostras de cerâmica GC e trinta amostras de cerâmica PVS foram utilizadas, sendo metade dos corpos de prova de cada grupo polidos e metade condicionada com ácido fluorídrico. Uma gota de líquido foi aplicada na superfície de cada amostra, o ângulo de contato medido após 5 segundos e o trabalho de adesão determinado. Na condição polida, a cerâmica PVS apresentou maior trabalho de adesão que a GC. O condicionamento da cerâmica com ácido fluorídrico aumentou significativamente o trabalho de adesão para ambas as cerâmicas. Este efeito foi mais pronunciado para a cerâmica GC, porém não sendo significante a diferença entre os dois materiais. O aumento no trabalho de união, decorrente do condicionamento, não foi alto o suficiente para proporcionar adequada união.

A cimentação de uma restauração em cerâmica pura implica em duas interfaces: uma entre cerâmica e cimento resinoso e outra entre o cimento e a estrutura dentária. Este estudo, desenvolvido por Peumans et al. (1999), tem por finalidade analisar a ultra-estrutura destas

interfaces adesivas. As superfícies de quatro discos da cerâmica foram tratadas sucessivamente pelo jateamento, condicionamento com ácido fluorídrico, limpeza ultra-sônica e silanização. O efeito de cada etapa, na superfície estrutura da cerâmica, foi avaliado por microscopia eletrônica de varredura, por campo de emissão, assim como os efeitos do condicionamento ácido na superfície de sete dentes preparados. Posteriormente, as restaurações cerâmicas foram tratadas e cimentadas a 12 dentes devidamente preparados, empregando um sistema adesivo auto-condicionante e um cimento fotopolimerizável. As interfaces citadas foram avaliadas ultra-morfológicamente por microscopia eletrônica de varredura por campo de emissão (FE-SEM). Isto, após os espécimes terem sido condicionados com feixe do íon argônio, para realçar o relevo de superfície. A imagem da interface mostrou penetração micro-mecânica do agente cimentante, nos poros micro-retentivos da superfície condicionada do dente e nos poros da cerâmica condicionada por ácido. De uma perspectiva ultra-morfológica, a superfície condicionada da cerâmica é mais retentiva do que a superfície condicionada do dente. Na superfície dentária, o esmalte cervical aprismático e a dentina exposta mostraram menos textura de superfície que o agente resinoso. Entretanto, nestas áreas, nenhuma separação da relação foi observada quando um sistema adesivo auto-condicionante foi usado. Os autores concluíram: um forte travamento do agente cimentante, nos poros retentivos da cerâmica e do dente condicionados, contribuem para uma forte adesão e adequada retenção; e que pesquisas clínicas adicionais são necessárias para avaliar a retenção, em longo prazo, das restaurações cerâmicas puras.

Em 2000, Blixt et al. avaliaram a resistência de união ao cisalhamento de espécimes cilíndricos de Procera AllCeram cimentadas à espécimes cúbicas do mesmo material. Os espécimes foram divididos em três grupos de 32 corpos de prova e a superfície de união tratada da seguinte forma: 1- nenhum tratamento, 2- jateamento com óxido de alumínio, e 3-

recobrimento com sílica. Análise de superfície foi realizada, empregando microscopia eletrônica de varredura. As amostras foram novamente divididas em função do agente cimentante que variou em: Phosphacap, Ketac-Cem, Vitremer e Dual Cement. Após a cimentação, a carga de cisalhamento foi aplicada em uma velocidade de 1,0 mm/min até a fratura e os resultados obtidos submetidos à análise de variância. Para os grupos que não receberam tratamento de superfície, melhores resultados foram associados ao Ketac-Cem (4,2 MPa) e Vitremer (4,3 MPa). Para os grupos que receberam jateamento da superfície, com óxido de alumínio os resultados foram semelhantes ao dos grupos sem tratamento para todos os cimentos. Excetua-se o Ketac-Cem que apresentou um valor muito maior (12,9 MPa). O recobrimento da superfície com sílica implicou em uma maior resistência de união para todos os cimentos, exceto o Ketac-Cem (9,6 MPa). Os autores concluíram que a associação de silicatização e cimento resinoso (36,2 MPa) proporcionaram uma resistência de união ao Procera AllCeram, significativamente maior, que a apresentada para os outros materiais e tratamento de superfície avaliados.

A topografia de superfície da cerâmica feldspática Vita Mark II e do vidro-cerâmico Dicor MGC, seguido por diferentes tratamentos de superfície, foi examinada por Estafan et al., em 2000. Doze amostras de cada material cerâmico foram obtidas e tratadas. Para a cerâmica Dicor MGC, realizou-se o condicionamento usando bifluoreto de amônio com ácido fosfórico, a 30 %, por 45 segundos. Para a cerâmica Vita Mark II, o condicionamento foi realizado com ácido fluorídrico e ácido fosfórico a 5 %, por sessenta segundos. Três superfícies cortadas foram observadas e fotografadas através de microscopia eletrônica de varredura; permitindo padronizar a usinagem, condicionamento e procedimento de polimento. As topografias de superfície dos materiais cerâmicos apresentaram características diferentes. O sistema Dicor MGC mostrou cristais de forma definida, depois do condicionamento. As

características de superfície da cerâmica Dicor MGC foram diferentes daquela apresentada pela cerâmica Vita Mark II condicionada, a qual exibiu trabeculados grandes. As superfícies oclusal e proximal, que foi polida, mostraram grandes vazios com a cerâmica Vita Mark II. Espaços menores foram vistos nos cristais fundidos da cerâmica Dicor MGC. Os autores concluíram que a fabricação e tratamento de superfície das cerâmicas, obtidas através de CAD-CAM, afetaram o sucesso clínico deste material.

Os efeitos do condicionamento e jateamento na resistência de união ao cisalhamento de corpos de prova de cerâmica, unidos através de uma resina acrílica sem carga, foram investigados por Kato et al. (2000); a fim de examinar as características retentivas das superfícies preparadas. Oitenta pares de discos de cerâmica feldspática VMK 68, na espessura de 2,5 mm e nos diâmetros de 8 e 10 mm foram obtidos. Dez pares de discos foram tratados com papel abrasivo de granulação número 1000 e serviram para controle. Outros dez pares foram jateados com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$ . Cinco grupos, de dez pares cada, foram condicionados por 60 segundos, respectivamente, com bifluoreto de amônio, flúor fosfato acidulado, ácido fluorídrico, e a combinação de ácido fluorídrico e ácido sulfúrico. Os dez pares remanescentes foram condicionados, por 10 minutos, com fluorfosfato acidulado e unidos com resina acrílica sem carga. Metade dos corpos de prova foram mantidos em água por 24 horas e a outra metade foi submetida a 5000 ciclos de termociclagem (4 a 60°C), antes da aplicação da carga de cisalhamento. A carga foi aplicada na velocidade de 0,5 mm/min até a fratura. Espécimes adicionais foram obtidos para avaliação em microscopia eletrônica de varredura. Os maiores valores de resistência de união foram observados para os corpos de prova tratados através do condicionamento com a combinação de ácido fluorídrico e sulfúrico (21,3 MPa, 15,5 MPa) e para os corpos de prova tratados com ácido fluorídrico (23,7 MPa, 15,2 MPa) antes e após a termociclagem respectivamente. Diminuição significativa na

resistência de união, após a termociclagem, foi observada para todos os grupos; justificando afirmar que as características retentivas, alcançadas pelo tratamento de superfícies, foram insuficientes quando os corpos de prova foram submetidos ao envelhecimento “in vitro”.

A resistência de união ao cisalhamento, entre o cimento Panávia 21<sup>TM</sup> e núcleos de In-Ceram, após três tratamentos distintos de superfície e silanização foi investigada por Madani et al. (2000). Quarenta e cinco corpos de prova de In-Ceram foram obtidos e aleatoriamente divididos em três grupos. Cada grupo foi submetido a um dos três tratamentos de superfície: ácido fluorídrico a 9,5 %, ácido fluorídrico a 5 %, e jateamento. As superfícies cerâmicas de todos os corpos de prova foram silanizadas antes de serem cimentadas às estruturas de níquel-cromo jateadas. Como grupo controle, utilizaram 8 corpos de prova de cerâmica feldspática tratados com ácido fluorídrico a 5% e silanizados. Os corpos de prova, após a cimentação, foram armazenados por 36 horas em água e submetidos à carga de cisalhamento na velocidade de 0,5 mm/min. Após a fratura, o modo de falha foi analisado, empregando um microscópio óptico com aumento de 20 vezes. Valores de resistência de união de 14,65 MPa, 18,03 MPa, 22,35 MPa, e 18,05 MPa foram observados para os três grupos experimentais e controle, respectivamente. Os espécimes, que receberam jateamento, apresentaram valores de resistência de união significativamente superior ao grupo condicionado por ácido fluorídrico a 9,5 %. Todos os espécimes de In-Ceram cimentados a níquel-cromo fraturaram adesivamente na junção cimento –cerâmica, enquanto na cerâmica feldspática, as fraturas foram coesivas dentro da mesma. Os autores relataram que para a cerâmica In-Ceram, o condicionamento remove limitada quantidade da matriz vítrea presente, não resultando quantidade significativa de características retentivas microscópicas. Concluiu-se que, o jateamento associado à silanização constitui a forma mais adequada de tratamento de superfície para o In-Ceram e

que a resistência de união é aumentada com a diminuição da concentração do ácido fluorídrico.

Sen et al. (2000) avaliaram a influência de tratamentos de superfície e diferentes materiais cimentantes, na resistência de união ao cisalhamento, de corpos de prova da cerâmica In-Ceram. Quarenta corpos de prova de In-Ceram foram obtidos com 5 mm de diâmetro e 3 mm de espessura. Os corpos de prova foram pesados e divididos em dois grupos, sendo metade dos corpos de prova jateada com óxidos de alumínio 50  $\mu\text{m}$  e a outra metade jateada com partículas de diamante de 1 a 3  $\mu\text{m}$ . Para se avaliar a perda de material decorrente do jateamento, os corpos de prova foram novamente pesados. Em seguida, a rugosidade de superfície dos corpos de prova foi medida em 5 pontos da superfície através de um perfilômetro. Os corpos de prova foram subdivididos em dois grupos, em função do agente cimentante que variou em Panavia EX e Super Bond Cement. Após a aplicação do cimento resinoso, foram realizadas restaurações de resina com 4 mm de diâmetro e 15 mm de altura. Os dentes foram termociclados por 1000 ciclos (15 a 60°C), e então submetidos à carga de cisalhamento na velocidade de 0,5 mm/min até a fratura; sendo a interface fraturada examinada através de microscopia eletrônica de varredura. Maior perda de volume de material foi observada, quando o jateamento foi realizado, empregando partículas de diamante. O tratamento com óxido de alumínio resultou em uma superfície irregular, enquanto o emprego de partículas de diamante, por ser mais severo, implicou na formação de uma superfície rugosa. A resistência de união foi significativamente maior nos corpos de prova jateados com partículas de diamante (21,63 MPa, 14,70 MPa); quando comparada aos corpos de prova jateados com óxido de alumínio (18,02 MPa, 9,77 MPa), para ambos os cimentos Panavia EX e Super Bond. Pôde ser observado também, que os maiores valores de resistência estavam associados ao emprego de Panavia EX. A avaliação das superfícies fraturadas revelou a

presença de falha do tipo coesiva em todos os grupos. Os autores concluíram que maiores valores de união estão associados ao jateamento com partículas de diamante e emprego do cimento Panávia EX.

Os efeitos na superfície da dentina humana de ácido fluorídrico a 9,5% e ácido fosfórico 36 %, isolados ou combinados, foram examinados por Szep et al. (2000). Trinta e seis discos, de 0,8 mm de espessura de dentina humana, foram tratados com os ácidos acima citados ou sua combinação por períodos que variaram de 10, 60 e 180 segundos. Os espécimes foram processados por microscopia eletrônica de varredura e micro-análise através de dispersão de energia de raio x. O “smear layer” na superfície da dentina condicionada, não foi removida pelo ácido fluorídrico sozinho. Um denso precipitado amorfo foi formado na superfície dentinária peritubular. A análise de dispersão de energia de raios-X revelou diferentes conteúdos de flúor na superfície tratada, dependendo do ácido usado. Os autores concluíram que a aplicação tópica de ácido fluorídrico gerou uma superfície dentinária, com precipitado amorfo de flúor, que pode interferir nos processos adesivos.

A textura de superfície de cerâmicas feldspáticas, submetidas a diferentes tratamentos ácidos, foi investigada por Canay et al. (2001). Vinte e quatro discos de cerâmica com 7 mm de diâmetro e 3 mm de altura foram confeccionados usando a cerâmica Ceranco II e divididos em três grupos, conforme o tratamento de superfície. O primeiro grupo foi condicionado com flúor fosfato acidulado 1,23% por 10 minutos, o segundo com ácido fluorídrico 9,5% por 1 minuto, e o terceiro com ácido fluorídrico 9,5% por 4 minutos. Em cada grupo, quatro amostras foram lavadas com água destilada por 10 segundos e quatro lavadas em ultra-som por 1 minuto. Em seguida, duas das quatro amostras de cada grupo foram silanizadas; obtendo 12 grupos de tratamento de superfície distintos. Microscopia eletrônica de varredura e



espectroscopia de energia dispersa foram usadas para caracterizar os efeitos de tais tratamentos. O condicionamento com flúor fosfato acidulado gerou um padrão pouco profundo, sendo que a limpeza com ultra-som removeu os resíduos e a rugosidade da superfície ficou mais evidente. Já o condicionamento com ácido fluorídrico, por 1 minuto, induziu o aparecimento de um padrão de condicionamento mais pronunciado e agressivo, com canais profundos e poros na superfície. Observou-se o aumento do tempo de condicionamento e o aumento do diâmetro dos canais. A aplicação do agente silano induziu a uma diminuição na nitidez da rugosidade. A análise de espectroscopia mostrou que precipitados cristalinos das superfícies condicionadas, que não foram solúveis em água, eram produtos da reação de sódio, potássio, cálcio e alumínio. O ácido fluorídrico gerou uma maior rugosidade que o flúor fosfato acidulado, entretanto, os precipitados permaneceram na superfície, depois da aplicação do ácido, somente sendo removidos pela limpeza com ultra-som.

A influência dos sistemas adesivos e materiais restauradores, na resistência adesiva ao substrato dentinário, foi analisada por Gomes e Porto (2001) aplicando o teste de microtração. Oito terceiros molares tiveram o esmalte oclusal totalmente removido, sendo divididos em dois grupos. Os dentes foram fixados a uma base de cera, moldados e obtidos troquéis de gesso tipo IV. Sobre os troquéis, foram confeccionadas quatro restaurações cerâmicas de IPS Empress e quatro de cerômero Artglass com 1,0 cm de altura. Cada grupo foi subdividido em dois, em função do agente adesivo: Scotchbond Multi Purpose Plus e Clearfill Liner Bond 2. Após 48 horas de armazenamento, os corpos de prova foram fixados a uma base e realizados cortes seriados com 1,1 mm nos sentidos vestibulo-lingual e mésio-distal. Os espécimes obtidos foram fixados a um dispositivo da máquina de teste de microtração. O teste foi realizado a uma velocidade de 0,5 mm/min. Os valores de resistência de união, associados ao emprego do sistema adesivo Clearfill Liner Bond 2 (35,08 e 37,80 Mpa), foram

significativamente superiores ao do Scotchbond Multi Purpose Plus (29,76 e 26,28 –Mpa); respectivamente para cerâmica e cerômero. Os autores concluíram que as falhas observadas foram predominantemente adesivas, não havendo diferença significativa na resistência adesiva para os materiais restauradores: cerâmica e cerômero.

A natureza da superfície apresentada por dois materiais cerâmicos maquinados, assim como sua resistência de união, quando submetidos a diferentes tratamentos de superfície, foi investigado em 2001 por Jedynekiewicz e Martin. Vinte e quatro blocos de cada material, com 8 mm de diâmetro e 12 mm de comprimento foram utilizados. Para o vidro-cerâmico Dicor, doze corpos de prova foram tratados com bifluoreto de amônia e a outra metade com o sistema Silicoater. Para a cerâmica feldspática Vita Cerec Mark II, doze corpos de prova foram tratados com ácido fluorídrico a 5%, e a outra metade com o sistema Silicoater. Duas amostras de cada grupo foram preparadas para microscopia eletrônica de varredura. Todos os espécimes foram silanizados, submetidos à aplicação de um sistema adesivo e então cimentados a outro bloco com uma camada cimentante de 100  $\mu$ m. Após vinte e quatro horas, os corpos de prova foram submetidos à carga de cisalhamento. Não houve diferença significativa na resistência de união para a cerâmica condicionada, cerâmica com aplicação de Silicoater, e vidro-cerâmico condicionado. Entretanto, o vidro-cerâmico tratado com Silicoater apresentou um aumento significativo na resistência adesiva. O exame dos corpos de prova fraturados mostrou uma predominância de falhas coesivas da superfície cerâmica e algumas falhas na interface cimento-cerâmica.

A influência da direção dos túbulos dentinários, na resistência de união à tração da resina a dentina, foi investigada por Ogata et al. (2001); assim como foi observada a interface resina –dentina através de microscopia eletrônica de varredura. Trinta e seis molares humanos

foram usados para o teste de microtração e oito dentes adicionais foram usados para a microscopia eletrônica de varredura. Os dentes foram divididos em dois grupos, de acordo com a direção dos túbulos dentinários em relação a interface resina-dentina: um grupo perpendicular, em que o esmalte oclusal foi removido perpendicular ao longo eixo do dente e um grupo paralelo, em que a metade mesial do dente foi removida paralelo ao longo eixo do dente, e a superfície coronal do dentina foi usada para a união. Depois que as superfícies planas da dentina foram polidas, com lixa de granulação 600, cada superfície foi tratada com um dos quatro sistemas adesivos (Clearfill Liner Bond II, Imperva Fluoro Bond, Single Bond, One-step). Prosseguiu-se com a reconstrução com resina composta Clearfill AP-X, para fornecer o volume suficiente para o teste. Os dentes foram mantidos por 24 horas, a 37°C, unidos à resina composta, e a interface adesiva aparada a uma área de secção transversal de 1,0 mm<sup>2</sup>. Carga de tração foi aplicada na velocidade de 1,0 mm/min até a fratura. A resistência de união à tração do grupo, com os túbulos paralelos à interface adesiva (39,8 a 51,2 MPa), foi mais elevada que a apresentada pelos túbulos cortados perpendicularmente (32,2 a 39,3 MPa). A direção dos túbulos dentinários mostrou-se como uma importante variável na resistência de união, podendo determinar a umidade intrínseca da superfície.

No ano de 2001, Ozcan et al. investigaram os efeitos de três tratamentos de superfície na resistência de união de quatro agentes cimentantes ao In-Ceram. Noventa e seis corpos de prova de In-Ceram foram divididos em 3 grupos, em função do tratamento de superfície, a saber: condicionamento com ácido fluorídrico a 5% por 90 segundos, jateamento com óxido de alumínio, e silicatização. Cada grupo foi dividido em quatro subgrupos de oito corpos de prova, em função do agente cimentante: Panavia, Variolink, Sonocem, e Dyract Cem. As amostras foram termocicladas por 5.000 ciclos (5 a 55°C). Submetidas a carga de cisalhamento, na velocidade de 1,0 mm/min, sendo os resultados submetidos à análise de

variância. Os maiores valores de resistência foram obtidos quando da silicatização da superfície. O jateamento, para as restaurações cimentadas com Panávia (12,9 MPa) e Dyract Cem (10,2 MPa), proporcionou maiores valores de resistência que o condicionamento com ácido (5,5 e 3,4 MPa, respectivamente). Não houve diferença para o Variolink e o Sonocem. Quando se realizaram a silicatização da superfície, as diferenças na resistência de união para o Panavia (21,54 MPa), Variolink (24,7 MPa) e Sonocem (21,5 MPa) não foram significantes, enquanto a resistência para o Dyract Cem (13,9 MPa) foi significativamente inferior. Os autores concluíram que os cimentos resinosos proporcionaram diferentes valores de resistência de união, os quais foram significativamente aumentados com a silicatização da superfície.

É evidente que não há um consenso no tipo de adesivo a ser empregado com cada cimento. Stewart et al. (2002) propuseram avaliar, *in vitro*, a resistência de união ao cisalhamento entre cerâmicas feldspáticas e quatro diferentes cimentos resinosos, associado a seis tratamentos de superfície distintos, imediatamente (24 horas) e após seis meses da cimentação. Foi também investigada a resistência entre quatro cimentos resinosos e a dentina. Quatrocentos e oitenta corpos de prova de cerâmica foram divididos em seis grupos, em função do tipo de tratamento de superfície que variou em: 1. asperização da superfície com lixa, 2. microjateamento com óxido de alumínio, 3. aplicação de silano, 4. microjateamento mais silano, 5. ácido fluorídrico, e 6. ácido fluorídrico mais silano. Cada grupo foi subdividido em quatro, em função do cimento resinoso: Nexus, Panávia 21, Rely X ARC, e Calibra. A carga de cisalhamento foi aplicada a uma velocidade de 5 mm/min até a fratura, 24 horas após a cimentação, em metade dos corpos de prova e após 6 meses na outra metade. Após a fratura, três espécimes foram submetidos à microscopia eletrônica de varredura para cada condição de tratamento de superfície. Para o teste de união do cimento-dentina, a dentina

foi tratada com o sistema adesivo do mesmo fabricante do cimento resinoso. Os dentes foram restaurados com resina composta e submetidos a carregamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância a três critérios fixos. Melhores resultados de união foram associados ao emprego de ácido fluorídrico mais silano, para todos os cimentos, tanto em 24 horas, quanto após seis meses. Menores valores de resistência foram constatados para os grupos, nos quais se realizaram asperização com lixa e microjateamento. Os autores concluíram que a resistência de união foi altamente dependente do tratamento de superfície. O emprego de ácido fluorídrico, seguido de silano, é o tratamento de superfície mais indicado para cerâmicas feldspáticas.

O tipo de falha encontrada entre espécimes de resina composta cimentados a cerâmicas, após o teste de resistência à microtração, foi classificado por Della Bona et al. em 2003. Trinta blocos de cerâmica prensada sob calor foram obtidos, empregando a técnica da cera perdida; sendo quinze de cerâmica IPS Empress (E1) e quinze de cerâmica IPS Empress 2 (E2). Os blocos cerâmicos de cada material foram subdivididos em cinco grupos de três blocos cada em função do tipo de tratamento: grupo HF: aplicação de ácido fluorídrico 9,6%, por 2 minutos, seguido de lavagem por 30 segundos; grupo APF: aplicação de flúor fosfato acidulado a 4% por 2 minutos, seguido de lavagem por 30 segundos; grupo S: aplicação de silano na superfície deixando-o evaporar por 5 minutos; grupo HFS: tratamento semelhante ao grupo HF acrescido de aplicação de silano; e grupo APFS: semelhante ao grupo APF acrescido de aplicação de silano. Prosseguiu-se com a aplicação do sistema adesivo Scotchbond Multi Purpose Plus e aplicação de resina composta Z100 em incrementos de 2,0 mm e polimerização por 40 segundos. Utilizando-se de uma máquina de corte, em baixa velocidade, os blocos foram cortados e vinte espécimes de cada grupo foi selecionado de forma aleatória e mantidos, 30 dias, em água destilada a 37°C. Os espécimes foram fixados a

um dispositivo e acoplados a uma máquina de ensaios. Foram submetidos a uma carga de tração, na velocidade de 0,5 mm/min, e os resultados obtidos analisados estatisticamente. As superfícies fraturadas foram examinadas, usando um microscópio óptico e microscopia eletrônica, a fim de determinar o modo de falha baseado na origem da fratura e em princípios fractográficos. Todas as fraturas aconteceram na zona de adesão. Valores de resistência de união adesiva e modo de falha, diferentes estatisticamente, estão associados a materiais cerâmicos distintos; quando submetidos ao mesmo tratamento de superfície. Os autores concluíram que as diferenças microestruturais, entre os sistemas cerâmicos, constituem fator determinante para o resultado.

As diferenças de composição e microestrutura das restaurações de cerâmica pura pode ser um fator importante na obtenção de forças adesivas efetivas entre a cerâmica e o agente resinoso cimentante. Desta forma, Borges et al. (2003) se propuseram a avaliar a topografia superficial de 6 tipos de cerâmicas, depois do condicionamento com ácido fluorídrico ou jateamento com óxido de alumínio. Cinco corpos de prova de cada uma das cerâmicas IPS Empress, IPS Empress 2, Cergogold, In-Ceram Alumina, In-Ceram Zircônio, e Procera foram empregados. Cada corpo de prova foi seccionado, longitudinalmente em 4 partes iguais, com um disco de diamante sob refrigeração e divididos, aleatoriamente em 3 grupos, para tratamento de superfície diferentes: Grupo 1, ausência de tratamento de superfície (controle); Grupo 2, jateamento com óxido de alumínio (50- $\mu\text{m}$ ) por 5 segundos; Grupo 3, condicionamento com ácido fluorídrico a 10%, por 20 segundos para IPS Empress 2, 60 segundos para IPS Empress e Cergogold, e 2 minutos para In-Ceram Alumina, In-Ceram Zircônio e Procera. Todos os espécimes foram revestidos com ouro com um revestidor de pulso contínuo por 180 segundos a 40 mA. O jateamento com óxido de alumínio modificou a morfologia da superfície das cerâmicas IPS Empress, IPS Empress 2 e Cergogold, que foram

similares entre os grupos. Porém, nenhuma mudança morfológica foi observada para o In-Ceram Alumina e In-Ceram Zircônio; persistindo as mesmas irregularidades superficiais encontradas no grupo controle. O condicionamento com ácido fluorídrico do IPS Empress 2 produziu cristais alongados com irregularidades rasas, enquanto nas cerâmicas IPS Empress e Cergogold, o condicionamento produziu superfícies morfológicas em forma de colméia. Para o In-Ceram Alumina, In-Ceram Zircônio e Procera nenhuma alteração foi observada, em relação ao grupo controle. Os autores concluíram que o jateamento e o condicionamento com ácido fluorídrico não alteraram a microestrutura, nem a morfologia da superfície do In-Ceram Alumina, In-Ceram Zircônio e Procera.

A resistência de união à microtração e o modo de falha de blocos cerâmicos unidos a blocos de resina, através de cimentos resinosos, após diferentes tratamentos de superfície, foi investigada por El Zohairy et al., em 2003. Doze blocos de Cerec Vitablocks Mark II obtidos usando o sistema Cerec CAD/CAM e doze blocos de resina composta Z100 (3M) foram empregados. As superfícies de união foram preparadas em uma politriz com lixas de granulação 600, sendo os espécimes limpos em ultra-som, por 5 minutos, em água destilada. Em seguida, os blocos de cada material foram divididos em quatro grupos de três blocos cada, os quais receberam os seguintes tratamentos: tratamento 1: nenhum tratamento de superfície (controle); tratamento 2: uma fina camada de adesivo foi aplicada e polimerizada por 20 segundos; tratamento 3: aplicação de ácido fluorídrico a 8 % por 2 minutos seguido por aplicação de primer silano por 60 segundos; e tratamento 4: o mesmo tratamento 3, seguido da aplicação de uma fina camada de adesivo. Cada grupo foi subdividido em três grupos de um bloco cada em função do cimento utilizado: Tetric flow (Vivadent), Nexus (Kerr) e Rely X ARC (3M). O cimento resinoso utilizado foi aplicado e prosseguiu-se a reconstrução com resina composta em camadas, até atingir a espessura de 5,0 mm. Usando uma máquina de

teste, cada espécime foi cortado com 1,0 mm de espessura perpendicular à interface de união. Dez espécimes foram selecionados aleatoriamente. Cada área transversal foi medida com um paquímetro digital, e os espécimes fixados a máquina de teste com um sistema adesivo fotopolimerizável. Carga de tração foi aplicada na velocidade de 1,0 mm/min até a fratura; sendo as superfícies fraturadas classificadas em: A: falha adesiva na interface cimento-substrato; B: falha coesiva no substrato; C: falha coesiva no cimento; e D: mistura de A e B; E: mistura de A e C. Os grupos, que não receberam nenhum tratamento do substrato e aqueles nos quais somente uma fina camada de adesivo foi aplicada à superfície, não foram incluídos na análise. Nenhum espécime intacto pôde ser obtido para o substrato Vitablocs, uma vez que a falha de união aconteceu durante o corte. Para os blocos de cerâmica, não houve diferença entre os tratamentos 3 e 4, exceto o grupo cimentado com o cimento Nexus, cuja a resistência de união foi significativamente superior para o tratamento 4. Os resultados mostraram que maiores valores de resistência de união podiam ser observadas para blocos de resina composta em detrimento aos de cerâmica. Os piores resultados foram apresentados para os casos onde não foi realizado nenhum tratamento.

A relação entre primer cerâmico e o pH da superfície cerâmica, na resistência à microtração de cimentos resinosos de presa dual à cerâmica, foi examinada por Foxton et al. em 2003. Blocos de cerâmica CELAY foram seccionados em 28 cortes de 3,0 mm cada, os quais receberam acabamento empregando lixas de papel com granulação 600. Os espécimes foram divididos, segundo o tratamento da superfície: 2 pares não receberam nenhum tratamento (controle); seis pares foram tratados com ácido fosfórico 40 % por 10 segundos; e seis pares foram tratados com ácido fluorídrico por 10 segundos. Os grupos, que apresentavam seis pares cada, foram novamente divididos em função do tempo de lavagem do ácido. Dois pares foram lavados após 15 segundos, 2 pares depois de 30 segundos e 2 pares



depois de 60 segundos. Os 14 pares citados foram divididos em dois grupos experimentais; sendo que a superfície de união de um grupo recebeu a aplicação de um primer disponível comercialmente e o outro grupo recebeu a aplicação de primer experimental formulado sem o monômero fosfato. Todos os pares foram unidos com cimento resinoso dual sob carga de 35 gramas. Após a polimerização, o excesso de cimento foi removido e os espécimes foram armazenados por 24 horas. Utilizando-se de uma máquina de corte, foram obtidos os corpos de prova com comprimento de 6 mm e área de seção de  $0,7 \times 0,7 \text{ mm}^2$ . Os corpos de prova foram fixados à máquina de ensaios com cianoacrilado e submetidos à carga de tração na velocidade de 1,0 mm/min. Os valores de resistência foram anotados para cada corpo de prova, e os mesmos classificados quanto ao tipo da fratura em: A: falha adesiva na interface de união; B: falha mista coesiva/adesiva da resina para a interface de união; C: falha coesiva no cimento resinoso ; e D: falha coesiva na cerâmica. Para a medição do pH da superfície, nove blocos de cerâmica de dimensão de 12 X 10 X 3 mm, foram divididos em quatro, originando blocos de 3 X 2,5 X 3 mm. Sete grupos, de cinco corpos de prova cada, foram obtidos. Um grupo não recebeu nenhum tratamento, três grupos receberam aplicação de ácido fosfórico, e três grupos receberam aplicação de ácido fluorídrico. Os grupos tratados com ácido foram subdivididos, em função do tempo de lavagem do ácido, conforme o teste de microtração. O pH da superfície foi medido através de uma microscopia química e microscopia eletrônica de varredura foi realizada em um corpo de prova pertence a cada um dos sete grupos. Os resultados revelaram maiores valores de resistência adesiva associados ao emprego de primer disponível comercialmente, em detrimento do experimental, para os grupos que não receberam nenhum tratamento. Após a aplicação de ácido e lavagem por 15 segundos, observou-se uma diminuição significativa no pH da superfície. Não se observou diferença significativa na resistência de união para os dois primer testados. Com o aumento do tempo de lavagem do ácido, para o primer disponível comercialmente, não foi observada

diferença nos valores de resistência de união, nem no modo da falha para ambos os ácidos. Já para o primer experimental, o aumento do tempo de lavagem elevou o pH e conseqüente, diminuiu a resistência de união. Os resultados sugeriram que a resistência de união é dependente da concentração de íons  $H^+$ , na superfície da cerâmica, quando não há monômero fosfato presente na formulação do primer cerâmico.

A influência do processo de silanização de restaurações cerâmicas, previamente à cimentação, foi analisada por Lopes et al., em 2003, empregando o teste de microtração. A partir de blocos padrões de acrílico, foram obtidos blocos cerâmicos na dimensão de 6 X 6 X 5 mm. Estes foram submetidos à exame radiográfico para verificação de defeitos internos. Os blocos cerâmicos foram moldados com silicona de adição. Em seguida foram confeccionados através de incrementos os blocos de resina composta na mesma dimensão. As superfícies de união dos blocos cerâmicos foram preparadas com pontas diamantadas cilíndricas de granulação regular e tratadas por meio de ácido fluorídrico a 10 % por 5 minutos (GRUPO 1) e ácido fluorídrico a 10 % por 5 minutos, seguido de silanização (GRUPO 2). Os blocos cerâmicos foram cimentados aos de resina composta, empregando o cimento Panávia F, sob carga de 1 Kg, por 10 minutos. Removido o excesso de cimento, as amostras foram armazenadas, em água destilada a 37 °C, por 7 dias. Seccionadas em uma máquina de corte, em baixa rotação e sob refrigeração constante, originando um total de nove corpos de prova por bloco de cerâmica-cimento-resina composta. Vinte e sete corpos de prova, com área adesiva de  $1,0 \pm 0,1 \text{ mm}^2$  e comprimento de  $10 \pm 0,1 \text{ mm}$ , foram obtidos para cada grupo. Dez corpos de prova de cada grupo foram selecionados, fixados com adesivo cianoacrilato à garras de um paquímetro modificado e todo o conjunto acoplado à uma máquina de ensaios universal (EMIC). Carga de tração foi aplicada na velocidade de 0,5 mm/min usando uma célula de carga de 10 Kgf até a fratura. O grupo 2 ( $27,06 \pm 10,59 \text{ MPa}$ ) apresentou valores de

resistência adesiva significativamente superior ao grupo 1 ( $15,09 \pm 3,67$  MPa). Tais resultados indicaram que a silanização após a aplicação de ácido fluorídrico, mostrou-se efetiva em aumentar a resistência de união adesiva.

Michida et al., 2003, avaliaram a resistência à microtração, entre um cimento resinoso e a cerâmica In-Ceram Alumina, submetidos a 3 tratamentos de superfície. A partir de um bloco padrão de resina acrílica, foram confeccionados 12 blocos de cerâmica In-Ceram Alumina nas dimensões de 6 X 6 X 5 mm, os quais foram avaliados, superficial e internamente, através de estereoscopia e verificação radiográfica, respectivamente. Os blocos cerâmicos foram moldados com silicona de adição e a resina composta Clearfill APX foi condensada em camadas, a fim de obter 12 blocos de resina composta. As superfícies escolhidas, para a futura cimentação, receberam polimento em politriz com lixas nas granulações 600, 800, e 1200, sendo os blocos cerâmicos submetidos aos seguintes tratamentos: grupo 1: jateamento com óxido de alumínio; grupo 2: sistema Rocatec - 3M/ESPE (jateamento com óxido de alumínio, microjateamento com partículas de sílica de 110  $\mu$ m, silanização) e grupo 3: sistema CoJet - 3M/ESPE (jateamento com óxido de alumínio, microjateamento com partículas de sílica de 30  $\mu$ m, silanização). Os blocos de cerâmica foram cimentados aos de resina com Panavia F, sob carga de 750 g, por 10 minutos. As amostras foram armazenadas em água destilada, a 37 °C, por 7 dias e seccionadas com disco diamantado sob refrigeração. 36 corpos de prova foram obtidos por grupo, com  $0,6 \pm 0,1$  mm<sup>2</sup> de área adesiva e  $12 \pm 0,1$  mm de comprimento. Os corpos de prova foram adaptados a um dispositivo e acoplados à máquina de ensaio universal EMIC, tracionados na velocidade de 0,5 mm/min até o rompimento. Todos os corpos de prova apresentaram fratura do tipo adesiva, sendo que o grupo 1 (15,36 MPa), apresentou resistência adesiva significativamente

inferior aos grupos 2 (30,98 MPa) e grupo 3 (31,25 MPa), que não apresentaram diferença entre si, sugerindo que a silicatização da superfície adesiva aumenta a resistência de união.

Considerando a importância da cimentação das restaurações indiretas sobre os preparos, Oliveira Jr. et al. (2003) avaliaram a influência de dois cimentos resinosos e quatro formas de tratamento das superfícies internas das restaurações na resistência adesiva à tração. Sessenta e quatro terceiros molares tiveram suas coroas cortadas no terço médio. Restaurações em resina Solidex foram confeccionadas a partir de uma matriz de náilon bipartida. Todos os dentes foram condicionados, com ácido fosfórico e lavados. Aplicou-se o sistema adesivo Scotchbond Multi Purpose Plus (3M). Todas as restaurações receberam, na sua superfície interna, jateamento com óxido de alumínio e condicionamento com ácido fosfórico a 37 %. Os corpos de prova foram divididos em dois grupos em função do cimento: 1. Fill Magic Dual Cement e 2. Enforce. Cada grupo foi subdividido em quatro em função do tipo de tratamento a se saber: 1. jateamento, 2. jateamento + adesivo, 3. jateamento + silanização, e 4. jateamento + silanização + adesivo. Após ciclagem térmica, por 500 ciclos de 5 a 60 °C, os corpos de prova foram submetidos ao teste de tração, a uma velocidade de carregamento de 2 mm/min e uma carga de célula de 1 KN. Para o cimento Fill Magic Dual Cement, as médias de resistência de união (MPa) foram de 13,47; 5,20; 13,17 e 16,83; enquanto para o Enforce foram de 5,67; 5,30; 14,08; e 11,49; respectivamente para os grupos 1, 2, 3, e 4. Os autores concluíram que o agente silano interferiu, de forma positiva, na resistência adesiva à tração, para ambos os agentes cimentantes e que melhores resultados estão associados ao emprego das técnicas que utilizaram jateamento + silano e jateamento + silano + adesivo.

Preocupados com a dificuldade de união à dentina, Ozturk e Aykent (2003) compararam a resistência de união à dentina de 2 diferentes sistemas cerâmicos, depois da

cimentação, com três diferentes técnicas. Cento e vinte molares recém extraídos e livres de lesões cariosas foram cortados, perpendicularmente ao longo eixo do dente, com disco diamantado e incluídos até 2 mm da junção cimento-esmalte em resina acrílica. Preparos cavitários classe I foram realizados em alta rotação, com 6 mm de comprimento, 3 mm de largura, 2 mm de profundidade e expulsividade de 6°. Os dentes preparados foram divididos em dois grupos de sessenta corpos de prova, sendo o grupo I (Ceranco II – Ceranco) e o Grupo II (IPS Empress 2 – Ivoclar). Cada grupo foi subdividido em 3 grupos de 20 corpos de prova, em função da técnica de cimentação empregada. Os materiais empregados para cimentação foram Clearfill Liner Bond 2V e Panavia F. Os grupos IA e IIA receberam a aplicação do agente de união dentinária, imediatamente, após o término do preparo e antes da moldagem. Os grupos IB e IIB receberam a aplicação do agente dentinário, imediatamente, antes da cimentação da restauração. Nos grupos IC e IIC as restaurações foram cimentadas sem a aplicação de sistema adesivo. Os corpos de prova foram moldados com silicona de adição e as restaurações obtidas, seguindo as instruções de cada fabricante. As cerâmicas foram condicionadas com ácido fosfórico por 5 segundos, lavadas e secadas. Posteriormente, aplicou-se uma camada de silano. Nos grupos IA e IB e grupos IIA e IIB, foi utilizado o sistema adesivo autocondicionante Clearfill Liner Bond 2V, segundo orientações do fabricante. O cimento Panavia foi misturado por 20 segundos e a restauração cimentada foi mantida por pressão digital. Nos grupos IC e IIC, o primer autocondicionante Panavia F ED foi aplicado por 60 segundos, seco, e então o Panavia misturado e a restauração cimentada. Após a cimentação, os espécimes foram mantidos por 24 horas em água destilada a 37 °C, seccionados em máquina de corte nos sentidos mesio-distal e vestibulo-lingual; originando corpos de prova com largura de 1,2 X 1,2 mm. Três corpos de prova foram obtidos para cada dente restaurado, perfazendo um total de 60 corpos de prova por grupo. Os corpos de prova foram fixados na máquina de ensaio com cianoacrilato e tracionados na velocidade de 1 mm/

min até a fratura. O modo de fratura foi determinado e uma amostra de cada grupo foi preparada para realização de microscopia eletrônica. Para o Grupo I, a média dos valores de união foram de 19,59 MPa, 14,77 MPa, e 15,93 MPa respectivamente para os grupos A, B e C. Já para o Grupo II, a média dos valores de união foram de 20,71 MPa, 15,43 MPa, e 16,50 Mpa, respectivamente para os grupos A, B e C. A maioria das falhas foi do tipo adesiva entre o cimento resinoso e a dentina. Concluiu-se que a resistência de união foi significativamente afetada pela técnica de cimentação, não havendo diferença significante entre os materiais cerâmicos.

El Zohairy et al. (2004) investigaram o papel de diferentes tratamentos ácidos da superfície e de agentes de união hidrofílicos e hidrofóbicos, na durabilidade de união, entre cerâmica e resina. Blocos de cerâmica feldspática do sistema Cerec Vita Blocks Mark II, com dimensões de 10 x 12 x 15 mm<sup>3</sup>, foram obtidos, polidos com disco de papel na granulação 600 e limpos em ultra-som com água destilada. As superfícies cerâmicas foram sujeitas a sete condições de teste: 1. ausência de tratamento; 2. condicionamento com ácido fluorídrico 8 % e silanização; 3. condicionamento com ácido fluorídrico, silanização e aplicação de um agente de união hidrofílico; 4. condicionamento com ácido fluorídrico, silanização e aplicação de um agente de união hidrófobo; 5. condicionamento com ácido fosfórico e silanização; 6. condicionamento com ácido fosfórico, silanização e aplicação de um agente de união hidrofílico; 7. condicionamento com ácido fosfórico, silanização e aplicação de um agente de união hidrófobo. Os agentes hidrofílicos foram o Syntac Single e o OptiBond Solo Plus, enquanto o agente hidrofóbico foi Visio Bond. Prosseguiu-se com a aplicação dos cimentos resinosos, Tetric Flow e Nexus 2, em camadas, até a espessura de 5 mm. Os corpos de prova obtidos foram cortados, a fim de obter espécimes com interface adesiva de 1,0 mm<sup>2</sup>; que foram mantidos em água e tracionados imediatamente (1 dia), sete dias e 1 mês sepois do

corte. Após a medição da área de secção transversal de cada espécime, estes foram fixados a máquina de ensaios e tracionados na velocidade de 1mm/min até a fratura. O modo de falha foi classificado, empregando estereomicroscopia em: falha adesiva na interface cerâmica cimento, falha coesiva na cerâmica, falha coesiva no cimento, falha mista. Análise de variância a três critérios foi empregada sendo a resistência de união a variável dependente. Os valores de resistência de união foram menores para os grupos que receberam tratamento da superfície com ácido fosfórico, quando comparados aos grupos condicionados com ácido fluorídrico para ambos os cimentos testados. A resistência de união, imediatamente após o corte, foi significativamente maior para os grupos que empregaram agentes de união hidrofílicos, quando comparado a agentes hidrófobos. Diminuiu com o tempo é verificada depois da estocagem em água, enquanto a união com agentes hidrófobos manteve estável. A porcentagem de falhas adesivas aumentou, diretamente com o tempo de armazenagem de 60, 86 e 94 %, para os períodos de 1 dia, 7 dias e 1 mês, respectivamente. Os autores concluíram que união forte e duradoura pode ser obtida com cimentos resinosos e em particular com agentes de natureza hidrofóbica, quando aplicados a superfícies condicionadas com ácido fluorídrico e silanizadas.

A influência do substrato, da forma e da espessura dos espécimes para microtração, nos valores de resistência de união mesurados, foi avaliada por Goracci et al., 2004. Sessenta e quatro dentes terceiros molares foram divididos aleatoriamente em dezesseis grupos. Os grupos de 1 a 8 incluíam espécimes de forma ampulheta. Nos grupos de 1 a 4 os espécimes eram preparados de esmalte nas espessuras de 0,5 x 0,5 mm, 1,0 x 1,0 mm, 1,5 x 1,5 mm e 2,0 x 2,0 mm, respectivamente. Nos grupos de 5 a 8 espécimes, na mesma espessura, eram preparados em dentina. Os grupos 9 a 16 foram incluíam espécimes na forma de palitos, sendo os grupos de 9 a 12 obtidos em esmalte e os grupos de 13 a 16 em dentina; ambos nas

espessuras citadas previamente. Os dentes foram cortados, a fim de se obter os espécimes em esmalte e dentina. Posteriormente, foram asperizados com lixas de papel até a granulação 600, a fim de obter uma padronização da camada híbrida. Os substratos para a adesão, foram lavados e aplicou-se o sistema adesivo Clearfill SE Bond Plus. Um bloco de resina composta de 5 x 5 mm foi confeccionado. Prosseguiu-se com a obtenção dos espécimes, de forma a preencher os requisitos particulares dos grupos. De cada grupo, dois ou três espécimes, devidamente preparados, foram submetidos à microscopia eletrônica de varredura. Para o teste de microtração, os espécimes foram fixados com cianoacrilato em um dispositivo acoplado a máquina de ensaios, e então submetidos à carga de tração na velocidade de 0,5 mm/min até a fratura dos espécimes. A área de secção, no local da fratura, foi mensurada para se calcular a resistência. Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância. Os resultados da microscopia eletrônica de varredura mostraram que os espécimes na forma de ampulheta, apresentaram uma linha de fratura, na área de ação da ponta diamantada, durante desgaste da interface adesiva. Os valores de resistência à microtração variaram de 17,17 Mpa, medidos para os espécimes de 2,0 x 2,0 mm de dentina na forma de “palitos”, a 63,05 MPa medidos para os espécimes de 0,5 x 0,5 mm de dentina na forma de “palitos”. No que se refere ao substrato, os espécimes de dentina apresentaram valores de resistência de união significativamente superior aos de esmalte. A forma dos espécimes também influenciou nos resultados. Os valores de resistência de união foram significativamente maiores para os espécimes na forma de “palitos”, quando comparados aos na forma de ampulheta. Por último, observou-se que quando a espessura dos espécimes aumentava de 0,5 mm para 2,0 mm, os valores de resistência à microtração diminuíram. Os autores concluíram que todas as variáveis estudadas influenciaram, de forma significativa, nos resultados.



Guazzato et al. (2004a) avaliaram a resistência flexural, dureza à fratura e a microestrutura de vários materiais cerâmicos puros. Foram comparados três sistemas cerâmicos prensados (IPS Empress, IPS Empress 2 e uma cerâmica experimental) e um sistema cerâmico baseado em alumina infiltrada de vidro (In-Ceram Alumina), através de duas técnicas: técnica de pincel e prensagem a seco. Para o teste de resistência flexural a três pontos, dez espécimes de cada material foram obtidos seguindo as recomendações dos fabricantes nas dimensões de  $20 \times 4 \times 1,2 \text{ mm}^3$ , e a carga aplicada na velocidade de 0,5 mm/min. A dureza à fratura foi calculada pelo método de resistência a endentação, empregando para a cerâmica IPS Empress a carga de 10, 20, 40 e 60 N. Para a cerâmica Empress 2, as cargas de 10, 30, 60 e 120 N e; para a cerâmica In-Ceram alumina as cargas de 20, 60, 120 e 200N. Cinco espécimes de cada grupo foram submetidos à microscopia eletrônica para avaliar a fração volume de cada fase, as dimensões e formas dos grãos, a porosidade, e o padrão de fratura. Os resultados do teste de resistência em MPa foi de 106 para IPS Empress, 2306 para IPS Empress 2, 303 para a cerâmica experimental, 440 para In-Ceram alumina prensada a seco e 594 para a In-Ceram alumina por pincelamento. Para o teste de dureza à fratura, os valores obtidos em  $\text{MPam}^{1/2}$  foram 1,2 para o IPS Empress; 2,9 para o Empress 2; 3,0 para a nova cerâmica; 3,6 para a In-Ceram alumina prensada a seco e 4,4 para a In-Ceram Alumina obtida por pincelamento. À microscopia, a cerâmica IPS Empress consistiu de cristais distribuídos de leucita tetragonal que eram dispersos em matriz vítrea. A IPS Empress 2 apresentou cristais alongados de di-silicato de lítio. Na In-Ceram alumina obtida por pincelamento, três diferentes tamanhos de partícula de alumina foram observados: grãos alongados grandes, partículas facetadas e grãos esféricos menores. Na In-Ceram alumina prensada a seco, foram observadas somente dois tipos de partículas: facetadas e esféricas. Os autores concluíram que a In-Ceram alumina obtida por pincelamento é o material mais resistente quando comparado aos demais e que não houve diferença significativa

entre a In-Ceram prensada seca, as cerâmicas Empress 2 e a cerâmica experimental. A cerâmica IPS Empress foi significativamente mais fraca que todos os materiais estudados.

Dando continuidade ao estudo anterior, Guazzato et al. (2004b) avaliaram a resistência, a dureza à fratura e a microestrutura de quatro sistemas cerâmicos reforçados com zircônio: DC Zirkon, uma cerâmica experimental, In-Ceram Zircônio obtida por pincelamento e prensada a seco. A resistência (em MPa) e a dureza à fratura (em MPAm<sup>1/2</sup>) foram respectivamente para In-Ceram Zircônio prensada a seco de 476 e 4,9; para a In-Ceram zircônio obtida por pincelamento de 630 e 4,8; para o material experimental de 680 e 5,5; e DC-Zirkom de 840 e 7,4. A investigação microscópica revelou o importante papel exercido pela transformação da fase tetragonal para monoclínica, a relação entre a matriz de vidro e a fase cristalina no mecanismo de endurecimento desta cerâmica. Os autores concluíram que os materiais reforçados por zircônio são mais resistentes, mais duros que as cerâmicas vítreas convencionais e que melhores propriedades mecânicas podem influenciar, positivamente, na longevidade clínica de todos os materiais cerâmicos.

A resistência de união à tração, da resina composta à cerâmica foi avaliada por Hooshmand et al. (2004), para determinar a efetividade funcional depois da armazenagem das soluções de silano. O processo de hidrólise e a estabilidade química de uma solução de silano, armazenada por diferentes períodos, também foram estudados através de espectrofotometria de infra-vermelho. Para a espectrofotometria de infra-vermelho, a solução de silano foi preparada e armazenada por 15 minutos, 2 horas, 24 horas, 1 semana, 1 mês, 6 meses e 1 ano. Os resultados sugeriram que a hidrólise completa do silano ocorreu 24 horas, após a mistura, caracterizada pela formação lenta de oligômeros siloxanos. Para o teste de resistência, corpos de prova de níquel-cromo, com face estética de cerâmica reforçada por leucita, tiveram a

superfície cerâmica preparada através de disco de lixa e limpa com acetona, por 15 minutos, em ultra-som. Cinco grupos, de sessenta corpos de prova cada, foram tratados com soluções de silano armazenadas por 15 minutos, 2 horas, 1 mês, 6 meses e 1 ano. A solução de silano foi aplicada por 60 segundos, e em seguida aplicado o cimento resinoso. Cada grupo foi subdividido em dois, em função do armazenamento que variou em: manutenção por 24 horas em ambiente seco e manutenção por 24 horas imerso em água. A carga de tração foi aplicada na velocidade de 1,0 mm/min até a fratura e a resistência de união calculada, dividindo a carga pela área de superfície cerâmica. Os resultados de união variaram para a condição de armazenagem a seco de 21,9 a 30,28 MPa, e significativamente ( $\alpha= 0,05$ ) maiores aos encontrados para a condição de imersão, que variaram de 14,8 a 19,1 MPa. Não houve diferença entre os grupos para a mesma condição de armazenamento; sendo o agente silano capaz de resistir à hidrólise quando da imersão em água para ambos os grupos.

A resistência de união, à tração de sistemas adesivos à cerâmica densamente sinterizada - Procera – foi avaliada, em 2004, por Hummel e Kern. Discos de cerâmica Procera com diâmetro de 6,8 a 7,5 mm e espessura de 3,4 mm foram obtidos e unidos à resina composta, aplicando dez métodos de adesão: grupo 1. emprego do sistema Variolink (baseado na molécula do BisGMA) sobre a cerâmica jateada; grupo 2. Silicatização (Rocatec) seguida de silanização e emprego do sistema Variolink sobre a cerâmica jateada; grupo 3. emprego de Alloy Primer associado ao sistema Variolink sobre a cerâmica não jateada; grupo 4. emprego de Alloy Primer associado ao sistema Variolink sobre a cerâmica jateada; grupo 5. silanização seguido do sistema Variolink na cerâmica não jateada; grupo 6. silanização, seguida do sistema Variolink na cerâmica jateada; grupo 7. emprego do sistema Superbond C & B (contendo a molécula 4 –META) na cerâmica não jateada; grupo 8. aplicação do sistema Superbond C & B na cerâmica jateada; grupo 9. emprego do sistema Panavia (contendo a

molécula 10-MDP) na cerâmica não jateada e; grupo 10. emprego do sistema Panavia na cerâmica jateada. Cada grupo, constituído de vinte corpos de prova, foi subdividido em função do armazenamento que variou em: manutenção por 3 dias em água destilada, sem haver termociclagem ou armazenagem, por 150 dias, associada a 37500 ciclos. Carga de tração foi aplicada na velocidade de 2 mm/min e os resultados submetidos à análise estatística. A interface da fratura foi analisada em microscópio e as fraturas classificadas em adesiva, coesiva e mista. Para os grupos, nos quais não se empregou o jateamento com óxido de alumínio, foram observados os menores valores de resistência quando armazenados por 3 dias. Enquanto para a condição de armazenamento, por 150 dias, todos os espécimes destes grupos apresentaram desunião espontânea, independente do sistema resinoso empregado. Considerando os corpos de provas jateados: os grupos, que aplicaram o sistema Variolink, apresentaram resistência de união de 18 MPa e desuniram, espontaneamente, após 150 dias. Aumento na resistência de união para 33 MPa foi observado quando da silicatização da superfície seguida de silanização; empregando o mesmo agente cimentante. A utilização de Alloy Primer e Monobond S, associados ao sistema Variolink, implicaram em valores de união superiores a 30 Mpa, os quais foram mantidos, mesmo após a armazenagem, por 150 dias. O sistema Panavia implicou nos maiores valores de resistência adesiva em ambas as situações de armazenamento. Considerando os resultados obtidos, os autores concluíram que a resistência de união à tração foi influenciada pela técnica adesiva empregada e que uma união estável de sistemas resinosos à cerâmica Procera pode ser alcançada, quando do jateamento prévio com óxido de alumínio.

A influência da geometria, dos espécimes em dentina e esmalte, no teste de microtração, foi investigada por Sadek et al., em 2004. Trinta e dois molares humanos foram divididos em dois grupos de acordo com o substrato que variou em dentina e esmalte. Para o

grupo de dentina, a superfície oclusal foi removida; expondo uma superfície livre de esmalte. Para o grupo de esmalte, a superfície foi asperizada, com lixa 180, a fim de gerar uma superfície plana. Lixas d'água foram empregadas em granulação decrescente até a lixa 600, para originar uma smear layer padronizada. Sistema adesivo foi aplicado e construíram-se blocos de resina de aproximadamente 5 x 5 x 5 mm. Os dentes restaurados foram armazenados, por 24 horas, em soro fisiológico e então divididos em quatro sub-grupos de acordo com o formato do espécime (ampulheta ou palito) e com a área de união (0,5 x 0,5 mm ou 1,0 x 1,0 mm). Os dentes foram seccionados em fatias nas espessuras determinadas e as fatias entalhadas com ponta diamantada para se obter os espécimes na forma de ampulheta. Para os espécimes em forma de palito, cortes paralelos foram realizados, seguidos por cortes perpendiculares aos primeiros. Três espécimes de cada grupo foram aleatoriamente selecionados e submetidos à microscopia eletrônica de varredura. Para o teste de microtração, a área de união foi medida. Os espécimes foram fixados a um dispositivo acoplado à máquina de ensaios. Carga de tração, na velocidade de 0,5 mm, foi aplicada até a fratura, e os resultados submetidos à análise de variância a três critérios. Os valores de resistência de união variaram de 33,85 MPa (ampulheta em esmalte com 1,0 x 1,0 mm) a 63,05 MPa (palito em dentina com 0,5 x 0,5 mm). A análise de variância mostrou que o substrato, o formato, e as dimensões foram estatisticamente significativas. Em relação ao substrato, os espécimes em dentina apresentaram maiores valores de resistência de união que em esmalte. Quanto ao formato, os espécimes na forma de palitos apresentaram valores de resistência, significativamente, maiores que os na forma de ampulheta. Com relação à área de união, quanto maior o espécime, menor foi a resistência de união. Os achados microscópicos mais importantes foram as freqüentes linhas de fraturas nos espécimes em forma de ampulheta, na área de atuação da broca. Os autores concluíram que para o teste de microtração, quando o substrato é o esmalte, o espécime deve ter o formato de palito.

**PROPOSIÇÃO**

---

---

### **3 Proposição**

Este estudo se propõe a analisar a influência de três formas de tratamentos superficiais (jateamento com óxido de alumínio; jateamento com óxido de alumínio + condicionamento com ácido fluorídrico; e silicatização) de três sistemas cerâmicos (Duceram Plus - Degussa, IPS Empress 2 - Ivoclar Vivadent, In-Ceram Alumina - Vita), na resistência de união adesiva; empregando o teste de microtração.

## **MATERIAL E MÉTODO**

---

---



## **4 Material e método**

### **SELEÇÃO DOS DENTES**

Dezoito terceiros molares superiores recém extraídos e livres de lesões cariosas, provenientes do Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Santa Maria – RS, foram empregados neste estudo “in vitro”. A execução deste trabalho foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP sob o protocolo nº 58/04 (Apêndice A), estando de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS de 10/10/96. Os dentes foram devidamente limpos, a fim de remover qualquer material que se encontrasse depositado sobre sua superfície; utilizando-se de curetas periodontais, polimento com pedra pomes e água. Depois de limpos, os elementos dentais foram examinados com lupa estereoscópica (Zeiss, West Germany), com lente de 30 X de aumento a fim de avaliar possíveis alterações superficiais, que quando presentes, provocaram a substituição do dente. Os dentes foram mantidos em solução fisiológica contendo timol a 0,2 %, à temperatura de 4 °C até o começo dos experimentos. Respeitou-se o prazo máximo de armazenamento de 60 dias (GOMES e PORTO, 2001; SADEK et al., 2004).

### **PREPARO DOS CORPOS DE PROVA**

Os elementos dentais foram fixados à base de madeira com godiva, cortados a aproximadamente 2,0 mm da superfície oclusal, perpendicularmente ao longo eixo do dente (Figura 1). Utilizou-se disco diamantado de espessura de 0,3 mm, em baixa rotação, sobre refrigeração constante em uma máquina de corte ISOMET 1000 (BUEHLER Ltda, EUA) (Figura 2). A superfície cortada do remanescente dental foi avaliada, em lupa estereoscópica

(Zeiss, West Germany) com aumento de 30 X; a fim de verificar se a área exposta estava totalmente em dentina. Na presença de ilhas de esmalte, a superfície foi desgastada com discos de lixa de granulação de 300 (3M), em politriz circular mecânica (Panambra Industrial e Técnica S.A., Brasil), até a remoção das mesmas. Em casos de exposição da câmara pulpar, os dentes foram desconsiderados. As superfícies oclusais foram polidas com lixas d'água na granulação de 600 (3M), por 60 segundos, em politriz circular (Panambra Industrial e Técnica S.A., Brasil) para gerar uma camada de “smear layer” padronizada (SANO et al., 1994; CARDOSO et al., 1998; PHRUKKANON et al., 1998b; SADEK et al., 2004) (Figura 3). Os corpos de prova foram mantidos em soro fisiológico, contendo timol a 0,2%, até o momento de serem utilizados.

## **OBTENÇÃO DAS RESTAURAÇÕES CERÂMICAS**

Os corpos de prova foram submetidos a sorteio aleatório, por rodadas, até que fossem obtidos três grupos de seis dentes cada; referentes aos diferentes materiais cerâmicos estudados, sendo o Grupo I - Duceram Plus (Degussa, Germany) empregado como controle, o Grupo II - IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e o Grupo III - In-Ceram Alumina (Vita, Germany). Para a realização das moldagens dos corpos de prova, empregou-se como moldeira uma matriz acrílica retangular, com dimensões de 2 X 2 X 4 cm, a qual foi preenchida com silicona de adição Presidente (Coltene, Suíça) na consistência pesada e inserido o o corpo de prova a ser moldado (Figura 4). Prosseguiu-se a realização de alívio, com fresa esférica acoplada à peça de mão, e posterior moldagem com o material na consistência leve (Figura 5). Os moldes obtidos foram avaliados após cada moldagem. No caso de visualização de qualquer falha, a mesma foi repetida (Figura 6). Modelos de gesso tipo IV Durone (Dentsply, Brasil) (Figura 7) foram empregados na confecção das restaurações

cerâmicas. Informações referentes à composição dos materiais cerâmicos empregados, encontram-se no Apêndice B.

## **TRATAMENTO DAS SUPERFÍCIES CERÂMICAS**

Cada grupo foi subdividido em 3 grupos de dois dentes cada, em função do tratamento de superfície (A, B e C). O tratamento A consistiu de microjateamento com partículas de óxido de alumínio (granulação de 50  $\mu\text{m}$ ), com ângulo de incidência perpendicular, pressão de 2,0 bar, à distância de 1,0 cm da superfície, durante 20 segundos; lavagem em ultra-som por 3 minutos em soro fisiológico (Figura 8). O tratamento B consistiu de microjateamento com partículas de óxido de alumínio (granulação de 50  $\mu\text{m}$ ), com ângulo de incidência perpendicular, pressão de 2,0 bar (1 bar = 100.000 Pascal), à distância de 1,0 cm da superfície durante 20 segundos; lavagem em ultra-som por 3 minutos em soro fisiológico, secagem e condicionamento com ácido fluorídrico a 10% (Dentsply, Brasil) por 5 minutos (Figuras 9). O tratamento C consistiu no emprego do sistema Rocatec (3M/ESPE, Brasil) (Figura 10): microjateamento com partículas de óxido de alumínio de 110  $\mu\text{m}$ , com ângulo de incidência perpendicular, pressão de 2,8 bar, à distância de 1,0 cm da superfície durante 20 segundos (Rocatec-pre powder), seguido do jateamento com partículas de óxido de alumínio 110  $\mu\text{m}$  modificado por sílica (Rocatec-plus powder). Após cada tratamento acima descrito e previamente a cimentação, o agente silano (Dentsply, Brasil) teve seus componentes - primer e ativador - dispensados em um pote dapem e misturados por 15 segundos. Passado o tempo de 5 minutos, duas camadas de agente silano foram aplicadas sobre a superfície de todas as restaurações cerâmicas. (Figura 11).

Quadro 1- Condições experimentais propostas

	Microjateamento (A)	Microjateamento + Ácido fluorídrico (B)	Rocatec (C)
Duceram Plus (I)	I A	I B	I C
IPS Empress 2 (II)	II A	II B	II C
In-Ceram Alumina (III)	III A	III B	III C

## CIMENTAÇÃO DAS RESTAURAÇÕES

Estando a temperatura da placa de vidro devidamente monitorada, assim como a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente mantida próxima a 24<sup>o</sup>C (Figuras 12 e 13), as restaurações foram cimentadas empregando cimento resinoso Panavia F (Kuraray, Japan) (Figura 14). Sobre a estrutura dentária, foi aplicado o sistema adesivo Primer ED (Kuraray, Japan) presente no kit do cimento por 60 segundos; conforme orientações do fabricante (Figura 15). Prosseguiu-se com a manipulação e a aplicação do agente cimentante na superfície das restaurações. As mesmas foram posicionadas aos corpos de prova preparados (Figura 16) e uma carga estática de 750 g aplicada (MICHIDA et al., 2003). Foi aplicado e mantido Oxyguard em todas as margens durante 8 minutos (Figura 18). Prosseguiu-se com a fotopolimerização (Figura 17), por 40 segundos, em cada face. Empregou-se o aparelho Translux Lc (Kulzer, Germany) com intensidade luminosa de 450 nanômetro; sendo a intensidade luminosa averiguada a cada cimentação com o aparelho Radiometer Demetron (Kerr, USA). Os corpos de prova restaurados foram armazenados em solução salina a 37°C por 24 horas, antes de serem submetidos ao corte, a fim de obter os espécimes para o ensaio de microtração. Informações referentes aos materiais empregados no tratamento das superfícies e cimentação das restaurações, como: componentes básicos, fabricantes, lote e data de vencimento, encontram-se no Apêndice C.

## **OBTENÇÃO DOS ESPÉCIMES PARA O TESTE DE MICROTRAÇÃO.**

Os dentes restaurados foram fixados com godiva de baixa fusão (Kerr) em uma base de madeira (Figura 19). A mesma foi acoplada à uma máquina de corte ISOMET 1000 (BUEHLE Ltd, USA) contendo disco de diamante série 15 LC (Dental Prudent, EUA). Em baixa rotação e irrigação constante, as raízes foram removidas do conjunto dente-restauração, aproximadamente, 2 mm abaixo da junção cimento-esmalte (PHRUKKANON et al., 1998b). Em seguida, foram realizados cortes seriados de  $1,2 \pm 0,1$  mm no sentido vestibulo-lingual, obtendo-se assim placas na espessura citada (Figura 20). Vale ressaltar que os cortes sempre foram realizados no sentido da dentina para a cerâmica, uma vez que na condição inversa, maior perda de espécimes foi observada durante o estudo piloto. Posteriormente, as placas foram colocadas justapostas e novamente fixadas à base com godiva de baixa fusão (Kerr). A base foi girada a  $90^\circ$  e realizados cortes seriados de  $1,2 \pm 0,1$  mm, originando espécimes com área de união adesiva de  $1,44 \text{ mm}^2 \times 0,01 \text{ mm}^2$  (OZTURK e AYKENT, 2003) (Figura 21). Para cada dente restaurado foram selecionados 10 espécimes, totalizando 20 por grupo. Todos os espécimes foram mantidos úmidos, imersos em água destilada à temperatura de  $37^\circ\text{C}$ , por um período de 8 a 12 horas, até o momento de realização do teste.

## **ENSAIO MECÂNICO DE MICROTRAÇÃO**

Os espécimes selecionados para o ensaio de microtração foram avaliados em lupa estereoscópica (Zeiss: West Germany), com aumento de 30 vezes, para verificar, no perímetro aderido do espécime, a presença de falhas ou defeitos de cimentação. Em caso positivo, a amostra foi descartada.

Foi realizada a medição da área de secção transversal de união, utilizando-se o paquímetro digital (DIGIMATIC CALIPER, Mitutoyo, Japan) com precisão de 0,01 mm. Cada espécime foi apreendido com auxílio de uma pinça clínica e fixado por suas

extremidades com adesivo instantâneo Super Bonder Gel Loctite (Henkel Ltda, Brasil); associado ao acelerador de presa Zip Kicker PT-15 (Pacer Technology, England) (Figura 22) e a um dispositivo previamente acoplado à máquina de ensaio universal MTS (Material Test System, MTS 810, USA). Desse modo a área adesiva foi posicionada perpendicularmente à força aplicada, a fim de gerar carga exclusivamente de tração (Figura 23).

A carga de tração foi aplicada com a utilização de uma célula de carga de 1KN (Load Transducer modelo 66118D-01), velocidade de 0,5 mm / min, na máquina de ensaios universais MTS (Material Test System, MTS 810, Mineapolis, Minesota, USA), até o momento da ruptura da interface adesiva. Neste instante, o software (TESTWORKS SYSTEM – TestStar 2- MTS Systems Corporation, EUA), eletronicamente conectado a máquina de ensaios, interrompia o teste e gerava os resultados em tabelas virtuais (Figura 24); as quais, posteriormente, geravam a impressão de relatório completo do comportamento da amostra.

## **DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os valores de ruptura, obtidos em Newton (N), foram divididos pelas secções transversais dos espécimes previamente medidos, em milímetro quadrado ( $\text{mm}^2$ ), fornecendo os valores finais de resistência em MegaPascal (MPa). Os resultados foram submetidos à análise estatística, à Análise de Variância a um critério fixo (tratamento de superfície) e pelo teste de Tukey; considerando o nível de significância de 5%.

## **ANÁLISE MICROSCÓPICA DE ESPÉCIMES FRATURADOS**

Microscopia eletrônica de varredura foi realizada em alguns espécimes fraturados com fins ilustrativos.



Figura 1: Elemento dental com a superfície oclusal cortada, fixado à base de madeira com godiva.



Figura 2: Máquina de corte ISOMET 1000 (BUEHLER Ltda, Lake Bluff, EUA)



Figura 3: Polimento da superfície oclusal em politriz circular (Panambra Industrial Técnica, São Paulo, Brasil)



Figura 4: Moldagem da superfície oclusal, com silicona de adição, na consistência pesada.



Figura 5: Moldagem da superfície oclusal, com silicona de adição, na consistência leve.



Figura 6: Molde obtido em silicona de adição.





Figura 7: Modelo de trabalho obtido em gesso Durone tipo IV (Dentsply, Rio de Janeiro, Brasil).



Figura 8: Microjateamento com partículas de 50 micrometros de óxido de alumínio.



Figura 9: Condicionamento da superfície cerâmica com ácido fluorídrico a 10 % (Dentsply, Rio de Janeiro, Brasil)



Figura 10: Sistema Rocatec (3M ESPE, USA)



Figura 11: Aplicação do agente silano (Dentsply, Rio de Janeiro, Brasil) sobre a superfície cerâmica.



Figura 12: Placa de vidro com termômetro para manipulação do agente cimentante.



Figura 13: Monitor de umidade relativa do ar.



Figura 14: Kit do cimento resinoso Panávia F (Kuraray Medical Inc, Japan)



Figura 15: Aplicação do sistema adesivo auto-condicionante Primer ED, presente do kit do Panávia F, sobre a superfície dental (Kuraray Medical Inc, Japan).



Figura 16: Restauração cerâmica posicionada sobre o corpo de prova, previamente, preparado.



Figura 17: Aplicação de Oxiguard sobre toda a superfície do cimento resinoso Panávia F (Kuraray Medical Inc, Japan).



Figura 18: Fotoativação do cimento resinoso Panávia F, com intensidade de 450 miliwatts/mm<sup>2</sup>.



Figura 19: Corpo de prova restaurado fixado à base de madeira com godiva.



Figura 20: Corpo de prova cortado em placas de espessura de 2,0 milímetros.

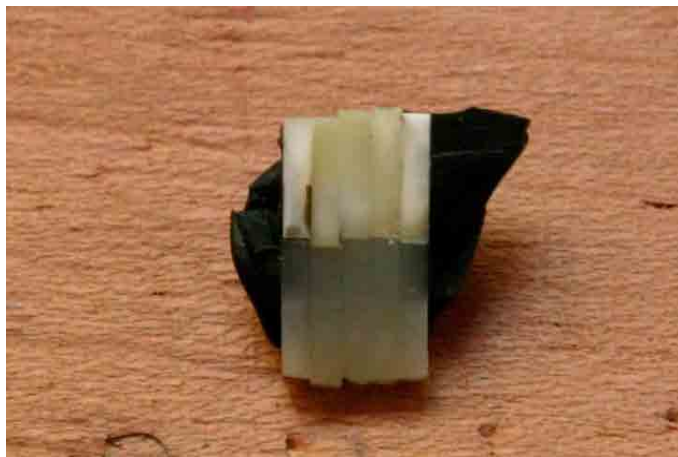


Figura 21: Espécimes obtidos, na forma de “palitos”, para o ensaio de microtração.



Figura 22: Adesivo e acelerador de presa empregados na fixação dos corpos de prova.



Figura 23: Espécime fixado pelas extremidades à dispositivo acoplado à máquina de ensaio universal MTS (Material Test System, MTS 810, USA).

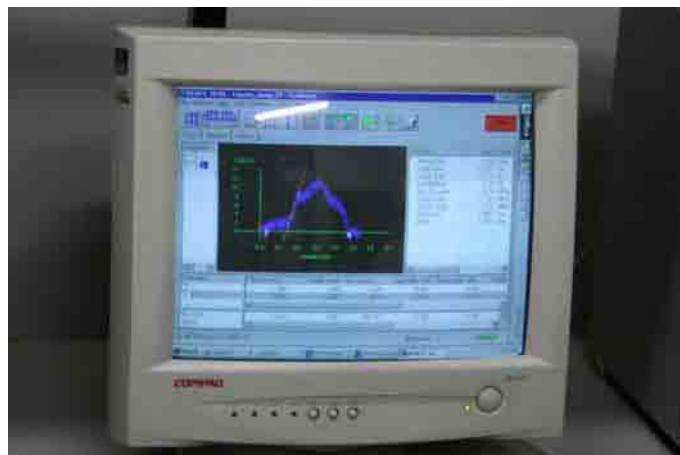


Figura 24: Vista da forma de apresentação dos resultados fornecidos pelo software (TESTWORKS SYSTEM – TestStar 2- MTS Systems Corporation, EUA).

## **RESULTADO**

---

---

## 5 Resultado

Os valores das médias de resistência de união (MPa) e o desvio padrão (MPa), em função de cada grupo estudado, podem ser vistos na Tabela 1. Valores de resistência de união individuais dos espécimes segundo os grupos, encontram-se no Apêndice D.

Tabela 1- Média e desvio padrão dos valores de resistência de união (em MPa) segundo os grupos

GRUPO	IA	IB	IC	IIA	IIB	IIC	IIIA	IIIB	IIIC
MÉDIA	4.54	18.71	9.99	14.03	16.05	16.76	9.03	8.53	12.03
DESVIO PADRÃO	2.23	6.33	3.29	5.52	4.32	5.20	3.03	4.21	3.71

Considerando a cerâmica feldspática Duceram Plus - Degussa, diferença significativa na resistência de união foi observada para os diferentes tratamentos de superfície (Tabela 1 e 2). De acordo com a Tabela 3, a resistência de união alcançada, através do condicionamento com ácido fluorídrico (18,71 MPa), foi significativamente maior que a obtida com as outras formas de tratamento. Constatou-se que a resistência de união alcançada, através da silicatização (9,99 MPa), foi significativamente maior que a obtida por jateamento com óxido de alumínio (4,54 MPa).

Tabela 2- Análise de variância dos dados referentes à cerâmica Duceram Plus - Degussa

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTOS	2	2044,30	1022,15	54,84 *
RESÍDUO	57	1062,43	18,64	
TOTAL	59	3106,73		

Para  $\alpha = 0,05$ , tem-se valor crítico de 3,16. \* Significante.



Tabela 3- Valores absolutos das diferenças entre as médias de resistência de união dos tratamentos de superfícies para a cerâmica Duceram Plus - Degussa

Pares de média	Valor absoluto da diferença
I A X IB	14,17 *
IA X IC	5,45 *
IB X IC	8,72 *

Para  $\alpha=0,05$ , tem-se diferença mínima significante de 3,29. \* Significante.

Os resultados encontrados para a cerâmica IPS Empress 2 – Ivoclar Vivadent mostraram não haver diferença significante, na resistência de união, para os diferentes tratamentos de superfície (Tabelas 1 e 4). De acordo com a Tabela 5, os maiores valores de resistência de união estavam associados ao tratamento, empregando silicatização (16,76 MPa), condicionamento com ácido fluorídrico (16,05 MPa); seguido de jateamento com óxido de alumínio (14,03 MPa). Não se observou diferença significante entre os resultados.

Tabela 4- Análise de variância dos dados referentes à cerâmica IPS Empress 2 - Ivoclar Vivadent

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTOS	2	80,15	40,08	1,58 <sup>NS</sup>
RESÍDUO	57	1446,58	25,38	
TOTAL	59	1526,73		

Para  $\alpha=0,05$ , tem-se valor crítico de 3,16.<sup>NS</sup> Não significante.

Tabela 5- Valores absolutos das diferenças entre as médias de resistência de união dos tratamentos de superfícies para a cerâmica IPS Empress 2- Ivoclar Vivadent

Pares de média	Valor absoluto da diferença
II A X IIB	2,02 <sup>NS</sup>
IIA X IIC	2,73 <sup>NS</sup>
IIB X IIC	0,71 <sup>NS</sup>

Para  $\alpha=0,05$ , tem-se diferença mínima significante de 3,84.<sup>NS</sup> Não significante.

Para o sistema cerâmico In-Ceram Alumina – Vita, a resistência de união apresentou diferença significativa para os variados tratamentos de superfície (Tabelas 1 e 6). Maiores valores de resistência de união foram associados à silicatização (12,03 MPa), que foi significativamente maior em relação às outras duas condições testadas, conforme pode ser observado na Tabela 7. Diferença não significativa foi constatada ao se comparar os resultados do emprego de jateamento com óxido de alumínio (9,03 MPa) e condicionamento com ácido fluorídrico (8,53 MPa).

Tabela 6- Análise de variância dos dados referentes à cerâmica In-Ceram Alumina – Vita

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
TRATAMENTOS	2	143,59	71,79	5,31 *
RESÍDUO	57	771,23	13,53	
TOTAL	59	914,82		

Para  $\alpha=0,05$ , tem-se valor crítico de 3,16. \* Significante.

Tabela 7- Valores absolutos das diferenças entre as médias de resistência de união dos tratamentos de superfícies para a cerâmica In-Ceram Alumina– Vita

Pares de média	Valor absoluto da diferença
III A X IIIB	0,50 <sup>NS</sup>
IIIA X IIIC	3,00 *
IIIB X IIIC	3,50 *

Para  $\alpha=0,05$ , tem-se diferença mínima significativa de 2,80. \*Significante <sup>NS</sup>Não significativa

Microscopias eletrônicas de varredura de alguns espécimes, para as diferentes condições de tratamento de superfície e materiais empregados, são apresentadas nas Figuras 25 a 30.

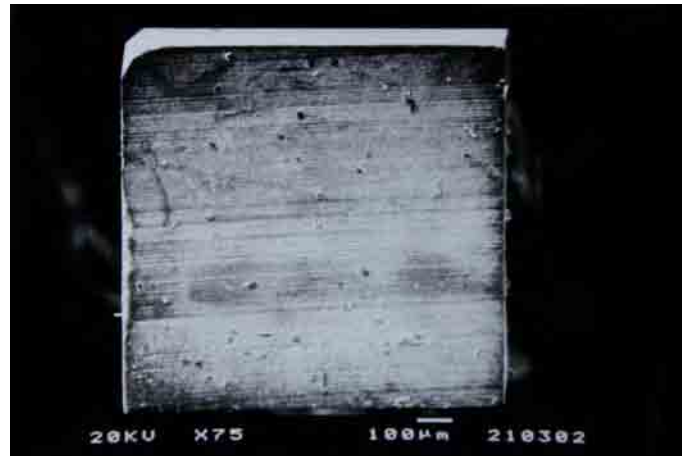


Figura 25: Microscopia eletrônica de varredura de falha na interface cerâmica-cimento, em cerâmica Duceram Plus jateada. Aumento de 75x.

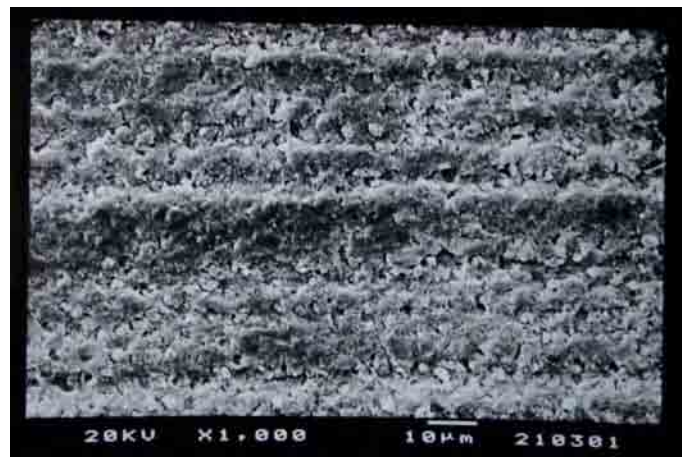


Figura 26: Microscopia eletrônica de varredura de falha na interface cerâmica-cimento, em cerâmica Duceram Plus jateada. Aumento de 1000x.

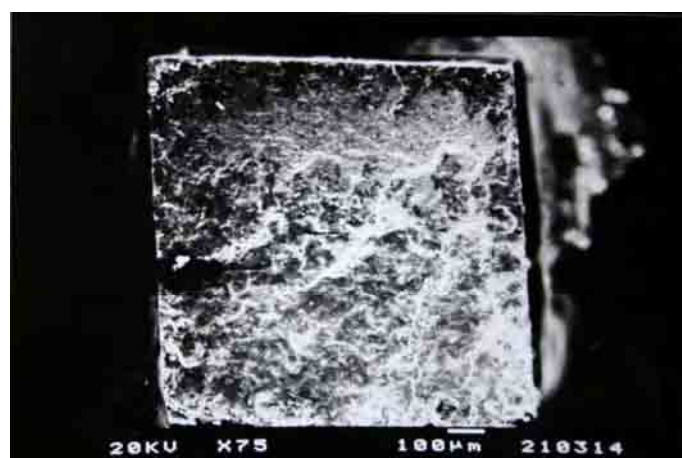


Figura 27: Microscopia eletrônica de varredura de falha mista (adesiva e coesiva) em cerâmica IPS Empress 2 jateada. Aumento de 75x.

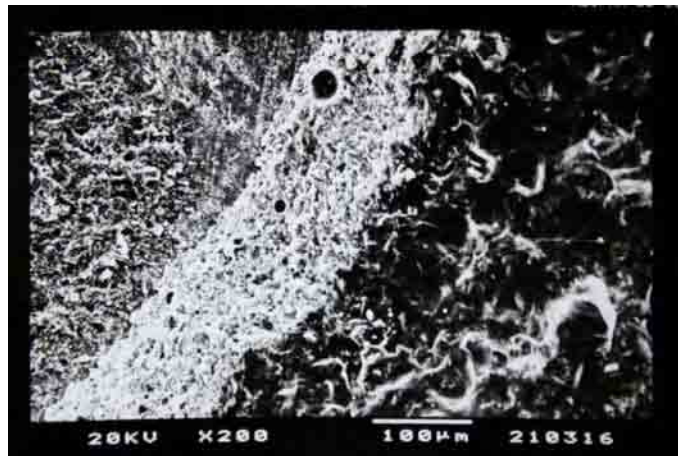


Figura 28: Microscopia eletrônica de varredura de falha mista (adesiva e coesiva) em cerâmica IPS Empress 2 jateada. Aumento de 200x.

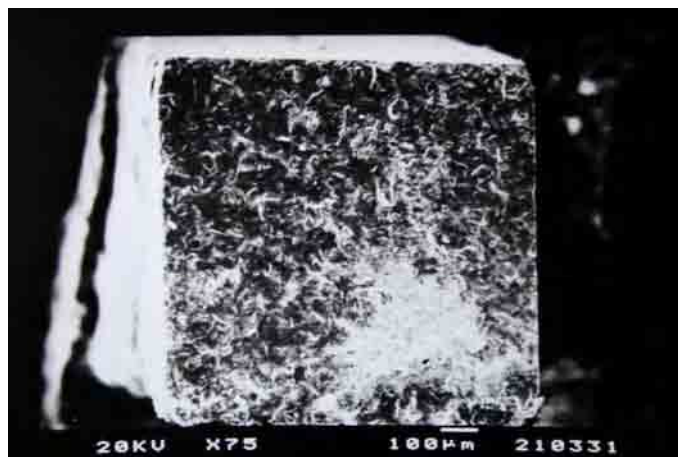


Figura 29: Microscopia eletrônica de varredura de falha coesiva em cimento em cerâmica IPS Empress 2 silicatizada. Aumento de 75x.

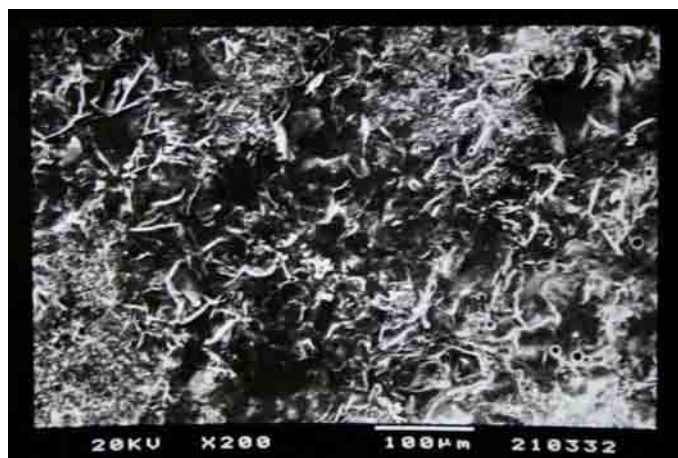


Figura 30: Microscopia eletrônica de varredura de falha coesiva em cimento em cerâmica IPS Empress 2 silicatizada. Aumento de 200x.

## **DISCUSSÃO**

---

---

## 6 Discussão

Indícios de emprego de materiais cerâmicos em restaurações dentais pelo Homem retratam o período das civilizações maias (300-900 dC) e astecas (1200 dC), afirmaram Wildgoose et al. (2004). Atualmente, observa-se um aumento no emprego deste material, em consequência de suas propriedades mecânicas e características estéticas (KATO et al., 1996; SEN et al., 2000; STEWART et al., 2002). Tais características incluem translucidez, fluorescência, estabilidade química, biocompatibilidade, alta força compressiva, dentre outras (SHAHVERDI et al., 1998; ESTAFAN et al., 2000; BORGES et al., 2003).

Desde que o Dr. Charles Land produziu a primeira coroa de cerâmica em 1903, poucos avanços importantes ocorreram, nas cerâmicas odontológicas, até que McLean e Hugles (1965) introduziram a técnica da coroa de jaqueta de cerâmica alumínica. Nesta técnica, um núcleo de cerâmica alumínica era aplicado e queimado sobre uma folha de platina. Sobre este núcleo, cerâmica translúcida era aplicada até que a forma da coroa do dente fosse obtida. A folha de platina era removida, da coroa, após a queima da cerâmica (ANUSAVICE, 1993). A partir de então, ocorreu uma grande evolução dos sistemas cerâmicos, resultando no surgimento de vários sistemas. O marco inicial foi o sistema Dicor, introduzido em 1984.

O emprego, atualmente, de restaurações em cerâmica pura tem aumentado, significativamente, em consequência de sistemas cerâmicos com melhores propriedades mecânicas, evolução dos métodos de tratamento de superfície, desenvolvimento de materiais e técnicas de cimentação. Além disto, como afirmaram Kern e Strub (1998), o emprego de tais restaurações se justifica pela melhoria estética e biocompatibilidade destes sistemas; quando comparado às restaurações metalo-cerâmicas. Borges et al., (2003) salientaram, ainda, que apesar de maior experiência clínica das restaurações metalo-cerâmicas, a presença do metal pode causar diminuição da translucidez das restaurações. As propriedades de cada sistema

podem ser definidas baseando-se na interação do método de fabricação (processamento), composição (tipo de material), e microestrutura (cristal, vidro, ou ambos) afirmou Giordano (1999).

Neste estudo, foram considerados três sistemas cerâmicos com composições e métodos de processamentos distintos: Duceram Plus (Degussa), IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent), e In-Ceram Alumina (Vita). A cerâmica Duceram Plus é uma cerâmica feldspática caracterizada por alto conteúdo de sílica. As cerâmicas feldspáticas foram as primeiras cerâmicas a terem sua técnica aprimorada para a utilização em restaurações dentárias. Empregadas para este fim, há várias décadas. Para a obtenção de tais restaurações, é necessária a duplicação do modelo de gesso, em um material refratário, sobre o qual a restauração será confeccionada na técnica do pincel. Porém, caracterizam-se pela fragilidade, apresentando baixa resistência flexural e à fratura (KERN e STRUB; 1998). Tais propriedades limitam sua indicação clínica para situações, nas quais pequenas cargas são aplicadas sobre as restaurações. Tais materiais somente alcançam propriedades adequadas, para sua utilização no meio oral, após cimentação. Sua longevidade está diretamente relacionada a uma adequada técnica de cimentação. As cerâmicas feldspáticas encontram-se indicadas para restaurações submetidas a menores exigências funcionais e de menores dimensões, como: inlays e facetas laminadas.

A cerâmica IPS Empress 2 representa uma evolução do sistema IPS Empress. A cerâmica IPS Empress é uma cerâmica vítrea reforçada por leucita, que começou a ser comercializada no início da década de 1990. Neste sistema, a restauração é obtida por prensagem, em alta temperatura, de um lingote do material dentro do molde; indicada para inlays, onlays, vellers e coroas anteriores. Os valores de resistência deste material variaram de 95 a 180 MPa (GUAZZATO et al., 2004a). Em 1998, foi comercializada a cerâmica IPS Empress 2 que é uma cerâmica vítrea, reforçada com di-silicato de lítio, que apresenta o

mesmo procedimento laboratorial e exige os mesmos equipamentos usados para o IPS-Empress. A resistência da cerâmica IPS Empress 2 varia de 340 a 400 Mpa. Este sistema é indicado para confecção de elementos unitários e próteses parciais fixas anteriores de até três elementos (GUAZZATO et al., 2004a).

Giordano (1999) realizou uma revisão da literatura sobre os principais sistemas cerâmicos livres de metal e dividiu-os em dois grandes grupos: matriz cerâmica vítrea fundida / prensada e núcleos baseados em alumina. As cerâmicas vítreas fundidas / prensadas consistem de uma matriz vítrea, circundada por uma fase cristalina. Nestes sistemas, o método principal de aumentar a resistência e as propriedades mecânicas é a adição de cristais à fase vítrea. O sistema IPS Empress 2, embora não seja baseado em uma cerâmica feldspática, é considerado cerâmica vítrea fundida / prensada. Melhoria em sua resistência flexural foi alcançada pelo aumento no conteúdo de cristal de 60 a 65% e refinamento do tamanho do cristal. A matriz vítrea consiste de di-silicato de lítio com cristais de di-silicato de lítio micrométricos, entre cristais sub-micrométricos de ortofosfato de lítio. Esta composição cria uma matriz vítrea altamente carregada que é usada como núcleo.

Os núcleos baseados em alumina constituem um grupo de materiais, cujo sistema mais conhecido é o In-Ceram. O sistema In-Ceram consiste em uma família de materiais restauradores cerâmicos livres de metal, que apresentam diferentes translucidez e resistência. São classificados em: spinell, alumina, zircônia (GIORDANO, 2000). O In-Ceram spinell é o mais translúcido de todos e apresenta moderada resistência. O In-Ceram Alumina apresenta translucidez diminuída e alta resistência. Já o In-Ceram zircônio apresenta translucidez muito baixa e resistência muito superior aos sistemas anteriormente citados. O In-Ceram Alumina consiste de uma estrutura de alumina porosa sinterizada, parcialmente, infiltrada com vidros. O In-Ceram Alumina compõe-se de 99,56% de partículas de alumina e o restante corresponde



a vidro infiltrado. Este vidro é um aluminossilicato de lantânio com pequenas quantidades de sódio e cálcio (GUAZZATO et al., 2004a).

Considerando a variedade de sistemas, é importante selecionar um sistema apropriado para cada situação clínica. Apesar de todos estes materiais poderem proporcionar um bom resultado estético, alguns são mais indicados para áreas de grande tensão e outros proporcionam restaurações de maior translucidez. Alguns critérios podem ser usados para selecioná-los, como: estética, resistência, adaptação marginal, biocompatibilidade, custo e facilidade de fabricação. O sistema In-Ceram Alumina tem resistência flexural de, aproximadamente, 450 Mpa; significativamente maior que o da IPS Empress 2 (GIORDANO, 2000).

A união dos materiais cerâmicos aos tecidos dentais representa um dos principais fatores limitantes de sua longevidade. Sua cimentação é decisiva no sucesso clínico do tratamento (BORGES et al., 2003). Dentre os materiais cimentantes disponíveis, podem ser citados o cimento de fosfato de zinco, cimento de ionômero de vidro, e os cimentos resinosos. Apesar da maior complexidade técnica, os cimentos resinosos são os mais indicados para a cimentação de restaurações em cerâmica pura, devido a um conjunto de características favoráveis, como: a adesão micromecânica, diferentes alternativas de cores e opacidades, e principalmente baixa solubilidade aos fluidos bucais (DELLA BONA et al., 2003; EL ZOHAIRY et al., 2003; LOPES et al., 2003; MICHIDA et al., 2003; OLIVEIRA Jr et al., 2003).

A resistência de união alcançada, após a cimentação de uma restauração empregando cimento resinoso, deve ser analisada em função de duas interfaces distintas: cimento-dente e cimento-restauração (PEUMANS et al., 1999; STEWART et al., 2002). A união cimento/dente deve ser estudada considerando o substrato, a quantidade de esmalte, a área e tipo de dentina, a espessura e permeabilidade dentinária, o tipo de tratamento do substrato

dental e a profundidade de preparo (SANO et al., 1994). Já a união cimento-restauração está relacionada a possíveis reações químicas, interações mecânicas do cimento com a restauração e com os tipos de tratamentos superficiais (OLIVEIRA Jr. et al., 2003).

No que se refere ao tratamento de superfície, Awliya et al. (1998) afirmaram que tal procedimento é necessário para se alcançar alta resistência de união. Segundo Kato et al. (2000) e Canay et al. (2001), as superfícies das cerâmicas podem ser preparadas com uma variedade de procedimentos, a fim de se tornarem retentivas mecânica e/ou quimicamente aos substratos. Apesar do emprego do agente silano, a união química ainda é questionada, uma vez que o conceito de união mecânica prevalece entre pesquisadores e clínicos. O condicionamento efetivo da superfície cerâmica é considerado um passo essencial para o sucesso da união da restauração cerâmica (Al EDRIS et al., 1990). Borges et al. (2003) afirmaram que assim como as estruturas dentárias devem ser condicionadas para aumentar a adesão, as superfícies internas das restaurações cerâmicas devem ser preparadas para otimizar a união micro-mecânica entre a cerâmica e o cimento resinoso.

Neste estudo, foram consideradas três formas de tratamento de superfície: jateamento com óxido de alumínio, condicionamento com ácido fluorídrico e silicatização. O primeiro tratamento considerado foi o jateamento com óxido de alumínio, por ser o tratamento mais difundido e de menor custo utilizado atualmente. Segundo estudos de Borges et al. (2003), o jateamento com óxido de alumínio modificou a morfologia de superfície das cerâmicas IPS Empress, IPs Empress 2 e Cergogold; não alterando a superfície das cerâmicas In-Ceram Alumina e In-Ceram Zircônio.

A segunda forma de tratamento avaliada foi o condicionamento, com ácido fluorídrico, da superfície da cerâmica previamente jateada com óxido de alumínio. O condicionamento com ácido fluorídrico cria orifícios, na superfície, pela dissolução preferencial da fase vítrea da cerâmica, através da formação de fluoreto de sílica. Estes devem ser lavados, empregando

ultra-som, favorecendo, assim, a união micromecânica (CANAY et al., 2001, El ZOHAIRY et al., 2003). Tal processo acontece devido à reação do ácido fluorídrico com a sílica, levando a formação de hexafluorsilicatos que são posteriormente removidos, durante a lavagem, com água (BORGES et al. 2003). O condicionamento com ácido fluorídrico, em diferentes concentrações e períodos de tempo, é indicado não somente como tratamento prévio à cimentação, mas também, no tratamento de superfície de restaurações cerâmicas na técnica de reparo. Deve-se salientar, que tal ácido é venenoso, cáustico e extremamente irritante à pele (KAMADA et al., 1998). Jardel et al. (1999a) avaliando a influência de silanização, condicionamento ácido, e condicionamento seguido de silanização, na resistência de união a cerâmicas feldspáticas, constataram que o tratamento de superfície mais efetivo, para tais restaurações cerâmicas, corresponde ao condicionamento seguido de silanização, no qual maiores valores de resistência de união foram obtidos. Madani et al. (2000) relataram que para a cerâmica In-Ceram Alumina, o condicionamento remove limitada quantidade da matriz vítrea presente, não resultando quantidade significativa de características retentivas microscópicas. No ano de 2003, Borges et al., verificaram, através de microscopia eletrônica de varredura, que o condicionamento com ácido fluorídrico 10% criou na superfície do IPS Empress 2 irregularidades, as quais não foram verificadas na superfície do In-Ceram Alumina, In-Ceram Zircônia e Procera. O condicionamento superficial das cerâmicas com alto conteúdo de alumina empregando ácido fluorídrico, se mostra deficiente. Este fato pode ser explicado pelo baixo conteúdo de sílica (menos de 5%) encontrado nestes sistemas, pois sabe-se que tal ácido age diretamente sobre a sílica (BORGES et al., 2003).

A terceira condição proposta neste estudo foi a silicatização da superfície, empregando o sistema Rocatec – 3M/ESPE. Segundo o fabricante, o sistema Rocatec -3M-ESPE foi introduzido, na Alemanha, no ano de 1989. Foi o segundo método, depois do Silicoater (Kulzer), mais empregado para a silicatização. O sistema Rocatec é capaz de cobrir, com uma

camada de sílica, a superfície de metais, resinas e cerâmicas. Suas vantagens, em relação ao outro sistema, são geração da camada de sílica sem a geração macroscópica de calor e sua monitoração visual, quando empregado sobre metal. Este sistema apresenta uma variedade de indicações que incluem reparos em cerâmica, união de dentes cerâmicos a próteses removíveis, união de próteses adesivas, cimentação de coroas e próteses fixas. A silicatização envolve a criação de união química pela aplicação de energia mecânica. Considera-se como uma silicatização a frio, pois a energia mecânica é transferida para o substrato na forma de energia cinética, gerando pequenos pontos de elevadíssimas temperaturas. Entretanto, não eleva a temperatura da superfície preparada. O tratamento da superfície consiste da limpeza por jateamento, com óxido de alumínio de alta pureza 110  $\mu\text{m}$  (Rocatec Pre); seguida da cobertura tribo-química da superfície jateada com óxido de alumínio de alta pureza 110  $\mu\text{m}$ , modificado por sílica (Rocatec plus). Criará, sobre a superfície, uma camada de óxido de sílica. O óxido de sílica é impregnado na superfície, atingindo uma profundidade de até 15 $\mu\text{m}$  e ao mesmo tempo é fundida a superfície em ilhas. O alto nível de energia, criado pela aceleração dos grãos, na velocidade de até 1000 km/h deve-se à geometria da ponta do jateador e à pressão de pelo menos de 2,8 bar. A superfície ainda recebe a aplicação de silano em etanol (3M ESPE Sil). Segundo Kern e Thompson (1994) outra opção de silicatização é o emprego do sistema Silicoater MD. Consiste no jateamento com óxido de alumínio da superfície e recobrimento posterior, com uma camada de sílica associada a óxido crômico, em um forno especial. Estudando os sistemas citados, os autores encontraram, empregando o sistema Rocatec, um aumento no conteúdo de sílica de 4,5 a 19,7% em peso, o qual foi reduzido para 15,8% depois da limpeza com ultra-som. Já o emprego do sistema Silicoater MD implicou em um leve aumento no conteúdo de sílica.

A silanização das superfícies cerâmicas, previamente à cimentação, foi realizada em todos os corpos de prova. O silano desempenha a função de ligação entre a sílica existente na

superfície da cerâmica e a matriz orgânica dos cimentos resinosos (ligações siloxinas). Além de aumentar o molhamento da superfície pelos agentes de união (MICHIDA et al., 2003). As mais novas gerações de sistema silano são compostas de dois ou três soluções: uma é o agente de cobertura, outra é o componente ácido da solução e o terceiro é um solvente. O silano mais comumente usado, em aplicações odontológicas, é o  $\gamma$ -metacriloxipropiltrimetoxisilano ( $\gamma$ -MPTS), cuja escolha se justifica pela compatibilidade do grupo metacrilato a grupos dimetacrilatos presentes nos materiais resinosos (HOOSHMAND et al., 2004). O tratamento térmico ou a catálise ácida aumenta a resistência de união de polímeros à cerâmica tratada com silano, por causa da efetiva iniciação e progressão da formação de ligações siloxanas entre o agente silano e a superfície da cerâmica (AIDA et al., 1995). Além do exposto, trabalhos como os de Chen et al., 1998; Kamada et al., 1998; Shahverdi et al., (1998); Lopes et al., (2003) comparando resistência de união, com tratamentos de superfície com e sem silanização, constataram valores de resistência de união significativamente maiores quando do emprego do agente silano. Della Bona et al., (2003) estudando a influência da silanização e de diferentes condicionadores ácidos, sobre dois sistemas cerâmicos distintos, concluíram que o silano aumenta a resistência de união, independente da composição da cerâmica ou do condicionamento da superfície executada. Ainda em 2003, Oliveira Jr. et al., avaliando a influência da silanização, na resistência de união de resinas laboratoriais com diferentes agentes cimentantes resinosos e variados tratamentos de superfícies, constataram que o agente silano tem influência positiva na resistência adesiva à tração para ambos os agentes cimentantes. Jedyakiewicz e Martin (2001) salientaram que a silanização não é um substituto à união micromecânica da resina a superfície condicionada da cerâmica, mas um modo de fortalecer esta união com uma união química adicional. Matsumura et al., (1997) avaliando a resistência de união ao cisalhamento, de sistemas cerâmicos cimentados com dois diferentes cimentos resinosos e submetidos a diferentes tratamentos de superfície, concluíram que os

valores de união foram, significativamente, aumentados; quando do emprego de um agente silano para todas as condições de teste consideradas.

As cerâmicas não apresentam a resistência última à tração bem definida, sendo tais valores de resistência influenciados por vários fatores, dentre os quais merecem destaque a distribuição de defeitos (imperfeições) e a metodologia do teste. (GUAZZATO et al., 2004a). Metodologias diversas estão disponíveis para a avaliação da resistência de união adesiva entre diferentes substratos, uma vez que não há ainda um teste de união universalmente aceito; apesar do grande número de pesquisas nas últimas décadas (DELLA BONA e Van NOORT, 1995). O teste de cisalhamento é a metodologia mais empregada para esta análise, pois apresenta maiores valores que os obtidos nos teste de tração e também por que são considerados mais representativos das condições clínicas (CARDOSO et al., 1998). Porém, segundo Phrukkanon et al., (1998b); El Zohairy et al., (2003) os testes de cisalhamento demonstram, freqüentemente, falhas coesivas tanto na restauração quanto na estrutura dentária. Falham em determinar a verdadeira resistência adesiva do material. Segundo Della Bona e Van Noort (1995); El Zohairy et al. (2003), os testes de tração promovem mais falhas adesivas, que podem favorecer à avaliação da resistência de união correta. Os resultados dos testes de tração são, fortemente, influenciados pela geometria do corpo de prova e pela ocorrência de distribuição de tensões não uniforme durante a aplicação da carga, afirmaram Van Noort et al., (1991). Desta forma, em consequência de suas limitações, novas metodologias estão sendo atualmente preferidas, dentre as quais merece destaque o teste de microtração.

O teste de microtração foi proposto por Sano et al. (1994) e consiste na aplicação de uma carga de tração pura, em uma de área de secção muito reduzida da interface de união do substrato dental a um material adesivo de interesse (GORACCI et al., 2004). Tal metodologia apresenta inúmeras vantagens como: maior índice da falhas adesivas, possibilidade de medir a

resistência de união em pequena área de substrato dentário, menor número de corpos de prova, permite mapear a resistência de união em diferentes regiões e ou profundidades do dente (SANO et al., 1994; PHRUKKANON et al., 1998a). Exige menor número de dentes e representa uma considerável economia de material para a execução do estudo. No que se refere ao índice de falhas, Gomes e Porto (2001) empregando o teste de microtração, para avaliar restaurações indiretas em cerâmica e cerômeros, encontraram um índice de falhas adesivas de 93,37%. Como principais desvantagens desta metodologia, destacam-se técnicas muito trabalhosas, dificuldade de medir resistência de união inferior a 5 MPa, necessidade de equipamento especial e amostras muito sensíveis à desidratação; devido as suas pequenas dimensões (SANO et al., 1994). O teste de microtração é baseado na teoria de defeitos de Griffith. Ela que determina que a resistência à tração de materiais frágeis diminui com o aumento da área de secção transversal do corpo de prova, uma vez que espécimes maiores apresentam um maior número de defeitos internos que espécimes menores. Desta forma, quando um espécime é carregado, ocorre a concentração de tensões nos defeitos e inicia a propagação de trinca. Segundo Sano et al. (1994), as superfícies adesivas são microscopicamente não uniformes, já que apresentam bolhas de ar, separação de fases, rugosidade de superfícies e uma espessura de cimento variável, a qual contribue para uma distribuição de tensões não uniforme. Tais informações justificam a preferência dada ao emprego do teste de microtração, na pesquisa de adesão, em trabalhos mais recentes.

A termociclagem dos corpos de prova não foi realizada após a cimentação, sendo os mesmos armazenados em soro fisiológico a 37 °C, por 24 horas, antes da obtenção dos espécimes. Tal conduta é observada em estudos prévios, com tempos de armazenagem distintos, incluindo 24 horas (SANO et al., 1994; CARDOSO et al., 1998; CHEN et al, 1998; OGATA et al. 2001; El ZOHAIKY et al., 2003; FOXTON et al., 2003; MICHIDA et al. 2003; OZTURK e AYKENT, 2003; El ZOHAIKY et al., 2004; GORACCI et al., 2004; SADEK et

al., 2004), 48 horas (PHRUKKANON et al., 1998b; GOMES e PORTO, 2001), 7 dias (LOPES et al., 2003; MICHIDA et al., 2003), 30 dias (DELLA BONA et al., 2003).

Quanto aos espécimes, preferiu-se trabalhar com formato retangular em detrimento de espécimes na forma de ampulheta, pois segundo Phrukkanon et al. (1998a) não há diferença significativa nos resultados, quando se utiliza amostra cilíndrica ou retangular, para a mesma condição testada. Por outro lado, Goracci et al., (2004); Sadek et al., (2004) comparando a influência da forma do espécime (palito ou ampulheta), na resistência de união, constataram que maiores valores de resistência de união foram encontrados ao se empregar espécimes na forma de palitos. Verificou-se, através de microscopia eletrônica de varredura, que espécimes na forma de ampulheta apresentaram uma linha de fratura, na área de ação da ponta diamantada, antes mesmo de serem submetidos ao carregamento. Quanto à dimensão dos espécimes, foi estabelecida uma área adesiva de  $1,44 \text{ mm}^2 \pm 0,01 \text{ mm}^2$ , também empregada por Ozturk e Aykent (2003). Esta dimensão foi determinada, baseando-se em trabalhos, os quais sugerem que a espessura dos espécimes não deve exceder  $1,5 \text{ mm}^2$  e não ser menor que  $0,5 \text{ mm}^2$  (Pashley et al., 1995, Bouillaguet et al., 2001). Esta dimensão contraria a proposta inicialmente por Sano et al., (1994) que variava de 1,6 a  $1,8 \text{ mm}^2$ . Embora se deva dar preferência em trabalhar com espécimes de menor área adesiva, Phrukkanon et al., 1998<sup>a</sup>, trabalhando com corpos de prova cerâmicos de 1,1 e  $1,5 \text{ mm}^2$ , relataram que a área de secção de  $1,5 \text{ mm}^2$  foi escolhida por apresentar resultados quase idênticos aos espécimes de  $1,1 \text{ mm}^2$ , e proporcionar uma menor porcentagem de perda de espécimes durante a obtenção dos corpos de prova. O autor ainda salienta que a falha de espécimes, durante a sua obtenção, pode resultar somente em espécimes, que exibirão altas resistências de união ao serem testados, implicando em resultados mais elevados (PHRUKKANON et al., 1998ab).

Variação na velocidade de carregamento é observada na literatura, sendo em nosso estudo a carga aplicada na velocidade de  $0,5 \text{ mm} / \text{min}$ , como nos trabalhos de Cardoso et al.,



1998; Chen et al., 1998; Gomes e Porto, 2001; Della Bona et al., 2003; Lopes et al., 2003; Michida et al., 2003; Goracci et al., 2004; Sadek et al., 2004. Tal velocidade é menor que a aplicada por Sano et al., 1994; Phrukkanon et al., 1998a; Ogata et al., 2001; Ozcan et al., 2001; El Zohairy et al., 2003, 2004; Foxton et al., 2003; Ozturk e Aykent, 2003 que empregaram uma velocidade de carregamento de 1,0 mm/min e a aplicada por Van Noort et al., 1991 que utilizaram a velocidade de 2,0 mm/min. O emprego de uma menor velocidade de carregamento está relacionado a uma melhor dissipação das tensões durante o carregamento.

A cerâmica feldspática Duceram Plus – Degussa foi empregada como controle, uma vez que o processo de união das cerâmicas feldspáticas, empregando cimentos resinosos, está bem estabelecido (MICHIDA et al., 2003). Os resultados obtidos mostraram diferença significativa na resistência de união para os diferentes tratamentos de superfície (Tabela 2). De acordo com a Tabela 3, a resistência de união alcançada, empregando o condicionamento com ácido fluorídrico (18,71 MPa), foi significativamente maior que a obtida com as outras formas de tratamento. Constatou-se que a resistência de união alcançada, através da silicatização (9,99 MPa) foi significativamente maior que a obtida por jateamento com óxido de alumínio (4,54 MPa). Os resultados encontrados estão de acordo com os achados de Stewart et al. (2002), que ao avaliar a influência de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união ao cisalhamento à dentina, encontraram valores de resistência de união significativamente maiores; quando do emprego do condicionamento com ácido fluorídrico seguido de silano. Empregando teste de cisalhamento, Shahverdi et al. (1998) também encontraram maiores valores de resistência de união quando ácido fluorídrico e silano foram empregados em comparação ao jateamento e silano. Por outro lado, Jedyakiewicz e Martin (2001) avaliando a resistência de união de blocos de cerâmica feldspáticas maquinados condicionados com ácido fluorídrico ou silicatizados, não observaram diferença nos valores de união; contrariando nossos achados. Borges et al. (2003) avaliando alterações morfológicas na

superfície de cerâmicas feldspáticas condicionadas com ácido fluorídrico, constataram que este condicionamento implicou em alteração na superfície, criando uma topografia similar à colméia de abelhas. Esta alteração pode ser explicada, pela reação química do ácido fluorídrico com a sílica da cerâmica feldspática, para formar hexafluorsilicatos. Estes silicatos são removidos com lavagem, resultando em uma superfície de colméia de abelha, ideal para retenção micro-mecânica, justificando os resultados obtidos neste estudo.

Os resultados encontrados, para a cerâmica IPS Empress 2 – Ivoclar-Vivadent, mostraram não haver diferença significativa na resistência de união para os diferentes tratamentos de superfície (Tabela 4). De acordo com a Tabela 5, os maiores valores de resistência de união estavam associados ao tratamento; empregando silicatização (16,76 MPa), condicionamento com ácido fluorídrico (16,05 MPa), seguido jateamento com óxido de alumínio (14,03 MPa). Não foi observada diferença significativa entre os resultados. Os valores de resistência de união, relativamente elevados para os corpos de provas, podem ser explicados pela passividade aos tratamentos de superfície, apresentada por este sistema cerâmico. Verifica-se nos achados de Borges et al. (2003), que o jateamento com óxido de alumínio alterou a superfície IPS Empress, IPS Empress 2 e Cergogold, aumentando o número de depressões na superfície. Quando a superfície do IPS Empress 2 foi tratada com o ácido, cristais alongados e irregularidades rasas foram claramente observados. O IPS Empress 2 apresenta uma fase principal cristalina formada por cristais alongados de di-silicato de lítio e uma segunda fase composta de ortofosfato de lítio. A matriz vítrea envolve ambas as fases cristalinas. O ácido fluorídrico pode remover a matriz vítrea e a segunda fase cristalina, criando irregularidades entre os cristais de di-silicato de lítio, proporciona maior embricamento mecânico (BORGES et al., 2003).

Para o sistema cerâmico In-Ceram – Vita, a resistência de união apresentou diferença significativa para os diferentes tratamentos de superfície (Tabela 6). Maiores valores de

resistência de união foram associados à silicatização (12,03 MPa); significativamente maior que as outras duas condições testadas, conforme pode ser observado na Tabela 7. Diferença não significativa foi constatada, comparando os resultados do emprego de jateamento com óxido de alumínio (9,03 MPa) e condicionamento com ácido fluorídrico (8,53 MPa). Os resultados encontrados confirmam os achados de Michida et al. (2003). Mostraram maiores valores de resistência de união à cerâmica In-Ceram, quando do emprego de tratamentos de superfície, que proporcionam a deposição de sílica na superfície. Considerando a resistência ao cisalhamento, Ozcan et al., 2001, constataram que a silicatização da superfície de restaurações em In-Ceram, cimentadas com Panavia, proporcionou os maiores valores de resistência de união (21,54 MPa), seguido pelo jateamento (12,9 MPa) e condicionamento com ácido fluorídrico (5,5 MPa). Ozcan et al., 2001 ainda salientaram que os efeitos do condicionamento e jateamento, na resistência de união ao In-Ceram, são contrários aos resultados sobre cerâmicas feldspáticas; o que foi também verificado em nosso estudo. Baixos valores, associados ao condicionamento, se devem ao ácido fluorídrico não criar microretenções na superfície do In-Ceram devido ao alto conteúdo de alumina presente. Blixt et al., 2000 trabalhando com a cerâmica Procera, que também apresenta elevado conteúdo de alumina, constataram que a resistência de união, entre os cimentos resinosos e cerâmica com alto conteúdo de alumina, é significativamente aumentada; quando a superfície da cerâmica é silicatizada (36,2 MPa). Os valores de resistência foram superiores aos obtidos, quando a superfície da cerâmica foi jateada com óxido de alumínio (1,6 MPa). Os achados de Madani et al. (2000) confirmaram os resultados obtidos neste estudo. A resistência de união do In-Ceram é maior, quando do jateamento (22,35 MPa), em comparação ao condicionamento com ácido fluorídrico nas concentrações de 9,5% (14,65 MPa) e 5,0% (18,03 MPa). Trabalhando com o sistema Procera, Awliya et al. (1998) encontraram valores de resistência significativamente superiores, com o emprego de jateamento (11,99 MPa) em detrimento do condicionamento

com ácido fluorídrico (5,38 MPa). Parcialmente, contaria nossos achados, nos quais diferença não significativa foi constatada, quando os tratamentos citados foram realizados. Nossos resultados são corroborados por Kern e Strub (1998) os quais afirmaram que o condicionamento com ácido fluorídrico, associado à aplicação de silano, aumentou a resistência de união para cerâmicas com alto conteúdo de sílica, como as cerâmicas feldspáticas; não melhorando a união de compósitos a cerâmicas com alto conteúdo de alumina. Entretanto, a silicatização de tais cerâmicas aumenta o conteúdo de sílica da superfície (Kern e Thompson, 1994). Forma-se uma camada de sílica passível de interação com o agente silano e proporcionando uma união mais resistente e duradoura. Efetiva união à cerâmica In-Ceram silicatizada é verificada em um estudo clínico realizado por Kern e Strub (1998). Nele, a taxa de sucesso das restaurações foi de 94,1% depois de 5 anos. Borges et al., (2003) constataram que o jateamento com óxido de alumínio, dos sistemas In-Ceram Alumina e In-Ceram Zircônia, gerou, na superfície, irregularidades mais rasas que as superfícies controle das outras cerâmicas; devido ao alto conteúdo de alumina presente nestas cerâmicas e ao vidro infiltrado na estrutura. Os cristais de óxido de alumínio, usados para abrasionar, têm dureza similar aos cristais de óxido de alumínio encontrados na estrutura da cerâmica. Os autores ainda relataram que o jateamento da cerâmica Procera, também com alto conteúdo de alumina, causou aplainamento dos cristais de alumina. Considerando o condicionamento com ácido fluorídrico para as cerâmicas In-Ceram Alumina e In-Ceram Zircônia, nas quais a alumina ( $Al_2O_3$ ) representa 85% e 67% do peso respectivamente, nenhuma alteração foi constatada. Ambas estruturas são infiltradas por vidro de lantano-alumínio-silicato contendo menos de 5% de sílica do peso. Como a fase sílica é a única fase que pode ser condicionada pelo ácido fluorídrico, o processo condicionador foi ineficiente (BORGES et al., 2003). Pesquisas laboratoriais têm mostrado que jateamento com óxido de alumínio e/ou condicionamento com ácido fluorídrico, seguidos de silanização, aumentam a resistência de

união da resina as cerâmicas que apresentam sílica, não proporcionam resistência duradoura a cerâmicas aluminizadas ou infiltradas por vidro. Entretanto, a silicatização da superfície das cerâmicas aluminizadas constitui uma possibilidade de tratamento de superfície, pois induz à formação de uma camada de sílica superficial, a qual o agente silano pode se unir. (Kern e Thompson, 1994). Jedynakiewicz e Martin (2001), estudando a influência de tratamentos de superfície, na resistência de união de vidros cerâmicos, constataram que a resistência pode ser aumentada pela aplicação de uma camada de óxido de silício; em detrimento de se empregar o condicionamento ácido.

A longevidade clínica das restaurações cerâmicas é afetada por vários fatores como manuseio, forma da restauração, fadiga e a técnica de cimentação (GUAZZATO et al., 2004a). Dentro da técnica de cimentação, o adequado tratamento de superfície interna da restauração é fator de grande importância. Enquanto o jateamento com óxido de alumínio e condicionamento com ácido fluorídrico objetiva aumentar a resistência de união, através da criação de micro retenção e maior união mecânica, a silicatização tem por objetivo principal a deposição de sílica e uma maior união química; embora se verifique também a criação de micro retenções. Os resultados obtidos sugerem aos profissionais realizar tratamentos de superfícies das restaurações cerâmicas previamente à cimentação. Entretanto, o tratamento de superfície selecionado deve ser o mais apropriado para cada tipo de material cerâmico empregado. Tais afirmações podem ser facilmente verificadas nos resultados encontrados neste estudo, e refletem a influência de fatores como a composição e técnica de processamento dos materiais, no grau de passividade, aos tratamentos de superfície propostos.

**CONCLUSÃO**

---

---

## 7 CONCLUSÃO

Considerando a metodologia empregada e os resultados obtidos, concluiu-se:

- tratamentos distintos devem ser realizados, a fim de maximizar os valores de resistência de união; quando se emprega diferentes sistemas cerâmicos;
- para a cerâmica Feldspática Duceram Plus, maiores valores de resistência de união estão associados ao emprego do jateamento, seguido por condicionamento com ácido fluorídrico;
- para as cerâmica IPS Empress 2, a resistência de união foi semelhante para os diferentes tratamentos de superfície;
- para a cerâmica In-Ceram Alumina, maiores valores de resistência de união estão associados ao emprego da silicatização.

## **REFERÊNCIAS**

---

---



## 8 Referências \*

ALVAREZ-FERNANDEZ, M. A.; PENA-LOPEZ, J. M.; GONZALEZ-GONZALEZ, I. R.; OLAY-GARCIA, M. S. Características generales y propiedades de lãs cerâmicas sin metal. **Riverside County Office of Education**, Riverside, v. 8, n. 5, p. 525-546, 2003.

AIDA, M.; HAYAKAWA, T.; MIZUKAWA, K. Adhesion of composite to porcelain with various surface treatments. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 73, n. 5, p. 464 – 470, 1995.

ANUSAVICE, K. J. Recent developments in restorative dental ceramics. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 124, n. 2, p. 72 – 78, 1993.

ANUSAVICE, K. J.; DEHOFF, P. H.; FAIRHURST, C. W. Comparative evaluation of ceramic-metal bond tests using finite element stress analysis. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 59, n. 3, p. 608-613, 1980.

AWLIYA, W.; ODEN, A.; YAMAN, P.; DENNINSON, J. B.; RAZZOOG, M. E. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high-purity alumina with various surface conditions. **Acta Odontol. Scand.**, Stockholm, v. 56, n. 1, p. 9-13, 1998.

BAILEY, L. F.; BENNETT, R. J. Dicor surface treatments for enhanced bonding. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 67, n. 6, p. 925- 931, 1988.

---

\* ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

BLIXT, M.; ADAMCZAK, E.; LINDEN, L.-A.; ODEN, A.; ARVIDSON, K. Bonding to densely sintered alumina surfaces: effects of sandblasting and silica coating on shear bond strength of luting cements. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v. 13, n. 3, p. 221-226, 2000.

BORGES, G. A.; SOPHR, A. M.; GOES, M. F.; CORRER SOBRINHO, L.; CHAN, D. C. N. Effects of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 89, n. 5, p. 479 – 488, 2003.

BOUILLAGUET, S.; CIUCCHI, B.; JACOBY, T.; WATAHA, J. C.; PASHLEY, D. Bonding characteristics to dentin walls of class II cavities, in vitro. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v 17, n. 5, p. 316-321, 2001.

BUONOCORE, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 34, n. 6, p. 849- 853, 1955.

CANAY, S.; HERSEK, N.; ERTAN, A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 28, n.1, p. 95-101, 2001.

CARDOSO, P. E. C.; BRAGA, R. R.; CARRILHO, M. R. O. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 14, n. 6, p. 394- 398, 1998.

CHEN, J. H.; MATSUMURA, H.; ATSUTA, M. Effect of etchant, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. **Oper. Dent.**, Seattle, v, 23, n. 5, p. 250-257, 1998.

DELLA BONA, A.; Van NOORT, R. Shear vs tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 74, n. 9, p. 1591-1596, 1995.

DELLA BONA, A.; ANUSAVICE, K. J.; MECHOLSKY, Jr. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 19, n. 8, p. 693-699, 2003.

Al EDRIS, A.; JABR, A. A.; COOLEY, R. L.; BARGUI, N. SEM evaluation of etch patterns by three etchants on three porcelains. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 64, n.6, p. 734 – 739, 1990.

El ZOHAIRY, A. A.; De GEE, A. J.; MOHSEN, M. M.; FEILZER, A. J. Microtensile bond strength of luting cements to prefabricated CAD/CAM ceramic and composite blocks. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 19, n. 7, p. 575-583, 2003.

El ZOHAIRY, A. A.; De GEE, A. J.; MOHSEN, M. M.; FEILZER, A. J. The effect of adhesives with various degrees of hydrophilicity on resin ceramic bond durability . **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 20, n. 8, p. 778-787, 2004.

ESTAFAN, D.; MARTIN, K. U.; DUSSETSCHLEGER, F.; ESTAFAN, A. Morphological effects of surface treatments on ceramic restorative materials. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 13, n. 1, p. 35-38, 2000.

FOXTON, R. M.; NAKAJIMA, M.; HIRAISHI, N.; KITASAKO, Y.; TAGAMI, J.; NOMURA, S.; MIURA, H. Relationship between ceramic primer and ceramic surface pH on the bonding of dual-cure resin cement to ceramic. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 19, n. 8, p. 779-789, 2003.

GIORDANO, R. A comparison of all-ceramic restorative systems: part 1. **Gen. Dent.**, Chicago, v. 47, n. 6, p. 566-570, 1999.

GIORDANO, R. A. comparison of all-ceramic restorative systems: part 2. **Gen. Dent.**, Chicago, v. 48, n. 1, p. 38-45, 2000.

GOMES, J. C.; PORTO, C. L. A. Análise in vitro do efeito dos sistemas adesivos e materiais restauradores, cerâmica e cerômero, na resistência adesiva com o substrato dentinário, através do teste de microtração. **Rev. ABO Nac.**, São Paulo, v. 9, n. 1 p. 48-53, 2001.

GORACCI, C.; SADEK, F. T.; MONTICELLI, F.; CARDOSO, P. E. C.; FERRARI, M. Influence of substrate, shape, and thickness on microtensile specimens structural integrity and their measured bond strengths. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 20, n. 7, p. 643-654, 2004.

GUAZZATO, M.; ALBAKRY, M.; RINGER, S. P.; SWAIN, M. V. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 20, n. 5, p. 441-448, 2004a.

GUAZZATO, M.; ALBAKRY, M.; RINGER, S. P.; SWAIN, M. V. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 20, n. 5, p. 449-456, 2004b.

HOOSHMAND, T.; VAN NOORT, R.; KESHVAD, A. Storage effect of a pre-activated silane on the resin to ceramic bond. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 20, n. 7, p. 635- 642, 2004.

HUMMEL, M.; KERN, M. Durability of the resin bond strength to the alumina ceramic Procera. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 20, n. 5, p. 498-508, 2004.

JARDEL, V.; DEGRANGE, M.; PICARD, B.; DERRIEN, G. Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v. 12, n. 1, p. 59- 64, 1999a.

JARDEL, V.; DEGRANGE, M.; PICARD, B.; DERRIEN, G. Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v. 12, n. 5, p. 415-418, 1999b.

JEDYNAKIEWICZ, N. M.; MARTIN, N. The effect of surface coating on the bond strength of machinable ceramics. **Biomaterials**, Guilford, v. 22, n. 7, p. 749-752, 2001.

KAMADA, K.; YOSHIDA, K.; ATSUTA, M. Effect of ceramic surface on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 79, n. 5, p. 508-513, 1998.

KATO, H.; MATSUMURA, H.; ATSUTA, M. Effects of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 27, n. 2, p. 103-110, 2000.

KATO, H.; MATSUMURA, H.; TANAKA, T.; ATSUTA, M. Bond Strength and durability of porcelain bonding systems. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 75, n. 2, p. 163-168, 1996.

KERN, M.; STRUB, J. R. Bonding to alumina ceramic in restorative dentistry: clinical results over up to 5 years. **J. Dent.**, Bristol, v. 26, n. 3, p. 245-249, 1998.

KERN, M.; THOMPSON, V. P. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 71, n. 5, p. 453-461, 1994.

LOPES, A. G.; LEITE, F. P. P.; VALANDRO, L. F.; SIQUEIRA, L. O.; PIMENTA, L. A. F.; NEISSER, M. P. Resistência à microtração entre uma cerâmica hidrotérmica, silanizada ou não, aderida a uma resina composta por um cimento resinoso. **Cienc. Odontol. Bras.**, São José dos Campos, v. 6, n. 2, p. 80-87, 2003.

McLEAN, J. W.; HUGLES, T. H. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. **Br. Dent. J.**, London, v. 19, n. 6, p. 251-267, 1965.

MADANI, M.; CHU, F. C. S.; Mc DONALD, A. V.; SMALES, R. J. Effects of surface treatments in shear bond strengths between a resin cement and an alumina core. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 83, n. 6, p. 644-647, 2000.

MATSUMURA, H.; KATO, H.; ATSUTA, M. Shear bond strength to feldspathic porcelain of two luting cements in combination with three surface treatments. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 78, n. 5, p. 511-517, 1997.

MICHIDA, S. M. A.; VALANDRO, L. F.; YOSHIGA, S.; ANDREATTA FILHO, O. D.; BALDUCCI, I.; BOTTINO, M. A. Efeito do tratamento de superfície de uma cerâmica aluminizada infiltrada de vidro sobre a resistência à microtração. **J. Appl. Oral Sci.**, Bauru, v. 11, n. 4, p. 361-366, 2003.

OGATA, M.; OKUDA, M.; NAKAJIMA, M.; PEREIRA, P. N. R.; SANO, H.; TAGAMI, J. Influence of the direction of tubules on bond strength to dentin. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 26, n. 1, p. 27-35, 2001.

OLIVEIRA Jr., O. B.; SUSIN, A. H.; VAZ, L. G.; DUARTE Jr., S. L. L. Avaliação da resistência adesiva à tração de dois cimentos resinosos utilizados na cimentação de resina composta indireta submetida à diferentes tratamentos. **Rev. ABO Nac.**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 218-222, 2003.

OZCAN, M.; ALKUMRU, H. N.; GEMALMAZ, D. The effect of surface treatment on the shear strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v. 14, n. 4, p. 335-339, 2001.

OZTURK, N.; AYKENT, F. Dentin bond strengths of two ceramic inlay systems after cementation with three different techniques and one bonding system. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 89, n. 3, p. 275-281, 2003.

PASHLEY, D. H.; SANO, H.; CIUCCHI, B.; YOSHIAMA, M.; CARVALHO, R. M. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 11, n. 2, p. 117-125, 1995.

PEUMANS, M.; Van MEERBEEK, B.; YOSHIDA, Y.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G. Porcelain veneers bonded to tooth structure: an ultra-morphological FE-SEM examination of the adhesive surface. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 15, n. 2, p. 105-119, 1999.

PHRUKKANON, S.; BURROW, M. F.; TYAS, M. J. Effects of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 14, n. 2, p. 120-128, 1998a.

PHRUKKANON, S.; BURROW, M. F.; TYAS, M. J. The influence of cross-sectional shape and surface area on the micro-tensile bond test. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 14, n. 3, p. 212-221, 1998b.

ROULET, J. F.; SODERHOLM, K. J.; LONGMATE, J. Effects of surface treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 74, n. 1, p. 381-387, 1995.



SADEK, F. T.; GORACI, C.; MONTICELLI, F.; CARDOSO, P. E. C. Influência da geometria dos espécimes em dentina e esmalte no teste de microtração: análise de resistência de união e microscopia eletrônica de varredura. **Revista Ibero-americana de Odontologia Estética e Dentística**, Curitiba, v. 3, p. 81-93, 2004.

SANO, H.; TAKATSU, T.; CIUCCHI, B.; RUSSELL, C. M.; PASHLEY, D. H. Tensile properties of resin-infiltrated desmineralized human dentin. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 74, n. 4, p. 1093-1102, 1995.

SANO, H.; SHONO, Y.; SONODA, H.; TAKATSU, T.; CIUCCHI, B.; CARVALHO, R.; PASHLEY, D. H. Relationship between surfaces area for adhesion and tensile bond strength – evaluation of a micro-tensile bond teste. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 10, n. 4 p. 236-240, 1994.

SEN, D.; POYRAZOGLU, E.; TUNCELLI, B.; GOLLER, G. Shear bond strength of resin luting cement to glass-infiltrated porous aluminum oxide cores. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 83, n. 3, p. 210- 215, 2000.

SHAHVERDI, S.; CANAY, S.; SAHIN, E.; BILGE, A. Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 25, n. 9, p. 699-705, 1998.

SZEP, S.; GERHARDT, T.; GOCKEL, H.-W.; RUPPEL, M.; METZELTIN, D.; HEIDEMANN, D. In vitro dentinal surface reaction of 9,5 % buffered hydrofluoric acid in repair of ceramic restorations: a scanning electron microscopic. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 83, n. 6, p. 668-674, 2000.

STEWART, G. P.; JAIN, P.; HODGES, J. Shear bond strength of resin cements to both ceramic and dentin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 88, n. 3, p. 277-84, 2002.

THURMOND, J. W.; BARKMEIER, W. W.; WILWERDING, T. M. Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 72, n. 4, p. 355-359, 1994.

VAN NOORT, R.; CARDEW, G.; HOWARD, I. C.; NOROOZI, S. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 70, n. 5, p. 889-893, 1991.

VAN NOORT, R.; NOROOZI, S.; HOWARD, I. C.; CARDEW, G. A critical of bond strength measurements. **J. Dent.**, Bristol, v. 12, n. 2, p. 61-67, 1989.

VERSLUIS, A.; TANTBIROJN, D.; DOUGLAS, W. H. Why do shear bond tests pull out dentin? **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 76, n. 6, p. 1298- 1307, 1997.

WILDGOOSE, D. G.; JOHNSON, A.; WINSTANLEY, R. B. Glass/ceramic/refractory techniques, their development and introduction into dentistry: a history literature review. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 91, n. 2, p. 136-143, 2004.

## **APÊNDICES**

---

---

Apêndice A

Aprovação do comitê de ética

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA " JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA



Comitê de Ética em Pesquisa



# Certificado

**Certificamos** que o projeto de pesquisa intitulado "**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DE SISTEMAS CERÂMICOS NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO ADESIVA A DENTINA – ESTUDO PELO ENSAIO DE MICROTRAÇÃO**", sob o protocolo nº 58/04, de responsabilidade do Pesquisador (a) **WALISON ARTURO VASCONCELLOS**, está de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/96, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa-FOAr, com validade de 01 (um) ano, quando será avaliado o relatório final da pesquisa.

**Certify** that the research project titled "**INFLUENCE OF SURFACE TREATMENT OF CERAMIC SYSTEMS IN THE ADHESIVE RESISTANCE OF UNION THE DENTINE – STUDY FOR TEST OF MICROTENSION**", protocol number 58/04, under Dr **WALISON ARTURO VASCONCELLOS** responsibility, is under the terms of Conselho Nacional de Saúde/MS resolution # 196/96, published on May 10, 1996. This research has been approved by Research Ethic Committee, FOAr-UNESP. Approval is granted for 01 (one) year when the final review of this study will occur.

Araraquara, 01 de setembro de 2004.

Profª Drª *Mirian Aparecida Onofre*  
Coordenadora

## Apêndice B

Quadro 2- Composição dos materiais cerâmicos empregados.

Material	Fabricante	Composição
Duceram Plus	Degussa Dental, Hanau, Germany	SiO <sub>2</sub> (43-74%), Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (7-19%), K <sub>2</sub> O (5-16%), Na <sub>2</sub> O (2-17%), CaO (0-2%), outros óxidos (0 - 1%).
IPS Empress 2	Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein	SiO <sub>2</sub> (57-80%), Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0-5%), La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0,1-6%), MgO (0 – 5%), ZnO (0 – 8%), K <sub>2</sub> O (0-13%) , Li <sub>2</sub> O (11-19 %), P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (0 – 11%)
In-Ceram	Vita Zahnfabrik, Seefeld, Germany	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (82%), La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (12%), SiO <sub>2</sub> (4,5%), CaO (0,8), outros óxidos (0,7%)

## Apêndice C

Quadro 3- Materiais, componentes básicos, fabricantes, lote e data de vencimento dos produtos utilizados.

Materiais	Componentes básicos	Fabricantes	Lote	Data de vencimento
Acido fluorídrico	Ácido fluorídrico a 10%	Dentsply	112824	09/2005
Silano	Silano, etanol, ácido acético	Dentsply	235100	10/2006
Panávia F	Monômero fosfato, MDP, dimetacrilatos, sílica	Kuraray Medical Inc.	51173	03/2006
Primer ED	Monômero fosfato, MDP, HEMA, dimetacrilatos	Kuraray Medical Inc.	51173	03/2006

## Apêndice D

Tabela 15- Valores de resistência de união individuais dos espécimes (em MPa) segundo os grupos.

<b>GRUPOS / ESPÉCIMES</b>	<b>IA</b>	<b>IB</b>	<b>IC</b>	<b>IIA</b>	<b>IIB</b>	<b>IIC</b>	<b>IIIA</b>	<b>IIIB</b>	<b>IIIC</b>
1	7.54	6.30	9.25	7.75	21.69	16.11	5.29	11.07	10.14
2	7.01	21.16	12.62	7.74	22.26	16.62	7.88	3.83	9.15
3	4.51	17.32	10.02	13.6	17.78	19.60	6.68	9.75	18.70
4	4.82	14.99	5.6	6.93	16.30	16.66	11.4	9.19	14.22
5	3.40	13.58	5.14	7.87	15.33	27.01	11.85	5.12	14.42
6	1.51	7.05	8.64	12.89	19.23	23.36	8.20	11.05	15.13
7	3.61	28.09	3.34	11.84	15.27	17.89	6.52	5.56	13.34
8	3.63	17.75	5.96	11.50	24.88	16.75	5.97	9.79	11.59
9	6.94	23.36	6.21	9.22	18.38	27.47	6.50	19.44	6.46
10	3.04	12.99	11.37	16.63	11.40	21.35	11.48	16.74	7.17
11	4.47	19.3	15.37	13.75	15.45	12.24	5.35	3.81	6.20
12	4.69	19.62	9.79	27.26	11.98	12.92	14.25	10.15	7.43
13	9.59	24.62	12.45	15.74	15.13	10.65	5.70	3.47	15.13
14	3.67	15.48	11.35	18.36	13.21	14.92	10.66	7.85	15.31
15	3.67	27.40	14.08	15.97	18.95	14.55	14.19	8.29	12.45
16	0.36	24.15	11.16	18.38	18.38	10.6	9.53	4.57	16.86
17	6.50	15.15	13.59	19.15	10.97	12.99	10.71	5.93	15.17
18	5.54	19.34	11.59	24.13	12.64	10.04	10.28	11.33	12.90
19	4.85	29.35	12.61	11.81	14.98	21.29	5.54	5.49	7.84
20	1.40	17.2	9.61	10.09	6.74	12.17	12.62	8.14	11.03

---

---

**RESUMO**



VASCONCELLOS, W. A. **Análise da influência de diferentes tratamentos superficiais de sistemas cerâmicos na resistência de união adesiva.** 132 f. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2005.

#### Resumo

A cimentação é vital para o sucesso clínico de restaurações cerâmicas puras e é dependente de muitos fatores como a composição dos materiais cerâmicos, tratamento de superfície, e agente cimentante. O objetivo deste estudo foi investigar a influência de diferentes tratamentos superficiais (microjateamento, microjateamento + condicionamento com ácido fluorídrico e silicatização) de diferentes materiais cerâmicos (Duceram Plus - Degussa, IPS Empress 2 - Ivoclar Vivadent, In-Ceram Alumina – Vita) na resistência de união adesiva, usando o teste de microtração. Dezoito terceiros molares humanos superiores recém extraídos foram usados. Os dentes foram limpos e mantidos em solução salina com timol a 0.2% em temperatura ambiente. A superfície oclusal foi cortada perpendicular ao longo eixo do dente com disco diamantado em baixa rotação em máquina de corte. Os dentes foram aleatoriamente divididos em três grupos (n=6) da seguinte forma: Grupo I. Duceram Plus - Degussa; Grupo II. IPS Empress 2 – Ivoclar Vivadent; and Grupo III. In-Ceram Alumina - Vita. Moldagens foram feitas em todos os dentes com silicona de adição e obtidos troquéis em gesso tipo IV. Cada grupo foi dividido em três subgrupos (n=2), em função do tratamento superficial (A, B e C). Tratamento A: microjateamento com óxido de alumínio 50 µm. Tratamento B: microjateamento com óxido de alumínio 50 µm, seguido de condicionamento com ácido fluorídrico a 10%. Tratamento C: microjateamento com partículas de alumina com 100 µm (Rocatec pré), seguido por jateamento com partículas de alumina modificada por sílica (Rocatec plus). Todos os espécimes foram lavados em água corrente e uma solução de silano foi aplicada nos espécimes cerâmicos. O cimento de resina

Panávia F foi misturado e aplicado uma carga de 750 g. Usando máquina Isomet 1000, os espécimes foram cortados para obter “palitos” de aproximadamente 12 mm de comprimento com área de seção retangular de 1,44 mm<sup>2</sup>. Vinte “palitos” foram selecionados por grupo e acondicionados em solução salina à 37°C de 8-12 horas. A área de seção transversal dos espécimes foi mensurada para calcular a resistência de união depois da fratura. O teste de microtração foi aplicado empregando uma máquina de ensaios MTS com velocidade de carregamento de 0.5 mm min<sup>-1</sup>. Os espécimes foram fixados ao dispositivo de teste com adesivo a base de cianoacrilato e submetido à carga de tração. Análise de Variância a um critério fixo e teste de Tukey foram aplicados tendo a resistência de união como variável dependente. Para a cerâmica Duceram Plus – Degussa, diferença significativa na resistência de união foi observada para os tratamentos de superfície. A resistência de união para IB (18,71 MPa) foi significativamente maior IA e IC. Para IC (9,99 MPa) a resistência de união foi significativamente maior que IA (4,54 MPa). Para a cerâmica IPS Empress 2 – Ivoclar Vivadent, a resistência de união foi semelhante para os tratamentos de superfície. Para a cerâmica In-Ceram – Vita, a resistência de união foi significativamente diferente para os tratamentos de superfície. O grupo IIC (12,03 MPa) mostrou resistência de união significativamente maior que os outros grupos (IIIA e IIIB). A resistência de união foi influenciada pelo tratamento de superfície e composição dos materiais. Para a cerâmica feldspática Duceram Plus – Degussa, a resistência de união foi significativamente maior com microjateamento seguido por condicionamento com ácido fluorídrico. Para a cerâmica IPS Empress 2 – Ivoclar Vivadent, não houve diferença significativa na resistência de união para os diferentes tratamentos de superfície. Para a cerâmica In-Ceram – Vita, maiores valores de resistência foram associados ao processo de silicatização.

Palavras-chave: Cerâmica; resistência de união; retenção em prótese dentária / métodos.

## **ABSTRACT**

---

---

VASCONCELLOS, W. A. **Análise da influência de diferentes tratamentos superficiais de sistemas cerâmicos na resistência de união adesiva.** 132 f. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2005.

#### Abstract

The cementation is vital for the clinical success of all-ceramic restorations and is dependent of many factors as composition of the ceramic materials, surface treatment and luting agent. The purpose of the current study was to investigate the influence of different surface treatment (micro etching, micro etching + etching with fluorinic acid and tribochemical silica coating process) of different ceramic materials (Duceram Plus - Degussa, IPS Empress 2 - Ivoclar Vivadent, In-Ceram Alumina – Vita) on bond strength at dentin, using the micro-tensile test. Eighteen freshly extracted human maxillary molars were used. The teeth were cleaned and stored in saline solution with timol 0.2% at room temperature. The occlusal surfaces were flattened perpendicular to long axis of the teeth with slow-speed diamond saw sectioning machine. The teeth were randomly divided into three groups (n=6 each) as follows: Group I. Duceram Plus – Degussa; Group II. IPS Empress 2 - Ivoclar Vivadent; and Group III. In-Ceram Alumina - Vita. Impressions were made of all teeth preparations with vinyl polysiloxane impression material and poured in a vacuum-mixed die material. Each of the 3 groups was divided into 3 sub-groups (n=2 each), in function of surface treatment (A, B e C). Treatment A: micro etching with 50 µm alumina particles. Treatment B: micro etching with 50 µm alumina particles + etching with 10% hydrofluoric acid. Treatment C: micro etching with 100 µm alumina particles (Rocatec pre) and 100 µm alumina particles modified with silica (Rocatec plus). All specimens were rinsed under running tap water and a silane solution was applied on ceramics specimens. The resin cement Panavia F was mixed and applied

weight of 750g. Using machine Isomet 1000, the specimens were cut in order to obtain “sticks” approximately 12 mm high and a rectangular cross-sectional area of 1.44 mm<sup>2</sup>. 20 “sticks” were selected for group and were stored in saline solution at 37°C of 8 -12 hours. The cross-sectional area of each specimen was measured in order to calculate the bond strength after fracture. Micro-tensile testing was performed in a universal testing machine MTS at a crosshead speed of 0.5 mm min<sup>-1</sup>. The sticks were attached to a testing apparatus with cyanoacrylate adhesive, and then subjected to tensile force. Analysis of variance and Turkey’s test were performed with the bond strength as the dependent variable. For the feldspatic ceramic Duceram Plus – Degussa, different significant bond strength was observed for the surface treatment. The bond strength for IB (18,71 MPa) were significantly higher than with IA and IC. For IC (9,99 MPa) the bond strength were significantly higher than with IA (4,54 MPa). For the ceramic IPS Empress 2 – Ivoclar Vivadent, the bond strength were similar for surface treatment. For the ceramic In-Ceram – Vita, the bond strength were different significantly for surface treatment. The group IIC (12,03 MPa) show bond strength significantly higher than others groups (IIIA and IIIB). The bond strength was influenced by a combination of surface treatment and composition materials. For the feldspatic ceramic Duceram Plus – Degussa, the bond strength was significantly higher with etching hydrofluoric acid. For the ceramic IPS Empress 2 – Ivoclar Vivadent, the bond strength was not different significantly for surface treatment. For the ceramic In-Ceram – Vita, the bond strength was significantly higher with tribochemical silica coating process.

Keywords: Ceramic; bond strength; retention in teeth prothesis / method.