

Isabella Gagliardi Haneda

*Avaliação da resistência ao cisalhamento e da
durabilidade de união entre sistemas para
reparo em metalocerâmicas e titânio*



Araraquara

2011

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA

Isabella Gagliardi Haneda

*Avaliação da resistência ao cisalhamento e da
durabilidade de união entre sistemas para reparo em
metalocerâmicas e titânio.*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Reabilitação Oral – Área de Prótese, da Faculdade de
Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual
Paulista para obtenção do título de Doutor Reabilitação
Oral.

Orientadora: Profa. Dra. Renata Garcia Fonseca

Araraquara
2011

Haneda, Isabella Gagliardi

Avaliação da resistência ao cisalhamento e da durabilidade de união entre sistemas para reparo em metalocerâmicas e titânio / Isabella Gagliardi Haneda . – Araraquara: [s.n.], 2011.
126 f. ; 30 cm.

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

Orientadora: Profa. Dra. Renata Garcia Fonseca

1. Reparação em prótese dentária 2. Ligas metalo-cerâmicas
3. Resistência ao cisalhamento I. Título

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO E DA DURABILIDADE DE
UNIÃO ENTRE SISTEMAS PARA REPARO EM METALOCERÂMICAS E TITÂNIO

COMISSÃO JULGADORA

TESE PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE DOUTOR

Presidente e Orientador: Renata Garcia Fonseca

2º Examinador: Gelson Luis Adabo

3º Examinador: Carlos Alberto Dos Santos Cruz

4º Examinador: Rossana Pereira De Almeida Antunes

5º Examinador: Paulo Francisco Cesar

Araraquara, 25 de julho de 2011.

Dados Curriculares

Isabella Gagliardi Haneda

Nascimento: 13/12/1982

Taquaritinga – SP

Filiação: Humberto Reichi Haneda

Josefina Gagliardi Haneda

2001- 2004: Curso de Graduação

Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

2005-2007: Curso de Pós-Graduação em Reabilitação Oral (Prótese),
nível Mestrado, na Faculdade de Odontologia de
Araraquara – UNESP

2007-2011: Curso de Pós-Graduação em Reabilitação Oral (Prótese),
nível Doutorado, na faculdade de Odontologia de
Araraquara - UNESP

Dedicatória



Dedicatória

A **Deus**, por ter sido sempre tão generoso comigo, colocando em meu caminho grandes oportunidades e acima de tudo pessoas maravilhosas que fizeram com que a minha vida realmente tivesse sentido.

*Porque o Senhor é bom; a sua benignidade
dura para sempre, e a sua fidelidade de
geração em geração.
(Salmos 100)*

Aos meus pais, **Humberto** e **Josefina**, por toda dedicação, amor incondicional, incentivo, por tudo o que me ensinaram e continuam ensinando. Vocês são exemplos para mim e são os grandes responsáveis por todas as minhas conquistas.
Amo muito vocês!

Ao meu irmão **Rodrigo** por todo carinho, apoio, por compartilhar os momentos importantes de minha vida.

*O amor não consiste em olhar um para o outro,
mas sim em olhar juntos para a mesma direção.
(Antoine de Saint-Exupéry)*

Ao meu namorado, **Dú**, que durante todo esse tempo que estamos juntos me fez tão feliz. Por todo o amor, compreensão e incentivo. Você faz a minha vida ficar mais leve!

*Se tu vens, por exemplo, às quatro da tarde,
desde as três eu começarei a ser feliz.
(Antoine de Saint-Exupéry)*

Agradecimentos especiais



Agradeço, de maneira especial,

À minha orientadora Professora **Renata Garcia Fonseca**, pela dedicação, paciência, incentivo, por todas as conversas, conselhos, ensinamentos e principalmente por respeitar e compreender minhas escolhas, olhando o meu lado, me apoiando a correr atrás daquilo que seria melhor para mim;

Aos Professores **Carlos Cruz** e **Gelson**, pela participação de vocês em todos os trabalhos que desenvolvi nesta faculdade. Vocês foram muito importantes na minha formação e foi muito agradável conviver com vocês durante todos esses anos;

Aos meus amigos **Filipe** e **Antonio**, o que seria de mim sem vocês? Revezar horários para olhar a máquina de termociclagem, passar horas lixando corpinhos de prova, fazer os ensaios mecânicos... foi muito divertido poder contar com vocês em todos esses passos. Teria sido muito mais difícil sem as suas companhias.

A vocês, a minha eterna gratidão!

... Assim o príncipezinho cativou a raposa. Mas, quando chegou a hora da partida, a raposa disse:
- Ah! Eu vou chorar.
- A culpa é tua, disse o príncipezinho, eu não queria te fazer mal; mas tu quiseste que eu te cativasse...
- Quis, disse a raposa.
- Mas tu vais chorar! Disse o príncipezinho.
- Vou, disse a raposa.
- Então, não saís lucrando nada!
- Eu lucro, disse a raposa, por causa da cor do trigo.
(Antoine de Saint-Exupéry)

Agradecimentos



Agradeço

À Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, na pessoa de seu diretor, Prof. Dr. ***José Cláudio Martins Segalla***, e de sua vice-diretora

Profa. Dra. ***Andreia Affonso Barreto Montandon***;

Aos docentes do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pela contribuição em minha formação profissional;

Ao Prof. Dr. ***Marco Antonio***, pelo constante apoio, pela atenção e pelos momentos agradáveis de convivência;

Ao Prof. Dr. ***Geraldo*** e ao Prof. Dr. ***José Maurício*** pelo apoio na realização dos ensaios mecânicos desta dissertação, bem como a ***Edson Volta, Ricardo Antunes*** e Profa. Dra. ***Rossana Pereira*** pela grande ajuda nos ensaios de cisalhamento realizados na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP para os trabalhos paralelos a este;

Aos funcionários do departamento de Materiais Odontológicos e Prótese pelo convívio e solidariedade e por todos os serviços prestados – ***Malú e Sílvia*** obrigada pelo carinho;

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação pela disponibilidade, simpatia e dedicação;

Aos Funcionários da Biblioteca pela prontidão e pelas orientações na finalização deste trabalho;

A todos os colegas do curso de Doutorado: ***Alejandro, Juliê, Laiza, Livia, Luciano, Luis Eduardo, Paula e Pierre***, por tudo o que aprendi com vocês e pelos momentos agradáveis que passamos juntos;

Aos demais colegas da Pós-Graduação em Reabilitação Oral pelo convívio, pelas experiências trocadas, pela amizade;

Às minhas grandes amigas ***Ana Paula, Indri e Juliê***, pela força, pela amizade sincera... obrigada por tudo, vocês sempre estarão em meu coração!

A todos os meus amigos e familiares que torceram por mim e me apoiaram durante todo esse tempo;

À **CAPES**, pela concessão de bolsa de estudo que contribuiu para o bom andamento desta pesquisa;

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho,

Meus sinceros agradecimentos.

Sumário

Resumo	14
Abstract	17
1 Introdução	20
2 Revisão da literatura	25
3 Proposição	82
4 Material e método	84
5 Resultado	96
6 Discussão	104
7 Conclusão	114
8 Referências	116
9 Apêndice	125

Resumo



Resumo

Haneda IG. Avaliação da resistência ao cisalhamento e da durabilidade de união entre sistemas para reparo em metalocerâmicas e titânio [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2011.

O reparo de restaurações metalocerâmicas fraturadas é uma opção de tratamento que possibilita o aumento da longevidade da restauração, preservando a estrutura dental, além de ser uma alternativa rápida e de menor custo. Entretanto, o estabelecimento de uma união forte e estável entre material reparador e substrato da restauração fraturada é essencial para o sucesso do reparo. Levando-se em consideração a grande utilidade dos reparos quando corretamente indicados e a possibilidade de um aprimoramento dos mesmos com esses novos sistemas, conforme prometem os fabricantes, foi propósito deste estudo avaliar, em titânio comercialmente puro, a resistência ao cisalhamento de quatro sistemas comerciais de reparo para metalocerâmicas e da variação de um destes, bem como a durabilidade de união após armazenamento em água. Foram confeccionados discos (9×3 mm) em titânio comercialmente puro. Estes foram incluídos em anel de PVC com resina acrílica e suas superfícies regularizadas com lixas de carvão de silício de diferentes granulações (120, 220 e 320) em politriz. Os espécimes receberam um dos seguintes tratamentos (n=10): 1) Epricord, 2) Bistite II DC, 3) Cojet, 4) Scotchbond Multi Uso Plus (grupo Controle), e 5) uma variação do grupo Controle, na qual foram empregadas partículas de sílica do sistema Cojet Sand em substituição às de óxido de alumínio. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas, termociclados (5.000 ciclos - 5° e 55°C) e, então, armazenados nas mesmas condições descritas anteriormente, por um período adicional de 24 horas ou 6 meses. O ensaio de

cisalhamento foi realizado em máquina de ensaios Material Test System 810 com velocidade de 0,5 mm/minuto. O modo da fratura foi avaliado em lupa estereoscópica (30x). Às 24 horas, as médias de resistência (MPa) dos grupos de 1 a 5 foram respectivamente: $13,00 \pm 2,04^c$, $8,10 \pm 1,16^d$, $18,34 \pm 2,16^b$, $13,41 \pm 1,42^e$, e $22,73 \pm 1,42^a$. Aos 6 meses, foram: $11,20 \pm 1,26^b$, $4,79 \pm 0,38^e$, $17,36 \pm 1,91^a$, $10,11 \pm 1,29^b$, e $18,55 \pm 1,22^a$. O armazenamento em água afetou significativamente a resistência de união dos grupos 2, 4 e 5, reduzindo suas resistências. Às 24 horas, a resistência ao cisalhamento da combinação Scotchbond Multi Uso/Cojet Sand foi significativamente maior em relação aos demais grupos. Aos 6 meses, o sistema Cojet e a combinação Cojet Sand/ Scotchbond Multi Uso Plus foram estatisticamente superiores aos demais grupos e iguais entre si.

Palavras-chave: Reparação em prótese dentária, ligas metalo-cerâmicas, resistência ao cisalhamento.

Abstract



Abstract

Haneda IG. Evaluation of shear bond strength and bond durability of metal-ceramic repair systems and titanium [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2011.

Repair is a good alternative treatment that can increase clinical longevity of the failed restoration, preserving tooth structure, with the advantages of less chair time and lower cost. However, the clinical success of repair depends on establishing a strong and long-term durable bond between the repair material and the metal surface of the failed restoration. Considering the great benefit of intra-oral repairs and the possibility of improvement with the use of new available repair systems, the purpose of the present study was to evaluate shear bond strength of different repair systems to commercially pure titanium (CP Ti) and bond durability after long-term water storage. One-hundred disk specimens of cast CP Ti (9×3 mm) were embedded in a PVC ring and their bonding surfaces were smoothed with silicon carbide papers (120, 220, and 320 grit) using a polisher. Specimens were divided into 5 groups of 20, which received one of the following repair systems: 1) Epricord, 2) Bistite II DC 3) Cojet, 4) Scotchbond Multipurpose Plus (control Group), and 5) Cojet Sand plus Scotchbond Multipurpose Plus (variation of the control Group). The specimens were stored in distilled water for 24 hours at 37°C, thermal cycled (5,000 cycles – 5° to 55°C) and then stored in distilled water at 37° C for either 24 hours or 6 months. Shear bond tests were performed in a mechanical testing machine with a crosshead speed of 0.5 mm/minute. Each specimen was examined under a stereoscopic lens with $\times 30$ magnification. At 24 hours, the mean values (MPa) for the groups 1 to 5 were respectively $13,00 \pm 2,04^c$, $8,10 \pm 1,16^d$, $18,34 \pm 2,16^b$, $13,41 \pm 1,42^c$, e $22,73 \pm 1,42^a$. After 6 months, the mean (MPa) of each group was

respectively $11,20 \pm 1,26^b$, $4,79 \pm 0,38^c$, $17,36 \pm 1,91^a$, $10,11 \pm 1,29^b$ e $18,55 \pm 1,22^a$.

Long-term water storage significantly affected groups 2, 4, 5, which showed a significant decrease of shear bond strength. At 24 hours, Cojet Sand/Scotchbond Multipurpose Plus showed the highest shear bond strength when compared to the other four groups. After 6 months, Cojet Sand/Scotchbond Multipurpose Plus and Cojet systems were not statistically different and were statistically superior to the other groups.

Keywords: Dental prosthesis repair, metal ceramic alloy, shear strength

Introdução



1 Introdução

Suportadas por dentes naturais preparados ou por implantes osseointegrados, as próteses fixas metalocerâmicas ainda são a principal opção de tratamento em reabilitações orais extensas^{9,48}, pois combinam a resistência do metal com a estética das cerâmicas²⁸.

Para confeccionar a infra-estrutura metálica destas restaurações podem ser utilizadas ligas odontológicas compostas por variadas combinações de elementos metálicos, desde que promovam resistência e rigidez adequadas⁴⁶. As ligas alternativas tiveram um grande desenvolvimento e passaram a ser muito usadas a partir década de 60, devido ao alto preço das ligas áureas^{46,64}. Entretanto, algumas dessas ligas podem provocar reações alérgicas devido ao níquel, presente em suas composições^{46,64}. Com o intuito de solucionar este e outros impasses, as atenções foram voltadas ao titânio e suas ligas para sua utilização na confecção de restaurações metalocerâmicas^{4,31,57,64}, por apresentarem propriedades bastante atrativas como adequadas propriedades mecânicas⁴, alta resistência à corrosão^{4,31,56} e excelente biocompatibilidade, podendo, portanto, ser empregados em pacientes alérgicos^{4,31,34,56,57}. Além disso, o uso do titânio em infra-estruturas protéticas apoiadas sobre implantes é preferível por evitar o surgimento de correntes galvânicas⁵⁷.

Com relação à estética das restaurações metalocerâmicas, as porcelanas aplicadas sobre a infra-estrutura metálica são capazes de simular muito bem a aparência de dentes naturais. No entanto, é muito comum ocorrerem fraturas nas facetas cerâmicas^{26,68}, sendo essas fraturas relatadas como a segunda maior causa de substituição de restaurações após a cárie dental²⁹.

Vários são os motivos de tais fraturas, as quais podem resultar de traumas^{2,29,40}, ajuste oclusal inadequado^{8,12}, hábitos parafuncionais^{29,40}, fadiga flexural da estrutura metálica^{29,40,43}, incompatibilidade do coeficiente de expansão térmica entre cerâmica e estrutura metálica^{19,41}, falhas na união adesiva^{29,30,40}, redução inadequada do preparo dental^{41,43}, porosidades na cerâmica^{40,43} e espessura incorreta da infra-estrutura^{8,12,30}.

Embora a fratura da faceta cerâmica não signifique necessariamente perda da restauração, uma prótese fraturada representa um dilema estético e funcional tanto para o dentista quanto para o paciente⁴³ e, portanto, necessita de tratamento.

Caso a restauração fraturada continue a apresentar adaptação satisfatória e a respeitar a integridade periodontal, a solução para tal problema pode ser a realização de um reparo^{18,50}, já que a substituição da prótese, além de resultar em maiores custo e tempo, consiste em uma tarefa mais complexa e com risco de um desgaste desnecessário da estrutura dental ou da substituição dos componentes protéticos no caso de próteses sobre implantes.

Várias técnicas de reparo têm sido descritas na literatura^{2,13,17,18,32,40,44}. Essas técnicas podem ser classificadas em diretas, consistindo na aplicação resina composta sobre a restauração fraturada^{2,18,40,44}, ou indiretas, que incluem procedimentos laboratoriais para confeccionar uma nova faceta que será cimentada sobre a restauração fraturada^{13,17,32}.

Considerando as duas possibilidades apresentadas anteriormente, os reparos diretos são vantajosos em relação ao tempo consumido, custo e complexidade da técnica¹⁷ e por isso são os mais utilizados. O ponto crítico deste tipo de reparo é a união, nos quesitos força e estabilidade, dos materiais reparadores aos substratos da restauração fraturada, ou seja, metal e/ou porcelana^{38,59}.

Por isso, devem ser realizados tratamentos prévios da superfície a ser reparada, os quais podem promover: retenção (união mecânica), como o jateamento com óxido de alumínio^{20,24,37,49,61}, asperização por ponta diamantada¹⁰, condicionamento com ácido fluorídrico^{20,36}, ácido fosfórico³⁰, ou com flúor fosfato acidulado⁶⁰, e aplicação de laser³⁷; adesão (união química) como a silanização^{6,10,20,23,36,65} e a aplicação de primers para metal^{27,49,51,54,69} e, por fim, tanto retenção mecânica como adesão química como a deposição de sílica por jateamento convencional^{22,40,43,47,52,61,65} ou pela utilização de equipamentos específicos^{24,33,51} e a eletrodeposição de estanho⁷. A associação destas modalidades de tratamento, que resulte em ambos os mecanismos de união, é freqüentemente utilizada, pois gera resultados mais satisfatórios^{3,14,20,36,37}.

Entretanto, é importante esclarecer que a indicação do tratamento superficial está na dependência do tipo de fratura ocorrida, ou seja, se a fratura é simples, envolvendo apenas o corpo da cerâmica; mista, sendo associada à exposição de metal e cerâmica, ou mais complexa, quando grande área metálica é exposta^{1,22,29}. Alguns tratamentos de superfície são compatíveis com o metal, outros, com a porcelana e outros, com ambos os substratos.

Os sistemas de reparo disponíveis no mercado atualmente combinam diferentes métodos para se conseguir a união⁶⁸. Em geral, esses sistemas promovem elevada resistência de união à porcelana. Em contrapartida, com relação ao metal, existe uma maior variabilidade da resistência de acordo com o material empregado^{51,68}. Além disso, são encontrados poucos trabalhos relacionados a reparos intra-orais em fraturas complexas, que ocorrem comumente na clínica^{43,44}.

Dessa forma, mesmo diante da existência de tratamentos de superfície específicos para a realização de reparos, o reparo direto sobre o metal ainda pode ser considerado um desafio^{10,52}. No caso do titânio, em particular, apesar de suas

características bastante atrativas, forma-se uma camada de óxidos em sua superfície, resultante de sua alta reatividade química em elevadas temperaturas^{14,31,39} que pode dificultar a união de materiais resinosos a este metal^{27,55}, resultando em baixos valores de resistência de união após o reparo.

A durabilidade do reparo também é muito importante. A avaliação da resistência inicial não mostra se haverá sucesso a longo prazo³⁰, já que alguns componentes utilizados em reparos diretos são instáveis em ambientes úmidos, como é o caso dos silanos, muito susceptíveis à hidrólise^{6,33}. Considerando que na cavidade oral ocorrem constantemente variações de temperatura e de pH e incidência de forças mastigatórias, além de se tratar de um ambiente úmido, materiais reparadores com diferentes composições podem responder de maneiras diversas às condições a que são submetidos no ambiente bucal⁴⁷, podendo, portanto, proporcionar maiores ou menores força e estabilidade da união.

Assim, diante da grande utilidade dos reparos quando corretamente indicados, do uso do titânio na confecção de próteses metalocerâmicas implanto-suportadas e da falta de estudos relacionados a reparos sobre infra-estruturas confeccionadas com este metal e dos efeitos que a umidade bucal pode causar sobre a durabilidade do reparo, julgou-se oportuno avaliar, em dois tempos de armazenamento diferentes, a resistência de união entre titânio comercialmente puro e alguns sistemas de reparo mais recentes no mercado, comparando-os com um protocolo de menor custo, bem como analisar aqui uma proposta inovadora para a confecção de reparos através da associação de materiais deste protocolo mais acessível ao tratamento de superfície preconizado por um sistema mais recente.

Revisão da literatura



2 Revisão da literatura

Van Noort et al.⁶² (1989) investigaram a sensibilidade dos ensaios de resistências de união a alterações nas condições dos mesmos por meio da análise do elemento finito. Os autores observaram que os valores das resistências à tração e ao cisalhamento são altamente dependentes da configuração do teste e dos materiais envolvidos e que esses valores têm pouca relação com os valores reais. Também ressaltaram que existe uma necessidade de padronização dos procedimentos dos ensaios para as medidas das resistências de união para que uma comparação válida universalmente entre os agentes de união possa ser, de fato, realizada.

Gregory, Moss¹⁹ (1990) avaliaram o efeito da combinação de resinas compostas e diferentes períodos de armazenamento na resistência à tração entre resina composta e porcelana. Para este estudo, foram confeccionados 132 discos (9,0 mm de diâmetro e 7,0 mm de espessura) em porcelana feldspática (Vita VMK 68). Estes foram incluídos em resina acrílica e regularizados com lixa (600). Todas as amostras foram limpas com ácido fosfórico a 37% durante 60 segundos e um dos seguintes silanos, dependendo da resina composta que foi utilizada em contato com a porcelana, foi aplicado: silano Scotchprime (Concise e Silux Plus), silano Porcelain Repair (Herculite). Após a aplicação do adesivo, uma das seguintes combinações de resina composta foi aplicada com o auxílio de uma matriz (4,0 mm de diâmetro e 6,0 mm de altura): 1) (controle) Concise - macroparticulada (n=11), 2) (controle) Herculite – híbrida (n=11), 3) (controle) Silux Plus – microparticulada (n=11), 4) Concise + Herculite (n=33), 5) Concise + Silux Plus (n=33), 6) Herculite + Silux Plus (n=33). As amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C, sendo que o teste de tração nos Grupos 4, 5 e 6

foi realizado após 24 horas (n=11), 7 dias (n=11) e 28 dias (n=11), em máquina de ensaios mecânicos com velocidade de 0,5 mm/min. Os Grupos controle (1, 2 e 3) foram submetidos ao teste mecânico apenas após 28 dias de armazenamento. Nos Grupos controle, a resina macroparticulada (21,52 MPa) apresentou resultado superior às resinas híbrida (16,91 MPa) e microparticulada (6,40 MPa). Os Grupos 4 e 5, após 24 horas e 28 dias, foram iguais entre si e significativamente maiores que o Grupo 6. Após 28 dias os Grupos 1 e 4 foram iguais. Para todos os grupos (4, 5 e 6), a resistência de união após 7 dias foi menor que após 24 horas e 28 dias, sendo que estes últimos foram iguais entre si. Houve predomínio de falha adesiva em todos os grupos.

Appeldoorn et al.² (1993) avaliaram o efeito de sistemas de reparo na resistência ao cisalhamento entre porcelana e resina composta. Foram confeccionados 160 cilindros (12,0 mm de diâmetro e 5,5 mm de espessura) metálicos. Sobre estes foi feita uma cavidade (5,8 mm de diâmetro e 1,5 mm de profundidade), na qual a porcelana feldspática (Ceramic II) foi aplicada. Os espécimes foram regularizados com lixa (320) e divididas em 8 grupos (n=20), de acordo com o sistema de reparo e a resina composta utilizados: 1) All Bond 2 e Bis-Fil, 2) Cerinate Prime e Ultra Bond, 3) Clearfil Porcelain Bond e Clearfil Photo-Anterior, 4) Etch-Free e Bis-Fil, 5) Monobond S e Heliomolar Radopaque, 6) Porcelite e Herculite XRV, 7) Scotchprime e Silux Plus, 8) Silistor e Multifil VS. Os sistemas foram aplicados de acordo com as especificações do fabricante. A resina composta foi aplicada com o auxílio de uma matriz (4,3 mm de diâmetro) e fotopolimerizada no local. A metade de cada grupo (n=10) foi armazenada em água destilada a 37°C por 24 horas e o teste foi realizado em máquina de ensaios mecânicos (Instron) com velocidade de 5,0 mm/min. A outra metade (n=10) foi armazenada nas mesmas condições descritas acima por 3 meses, termociclada (2.500 ciclos de 1 minuto –

5° e 55°C) e submetida ao teste de cisalhamento. Os resultados obtidos após 24 horas e após 3 meses foram, respectivamente: 1 (22,3 e 17,0 MPa), 2 (12,0 e 8,8 MPa), 3 (18,5 e 20,7 MPa), 4 (23,5 e 18,4 MPa), 5 (14,1 e 12,6 MPa), 6 (15,1 e 15,4 MPa), 7 (15,1 e 14,9 MPa), 8 (12,2 e 4,2 MPa). Após 24 horas, os Grupos 1, 3 e 4 apresentaram as maiores médias, sendo iguais entre si e melhores que os demais grupos. Após 3 meses, o Grupo 3 foi significativamente melhor que os demais grupos. Os Grupos 3, 6 e 7 não apresentaram diferença estatística entre os tempos de 24 horas e 3 meses de armazenamento. A falha coesiva predominou nos espécimes armazenados por 24 horas, com exceção do Grupo 4, no qual predominou a falha adesiva. Nos corpos-de-prova armazenados por 3 meses, os Grupos 1, 3, 6 e 7 apresentaram falha coesiva da porcelana e os Grupos 2, 4, 5 e 8 apresentaram falha adesiva.

Diaz-Arnold et al.¹² (1993) avaliaram a resistência ao cisalhamento entre resina composta e porcelana após a realização de reparo com seis sistemas adesivos. Foram confeccionados discos (10,0 mm de diâmetro e 5,0 mm de espessura) em porcelana feldspática (Vita VMK 68). Estes foram regularizados com lixa (220) e limpos em ultra-som com solução de metanol 99,8% e água destilada. As amostras foram divididas em 6 grupos (n=10): 1) All Bond 2, 2) Clearfil Porcelain Bond, 3) C & B Metabond Etch Free, 4) Scotchprime, 5) Ceram-Etch, 6) Ultradent. Os sistemas foram aplicados de acordo com as especificações do fabricante e discos (2,3 mm de diâmetro e 1,0 mm de espessura) em resina composta (Herculite) fotopolimerizada no local foram unidos à porcelana. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas e termociclados (300 ciclos de 1 minuto – 5° e 55°C). Após a termociclagem, os espécimes foram armazenados, nas mesmas condições descritas acima, por mais 35 dias e submetidos ao teste de cisalhamento em máquina de ensaios mecânicos (Instron) com

velocidade de 0,5 mm/min. O Grupo 5 (11,5 MPa) apresentou resultado estatisticamente menor que os demais grupos, os quais foram iguais entre si, com resultados variando entre 17,0 e 18,5 MPa. Houve predomínio de falha coesiva da porcelana em todos os grupos, com exceção do Grupo 5, no qual predominou a falha adesiva.

Kern, Thompson²⁴ (1994) avaliaram a influência do armazenamento em água combinado à termociclagem na durabilidade da união entre sistemas adesivos/cimentos resinosos e liga de NiCr. Cilindros de 9 mm de diâmetro e 3,4 mm de altura foram fundidos em liga de NiCr (Wiron 99, Bego), polidos com lixa 600, jateados com óxido de alumínio de 110 µm e limpos com etilacetato em ultrassom por 3 minutos (exceto o grupo ROC que dispensa a limpeza em ultrassom). Foram utilizados 6 diferentes sistemas de união: grupo SAND – aplicação do sistema adesivo/ cimento resinoso (Adhesive Bond/ Twinlook, Heraeus Kulzer) sobre a superfície jateada; grupo SIL – aplicação do silano Espe-Sil (3M ESPE) antes da aplicação do sistema Adhesive Bond/ Twinlook; grupo ROC – jateamento com partículas modificadas por sílica (Rocatec System, 3M ESPE), aplicação de silano Espe-Sil e do sistema Adhesive Bond/ Twinlook; grupo SMD – aplicação térmica de sílica (Silicoater MD, Heraeus Kulzer), silano Silseal (Heraeus Kulzer) e sistema Adhesive Bond/ Twinlook; grupo PEX – aplicação de cimento resinoso adesivo Panavia Ex sobre a superfície jateada e grupo PNS – utilização de um cimento resinoso experimental Panavia TPN-S. Uma camada de resina composta quimicamente ativada (Clearfil FII) de 3,3 mm de altura foi depositada sobre as superfícies tratadas. Cada grupo (n = 24) foi dividido em 3 subgrupos de 8 espécimes de acordo com o tempo de armazenamento e o número de ciclos entre 5° e 55°C: 1 dia de armazenamento sem termociclagem; 30 dias com 7.500 ciclos ou 150 dias com 37.500 ciclos. Todos os espécimes foram então armazenados em solução isotônica de saliva

artificial a 37°C, submetidos a 2.500 ciclos térmicos. Foi realizado o ensaio mecânico de tração e o tipo de fratura foi analisado em microscópio de luz (30x). Após 150 dias, os grupos SAND e SIL apresentaram valores mais baixos que os demais grupos (13,6 MPa e 17,9 MPa respectivamente). Neste mesmo período de armazenamento, os grupos ROC, SMD e PEX apresentaram valores de resistência por volta de 50 MPa e para cada um desses grupos, não houve diferença significativa entre os valores obtidos após 1 dia e 150 dias de armazenamento. O grupo PNS apresentou média de resistência inicial (após 1 dia) de 55,0 MPa mas, após 150 dias, diminuiu significativamente para 36,9 MPa. No tempo final de armazenamento, o tipo de fratura foi 100% adesiva para o grupo SAND e 97% adesiva para o grupo SIL. Para o grupo PNS foi 100% coesiva do cimento resinoso. Para os grupos ROC, SMD e PEX, os tipos de fratura foram parcialmente coesivas do cimento resinoso e parcialmente da resina composta.

Tylka, Stewart⁶⁰ (1994) avaliaram a rugosidade da superfície de duas porcelanas após o condicionamento com diferentes ácidos, além da resistência de união entre estas e uma resina composta. Para este estudo, foram confeccionados discos (4,0 mm de diâmetro e 3,0 mm de espessura) com as porcelanas feldspáticas (n=6) Will-Ceram e Biobond. Metade das amostras de cada grupo (n=3) foi tratada com flúor fosfato acidulado gel 1,23% durante 10 minutos e a outra metade com ácido fluorídrico 9,5% durante 5 minutos. Estas amostras foram analisadas em microscopia eletrônica. Para o teste de torção foram confeccionados cilindros em metal sobre os quais foram aplicadas as porcelanas. As amostras metalocerâmicas foram separadas aos pares, os quais receberam um dos condicionamentos ácidos descritos anteriormente. Todas as amostras foram silanizadas (Prilane) e, cada par foi unido com uma camada (2,0 mm) de resina composta (Command Ultrafine). Os espécimes foram armazenados em água destilada a

37°C por 1 semana até a realização do teste de torção, no qual o espécime era preso por suas extremidades (cilindros metálicos) em máquina de ensaios mecânicos e uma força por movimento de torção era aplicada sobre ele a uma velocidade de 1Nm/min, gerando estresse na interface de união. A análise em microscopia eletrônica demonstrou que, o ácido fluorídrico 9,5% promoveu grande rugosidade na superfície das porcelanas, enquanto o flúor fosfato acidulado 1,23% manteve a superfície das porcelanas praticamente sem alteração. Em relação à resistência de união, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos nas duas porcelanas. As amostras de todos os grupos apresentaram falha coesiva da porcelana.

Taira, Imai⁵³ (1995) avaliaram a eficácia de um primer modificado na resistência da união entre resina e metal. Discos de resina acrílica foram cimentados às ligas de AgPd, AuAg e CoCr fundidas e ao titânio c.p. torneado empregando-se um cimento resinoso à base de polimetilmetacrilato e uma mistura de metil metacrilato e tributilborano sendo este usado como iniciador da reação. Para tal, as superfícies metálicas foram inicialmente polidas com lixas de granulação 200 e 600, limpas e tratadas com diferentes modificações do primer Metal Primer (à base de metacrilato tiofosfórico e metil metacrilato) com monômeros metacrilato fosfórico e/ou peróxido de benzoíla. Os espécimes foram termociclados (2.000 ciclos) e o ensaio de resistência à tração da união foi realizado. Na liga de CoCr e no titânio, somente os grupos nos quais foi empregado o monômero DP (10-metacrilóiloxidecil fosfato) apresentaram resistência significativamente maior do que aqueles sem este monômero. A durabilidade foi significativamente melhorada quando o metacrilato tiofosfórico foi empregado em associação com monômeros fosfato.

Della Bona, van Noort¹¹ (1995) publicaram um estudo no qual estudaram a validade do ensaio de resistência ao cisalhamento. Por meio da análise do elemento finito, foi analisada a distribuição do estresse em três configurações diferentes dos espécimes: 1) convencional - um cilindro de resina composta (3,0 mm de diâmetro e 4,0 mm de altura) cimentado em base de porcelana feldspática; 2) reversa - um cilindro de porcelana feldspática (3,0 mm de diâmetro e 4,0 mm de altura) cimentado em base de resina composta; e 3) todo de resina composta, sem interface adesiva. Nas duas primeiras configurações, as interfaces adesivas eram idênticas quanto à forma e a área da superfície. A configuração 3 possuía forma semelhante à do conjunto das configurações 1 e 2. Antes da cimentação, as superfícies foram tratadas com solução de ácido fluorídrico a 9,6% ou com flúor fosfato acidulado a 4%. Uma carga de 10 N foi aplicada paralelamente à base dos espécimes a 0,2 mm distante da interface adesiva. Os resultados da análise do elemento finito indicaram que o ensaio de cisalhamento mede mais a resistência dos materiais do que a resistência da interface adesiva.

Yoshida et al.⁶⁹ (1995) avaliaram a resistência ao cisalhamento entre 4 cimentos resinosos e liga de CoCr, utilizando 2 primers para metal. Espécimes cilíndricos de dois tamanhos (10 mm de diâmetro x 2 mm de espessura ou 6 mm de diâmetro x 2 mm de espessura) foram confeccionados em liga de CoCr (Metacast). As superfícies foram regularizadas com lixa 600 e jateadas com partículas de óxido de alumínio de 50 µm. Os primers metálicos utilizados foram Metal Primer (GC Dental Industrial Corp.) e Cesead Opaque Primer (Kuraray). Espécimes sem aplicação de primer foram adotados como controle (CT). Quatro cimentos resinosos foram testados: Imperva Dual (Shofu), Panavia 21 (Sun-Medical Co.), Super Bond C&B (Sun-Medical Co.) e Bistite Resin Cement (Tokuyama). Cada cilindro metálico de 10 mm de diâmetro foi unido a um cilindro de 6

mm de diâmetro utilizando um dos cimentos resinosos. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37° C por 1 dia e divididos em 3 subgrupos (n=5) de acordo com o número de ciclos térmicos: sem termociclagem, 50.000 ciclos com temperaturas de 4° e 60° C e 1 minuto de banho de imersão ou 100.000 ciclos nas mesmas condições descritas anteriormente. A aplicação do Cesead Opaque Primer aumentou a resistência ao cisalhamento dos cimentos Imperva Dual, Super Bond C&B e Bistite, em relação ao Metal Primer e aos espécimes sem primer. Para os espécimes cimentados com Panavia 21, a aplicação de primers metálicos não influenciou nos resultados. A termociclagem diminuiu significativamente a resistência ao cisalhamento dos grupos em que o Cesead Opaque Primer foi combinado aos cimentos Imperva Dual, Super Bond C&B e Bistite.

Wang, Fenton⁶⁴ (1996) fizeram uma revisão da literatura sobre o desenvolvimento e as propriedades do titânio. Sua menor densidade (4,5 g/cm³) em relação às ligas de NiCr e de CoCr, adequada dureza, relação resistência/massa favorável, bem como sua elevada ductilidade e baixa condutividade térmica permitem modificações no desenho das próteses, resultando em maior funcionalidade e conforto. Também foram abordados outros aspectos positivos do titânio como elevadas biocompatibilidade e resistência à corrosão. Finalmente ressaltaram as interações deste metal com os diferentes revestimentos e os obstáculos existentes em relação aos óxidos metálicos formados na superfície do titânio.

Chung, Hwang⁸ (1997) avaliaram o efeito de vários tratamentos de superfície na resistência ao cisalhamento entre sistemas de reparo e metal ou porcelana. Para este estudo, foram confeccionadas amostras em forma de discos (8,0 mm de diâmetro e 4,0 mm de espessura) utilizando liga de Ni-Cr-Be (Biobond II) e porcelana

feldspática (Biobond porcelain system). As amostras possuíam três tipos de superfície: em metal, em porcelana ou mista. As amostras metálicas foram divididas em 2 grupos, sendo um sem tratamento (controle) e outro jateado com óxido de alumínio 50 μm . As amostras em porcelana foram divididas em 3 grupos, sendo que, além dos tratamentos já descritos acima, um terceiro grupo foi condicionado com ácido fluorídrico a 9,5%. As amostras mistas também foram divididas em 3 grupos que, além do controle e do jateamento com o óxido de alumínio (50 μm), apresentou um terceiro grupo, no qual a região metálica foi tratada com o óxido de alumínio (50 μm) e a região em porcelana foi tratada com o ácido fluorídrico. Foram utilizados 6 sistemas de reparo compostos por um primer, um adesivo e uma resina composta. Os materiais utilizados em cada sistema foram: 1) Silanit/Heliobond/Heliomolar, 2) Liner M/Superbond C&B/Clearfil, 3) Silistor/Silibond/Charisma, 4) Optec/Universal/Conquest, 5) Scotchprime/Scotchbond/Z100, 6) Prime & Bond/Prime & Bond/TPH. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 8 dias até a realização do teste de cisalhamento em máquina de ensaios mecânicos com velocidade de 5,0 mm/min. No metal, os melhores resultados foram obtidos com a utilização do sistema Liner M/Superbond C & B/Clearfil, com ou sem o jateamento, sendo os valores 17,0 e 15,9 MPa, respectivamente. Na porcelana, não houve diferença significativa entre os tratamentos e o Grupo controle, para cada sistema utilizado. Os melhores resultados foram obtidos com a utilização dos sistemas Optec/Universal/Conquest (8,3; 14,3 e 7,3 MPa), Scotchprime/Scotchbond/Z100 (12,7; 16,2 e 14,7 MPa) e Prime & Bond/TPH (12,0; 16,8 e 16,8 MPa), sendo estes valores relacionados ao Grupo controle, ao jateamento e ao condicionamento ácido, respectivamente. Nas amostras mistas, os melhores resultados foram obtidos pelos sistemas Prime & Bond/TPH (14,9 e 15,3 MPa), Liner M/Superbond/Clearfil (13,4 e 14,7 MPa) e Scotchprime/Scotchbond/Z100 (13,3 e

14,3 MPa). Não houve diferença significativa entre os grupos apenas jateados e os que receberam tratamentos combinados, para cada sistema utilizado. No entanto, o grupo que não recebeu tratamento apresentou resultados estatisticamente menores.

Taira et al.⁵⁴ (1998) avaliaram o efeito de primers adesivos na resistência de união entre metal e cimento resinoso. Para este estudo, foram confeccionados 320 discos em titânio comercialmente puro, sendo 160 com 10,0 mm de diâmetro e 2,5 mm de espessura e outros 160 com 6,0 mm de diâmetro e 2,5 mm de espessura. Todas as amostras foram regularizadas com lixa 600, jateadas com óxido de alumínio (50 µm) e divididas aos pares (n=160). Cada par era formado por um disco de 10,0 mm e outro de 6,0 mm de diâmetro. Os pares foram divididos em 16 grupos (n=10), sendo que 12 receberam diferentes combinações de tratamento com aplicação de um dos primers adesivos (Cesead Opaque Primer, Metal Primer ou Metal Primer II) e de um dos cimentos resinosos (Superbond C & B, Imperva Dual, Bistite Resin Cement ou Panavia 21), os quais foram utilizados para a união do par de discos metálicos. Os 4 grupos restantes foram confeccionados com a união do par de discos de titânio apenas pela aplicação dos cimentos resinosos, sendo considerados grupos controle. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C durante 24 horas, quando metade das amostras de cada grupo (n=5) foi submetida ao teste de resistência ao cisalhamento em máquina de ensaios mecânicos com velocidade de 0,5 mm/min. A outra metade foi termociclada (100.000 ciclos de 1 minuto – 4° e 60°C) anteriormente à realização do ensaio mecânico. Não houve diferença estatística entre os grupos não termociclados, sendo que os resultados variaram entre 35,5 e 45,1 MPa. Já quando a ciclagem térmica foi realizada, os grupos tratados com os primers Cesead Opaque Primer ou Metal Primer II em associação com os cimentos Imperva, Panavia 21 ou Super-Bond apresentaram os melhores

resultados, sendo estes iguais entre si, variando entre 44,1 e 50,7 MPa. Os demais grupos apresentaram resultados significativamente inferiores, variando entre 13,8 e 38,5 MPa. Segundo os autores, a resistência de união entre cimento resinoso e titânio é influenciada pelo primer e cimento utilizados e também pelas alterações térmicas do meio bucal.

Taira et al.⁵⁵ (1998) analisaram o efeito de tratamentos do titânio na resistência de união entre este metal e um cimento resinoso, intermediada por um primer. Discos em titânio foram fundidos e receberam uma das seguintes condições: 1) nenhum tratamento, 2) polimento abrasivo ou 3) polimento abrasivo seguido de jateamento com partículas de óxido de alumínio. Posteriormente, as superfícies metálicas foram tratadas com Cesead Opaque Primer (MDP) e então discos de resina acrílica foram cimentados com um cimento resinoso (MMA-TBB). Os espécimes receberam um dos seguintes tratamentos antes do ensaio de cisalhamento: 1) armazenados em água destilada a 37° por 24 horas e 2) termociclados (5.000 ciclos, 4°C e 60°C e tempo de imersão de 1 minuto). Após termociclagem, a maior resistência de união foi obtida com jateamento com partículas de óxido de alumínio. De acordo com os autores, o excesso de camada de óxidos que se forma espontaneamente na superfície do titânio é uma possível causa da menor durabilidade de união de materiais resinosos a este metal e tal problema pode ser minimizado com o jateamento que deixa uma reduzida película de óxidos na superfície, sendo essencial para uma união estável.

Leibrock et al.³⁰ (1999) avaliaram a resistência ao cisalhamento entre sistemas de reparo e porcelana, considerando o efeito das ciclagens térmica e mecânica. Para este estudo, 160 placas em liga de Co-Cr-Mo (10,0 mm x 20,0 mm x 2,0 mm) foram confeccionadas. Sobre 140 dessas placas, foi aplicada uma camada de 2,0 mm de

porcelana feldspática (Vita VMK 68) e estas foram divididas em 7 grupos (n=20). Cada grupo recebeu um diferente sistema de reparo, o qual foi aplicado de acordo com as especificações do fabricante. Os sistemas de reparo utilizados foram: Z100 Kit, Monobond S Tetric, Silistor, Command Ultrafine, All Bond 2 (após condicionamento com ácido fluorídrico), All Bond 2 (após condicionamento com ácido fosfórico), Porcelain Etch. A resina composta de cada sistema foi aplicada sobre a porcelana com o auxílio de uma matriz metálica. As 20 placas metálicas restantes foram utilizadas como Grupo controle, onde a resina composta (Visio-Gem) foi aplicada sobre o metal, após este receber tratamento com o sistema Rocatec (deposição de sílica). Os espécimes foram armazenados em água por 24 horas. Após este período, metade das amostras de cada grupo (n=10) foi submetida ao teste de resistência de união em máquina de ensaios mecânicos numa velocidade de 1,0 mm/min. A outra metade (n=10) sofreu ciclagens térmica (2.400 ciclos - 5° e 55°C) e mecânica (480.000 ciclos, com força de 50N e frequência de 1,66 Hz), anteriormente ao teste mecânico. Dentre os grupos que sofreram estresse, os maiores valores foram atribuídos ao sistema Z100 Kit. Os sistemas Z100 Kit, Monobond S Tetric e Porcelain Etch não sofreram redução em suas médias após as ciclagens térmica e mecânica, sendo os seus resultados semelhantes ao do Grupo controle (Rocatec). Já os sistemas Silistor e All Bond 2 apresentaram uma diminuição significativa em suas médias após as ciclagens. O sistema Command Ultrafine teve um aumento em sua média após as ciclagens, porém seus valores continuaram inferiores ao do Grupo controle. Para todos os grupos, houve predomínio da falha coesiva da porcelana, com exceção dos sistemas Silistor e Command Ultrafine, nos quais predominou a falha mista.

Berry et al.⁶ (1999) avaliaram o efeito do armazenamento em água na resistência ao cisalhamento entre resina composta e porcelana, após a aplicação de

diferentes silanos. Para este estudo, foram confeccionadas 160 placas quadrangulares (12,0 mm x 12,0 mm x 2,0 mm) em porcelana feldspática (Vita VMK 68). Estas foram divididas em 4 grupos (n=40), de acordo com os diferentes silanos: Cerinate Prime - única mistura (CP), Mirage - única mistura (M1), Mirage - dupla mistura (M2), Fusion - dupla mistura. Cada grupo foi dividido em 4 subgrupos (n=10), de acordo com os diferentes tempos de armazenamento: 24 horas, 1 semana, 1 mês e 3 meses. Os silanos foram aplicados na porcelana de acordo com as recomendações do fabricante. Uma matriz de teflon (2,97 mm de diâmetro e 2,00 mm de altura) foi posicionada sobre a porcelana silanizada e preenchida com resina composta (Mirage FLC), tendo esta, sido fotoativada por 120 segundos. Os corpos-de-prova foram armazenados em água à temperatura ambiente durante os períodos citados anteriormente, sendo, então, verificada a resistência ao cisalhamento em máquina de ensaios mecânicos a uma velocidade de 0,5 mm/min. Todos os grupos demonstraram um aumento significativo na resistência de união após 1 semana de armazenamento, quando comparados aos grupos de 24 horas. Após 1 mês e 3 meses, apenas o Grupo CP não demonstrou aumento significativo na resistência de união, em relação ao Grupo controle (24 horas). A falha coesiva da porcelana predominou em todos os grupos, com exceção do período de 24 horas de armazenamento, em que predominou a falha adesiva.

Tulunoglu, Beydemir⁵⁹ (2000) avaliaram a resistência ao cisalhamento de 4 agentes de união aplicados em liga metálica não nobre (NiCr) e em porcelana feldspática, além da influência da contração de polimerização nesta resistência de união. Os sistemas adesivos utilizados neste estudo foram: Metabond C & B, Silistor, Clearfil Lustre e Scotchbond Multipurpose Plus. Para cada sistema adesivo foram confeccionados 32 discos, sendo 16 em metal (9,0 mm de diâmetro e 1,0 mm de espessura) e 16 em

porcelana (9,0 mm de diâmetro e 2,0 mm de espessura) e os respectivos sistemas foram aplicados. Em 8 destes discos, a resina composta (Cavex) foi aplicada e polimerizada no local; os 8 restantes receberam a resina já pré-polimerizada. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 48 horas e então, termociclados (500 ciclos de 40 segundos – 5° e 55°C). A resistência de união foi avaliada em máquina de ensaios mecânicos com velocidade de 0,5 mm/min. Os autores concluíram que os maiores valores foram obtidos nos corpos-de-prova unidos à resina composta pré-polimerizada, quando comparado à resina composta polimerizada diretamente sobre o adesivo. No metal, o grupo do Metabond C & B apresentou os maiores valores, tanto para a resina polimerizada diretamente (34,55 MPa), quanto para a resina pré-polimerizada (35,27 MPa). Já na porcelana, os maiores resultados foram obtidos com o adesivo Scotchbond Multipurpose Plus (16,26 MPa e 20,71 MPa).

Sun et al.⁵² (2000) compararam as características da união de uma resina composta à liga de ouro e à porcelana feldspática, após o jateamento com sílica, tendo como Grupo controle o jateamento com óxido de alumínio. Para este estudo, foram confeccionadas 40 placas retangulares (25,0 mm x 8,0 mm x 1,8 mm) em liga de ouro (n=20) e em porcelana (n=20). As placas foram cortadas ao meio com ponta diamantada, no sentido transversal, resultando em duas placas menores (12,5 mm x 8,0 mm x 1,8 mm). Cada material recebeu dois tipos de tratamento: jateamento com sílica 30 µm (Cojet) (n=10) ou jateamento com óxido de alumínio 50 µm (n=10). As duas metades de uma mesma placa, as quais receberam o mesmo tratamento, foram unidas, lado a lado, por meio de fita adesiva. As regiões livres das placas de metal e porcelana foram silanizadas e placas de resina composta (Pertac II) pré-polimerizadas (25,0 mm x 8,0 mm x 1,0 mm) foram superpostas e unidas à superfície tratada com uma camada adicional da

mesma resina composta (fotopolimerizada por 40 segundos). Os espécimes foram submetidos a um ciclo de carga em máquina de ensaios mecânicos, a uma velocidade de 0,1 mm/min, até que ocorresse a fratura dos mesmos. Este teste de fratura a partir da deformação da interface por flexão em 4 pontos mede a resistência de união pela tensão liberada, permitindo, assim, que as resistências de materiais de naturezas diferentes possam ser comparadas entre si. Os autores concluíram que o jateamento com sílica, tanto no metal, quanto na porcelana, promoveu um aumento na tensão liberada, quando comparado ao jateamento com óxido de alumínio. O sistema Cojet aparentou oferecer vantagens clínicas significativas no reparo de restaurações fraturadas.

Latta, Barkmeier²⁹ (2000) demonstraram a utilização clínica de alguns sistemas de reparo para restaurações metalocerâmicas (Scotchbond Multipurpose Plus, All Bond 2, Clearfil Photo Bond, Clearfil SE Bond, Cojet System). Todos os sistemas comentados possuem princípios em comum em sua utilização. No entanto, possuem também detalhes específicos que os diferem uns dos outros em relação aos seus mecanismos de adesão. Os sistemas Scotchbond Multipurpose Plus e Clearfil utilizam o condicionamento com o ácido fosfórico após o jateamento com o óxido de alumínio. O sistema All Bond 2 utiliza, na porcelana, o condicionamento com o ácido fluorídrico e, no metal, a mistura do bifenil dimetacrilato com o NTG-GMA, que funciona como um primer metálico para acelerar a presa do opaco. Já o sistema Cojet utiliza a abrasão da superfície com sílica, a qual é impregnada ao substrato no momento do jateamento. O silano aplicado se une quimicamente a essas partículas de sílica, promovendo uma boa retenção da resina composta com o metal e com a cerâmica, mesmo quando a superfície não apresenta boa retenção mecânica. Segundo os autores, a não necessidade do condicionamento ácido e de grandes retenções micromecânicas quando se utiliza o

sistema Cojet, torna este o material de escolha para a realização de reparo em metal e em cerâmica, principalmente com o crescimento da nova geração de cerâmicas livres de metal, as quais não sofrem alteração de superfície com o condicionamento ácido.

Cobb et al.¹⁰ (2000) avaliaram a resistência de união entre metal e resina composta após quatro diferentes tratamentos de superfície. Para este estudo, 100 discos de ouro-paládio (Porcelain 76) com 8,0 mm de diâmetro e 1,0 mm de espessura foram confeccionados. Destes, 90 foram incluídos em resina acrílica, regularizados com lixa (320) e divididos em três grupos de 20 e um grupo de 30, os quais foram submetidos aos respectivos tratamentos: 1) asperização com ponta diamantada; 2) jateamento com óxido de alumínio (50 µm), utilizando jateador intra-oral; 3) abrasão a ar com sistema de preparo cavitário KCP-2000, utilizando partículas de óxido de alumínio (27 µm); 4) jateamento com partículas de sílica (30 µm), utilizando o sistema intra-oral Cojet. Nos Grupos 1, 2 e 3 (n=20), 10 amostras foram silanizadas (Porcelain Prime) e as outras 10 não foram tratadas com o silano. Já no Grupo 4 (n=30), 20 amostras foram silanizadas, sendo 10 com Porcelain Prime e 10 com ESPE-Sil e as outras 10 amostras não receberam silano. Sobre todas as amostras, o adesivo All Bond 2 foi utilizado anteriormente à aplicação da resina composta Pertac-Hybrid, a qual foi inserida com o auxílio de uma matriz metálica de 4,3 mm de diâmetro por 2,0 mm de altura. Trinta minutos após a confecção, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 48 horas, termociclados (300 ciclos – 5° e 55°C) e, então, submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento em máquina de ensaios mecânicos (Zwick), a uma velocidade de 5,0 mm/min. Os 10 discos que restaram do total foram divididos em 5 grupos de 2 e submetidos a um dos 4 tratamentos de superfície citados anteriormente, sendo que um dos grupos não recebeu nenhum tratamento, servindo como controle. Estes foram submetidos

à microscopia eletrônica e ao EDS (*energy-dispersive spectroscopy*). Os autores concluíram que o jateamento com partículas do Cojet Sand, seguido da silanização, apresentou resistência de união significativamente maior que os demais tratamentos, sendo que o Porcelain Prime (13,5 MPa) foi mais eficiente que o ESPE-Sil (9,7 MPa). A asperização com ponta diamantada, independentemente da aplicação do silano, demonstrou os menores valores em relação aos demais tratamentos de superfície. Para todos os demais grupos, não houve diferença significativa entre os resultados. Observou-se, na superfície metálica, um aumento na concentração de alumínio após o jateamento com óxido de alumínio, e um aumento nas concentrações de alumínio e sílica, após o jateamento com partículas do Cojet Sand.

Ohkubo et al.³⁹ (2000) analisaram a resistência ao cisalhamento entre uma resina e titânio puro, liga de Ti6Al4V e de CoCr, empregando-se diferentes primers para metal. Discos foram fundidos com os três metais. As superfícies dos discos foram jateadas com partícula de óxido de alumínio de 50 µm e tratadas com Metal Primer II (MEPS), Cesead Opaque Primer (MDP), Meta Base (4-META), um primer experimental ou sistema Siloc. Uma resina à base de PMMA foi aplicada sobre as superfícies tratadas. Espécimes sem primers foram empregados como grupos controle. Os espécimes receberam um dos seguintes tratamentos antes do ensaio de cisalhamento: 1) armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas e 2) termociclados (2.000 ciclos, 4°C e 60°C e tempo de imersão de 1 minuto). Em ambas as condições de armazenamento, todos os primers avaliados promoveram um aumento significativo da resistência ao cisalhamento nos três metais e, dentro de cada tratamento, não houve diferença significativa entre os metais. Após a termociclagem, a resistência dos grupos tratados

com Meta Base e com Siloc foi reduzida significativamente. O Meta Base mostrou a menor durabilidade entre os primers.

Haselton et al.²² (2001) avaliaram a resistência ao cisalhamento de dois sistemas de reparo intra-orais aplicados em metal e em porcelana. Para este estudo, foram confeccionados 60 discos, sendo 20 em porcelana feldspática (P), 20 em liga de ouro-paládio (M) e 20 em porcelana e metal (PM). Estes foram divididos em subgrupos de 10 e cilindros de resina composta fotoativada no local foram unidos a cada substrato com dois diferentes sistemas de reparo: Sistema Cojet (CJ) e Ceramic Repair (CR). Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas e termociclados (300 ciclos de 1 minuto – 5° e 55°C). Foram, então, armazenados novamente nas mesmas condições descritas acima por mais 8 dias e submetidos ao teste de resistência de união em máquina de ensaios mecânicos a uma velocidade de 5,0 mm/min. Os resultados obtidos foram: PM-CR (19,3 MPa); PM-CJ (25,0 MPa); M-CR (14,3 MPa); M-CJ (23,0 MPa); P-CR (18,3 MPa); P-CJ (22,4 MPa). O sistema CJ foi melhor que o CR nos três substratos. Não houve diferença estatística entre os três substratos tratados com o sistema CJ. O sistema CR não promoveu diferença significativa entre os Grupos P e PM. Apenas o Grupo M foi estatisticamente menor que os demais substratos quando o sistema CR foi utilizado. Os Grupos P apresentaram falha coesiva da porcelana; os Grupos PM apresentaram falha mista (coesiva na porcelana e adesiva no metal) e os Grupos M apresentaram falha adesiva.

Yanagida et al.⁶⁶ (2001) avaliaram a capacidade adesiva dos primers para metal (seus monômeros funcionais encontram-se entre parênteses) Acryl Bond (4-AET), All Bond 2 Primer B (BPDM), Alloy Primer (MDP e VBATDT), Cesead II Opaque

Primer (MDP), Eye Sight Opaque Primer (MP), Metafast Bonding Liner (4-META), Metal Primer II (MEPS) e MR Bond (MAC-10) e de um sistema de modificação de superfície (Siloc) empregados na união entre uma resina composta fotoativada (Artglass) e discos fundidos em liga de Ti-6Al-7Nb. Trinta minutos após a confecção dos espécimes, estes foram imersos em água destilada a 37°C por 24 horas ou então termociclados (20.000 ciclos, 4°C e 60°C, 1 minuto por banho) (n=8). Posteriormente, os espécimes foram submetidos ao ensaio de cisalhamento. O sistema Siloc mostrou a maior resistência de união pós-termociclagem, seguido dos grupos condicionados com Cesead II Opaque Primer e Alloy Primer, sendo que ambos contêm MDP.

Özcan, Niedermeier⁴³ (2002) analisaram por meio de estudo clínico, as razões e a localização de falhas em restaurações metalocerâmicas, além da longevidade do sistema de reparo intra-oral Cojet, o qual utiliza o jateamento com partículas de sílica. Para este estudo, 289 coroas fraturadas foram reparadas. O local da fratura foi jateado com partículas de sílica de 30µm, do sistema Cojet, e os materiais utilizados para a realização do reparo foram: o silano ESPE-Sil; os opacos Visiogem, Sinfony ou Dentacolor e as resinas compostas Pertac II Aplutip, Sinfony ou Charisma, sem a discriminação dos grupos pelos autores. As coroas reparadas foram acompanhadas por um período médio de aproximadamente 3 anos. Observou-se que a maioria das falhas ocorreu na região anterior (65%), predominantemente na face vestibular dos dentes superiores (75%). As razões para a ocorrência de fraturas foram a função normal (66%), fatores iatrogênicos (18%), acidentes (10%) e procedimentos cirúrgicos (6%). O sistema Cojet mostrou-se como uma opção rápida e promissora, com um índice de sucesso superior a 3 anos em 89% dos casos.

Hooshmand et al.²³ (2002) estudaram a influência de vários métodos de aplicação de silano na resistência à tração entre resina composta e porcelana e avaliaram a durabilidade desta união. Para este estudo, foram confeccionados cilindros em liga de NiCr com 4 mm de diâmetro e 15 mm de altura, sobre os quais foi aplicada uma porcelana reforçada por leucita (Mirage, Myron Inc.). As superfícies de porcelana foram regularizadas com lixas 400 e 600 e polidas com uma mistura de partículas de diamante (Buehler-met AS). Os espécimes foram enxaguados com água destilada, submetidos à limpeza ultrassônica com acetato e então divididos em 10 grupos (n = 30) de acordo com a aplicação do agente silano γ -MPTS (Sigma Chemical Co.): 1) imersão em solução de silano por 60 segundos e secagem com ar comprimido à temperatura ambiente por 15 segundos; 2) imersão em solução de silano por 60 segundos e secagem em forno a 100°C por 2 minutos; 3) aplicação de silano com pincel por 60 segundos e secagem com ar comprimido à temperatura ambiente; 4) idem ao item 3, porém com secagem a 100°C por 2 minutos; 5) idem ao item 3, porém com secagem com ar aquecido a aproximadamente 50°C por 15 segundos; 6) igual ao item 5, seguido por enxágüe com água a 80°C e secagem com ar aquecido; 7) como em 6, seguido pela aplicação de uma fina camada de resina Variolink (Vivadent); 8) jateamento com óxido de alumínio de 50 μ m seguido pelo mesmo tratamento descrito no item 7; 9) condicionamento com ácido fluorídrico a 10% seguido pelo mesmo tratamento do item 7; 10) jateamento com óxido de alumínio de 50 μ m e condicionamento com ácido fluorídrico a 10% seguido pelo mesmo tratamento do item 7. Pares de espécimes de cada grupo foram unidos com cimento resinoso dual (Variolink, Vivadent) e armazenados a seco por 24 horas, à temperatura ambiente, por 24 horas, previamente ao ensaio de tração. O modo de fratura foi avaliado em microscópio de luz (40x). Para avaliar a durabilidade da união porcelana/ resina composta, espécimes adicionais foram confeccionados seguindo os métodos descritos nos itens 7, 8, 9 ou 10,

sendo, então, divididos em 3 subgrupos de acordo com as condições de armazenamento: armazenamento em água destilada a 37°C por períodos de 24 horas, 1 semana, 1 mês e 3 meses; armazenamento em água destilada a 37°C por 24 horas e termociclagem (3.000 ciclos – 5° e 55°C – banho de imersão de 30 segundos); armazenamento em água destilada a 100°C por 24 horas. O grupo 7 apresentou resistência mais alta que os grupos 1, 2, 3, 4 e 6. Não houve diferença significativa entre os valores do grupo 7 (superfície polida) e os grupos 8, 9 e 10 (previamente submetidos a tratamentos de retenção mecânica). O modo de fratura predominante para os grupos 1 – 4 foi adesiva, e para os grupos 5 – 10, coesiva do cimento resinoso. Não houve diminuição da força de união após 3 meses de armazenamento ou termociclagem para nenhum dos grupos. Após armazenamento em água a 100°C, houve redução da resistência para todos os grupos, porém o tipo de fratura continuou a ser coesiva, indicando que o cimento resinoso sofreu maior degradação que a interface adesiva.

Yanagida et al.⁶⁷ (2002) verificaram os efeitos de oito primers para metal – Acryl Bond (4-AET), All Bond 2 Primer B (BPDm), Alloy Primer (MDP e VBATDT), Cesead Opaque Primer (MDP), Eye Sight Opaque Primer (MP), Metafast Bonding Liner (4-META), Metal Primer II (MEPS) e MR Bond (MAC-10) – e de uma técnica de modificação de superfície conhecida por sistema Siloc, na resistência ao cisalhamento da união da resina composta Artglass ao titânio c.p. fundido. Os discos de titânio foram regularizados com lixa de granulação 600 e jateados com partículas de óxido de alumínio. Após aplicação dos tratamentos descritos anteriormente, as superfícies receberam aplicação da resina. Metade dos espécimes foi termociclada (20.000 ciclos, 4°C e 60°C, tempo de imersão de 1 minuto). As resistências de todos os grupos foram reduzidas com

os 20.000 ciclos térmicos. Dentre os grupos termociclados, aqueles tratados com Cesead Opaque Primer ou com sistema Siloc foram os que apresentaram maior resistência.

Ban⁴ (2002) avaliou o efeito do tratamento com soluções alcalinas sobre Ti c.p., ligas de Ti e de AuPdAg na resistência de união desses substratos a resina composta. Os substratos metálicos foram utilizados na forma de lâminas de 20 x 15x 1 mm. Essas lâminas foram jateadas com óxido de alumínio (100-250 μm) e limpos em ultrassom com água destilada. Para o Ti c.p., diferentes condições de tratamento alcalino foram testadas, variando o tipo de solução utilizada (LiOH, KOH ou NaOH), a concentração das soluções, o tempo e a temperatura de imersão. Além disso, alguns espécimes em Ti c.p. foram somente jateados ou jateados e submetidos à oxidação por aquecimento para efeito de comparação. Os espécimes dos demais substratos foram somente jateados ou submetidos a tratamento alcalino padrão após o jateamento. O tratamento alcalino padrão consistiu na imersão em solução de NaOH de 5 M, à temperatura de 60°C por 20 horas e posterior secagem a 600°C por 1 hora. Após o tratamento de superfície foi feita a aplicação da resina composta Solidex (Shofu Inc, Japão) sobre todos os tipos de substrato. Sobre os espécimes em Ti c.p., também foi utilizada a resina composta Cesead II (Kuraray, Japão). Os espécimes foram armazenados em solução salina fisiológica por 24 horas e submetidos a ensaio de cisalhamento. Para os espécimes confeccionados em Ti c.p. não houve diferença estatística entre o grupo em que foi feito somente jateamento e o grupo em que após o jateamento os espécimes foram submetidos à oxidação, entretanto a resistência de união foi significativamente maior após o tratamento com soluções alcalinas. Para os espécimes em liga de Ti o tratamento com soluções alcalinas também aumentou significativamente a resistência de união com a resina composta, em comparação com o jateamento com partículas de óxido de alumínio.

Os espécimes em AuPdAg não apresentaram diferença estatística entre os grupo submetido somente a jateamento e o grupo tratado com solução alcalina. O autor conclui que o tratamento com soluções alcalinas é um procedimento simples e efetivo em modificar a superfície do titânio e melhorar a união com resina composta.

Lim et al.³¹ (2003) avaliaram o efeito do tratamento com flúor gel acidulado na resistência ao cisalhamento entre resina composta e ligas de Ti e de CoCr. Os espécimes foram fundidos, polidos com lixa nº 1000 e limpos em ultrassom com etanol. Os espécimes foram divididos de acordo com os seguintes tipos de tratamento: 1) polimento com lixa de granulação 2000 e limpeza em ultrassom com água deionizada por 5 min, 2) polimento com lixa de granulação 2000, jateamento com óxido de alumínio de 50 µm limpeza em ultrassom com água deionizada por 5 min, e 3) polimento com lixa de granulação 2000, aplicação de flúor gel acidulado a concentração 1,23% por 5, 10 ou 15 min e limpeza em ultrassom com água deionizada por 5 min. As superfícies tratadas foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura e análise de raio-x de energia dispersiva. Sobre as superfícies tratadas foi aplicado adesivo SBMUP (3M) e resina composta Z100 (3M). Parte dos espécimes foi armazenada em água deionizada a 37°C por 24 horas, parte nas mesmas condições por 4 dias e outra parte em solução de NaF (pH 3) a 37°C por 4 dias e então todos os espécimes foram submetidos a ensaio de cisalhamento. Para as ligas de CoCr e de NiTi (que possui menor porcentagem de Ti), os espécimes tratados com flúor gel acidulado não apresentaram diferença estatística dos espécimes polidos. Para os demais espécimes confeccionados em ligas de Ti (com maior percentual desse metal), a resistência ao cisalhamento após o tratamento com flúor gel acidulado foi similar à resistência após jateamento com óxido de alumínio. Não houve diferença estatística entre os diferentes tempos de aplicação do flúor gel acidulado. O

armazenamento em solução de NaF não afetou a resistência ao cisalhamento dos espécimes em liga de Ti.

Kussano et al.²⁸ (2003) avaliaram a resistência ao cisalhamento entre resina composta e porcelana. Para este estudo, 40 espécimes cilíndricos foram confeccionados em liga de NiCr (Durabond) e recobertos por porcelana IPS Classic (Ivoclar). Os espécimes foram divididos em 4 grupos de acordo com o tratamento de superfície recebido: 1) sem tratamento, 2) retenções mecânicas realizadas com ponta diamantada, 3) condicionamento com ácido fosfórico e aplicação de silano Ceramic Primer (3M) e 4) condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação de Ceramic Primer (3M). Após tratamento de superfície, todos os espécimes receberam uma camada de adesivo Scotchbond Multi Uso Plus (3M) e resina composta Z 100 (3M). Os espécimes foram armazenados em água destilada à temperatura ambiente por uma semana e submetidos a ensaio de cisalhamento. As médias de resistência dos grupos de 1 a 4 foram, respectivamente, de 4,71 MPa, 4,81 MPa, 11,76 MPa e 11,07 MPa. Os grupos 3 e 4 não apresentaram diferença estatística e foram significativamente superiores aos grupos 1 e 2, estatisticamente iguais entre si.

Mancuso³² (2003) por meio de relato de caso clínico, apresentou uma técnica desenvolvida para reparar próteses metalocerâmicas fraturadas através de faceta metalocerâmica. Para tanto, foi feita a remoção da porcelana remanescente na superfície vestibular da prótese fraturada com ponta diamantada e realizada moldagem com silicona de adição para a confecção da faceta. Orifícios de retenção foram confeccionados na superfície vestibular da estrutura metálica da prótese e então esta superfície e a porção interna da faceta foram jateadas. A estrutura metálica da prótese e a superfície dental

exposta na cervical foram submetidas a condicionamento com ácido fosfórico. A superfície dental foi reidratada utilizando um dessensibilizante dentinário Super Seal (Pheonix Dental). Uma camada de adesivo Single Bond (3M ESPE) foi aplicada no dente preparado e na porção interna da faceta. Após fotopolimerização do adesivo, a faceta metalocerâmica foi fixada à estrutura metálica da prótese com cimento resinoso dual Rely X (3M ESPE). Os excessos foram removidos antes da fotopolimerização. Foram realizados procedimentos de acabamento, polimento e ajuste da oclusão. Ao final, tanto o paciente quanto o cirurgião-dentista consideraram o resultado satisfatório funcional e esteticamente.

Nepplenbroek et al.³⁸ (2003) avaliaram, por meio de revisão de literatura, os métodos de reparo para as próteses metalocerâmicas e discutiram sobre aspectos como a importância de uma ótima adesão entre material reparador e substrato da restauração fraturada e da aplicação de um tratamento de superfície adequado para o sucesso do reparo. Vários tratamentos de superfície, como condicionamento ácido, asperização por ponta diamantada, jateamento com óxido de alumínio e aplicação de silano foram abordados, assim como os materiais reparadores disponíveis no mercado. Os autores concluíram que, para os casos de fratura da cerâmica, o tratamento mecânico pode ser realizado por asperização por ponta diamantada, jateamento com óxido de alumínio ou condicionamento com ácido fluorídrico ou flúor fosfato acidulado, seguido pelo tratamento químico com silano e aplicação de sistema adesivo e resina composta; para a superfície metálica exposta, o tratamento mecânico por ponta diamantada ou jateamento abrasivo deve preceder ao tratamento químico específico para a liga (eletrodeposição de estanho para ligas nobres ou sistemas específicos para ligas não nobres) e no caso de

fratura mista, tratamentos específicos devem ser aplicados tanto à superfície do metal exposta quanto da porcelana fraturada.

Özcan⁴⁰ (2003) avaliou, por meio de revisão de literatura, técnicas alternativas de reparo intra-oral para fraturas em restaurações metalocerâmicas e observou que o sucesso do reparo é promovido tanto pela união mecânica, quanto pela união química do metal e/ou porcelana com a resina composta. Vários tratamentos de superfície foram analisados como: aplicação de ácidos, asperização da superfície com pontas diamantadas, jateamento com óxido de alumínio e sílica, silanos e tratamentos combinados. O tipo de resina composta utilizada para o reparo da fratura e a influência da termociclagem na interface de união dos materiais também foram considerados. O autor concluiu que os ácidos utilizados no tratamento da porcelana aumentaram a retenção micromecânica. No entanto, o uso intra-oral desses materiais não é indicado, por provocarem danos aos tecidos; a asperização com pontas em restaurações metalocerâmicas promove o início e a propagação de trincas no corpo de cerâmica; o jateamento com óxido de alumínio aumenta as retenções micromecânicas, sendo que, maiores alterações físicas na cerâmica são alcançadas com o uso de partículas de 50 µm; já o jateamento com a sílica demonstrou resultados promissores em relação às uniões química e mecânica entre o metal e a resina composta, sendo o sistema Cojet uma boa opção para a realização de reparos, pois não expõe o paciente a ácidos e pode ser utilizado tanto para fraturas em metal quanto em porcelana; os silanos não se unem ao metal com a mesma eficácia que o fazem com a porcelana, além de serem degradados pela água absorvida pelas resinas compostas no meio bucal; combinações de tratamentos químicos e mecânicos otimizam a resistência de união entre os materiais; o tipo de resina composta influencia a resistência de união entre os materiais, sendo as resinas híbridas as

que promovem melhores resultados; a termociclagem tende a diminuir a resistência de união entre os materiais, além de enfraquecer a estrutura da resina composta.

Özcan⁴¹ (2003) avaliou as causas de fratura em restaurações metalocerâmicas por meio de revisão de literatura e verificou que a prevalência de fratura da porcelana nesse tipo de restauração era de 5% a 10% após 10 anos e que se tratava de um problema multifatorial. As principais causas foram atribuídas: às propriedades dos materiais, como a diferença entre os módulos de elasticidade e a presença de microtrincas na porcelana produzidas durante o processo de cocção; às condições bucais do indivíduo, como umidade, força de mordida excessiva e parafunção; ao conhecimento do cirurgião dentista para o correto planejamento, execução da técnica de preparo, cimentação e ajuste oclusal; às falhas laboratoriais como incorreta anatomia da restauração, poros na cerâmica por falha na condensação e falha na forma e/ou na espessura da estrutura metálica que suporta a cerâmica, além do trauma, que promove fratura principalmente na região dos dentes anteriores.

Meyer Filho et al.³⁶ (2004) avaliaram a influência de diferentes tratamentos de superfície na resistência à microtração entre resina composta e uma porcelana reforçada por dissilicato de lítio. Para este estudo, foram confeccionados 4 blocos de porcelana IPS Empress2 (Ivoclar) nas dimensões de 7 x 7 x 5 mm. Todos os blocos foram polidos com lixa 600 e, em seguida, jateados com partículas de óxido de alumínio de 50 µm. Os blocos de porcelana foram então divididos em 4 grupos: 1) condicionamento com ácido fluorídrico a 9,5% por 20 s e aplicação do silano Rely X Ceramic Primer (3M ESPE) por 3 min; 2) aplicação do silano Rely X Ceramic Primer por 3 min; 3) condicionamento com ácido fluorídrico a 9,5% por 20 s e 4) sem tratamento.

Após os tratamentos de superfície, uma camada de adesivo Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M ESPE) foi aplicada e fotopolimerizada por 20 s. Em seguida, a resina composta Z-250 (3M ESPE) foi aplicada em quatro camadas de 1mm de espessura, tendo cada camada sido fotopolimerizada por 40 s. As amostras foram então armazenadas em água destilada a 37°C por 24 horas e cortadas transversalmente em barras de 0,9 mm x 0,9 mm antes do ensaio mecânico. Para cada grupo, 25 barras de resina composta-porcelana foram submetidas a ensaio de microtração à velocidade de 0,5 mm/min, exceto para o grupo 4, cujas amostras falharam durante o procedimento de corte. Os fragmentos de cada amostra foram analisados em microscópio eletrônico. Os grupos 1, 2 e 3 apresentaram médias de resistência respectivamente de 56,8 MPa, 44,8 MPa e de 35,1 MPa, tendo havido diferença significativa entre todos os valores. Todas as falhas foram do tipo adesiva. Os autores atribuíram ao tratamento de superfície com silano a principal influência na união entre resina composta e porcelana e concluíram que somente o jateamento com óxido de alumínio não promove forças de união adequadas.

Matinlinna et al.³⁵ (2004) fizeram uma descrição das propriedades físicas e químicas dos silanos, bem como de sua indicação e das principais experiências clínicas. Para tal, realizaram um levantamento de trabalhos relacionados do período entre 1958 e 2002. Os autores observaram uma grande utilização desses materiais na prótese e na dentística restauradora. Além disto, viram que a maioria dos resultados clínicos apontaram para um papel significativo dos silanos na adesão. Comentaram que os mecanismos de reação dos silanos não estão totalmente compreendidos e que existem várias teorias para explicar os mecanismos de união dos silanos aos substratos. Concluíram que os silanos devem continuar sendo estudados e que eles têm um papel essencial no desenvolvimento dos materiais.

Behr et al.⁵ (2005) avaliaram a influência da polimerização adicional por meio de irradiação eletrônica na resistência de união (tração e cisalhamento) entre resina composta e os metais Ti c.p. e CoCr, utilizando diferentes sistemas de união. Noventa espécimes de 20 mm x 10 mm x 2 mm em Ti c.p. (Dentaurum) foram torneados, sendo as superfícies regularizadas com lixa 800. Os espécimes em CoCr (n = 90) foram obtidos por meio de fundição e polidos com lixa 800. A área adesiva (19,625 mm²) foi delimitada por uma fita adesiva e, para cada liga, 3 sistemas de união foram testados: Rocatec/ Sinfony – jateamento com óxido de alumínio 110 µm (Rocatec Pré, 3M ESPE), jateamento com partículas modificadas por sílica (Rocatec Plus, 3M ESPE), aplicação de um agente silano, aplicação de duas camadas do opaco Sinfony (3M ESPE) e condensação de resina composta Sinfony sobre o opaco, sendo cada camada fotopolimerizada por 10 segundos e posteriormente polimerizada a vácuo no equipamento Visio Beta (3M ESPE); Metal Primer II/ Gradia – jateamento com óxido de alumínio de 120 µm, limpeza em ultrassom, aplicação de Metal Primer II (GC-Europe) e secagem por 60 segundos, aplicação de duas camadas do opaco Gradia (Dentacolor XS, Heraeus Kulzer) e aplicação de resina composta Gradia, sendo esta polimerizada adicionalmente em forno belleGlass HP a 144°C por 20 minutos; SR Link/ Adoro - jateamento com óxido de alumínio de 120 µm, limpeza em ultrassom, aplicação do primer SR Link (Ivoclar, Vivadent), de duas camadas de opaco e aplicação da resina composta Adoro (Ivoclar, Vivadent), polimerizada da mesma forma descrita para a resina composta Gradia. Os espécimes foram divididos em 3 subgrupos (n = 10): 1) armazenamento em água destilada a 37°C por 24 horas (grupo controle); 2) irradiação eletrônica em uma dose de irradiação de 100 kGy e 3) irradiação eletrônica como em 2 e termociclagem (12000 ciclos – 5° e 55°C – 2 minutos). Em seguida, foi realizado ensaio de cisalhamento.

Noventa espécimes adicionais em liga de CoCr foram confeccionados da mesma forma descrita anteriormente para ensaio de tração. O tipo de fratura foi determinado por meio de microscópio de luz. Para os espécimes em titânio, após armazenamento por 24 horas, o sistema Rocatec/ Sinfony apresentou valores significativamente mais baixos que os outros dois sistemas; após irradiação, os valores de resistência aumentaram significativamente para todos os sistemas. Para os espécimes em CoCr, não houve diferença significativa entre os 3 sistemas após 24 horas de armazenamento; após irradiação, somente os espécimes tratados com Metal Primer II apresentaram um aumento significativo da resistência de união. Não houve diferença entre os testes de cisalhamento e tração e a termociclagem não interferiu nos resultados. Os tipos de fratura mais observados foram adesivas e mistas, tendo ocorrido fraturas coesivas somente em espécimes submetidos à irradiação.

Valandro et al.⁶¹ (2005) estudaram o efeito do jateamento com partículas de óxido de alumínio modificadas por sílica na união entre resina composta e uma cerâmica constituída por óxido de alumínio. Foram confeccionados 15 blocos de porcelana Procera AllCeram (Nobel Biocare). As superfícies foram regularizadas com lixa 1200 e, para cada bloco de porcelana, foi confeccionada uma réplica em resina composta W3D Master (Wilcos), utilizando um molde de silicone de adição Elite HD (Zhermack). Os blocos de porcelana foram divididos em 3 grupos (n = 5): grupo SB – jateamento com partículas de óxido de alumínio de 110 µm; grupo RS – utilização do sistema Rocatec (3M ESPE), que inclui jateamento prévio com partículas de óxido de alumínio de 110 µm, um segundo jateamento com partículas de óxido de alumínio modificadas por sílica de 110 µm e aplicação de silano Rocatec-Sil na superfície jateada; grupo CS – utilização do sistema Cojet (3M ESPE), que consiste em jateamento com

partículas de 30 µm de óxido de alumínio modificadas por sílica e aplicação do silano ESPE-Sil na superfície jateada. Uma amostra adicional de cada grupo foi preparada para análise da superfície tratada em microscópio eletrônico. Em seguida, cada bloco de porcelana foi unido ao seu respectivo bloco de resina composta usando cimento resinoso dual Panavia F (Kuraray). Os blocos foram armazenados em água destilada por 7 dias e então cortados de modo a se obter 6 amostras por bloco (n = 30). Foi realizado ensaio de microtração com velocidade de 1mm/min e as superfícies fraturadas foram analisadas em microscópio de luz e microscópio eletrônico. Os grupos RS (17,1 MPa) e CS (18,5 MPa) foram estatisticamente iguais entre si e apresentaram resultados significativamente maiores que o grupo SB (12,7 MPa). Todas as falhas foram do tipo adesiva. Através deste estudo, os autores concluíram que o jateamento com sílica aumenta a resistência à tração entre o cimento resinoso Panavia F e a porcelana Procera AllCeram.

Galiatsatos¹⁷ (2005) apresentou, por meio de relato de caso clínico, um método de reparo indireto de uma prótese metalocerâmica fraturada utilizando uma “overlay” metalocerâmica. Uma paciente de 48 anos, cuja queixa principal era o desejo de trocar ou reparar uma restauração existente no primeiro quadrante, foi examinada e informada sobre as possibilidades de tratamento. Após discussão com o cirurgião-dentista, a paciente optou por um reparo indireto da prótese fraturada. Foi feita a remoção de toda a porcelana remanescente com uma ponta diamantada 38GS (Uniprep C&B Set), dando forma adequada ao preparo para a colocação da nova overlay. Foi realizada uma moldagem da estrutura preparada com silicona de adição (Panasil, Kettenbach) e uma moldagem do arco oposto com hidrocolóide (Blueprint Cremix, Dentysply). A overlay foi confeccionada em liga de NiCr (Wiron 99) e porcelana feldspática de baixa fusão (Omega 900, Vita). Após avaliação intra-oral e ajuste oclusal a nova overlay foi fixada à estrutura

antiga com cimento resinoso Panavia 21 (Kuraray). O autor afirma que a vantagem dos reparos indiretos é que estes apresentam maior longevidade quando comparados aos reparos diretos com resina composta, especialmente quando grande quantidade de porcelana foi perdida.

Quaas et al.⁴⁷ (2005) avaliaram a influência de métodos de limpeza na união de uma resina composta à liga de NiCr, utilizando vários sistemas de união. Para este estudo, foram confeccionados discos de 6 mm de diâmetro x 3,4 mm de espessura em liga de NiCr (Wiron 99, Bego). Esses discos foram polidos com lixa 500 e jateados com óxido de alumínio 110 µm. Cilindros de 3,3 mm de diâmetro de resina composta autopolimerizável (Clearfil F2, Kuraray) foram confeccionados e unidos aos discos de NiCr através dos seguintes sistemas: grupo ROC - jateamento com partículas de sílica do sistema Rocatec, aplicação do silano ESPE-Sil e aplicação de sistema adesivo/ cimento resinoso dual Estiseal LC/ Twinlook; grupo PAN - aplicação do cimento resinoso adesivo Panavia 21 direto sobre a superfície jateada com óxido de alumínio e grupo KEV - aplicação do acrílico Kevloc e de sistema adesivo/ cimento resinoso dual Estiseal LC/ Twinlook após o jateamento com óxido de alumínio. Para cada tratamento, 3 métodos de limpeza foram usados após o último jateamento: B) limpeza com uma escova rígida; A) limpeza com isopropanol 96° em ultrassom por 3 min; N) limpeza com solução detergente neutra em ultrassom, enxágüe em água destilada e secagem por 3 min. Para cada combinação foram confeccionadas 20 amostras. Subgrupos de 10 amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C por 3 dias ou termociclados (37.500 ciclos – 5°C a 55°C – tempo de imersão de 30 s) durante 150 dias. As amostras foram submetidas a ensaio de tração e a superfície fraturada foi analisada em microscópio de luz com aumento de 40x e em microscópio eletrônico. As amostras limpas em ultrassom com

isopropanol apresentaram valores significativamente mais altos para todos os grupos, após 3 dias de armazenamento. Após termociclagem, o grupo KEV apresentou uma significativa redução na força de união. Os grupos ROC e PAN apresentaram forças de união duráveis aos 150 dias de termociclagem. Após armazenamento por 3 dias, o tipo de falha foi predominantemente coesiva do cimento resinoso exceto para os grupos PAN/N e PAN/A que apresentaram predominância de falha coesiva da resina composta. Após 150 dias de armazenamento, o Grupo KEV apresentou predominância de falha adesiva e os grupos ROC e PAN, falha coesiva do cimento resinoso.

Güler et al.²⁰ (2005) avaliaram a resistência ao cisalhamento entre resina composta e porcelana de acordo com o tratamento de superfície. Foram confeccionados 108 blocos de porcelana feldspática (Vita VMK95, Vivadent) nas dimensões 7 mm x 7 mm x 3 mm. Estes foram incluídos em resina acrílica e polidos com lixas 320, 400 e 600. As amostras foram divididas em 9 grupos (n = 12) de acordo com o tratamento de superfície: grupo S₅₀ – jateamento com óxido de alumínio 50 µm; grupo S₁₁₀ – jateamento com óxido de alumínio 110 µm; grupo A condicionamento com ácido fluorídrico 9,6%; grupo Si – aplicação de silano Bond Enhancer (Pulpdent); grupo S₅₀Si – jateamento com óxido de alumínio 50 µm e aplicação de silano; grupo S₁₁₀Si – jateamento com óxido de alumínio 110 µm e aplicação de silano; Grupo ASi – condicionamento com ácido fluorídrico 9,6% e aplicação de silano; grupo S₅₀ASi – jateamento com óxido de alumínio 50 µm, condicionamento com ácido fluorídrico 9,6% e aplicação de silano; grupo S₁₁₀ASi – jateamento com óxido de alumínio 110 µm, condicionamento com ácido fluorídrico 9,6% e aplicação de silano. Uma camada de adesivo Prime & Bond NT foi aplicada e fotopolimerizada por 20 s. Com o auxílio de um molde de Teflon (DuPont) com 2 mm de espessura e um orifício interno de 5 mm de diâmetro, uma resina composta microhíbrida

(Arabesk Top) foi condensada sobre as superfícies tratadas. As amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C por 24 horas e então submetidas a ensaio de cisalhamento. Os menores valores foram obtidos para o grupo Si (4,09 MPa) e os maiores, para os grupos S₅₀ASi (12,34 MPa) e ASi (11,97 MPa), estatisticamente iguais entre si. Somente condicionamento ácido ou jateamento com óxido de alumínio não promoveu resistência ao cisalhamento adequada. Apesar de a aplicação isolada de silano não ter promovido resistência adequada, o silano foi efetivo após jateamento ou condicionamento ácido, pois os grupos com silano (S₅₀Si, S₁₁₀Si e ASi) apresentaram valores mais altos que os grupos sem silano (S₅₀, S₁₁₀ e A).

Murray et al.³⁷ (2005) avaliaram o efeito da aplicação de um laser XeCL como tratamento de superfície na resistência à tração entre liga de NiCr e um cimento resinoso em comparação com um jateamento tradicional. Foram confeccionados 80 cilindros de NiCr (Wiron 99), com 5 mm de diâmetro e área adesiva de 19,6 mm². Estes foram divididos em 4 grupos: 1) jateamento com óxido de alumínio 50 µm; 2) aplicação de laser de baixa fluência (3,0 J/cm²); 3) aplicação de laser de média fluência (4,0 J/cm²); 4) aplicação de laser de alta fluência (4,9 J/cm²); 5) jateamento com óxido de alumínio 50 µm e aplicação de laser de média fluência (4,0 J/cm²). Pares de cilindros de cada grupo (n = 8) foram unidos com cimento resinoso Panavia 21 (Kuraray). As amostras foram armazenadas em água deionizada a 37°C por 24 horas e em seguida, submetidas ao ensaio mecânico de tração. Para determinar o potencial de ablação do laser, uma amostra plana em liga de NiCr foi submetida à aplicação de laser com fluências crescentes e as profundidades dos orifícios resultantes foram mensuradas em microscópio de luz. A maior resistência à tração foi obtida pelo grupo 5 (41,8 MPa). Não houve diferença estatística entre os grupos tratados somente com laser e o grupo submetido somente ao

jateamento. Uma relação linear foi encontrada entre a profundidade de ablação e a fluência do laser aplicado na superfície da amostra plana de NiCr. Como não houve diferença estatística nas resistências entre qualquer dos grupos tratados somente com laser e o grupo somente jateado, os autores sugerem que a aplicação do laser XeCl pode ser uma alternativa ao jateamento como tratamento de superfície de uma liga de NiCr.

Kibayashi et al.²⁵ (2005) publicaram um estudo no qual foi avaliado o efeito da exposição da superfície do titânio c.p. ao plasma em diferentes condições de gás atmosférico. Três formas diferentes de amostras (disco, barra e cilindro) foram obtidas a partir do corte do titânio. As superfícies foram regularizadas com lixas de granulação 1000, devidamente limpas e tratadas em atmosfera de ar, CO₂ e C₃F₈ empregando-se um equipamento de exposição ao plasma. Foram realizadas, nos discos, medidas da energia livre da superfície em água, em tetrabromoetano e em diiodometano. As barras foram empregadas na análise XPS. Finalmente, no ensaio de cisalhamento, os cilindros de titânio c.p., tratados conforme descrito anteriormente, foram cimentados em amostras de aço inoxidável cujas superfícies também foram polidas com lixas de granulação 1000 e então jateadas com partículas de óxido de alumínio de 50 µm. Nesta etapa, os procedimentos de cimentação foram: 1) resina Unifast Trad (pó e líquido); 2) pó do Unifast Trad e líquido do Super Bond C&B (4-META); 3) pó do Unifast Trad e líquido do Multi-Bond (MAC-10); 4) pó do Unifast Trad e líquido do Unifast Trad + HEMA e 5) Alloy Primer (MDP + VBATDT) e Unifast Trad (pó e líquido). A exposição ao plasma em atmosfera de ar e de CO₂ aumentou a resistência ao cisalhamento dos cimentos ao titânio em relação ao grupo que não recebeu exposição ao plasma. Contrariamente, os grupos expostos ao plasma em atmosfera de C₃F₈ apresentaram redução significativa da resistência em relação ao grupo controle. Também foi observado que os monômeros

VBATDT e MDP são mais eficazes que os monômeros 4-META e MAC-10, respectivamente.

Prado et al.⁴⁶ (2005) avaliaram a força de união de 3 sistemas cerâmicos a 3 ligas de NiCr. As ligas de NiCr usadas foram: Durabond (Comercial Odonto Import Ltd); Verabond (Aalba Dent Inc) e Wiron (BEGO). Foram fundidos 30 discos de 6 mm de diâmetro x 15 mm de espessura de cada liga. Após a fundição, as amostras foram limpas e cortadas de forma que suas extremidades ficassem paralelas. As amostras foram divididas em 3 subgrupos (n=10), de acordo com o sistema cerâmico aplicado: Duceram (Degussa); Williams (Williams Dental Co.) e Noritake (Noritake Co.). A porcelana foi aplicada em 2 etapas, uma para a aplicação do opaco e outra para a confecção do corpo da porcelana, resultando em um total de 3 mm de altura. As amostras foram submetidas a ensaio de cisalhamento. O sistema cerâmico Noritake associado à liga Wiron apresentou os maiores resultados (32,93 MPa), enquanto o sistema Duceram associado à liga Verabond apresentou a menor média de resistência (16,31 MPa). As combinações Wiron/Duceram e Verabond/Noritake promoveram resultados intermediários. As combinações do sistema cerâmico Williams e as ligas de NiCr apresentaram médias semelhantes entre si.

Santos et al.⁴⁸ (2006) avaliaram a resistência ao cisalhamento de vários sistemas de reparo, em metal e porcelana, comparando-os a um protocolo de menor custo. Cinquenta cilindros de 9 mm de diâmetro e 3 mm de espessura foram confeccionados em NiCr (VeraBond II, Aalba Dent Inc) e 50 cilindros de 7,8mm de diâmetro e 2,7 mm de espessura foram confeccionados em porcelana feldspática (Noritake Super Porcelain EX-3, Noritake Co). Os cilindros em metal e porcelana foram incluídos em anel de PVC com

resina acrílica e suas superfícies foram regularizadas com lixas 120, 220 e 320. Os espécimes de cada substrato foram divididos em 5 grupos ($n = 10$), de acordo com o sistema de reparo aplicado: grupo CL – Clearfil SE Bond/ Clearfil AP-X; grupo BT – Bistite II DC/ Palfique; grupo CJ – Cojet System/ Z 100; grupo SB – Scotchbond Multipurpose Plus/ Z100, adotado como grupo controle e grupo CJSB –variação do grupo controle, no qual foi realizado jateamento com partículas modificadas por sílica de $30\mu\text{m}$ (Cojet Sand, 3M ESPE), como no grupo CJ. Nos demais grupos, foi realizado jateamento com óxido de alumínio de $50\mu\text{m}$ previamente à aplicação do sistema de reparo. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas, termociclados (1.000 ciclos – 5° e 55°C – 30 segundos de banho de imersão) e novamente armazenados nas condições descritas anteriormente por 8 dias. Foi realizado ensaio de cisalhamento e as superfícies fraturadas foram analisadas em lupa estereoscópica (30x). Para os espécimes em metal, o grupo CJ apresentou superioridade estatística em relação aos demais grupos. Os grupos CL e SB foram estatisticamente iguais entre si, mas somente o grupo CL apresentou resultados significativamente maiores que o grupo CJSB. O grupo BT apresentou os menores valores de resistência. Para os espécimes em porcelana, não houve diferença significativa entre os grupos SB, CJ e BT, mas apenas o grupo SB apresentou resultados significativamente maiores que os grupos CL e CJSB. Os tipos de fratura predominantes em metal foram: adesiva para os grupos BT, CJ, SB e CJSB e coesiva do material reparador para o grupo CL. Em porcelana, todos os grupos apresentaram predominância de falha coesiva da porcelana.

Seimenis et al.⁵¹ (2006) avaliaram a resistência ao cisalhamento de liga de NiCr a 3 resinas compostas indiretas, utilizando diferentes tratamentos de superfície. Setenta e dois discos de 10 mm de diâmetro e 1,5 mm de espessura foram fundidos em

liga de NiCr (Heranium NA, Heraus-Kulzer). Estes foram jateados com óxido de alumínio de 250 μm e limpos em ultrassom por 5 minutos. Os tratamentos de superfície empregados foram: 1) aplicação do primer Metal Photo Primer (Shofu) e 2) utilização do sistema Siloc (Heraus-Kulzer) para deposição de sílica na superfície do metal. Os espécimes foram divididos em 3 subgrupos ($n = 12$), de acordo com a resina utilizada: Solidex (Shofu), Artglass (Heraus-Kulzer) ou Signum (Heraus-Kulzer). Após termociclagem (1.000 ou 5.000 ciclos – 5° e 55° C – 10 segundos de banho de imersão), foi realizado ensaio de cisalhamento e as superfícies fraturadas foram analisadas em microscópio de luz (25x). Não houve diferença significativa entre os dois tratamentos de superfície empregados. A resina Solidex apresentou valores de resistência significativamente maiores. Não houve diferença significativa entre os grupos submetidos a 1.000 ciclos térmicos e os submetidos a 5.000 ciclos. Os tipos de falha encontrados foram: adesiva para os grupos da resina Solidex e, mista para os demais grupos.

Atsu et al.³ (2006) avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície na união entre uma porcelana reforçada por óxido de zircônia e um cimento resinoso adesivo. Sessenta cubos de 5mm x 5mm x 1,5mm foram confeccionados em porcelana Cercon (Degussa). Estes foram jateados com óxido de alumínio de 125 μm e limpos com álcool em ultrassom, por 3 minutos. Os espécimes foram divididos em 6 grupos ($n = 10$) de acordo com o tratamento de superfície: grupo C – sem tratamento de superfície adicional (grupo controle); grupo SIL – aplicação de agente silano Clearfil Porcelain Bond Activator (Kuraray); grupo BSIL – aplicação do adesivo Clearfil Bond Liner 2V Primer (Kuraray), seguido pelo silano Clearfil Porcelain Bond Activator; grupo SC jateamento com partículas modificadas por sílica de 30 μm (Cojet Sand, 3M ESPE); grupo SCSIL – jateamento com Cojet Sand e aplicação de silano ESPE-Sil; grupo

SCBSIL – jateamento com Cojet Sand, aplicação do adesivo Clearfil Bond Liner 2V Primer (Kuraray), seguido pelo silano Clearfil Porcelain Bond Activator. Um espécime adicional de cada grupo foi confeccionado para análise em microscópio eletrônico de varredura (x400). Cilindros de resina composta Z 250 (3M ESPE) com 3 mm de diâmetro e 3 mm de espessura foram unidos à porcelana com cimento resinoso adesivo Panavia F (Kuraray). Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37° C por 24 horas e submetidos a ensaio de cisalhamento. Foi realizada análise das fraturas em lupa estereoscópica (40x). Os grupos jateados com partículas modificadas por sílica (CS, SCSIL e SCBSIL) não apresentaram diferença significativa em seus valores de resistência, sendo superiores aos grupos C, SIL e BSIL, estatisticamente iguais entre si. Os tipos de falha predominantes foram: adesiva para os grupos C, SIL e BSIL, mista para os grupos SC e SCSIL e, para o grupo SCBSIL, metade dos espécimes apresentou falha coesiva do cimento resinoso e metade mista.

Özcan et al.⁴⁴ (2006) avaliaram quatro métodos de reparo em restaurações metalocerâmicas, variando os tratamentos de superfície e aplicando uma resina composta reforçada por fibra de vidro sob a resina composta reparadora. Para este estudo, próteses metalocerâmicas em liga de CoCr (Wirabond C) e porcelana feldspática (Vita Omega) foram confeccionadas e cimentadas sobre troquéis metálicos de incisivos centrais superiores. Os troquéis metálicos com as próteses cimentadas foram incluídos em moldes de polimetilmetacrilato e levados a uma máquina de ensaios mecânicos, onde uma força com direção incisal foi aplicada sobre os espécimes por meio de um dispositivo circular, até a fratura da prótese. As próteses fraturadas foram divididas em 4 grupos, de acordo com o tratamento de superfície empregado: 1) condicionamento com ácido fluorídrico a 9,5% por 90 segundos; 2) jateamento com óxido de alumínio de 50 µm; 3)

jateamento com partículas modificadas por sílica de 30 μm (Cojet Sand, 3M ESPE) e 4) aplicação de 2 camadas de resina composta reforçada por fibra de vidro Stick (Stick Tech). Sobre as superfícies tratadas, foi aplicado Silano ESPE-Sil, sistema adesivo Scotchbond Multipurpose (3M ESPE), opaco Visiogem (3M ESPE), onde houve exposição de metal, e resina composta Tetric Ceram (Vivadent Ivoclar). Todos os espécimes foram submetidos à fratura como descrito anteriormente e novamente reparados. Cada grupo foi submetido a 4 ciclos de reparo, sendo realizado jateamento com óxido de alumínio entre cada ciclo. No 4º ciclo de reparo, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37° C por 24 horas e termociclados (6.000 ciclos – 5° e 55° C – 30 segundos de banho de imersão) previamente ao ensaio mecânico. As superfícies fraturadas foram analisadas através de fotografias tiradas em máquina digital Nikon Coolpix 990. Os grupos 1, 2 e 3 foram estatisticamente iguais entre si e apresentaram valores significativamente menores que o grupo 4. Os resultados do grupo 4 foram estatisticamente iguais aos obtidos após fratura da prótese intacta. Os valores encontrados após o 1º, 2º e 3º ciclos não apresentaram diferença significativa. As falhas foram predominantemente do tipo adesiva para os grupos 1, 2 e 3 e coesiva entre as duas camadas de resina composta reforçada por fibra de vidro para o grupo 4.

Tsuchimoto et al.⁵⁸ (2006) avaliaram os efeitos dos monômeros 4-META e 10-MDP – nas concentrações de 0,1, 1,0 e 10%, em massa, – na resistência à tração dos cimentos Super Bond C&B e Panavia F ao titânio. As superfícies do titânio c.p. foram regularizadas com lixas de granulação 600, limpas com etanol durante 5 minutos em ultrassom e posteriormente receberam uma das combinações dos seis primers e dois cimentos. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas e então ensaiados. No Panavia F, o MDP na concentração de 10%, em massa, resultou em

resistência significativamente maior que as demais concentrações do mesmo monômero e que todas as concentrações do monômero 4-META. No cimento Super Bond C&B, os grupos tratados foram iguais ao grupo que não recebeu tratamento (grupo controle).

Tsuchimoto et al.⁵⁷ (2006) investigaram a eficácia de métodos de tratamento do titânio visando um aprimoramento da união entre cimento/titânio e entre titânio/faceta de resina. Discos de titânio c.p. foram tratados com duas concentrações de ácido clorídrico (0,1 N e 1,0 N), ácido fosfórico a 37°C ou não receberam tratamento (grupo controle) e posteriormente unidos ao cimento resinoso Panavia F. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas ou então termociclados (20.000 ciclos, 5°C e 55°C e tempo de imersão de 1 minuto) (n=10) e então submetidos ao ensaio de tração. Os grupos não termociclados não apresentaram diferença significativa entre si. A termociclagem reduziu significativamente a resistência de todos os grupos experimentais, com exceção do grupo tratado com ácido clorídrico 1,0 N. Não houve diferença de rugosidade entre as superfícies tratadas e não tratadas. O ácido clorídrico efetivamente descontaminou a superfície do titânio, aumentando a absorção dos grupos fosfóricos presentes no monômero MDP do cimento Panavia F, enquanto o ácido fosfórico foi fortemente absorvido pela superfície do metal, inibindo aquela absorção.

Matinlinna et al.³⁴ (2006) avaliaram o efeito de dois silanos experimentais na resistência ao cisalhamento entre resina composta e Ti c.p.. Para isso, espécimes de Ti c.p. de 20 x 40 x 1 mm foram usinados e jateados com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica de 30 µm (Cojet Sand, 3M ESPE). Os espécimes foram divididos em 3 grupos de acordo com o silano aplicado: ACP – 1,0 vol% 3-methacryloyloxypropyltrimethoxysilane, ACP+BTSE – 1,0 vol% 3-

methacryloyloxypropyltrimethoxysilane + 1 vol% 1,2-bis(triethoxysilyl)ethane e MPS – silano Espe-Sil, usado como controle. Após tratamento com silano foi aplicada uma resina composta experimental sobre as superfícies e os espécimes foram termociclados (6.000 ciclos com temperaturas de imersão de 5°C e 55°C). após termociclagem foi realizado teste de cisalhamento. Os grupo ACP+BTSE ($5,2 \pm 1,3$ MPa) e ACP ($4,1 \pm 1,0$ MPa) foram estatisticamente iguais entre si. O grupo MPS apresentou média de resistência significativamente inferior aos demais.

Goia et al.¹⁸ (2006) avaliaram a resistência à microtração de um reparo em resina composta a uma porcelana reforçada por alumina após 3 diferentes tratamentos de superfície. Blocos de 5 mm x 5 mm x 4 mm foram confeccionados em porcelana Vitadur- α (Vita). As superfícies foram polidas com lixa 1200. Estes blocos foram limpos em ultrassom com água destilada por 3 minutos e divididos em 3 grupos (n = 10), de acordo com o tratamento de superfície: 1) condicionamento com ácido fluorídrico a 9,6% por 1 minuto; 2) jateamento com óxido de alumínio de 110 μ m 3) jateamento com partículas modificadas por sílica de 30 μ m (Cojet Sand, 3M ESPE). Após os tratamentos de superfície foi aplicado silano ESPE-Sil, sistema adesivo Single Bond (3M ESPE) e resina composta W3D-Master (Wilcos). Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37° C por 24 horas e cortados com disco diamantado, obtendo-se 15 fatias por bloco. Essas fatias foram submetidas a ensaio de microtração e as superfícies fraturadas foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura (2000x). O grupo 1 apresentou valores significativamente mais altos que os grupos 2 e 3, estatisticamente iguais entre si. Todos os grupos apresentaram predominância de fratura do tipo mista.

Saygili et al.⁵⁰ (2006) avaliaram a estabilidade de cor de 3 resinas compostas utilizadas para reparo direto de próteses metalocerâmicas e de 1 porcelana, após envelhecimento artificial acelerado. Os materiais utilizados para o estudo foram: porcelana IPS Empress (Ivoclar), utilizada como controle, e as resinas compostas Charisma (Heraus-Kulzer), Clearfil (Cavex Holland BV) e Silux Plus (3M). Discos de 10 mm de diâmetro e 3mm de espessura foram confeccionados para cada material. A cor foi medida de acordo com os parâmetros da comissão CIELAB (Comission International de l'Eclairage Lab), sendo, portanto, observadas 3 coordenadas: claridade, componente verde/vermelho, componente amarelo/azul. As coordenadas acima descritas foram medidas por meio de um colorímetro (Minolta CR-321), logo após a confecção dos espécimes e após envelhecimento artificial destes. O envelhecimento foi realizado em uma máquina (Ci – 35 Weather-Ometer) que combina exposição a raios ultravioletas, mudanças de temperatura e umidade, simulando um envelhecimento de 1 ano de uso. Para quantificar as alterações na coloração, os espécimes em resina foram comparados aos espécimes em porcelana (devido à maior estabilidade de cor das porcelanas quando comparadas às resinas compostas), antes e após envelhecimento. Após envelhecimento artificial, todas as resinas compostas estudadas apresentaram alteração de cor, entretanto, os grupos Charisma e Clearfil não apresentaram diferenças significantes com o grupo da porcelana. A resina composta Silux Plus, microparticulada, apresentou menor estabilidade de cor.

Tanaka et al.⁵⁶ (2006) avaliaram a resistência de união entre resina composta e uma liga metálica fundida revestida por nitrato de titânio. Foram confeccionados discos de AuPdAg e estes foram polidos com lixa de granulação 1.500 e divididos em grupos de acordo com o tratamento recebido. O primeiro grupo não recebeu

tratamento de superfície. O segundo grupo recebeu tratamento com primer para metal (Metal Primer II – GC Corp. ou Metal Photo Primer - Shofu, de acordo com a resina composta utilizada). Nos outros dois grupos os espécimes foram revestidos com nitrato de titânio (TiN) através de um sistema magnético de deposição por radiofrequência (HDS-542, Shimazu Corp., Japão) com duas potências diferentes (200 W e 500 W). Sobre os espécimes foi aplicada uma das duas marcas de resina composta: Axis (GC Corp) e Solidex (Shofu). Os espécimes foram então submetidos a ensaio de cisalhamento. As médias de resistência encontradas para os grupos de espécimes revestidos por NiT foram significativamente superiores em relação ao grupo sem tratamento. Quando a resina Solidex foi utilizada os grupos dos espécimes revestidos por NiT apresentaram resistência significativamente maior que o grupo tratado com o Metal Photo Primer. Quando a resina composta Axis foi utilizada, não houve diferença estatística entre os grupos de espécimes revestidos por NiT e grupo que recebeu tratamento com o Metal Primer II.

Yesil et al.⁶⁸ (2007) avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união entre um sistema de reparo e diferentes substratos. Espécimes cilíndricos de 10 mm de diâmetro por 4 mm de espessura foram confeccionados nos seguintes substratos: 1) liga de NiCr (Wiron 99, Bego), 2) porcelana feldspática (Ceramco, Burlington) e 3) liga de NiCr e porcelana feldspática. Metade dos espécimes foi submetida a jateamento com óxido de alumínio de 50µm e a outra metade foi submetida a asperização por ponta diamantada. O adesivo Clearfil SE Bond (Kuraray) e o primer Clearfil SE Bond Primer (Kuraray) foram aplicados sobre todos os espécimes, previamente à aplicação da resina composta Valux Plus (3M ESPE). Todos os espécimes foram armazenados em água destilada a 37 °C por 24 horas, termociclados – 300 ciclos entre 5°C e 55°C, banho de imersão de 40 segundos – e armazenados nas mesmas

condições descritas anteriormente por 7 dias. Foi realizado teste de cisalhamento. A maior média de resistência (11,99 MPa) foi encontrada para os espécimes em metal submetidos ao jateamento, enquanto a menor média de resistência (9,35 MPa) observada foi para os espécimes em metal asperizados com ponta diamantada.

Matinlinna, Vallittu³³ (2007) avaliaram, por meio de revisão de literatura, diferentes tratamentos de superfície empregados sobre metal, discutindo sobre o uso de silano em superfícies metálicas. Segundo os autores, condicionamento pode ser definido como um tratamento de superfície que aumenta a energia superficial, melhorando o molhamento do líquido (primer ou silano). A energia superficial depende da rugosidade e morfologia da superfície e da composição do substrato. Os autores abordaram como métodos de tratamento de superfícies metálicas o ataque eletrolítico, a eletrodeposição de estanho, a deposição de sílica por meio de calor, como os sistemas Silicoater MD (Heraeus Kulzer) e Siloc (Heraeus Kulzer), sendo estes métodos pouco utilizados atualmente, e o método mais comumente empregado, o jateamento partículas de óxido de alumínio ou de sílica. O silano é utilizado para condicionar superfícies em porcelana ou superfícies metálicas previamente tratadas com sílica, pois apresenta-se como um composto bifuncional, capaz de se ligar tanto aos monômeros de cimentos resinosos e resinas para reparo (porção organofuncional) quanto ao substrato (porção inorgânica). De acordo com os autores, a aplicação de silano após a deposição de sílica em ligas nobres e ligas não nobres, como as de NiCr e CoCr aumenta a força de união entre estes substratos e materiais resinosos. Em relação ao titânio, trabalhos recentes demonstraram que somente a aplicação do silano, sem tratamento de superfície prévio com sílica, é capaz de promover união química entre este metal e resina composta. Os autores concluíram que a associação do jateamento com partículas de sílica à aplicação do silano é o tratamento de

superfície mais comumente utilizado em superfícies metálicas e promove uma união mais forte entre este substrato e materiais resinosos.

Çiftçi et al.⁹ (2007) avaliaram a resistência ao cisalhamento entre 4 materiais estéticos diferentes e liga de NiCr. Quarenta espécimes quadrados (10 mm x 10 mm x 1,5 mm) foram confeccionados em liga de NiCr (Wiron 99, Bego) e tiveram suas superfícies regularizadas com lixa 400. Os espécimes foram jateados com partículas de óxido de alumínio de 50 µm, limpos em ultrassom com água destilada e divididos em 4 grupos (n=10) de acordo com o material estético aplicado: 1) porcelana feldspática (VMK 95, Vita), (Grupo controle); 2) resina Artglass (Heraeus Kulzer); 3) sistema Targis/Vectris (Ivoclar) que preconiza a aplicação de um primer para metal (Targis Link) sobre a superfície jateada antes da aplicação da resina e 4) resina Biodent (Dentsply), cujos espécimes metálicos foram confeccionados de forma diferente, apresentando retenções adicionais circulares de 350 µm na superfície. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37° C por 24 horas e submetidos a ensaio de cisalhamento. O Grupo controle apresentou resistência (34,96 MPa) significativamente maior que os demais grupos e predominância de fraturas do tipo adesiva. Não houve diferença estatística entre os grupos 2 (13,64 MPa) e 3 (14,17MPa), havendo predominância de falha do tipo adesiva para ambos. O grupo 4 apresentou resistência (10,56 MPa) significativamente menor que os demais grupos e predominância de falha coesiva da resina.

Bertolotti⁷ (2007) publicou um estudo no qual faz uma retrospectiva das modalidades de tratamento de superfície do metal e da porcelana desenvolvidas ao longo do tempo com o objetivo de melhorar cada vez mais a adesão de materiais resinosos a esses substratos. São tecidos comentários sobre o jateamento com partículas de Al₂O₃

que, segundo o autor, promove uma superfície descontaminada e com elevada energia que propicia um aumento do molhamento dessa superfície tratada com os agentes de união aplicados na sequência. São citadas outras modalidades de tratamento como oxidação a alta temperatura, imersão em agentes oxidantes e anodização, as quais não são mais utilizadas. A deposição da camada de SiOx-C por meio de equipamentos especiais (sistema Silicoater) ou, mais recentemente, por meio de jateamento (sistemas Rocatec e Cojet) são tratamentos que, além de criarem rugosidade, permitem uma união química com o silano que é aplicado posteriormente. Existem também os adesivos “universais” como o All-Bond 2 System (Bisco), Clearfil Photo-Bond e Clearfil SE Bond que podem funcionar como os primers para metal. Igualmente importantes, encontram-se os materiais resinosos (cimentos resinosos e primers para metal) que contêm monômeros adesivos capazes de reagir quimicamente com os óxidos metálicos presentes na superfície das ligas. A eletrodeposição de estanho, desenvolvida especialmente para as ligas nobres, é outra modalidade de tratamento após jateamento convencional. O resultado é a presença de uma camada de óxido de estanho que promove retenção mecânica, pela formação de cristais, e estabelece ligações químicas com os materiais resinosos.

Plácido et al.⁴⁵ (2007) realizaram uma avaliação da distribuição do estresse nos testes de resistência ao cisalhamento e resistência ao micro-cisalhamento por meio de análise do elemento finito. Esta análise bi-dimensional foi realizada por meio dos softwares MSCPatran e MSCMarc. As configurações dos ensaios foram realizadas com base nos trabalhos de cisalhamento e micro-cisalhamento publicados na literatura. Valores dos módulos de elasticidade e da proporção de Poisson foram estabelecidos para resina, dentina e adesivo. A carga foi aplicada em diferentes distâncias da interface dentina-adesivo, variando entre 0,25 e 2,0 mm na resistência ao cisalhamento e entre 0,05

e 0,4 (escala 1:5). Os estresses máximos de tração e de cisalhamento, bem como a distribuição do estresse ao longo da interface foram analisados. De acordo com os autores, a distribuição do estresse foi sempre não uniforme e diferiu significativamente entre os testes de cisalhamento e micro-cisalhamento. Estresses de tração foram maiores do que os estresses de cisalhamento. Para reduzir ao máximo a concentração do estresse, foi estabelecida uma distância de aplicação da carga apropriada para cada teste sendo de 1,0 mm para cisalhamento e de 0,1 mm para micro-cisalhamento. Segundo os autores, estas distâncias deveriam ser padronizadas nos ensaios experimentais.

Watanabe et al.⁶⁵ (2008) analisaram a efetividade do Cojet Sand na resistência de união do cimento resinoso Panavia F 2.0 (Kuraray) à liga Au-Ag-Pd. Para isso, os espécimes tiveram suas superfícies tratadas de acordo com os seguintes grupos (n=10): 1) jateamento com Al_2O_3 (25 μm) + Metal Primer II (GC); 2) jateamento com Cojet Sand + aplicação do silano Espe-Sil (3M ESPE); 3) jateamento com Al_2O_3 + jateamento com Cojet Sand + aplicação do silano Espe-Sil; 4) jateamento com Cojet Sand + aplicação do silano Porcelain Bond (Kuraray); 5) jateamento com Al_2O_3 + jateamento com Cojet Sand + aplicação do silano Porcelain Bond. Após o tratamento da superfície, um disco de resina (Clearfil DC Core Automix, Kuraray) foi cimentado (Panavia F2.0) ao metal. Metade dos espécimes foi armazenada por 24 horas (37°C – 100% de umidade) e a outra metade foi submetida a 20.000 ciclos térmicos (5 - 60°C – 1 min/banho) antes de ser realizado o teste de resistência ao cisalhamento da união. Os espécimes tratados com Cojet Sand apresentaram maiores valores, antes da termociclagem, que aqueles jateados apenas com óxido de alumínio, indicando que a sílica aumenta a resistência de união. Após a termociclagem, não houve diferença estatística. Os autores ressaltaram que a

efetividade do Cojet Sand na união a ligas dentais se deve ao efeito combinado da formação da camada de sílica e reatividade dos agentes de união silano.

Sarafianou et al.⁴⁹ (2008) avaliaram o desempenho de diferentes primers na união entre uma resina composta indireta e liga de NiCr. Para tanto, espécimes cilíndricos foram fundidos em liga de NiCr. Parte dos espécimes foi jateada com óxido de alumínio de 50 μm , parte com óxido de alumínio de 250 μm e um terceiro com outro grupo com partículas revestidas por sílica do sistema Rocatec (3M Espe), sendo esse último grupo adotado como grupo controle. Quatro primers para metal foram testados: Solidex Metal Photo Primer (Shofu), Metal Primer II (GC Corp), SR Link (Ivoclar Vivadent) e Tender Bond (Micerium). Sobre as superfícies tratadas foi aplicada a resina composta indireta Sinfony (3M Espe). Os espécimes foram termociclados – 5.000 ciclos, temperaturas de 5 e 55°C e 30 segundos de banho de imersão. Foi realizado ensaio de cisalhamento. Os espécimes jateados com partículas de óxido de alumínio de 50 μm apresentaram resistência ao cisalhamento significativamente maior que os espécimes jateados com partículas de 250 μm . Os espécimes tratados com Metal Primer II e SR Link foram estatisticamente iguais ao grupo controle (Rocatec,).

Faria et al.¹⁴ (2008) avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união de uma resina composta indireta a Ti c.p.. Espécimes cilíndricos foram fundidos em Ti c.p. e divididos em grupos de acordo com os tratamentos de superfície: jateamento, tratamento químico de deposição de sílica, tratamento mecânico com esferas de 0,4 mm, tratamento mecânico com esferas de 0,6 mm e associação do tratamento químico aos tratamentos mecânicos. Foi aplicada resina composta indireta (Artglass) e os espécimes foram embutidos em gesso pedra para o

ensaio de cisalhamento. Os grupos de tratamento químico e jateamento foram estatisticamente iguais entre si e significativamente inferiores aos demais grupos. Os tratamentos mecânicos associados ou não à união química promoveram os melhores resultados.

Haneda et al.²¹ (2009) avaliaram a resistência de união de diversos sistemas de reparo a liga de NiCr em dois tempos de armazenamento. Espécimes cilíndricos de 9 mm de diâmetro por 3 mm de espessura foram fundidos em liga de NiCr e suas superfícies foram regularizadas com lixas de granulação 120, 220 e 320. Os espécimes foram divididos em 5 grupos de acordo com os sistemas de reparo utilizados: 1) Clearfil SE Bond, 2) Bistite II DC, 3) Cojet, 4) Scotchbond Multi Uso Plus (grupo controle), e 5) uma variação do grupo controle, na qual foram empregadas partículas de sílica do sistema Cojet Sand em substituição às de óxido de alumínio. Os espécimes foram termociclados (1.000 ciclos, 5 e 55°C, 30 segundos de imersão) e armazenados por 24 horas ou 6 meses em água destilada a 37°C. Após armazenamento foi realizado ensaio de cisalhamento e as fraturas foram avaliadas por meio de microscopia de luz. Às 24 horas o Grupo 3 apresentou resistência de união significativamente maior que os demais grupos. Aos 6 meses, o grupo 5 apresentou superioridade estatística em relação aos demais grupos. Após 6 meses de armazenamento a resistência ao cisalhamento aumentou para o grupo 5, enquanto para os grupos 1 e 3 ocorreu significativa redução de resistência.

Özcan, Kumbuloglu⁴², em 2009, avaliaram o efeito da composição, viscosidade e espessura da camada de opaco na resistência de união entre Ti c.p. e resina composta. Espécimes retangulares foram fundidos em Ti c.p.. Após a fundição as margens dos espécimes foram desgastadas e jateadas com óxido de alumínio de 50 µm.

As superfícies dos espécimes foram jateadas com partículas revestidas por sílica do sistema Cojet (3M Espe) e tratadas com silano ESPE-Sil (3M Espe). Quatro tipos de opaco foram testados: Monopaque (Ivoclar Vivadent), Cavex (Cavex), Cimara (Voco) e Sinfony (3M Espe), citados em ordem decrescente de viscosidade. Duas espessuras da camada de opaco foram testadas: 0,25 e 0,50 mm. Sobre o opaco foi aplicada resina composta e então os espécimes foram termociclados – 6.000 ciclos, 5-55°C, 30 segundos de imersão. Foi realizado ensaio mecânico de cisalhamento e as fraturas foram avaliadas em microscópio de óptico. A espessura do opaco não influenciou significativamente nos resultados. O opaco Sinfony apresentou as maiores médias de resistência, significativamente superior aos opacos Monopaque e Cavex. Para todos os opacos houve maior frequência de fraturas adesivas.

Fonseca et al.¹⁶ (2009) avaliaram o efeito de dois primers para metal na resistência de união entre cimentos resinosos e liga e NiCr e Ti c.p.. Espécimes cilíndricos de 9mm de diâmetro por 3 mm de espessura foram fundidos e suas superfícies foram regularizadas com lixas de granulção 320, 400 e 600. Os espécimes foram jateados com partículas de óxido de alumínio de 50 µm e divididos em 4 grupos: 1) Panavia F (Kuraray); 2) Alloy Primer (Kuraray) + Panavia F; 3) Bistite II DC (Tokuyama) e 4) Metaltite + Bistite II DC. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas, termociclados (1.000 ciclos, 5 e 55°, 30 segundos de imersão). Após a termociclagem os espécimes foram divididos em 2 subgrupos de acordo com o período de armazenamento nas mesmas condições anteriores por períodos adicionais de 24 horas ou 6 meses. Foi realizado ensaio de cisalhamento. Às 24 horas o grupo 1 apresentou média de resistência significativamente superior ao grupo 2 para os espécimes em liga de NiCr. Os grupos 3 e 4 foram estatisticamente iguais tanto para liga de NiCr quanto para Ti c.p..

Os grupos em geral apresentaram maior resistência de união ao Ti c.p. do que à liga de NiCr. Os primers para metal não aumentaram a resistência de união entre os cimentos resinosos e Ti c.p. e liga de NiCr. As fraturas de todos os grupos foram adesivas.

Fernandes et al.¹⁵ (2009) avaliaram a resistência à microtração de diferentes sistemas adesivos/resinas compostas a liga de Ti-6Al-4V após 24 horas, 10 dias e 30 dias de armazenamento em água. Quatro sistemas adesivos/ resinas compostas indiretas (Gradia – GR; Solidex – SOL; Ceramage – CER e Sinfony – SF) foram aplicados sobre espécimes usinados de liga de titânio Ti-6AL-4V. Os espécimes foram divididos em subgrupos de acordo com o período de armazenamento em água destilada a 37°C. Todos os espécimes foram submetidos a ensaio de microtração. Às 24 horas, o grupo SOL apresentou a maior média de resistência, significativamente superior aos grupos CER e SF, mas estatisticamente igual ao grupo GR. O armazenamento em água provocou efeito adverso sobre os resultados dos grupos SOL e CER.

Vasquez et al.⁶³ (2009) avaliaram o efeito das ciclagens térmica e mecânica sobre a resistência de união entre porcelanas de baixa fusão e Ti c.p., em comparação a uma porcelana feldspática e liga de AuPd. Espécimes cilíndricos foram fundidos em Ti c.p. e liga de AuPd e jateados com partículas de óxido de alumínio de 150 µm. Quatro grupos foram formados, sendo 3 em Ti c.p. combinados a 3 marcas de porcelana de baixa fusão (Triceram, Super Porcelain Ti-22 e Vita Titankeramik) e o quarto grupo, adotado como controle, constituído pelos espécimes em AuPd e porcelana feldspática Vita Omega 900. Metade dos espécimes foi armazenado em água destilada a 37°C por 24 horas e metade foi submetida a ciclagem térmica e mecânica. Foi realizado ensaio de cisalhamento. Os grupos de Ti c.p. associado às porcelanas Super Porcelain Ti-

22 e Vita Titankeramik sofreram significativa redução na resistência ao cisalhamento após ciclagens térmica e mecânica. O grupo controle não foi afetado significativamente pelas ciclagens térmica e mecânica. A combinação da porcelana Triceram ao Ti c.p. sofreu menor redução após as ciclagens, quando comparado aos grupos em Ti c.p. e porcelanas de baixa fusão.

Kinsel, Lin²⁶, em 2009 avaliaram potenciais causadores de fraturas em próteses metalocerâmicas implantossuportadas. Para isso foi realizado um acompanhamento clínico por um período de 6 meses em 152 pacientes que haviam sido reabilitados com próteses metalocerâmicas, totalizando 998 elementos suportados por 729 implantes. Foram analisados fatores como data da colocação da prótese, localização no arco dentário, dentição antagonista, tipo de oclusão, presença de hábitos parafuncionais, utilização placas oclusais, presença ou ausência de fraturas, gênero e idade. Os autores observaram que as fraturas estavam significativamente associadas à presença de restaurações metalocerâmicas implantossuportadas na dentição antagonista, ao bruxismo e à não utilização de placa oclusal. Os autores concluíram que o risco de fratura da porcelana é maior em restaurações suportadas por implantes do que em restaurações sobre dentes naturais.

Andriani et al.¹ (2010) avaliaram a resistência à compressão de 3 resinas compostas indiretas e uma porcelana feldspática aplicadas diretamente sobre abutments de Ti₆Al₄V. Para isso, 64 abutments foram jateados com partículas de óxido de alumínio e divididos em 4 grupos (n = 16), acordo com o sistema utilizado para cobertura: Tescera (Bisco), Ceramage (Shofu) e Diamond Crown (DRM Research Laboratories) – resinas compostas indiretas de segunda geração – ou porcelana feldspática Ceramco II. Após

aplicação do material de cobertura os espécimes foram submetidos a ensaio de compressão. O modo de fratura foi avaliado de acordo com a direção da propagação da trinca e com exposição ou não do abutment. Não houve diferença estatística entre as médias de resistência encontradas para os 4 grupos. Para o grupo Tescera, em que foi utilizado um adesivo previamente à aplicação do material de cobertura, apenas 20% dos espécimes fraturaram com exposição do abutment. Para os grupos Ceramage e Diamond Crown, nos quais foram utilizados um primer para metal e um agente condicionador respectivamente, houve exposição do abutment em 60% e 40% dos espécimes, na mesma ordem. Segundo os autores, o fato de ocorrer ou não exposição do abutment influencia na escolha da técnica de reparo a ser utilizada.

Koizumi et al.²⁷ (2010) avaliaram a resistência ao cisalhamento de uma resina composta a liga de AgPdCuAu e a Ti c.p. utilizando diferentes primers para metal. Para este estudo foram confeccionados 64 pares de espécimes cilíndricos para os dois metais em 2 tamanhos diferentes (10 mm ou 8mm de diâmetro por 2,5 mm de espessura). Estes discos metálicos foram polidos com lixa de granulação 800 e divididos em 4 grupos: 1) controle (sem primer), 2) Alloy Primer (Kuraray) – composto pelos monômeros MDP e VBATDT, 3) Estenia Opaque Primer (Kuraray) – composto pelo monômero MDP e 4) V-Primer (Sun Medical) – composto pelo monômero VBATDT. Cada par de discos metálicos foi unido com um resina composta a base de metilmetacrilato (MMA). Os espécimes foram armazenados em água a 37°C por 24 e metade deles foi submetida a termociclagem (20.000 ciclos, 5 e 55°C, com 60 segundos de banho de imersão) Foi realizado ensaio mecânico de cisalhamento e as fraturas foram analisadas e classificadas em coesiva, adesiva ou combinação destas. Para a liga de AgPdCuAu os primers Alloy Primer e V-Primer apresentaram resistência estatisticamente

iguais entre si e significativamente maiores que os demais grupos. Para os espécimes em Ti c.p. o Alloy Primer e o Estenia Opaque Primer apresentaram resistências estatisticamente iguais entre si e significativamente superiores aos demais grupos. A análise das fraturas revelou que maiores resistências ao cisalhamento estão relacionadas a fraturas mistas, enquanto os espécimes que apresentaram menor resistência ao cisalhamento estavam associados a fraturas adesivas.

Fahmy, Mohsen¹³ (2010) avaliaram 3 porcelanas de ultra baixa fusão utilizadas com alternativa para reparo indireto comparando-as a resina composta, aplicadas sobre uma porcelana feldspática. Quarenta discos (12 mm de diâmetro por 2 mm de espessura) foram confeccionados em porcelana feldspática Vita Omega (Vita) e divididos em 2 grupos (n = 20): grupo I – subgrupos A, B, C e D; grupo II – subgrupos A, B, C, D e E. No grupo I, subgrupo A, os discos de porcelana feldspática foram jateados com partículas de óxido de alumínio de 50 µm e condicionados com ácido fluorídrico. Foi aplicado adesivo Single Bond 2 (3M ESPE), uma camada de resina composta Filtek Flow Z350 (3M ESPE) e em seguida resina composta Filtek Z250 (3M ESPE). Para os subgrupos B, C e D do grupo I, foram aplicadas, respectivamente, as porcelanas de ultra baixa fusão Duceram LFC (Ducera LFC), Finesse (Dentsply) e Vision Low (Furstentum) sobre a porcelana feldspática. Todos os espécimes do grupo I foram submetidos a ensaio de cisalhamento. Para o grupo II, o subgrupo A composto por discos de porcelana feldspática sem aplicação de outro material foi adotado como controle. No subgrupo B foi aplicada resina composta, seguindo-se os mesmos passos do subgrupo A do grupo I. Nos subgrupos C, D e E do grupo II foram aplicadas as porcelanas Duceram LFC, Finesse e Vision Low respectivamente. Os espécimes do grupo II foram submetidos a ensaio de tração diametral. No grupo I, a porcelana Duceram LFC apresentou média de resistência

ao cisalhamento significativamente maior que os demais subgrupos, seguida pela porcelana Finesse. A porcelana Vision Low e a resina composta apresentaram média de resistência ao cisalhamento estatisticamente iguais entre si. Para o grupo II, o grupo controle apresentou resistência significativamente superior aos demais subgrupos. Não houve diferença estatística para as porcelanas Finesse, Vision Low e resina composta. A porcelana Duceram LFC apresentou os menores valores de resistência à tração diametral.

Proposição



3 Proposição

Considerando os fatos abordados anteriormente, julgou-se oportuno:

- Avaliar, por meio do ensaio de cisalhamento, a resistência e a durabilidade da união entre Ti c.p. e os protocolos Epricord (Kuraray), Bistite II DC (Tokuyama), Cojet (3M ESPE), Scotchbond Multi Uso Plus (3M ESPE), empregado como grupo Controle, e uma variação do grupo Controle, na qual as partículas revestidas por sílica do sistema Cojet foram empregadas em substituição às de óxido de alumínio;
- Analisar, por meio de lupa estereoscópica, o modo de fratura predominante em cada condição experimental;
- A hipótese nula seria de não haver diferença estatística significativa entre os protocolos analisados tanto em relação à resistência quanto à durabilidade de união com o titânio.

Material e método



4 Material e Método

Os materiais utilizados no presente estudo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Materiais utilizados

Categoria	Material	Fabricante	Composição
Metal	Ti cp grau II	RMI Co	Ti>99%
Partículas empregadas no jateamento	Al ₂ O ₃	Bio-Art Equip Odontol Ltda	Partículas de Al ₂ O ₃ de 50 µm
	Cojet Sand	3M ESPE	Partículas de Al ₂ O ₃ revestidas por sílica de 30 µm
Primers para metal	Alloy Primer	Kuraray	Acetone 6-(4-Vinylbenzyl-N-propyl)amino-1,3,5-triazine-2,4-dithione (VBATDT) 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP)
	Epicord Opaque Primer	Kuraray	2-methylpropan-2-ol, 4-methylpentan-2-one, benzoyl peroxid, Hydrophobic aromatic dimethacrylate Hydrophobic aliphatic dimethacrylate 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP)
Silanos	Silano Espe-Sil	3M ESPE	Ethyl alcohol 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane (MPS) Methyl ethyl ketone
	RelyX Ceramic Primer	3M ESPE	Ethyl alcohol Water Methacryloxypropyltrimethoxysilane (MPS)
Adesivos	Adesivo SBMUP	3M ESPE	Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA) 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA)
	Adesivo Visio-Bond	3M ESPE	2-propenoic acid, 2-methyl-, [(3-methoxypropyl)imino]di-2,1-ethanediyl ester

			<i>Dicyclopentyl dimethylene diacrylate</i>
Condicionador ácido	Ácido fosfórico SBMUP	3M ESPE	Água Ácido fosfórico <i>Poly(vinyl alcohol)</i>
	Opaco Epicord Body Opaque	Kuraray	<i>Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA)</i> <i>Hydrophobic aromatic dimethacrylate</i> <i>Pre-polymerized organic filler</i> <i>Silanated silica filler</i> <i>Silanated titanium oxide</i> <i>Silanated barium sulfate</i> <i>Colloidal silica</i>
Agentes mascaradores da superfície metálica	Opaco Masking Agent Universal Shade	3M ESPE	<i>Triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA)</i> <i>Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA)</i> <i>Silane treated silica</i> <i>Titanium dioxide</i> <i>Benzoyl peroxide</i>
	Opaco Sinfony (líquido)	3M ESPE	<i>Dicyclopentyl dimethylene diacrylate</i> <i>Methyl methacrylate</i> <i>Monoacrylate acetate</i> <i>Vinyl acetate polymer</i> <i>Phosphine oxide</i> <i>N,N -dibutylphenylethylamine hydrochloride</i>
	Opaco Sinfony (pó)	3M ESPE	<i>Silane treated quartz</i> <i>Titanium dioxide</i> <i>Calcium fluoride</i> <i>Sulfamide</i> <i>Lauroyl peroxide</i> <i>Silane treated silica</i>
	Cimento resinoso dual Bistite	Tokuyama	<i>11-methacryloxy-1,1-undecanedicarboxylic acid</i> <i>(MAC-10)</i> <i>2-dimethylaminoethyl methacrylate</i>

	II DC		<i>Benzoyl peroxide</i> <i>Bisphenol A Polyethoxy Dimethacrylate</i> <i>Camphorquinone</i> <i>Dibutyl hydroxy toluene</i> <i>N,N-dimethyl-para-toluidine</i>
Resinas Compostas	Resina composta Epicord Dentin	Kuraray	<i>triethylene glycol dimethacrylate, Urethane</i> <i>tetramethacrylate, Pre-polymerized organic filler</i> <i>Silanated glass filler</i> <i>Silanated colloidal silica</i> <i>dl-Camphorquinone</i>
	Resina composta Z100	3M ESPE	<i>Silane treated ceramic</i> <i>Bisphenol a diglycidyl ether dimethacrylate (Bis-GMA)</i> <i>Triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA)</i> <i>2-benzotriazolyl-4-methylphenol</i>
	Resina composta Estelite Σ	Tokuyama	<i>silica-zirconia filler</i> <i>composite filler</i> <i>Bis-GMA</i> <i>Triethylene glycol dimethacrylate</i>

Para este estudo, foram confeccionados discos nas dimensões de 9 mm de diâmetro e 3 mm de altura em titânio comercialmente puro (Ti c.p.) Tritan de grau 2 (Dentaurum J. P. Winkelstroeter KG, Pforzheim, Alemanha).

4.1 Confeção dos discos metálicos

Para a confecção dos discos em Ti c.p., foi utilizada uma matriz metálica contendo um orifício nas dimensões citadas anteriormente (Figura 1).

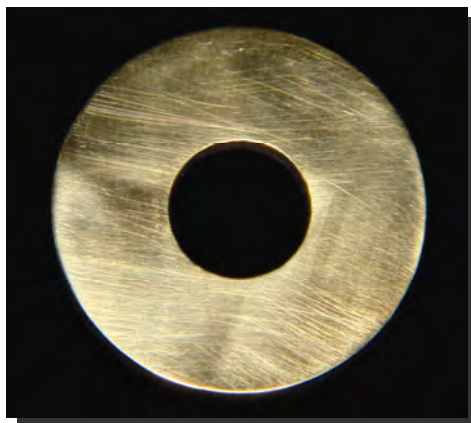


FIGURA 1 – Matriz metálica para a confecção dos padrões de resina acrílica

Esta matriz foi isolada com vaselina e seu orifício totalmente preenchido com resina acrílica quimicamente ativada Clássico Jet (Artigos Odontológicos Clássico Ltda, São Paulo). Após a polimerização, o padrão de acrílico foi destacado da matriz e posicionado com cera em anel metálico para fundição. O revestimento Rematitan Plus (Dentaurum, Alemanha) foi espatulado mecanicamente à vácuo e a mistura vertida no anel sob vibração. A eliminação da cera e da resina acrílica e expansão térmica do revestimento foram realizadas utilizando o forno (EDGCON 5P – E.D.G. Equipamentos e Controles Ltda., São Carlos, SP), programado para executar os ciclos de aquecimento seguindo as orientações do fabricante do revestimento Rematitan Plus, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Ciclo de aquecimento do revestimento Rematitan Plus

Programa	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Temperatura	150 °C	250 °C	1.000 °C	430 °C
Velocidade	5 °C/min	5 °C/min	5 °C/min	5 °C/min
Tempo	90 min	90 min	60 min	30 min

As fundições em Ti c.p. foram realizadas na máquina Discovery (E. D. G. Equipamentos e Controles Ltda., São Carlos, Brasil).

O processo é totalmente automatizado e a fundição ocorre por arco voltaico em atmosfera de gás argônio. A máquina possui duas câmaras: uma superior (câmara de fusão), onde são posicionados o cadinho de cobre e o eletrodo de tungstênio, e uma inferior, para o posicionamento do molde de revestimento.

O metal foi colocado no cadinho de cobre a uma distância de 5 mm do eletrodo de tungstênio, usado para produzir o arco voltaico que funde o metal. Após a fusão do metal o cadinho de cobre foi vertido para baixo, e devido à diferença de pressão entre as duas câmaras, o metal fundido foi injetado no interior do molde, localizado na câmara inferior.

Após a fundição, o conjunto foi resfriado por imediata imersão em água, os discos metálicos foram removidos de dentro do revestimento e os condutos eliminados.

4.2 Inclusão dos discos

Obtidos os discos metálicos, estes foram incluídos em anel de PVC de 12,7 mm de diâmetro e 27,0 mm de altura, com resina acrílica quimicamente ativada Clássico Jet (Artigos Odontológicos Clássico Ltda, São Paulo) de forma que uma de suas superfícies de ficasse exposta (Figura 2).

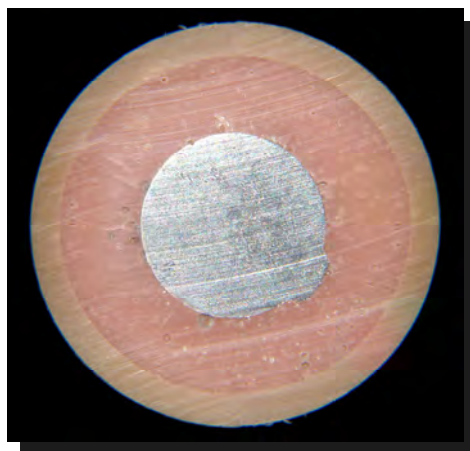


FIGURA 2 – Amostra metálica incluída.

4.3 Aplicação dos sistemas de reparo

Após a inclusão dos discos metálicos, os mesmos tiveram suas superfícies regularizadas com lixas de carbeto de silício de granulações decrescentes (120, 220, 320) em politriz Metaserv 2000 (Buehler Ltd, England) e foram divididos aleatoriamente em 5 grupos (n=10), os quais receberam um dos seguintes sistemas de reparo: Epricord (Kuraray Co. Ltd, Japan), Bistite II DC (Tokuyama, Japan), Cojet (3M ESPE, Germany), Scotchbond Multi Uso Plus (3M ESPE, Germany), empregado como grupo Controle, e uma variação deste grupo, na qual foram empregadas partículas de sílica do sistema Cojet em substituição às de óxido de alumínio utilizadas no grupo Controle.

Na Tabela 3, estão apresentadas os protocolos determinadas pelos fabricantes, referentes a cada sistema de reparo.

Tabela 3 – Protocolos de aplicação dos sistemas

Sistema de reparo	Epicord	Bistite II DC	Cojet	SBMUP (grupo Controle)	Cojet Sand + SBMUP (grupo Variação)
Jateamento da superfície	Al ₂ O ₃ (50µm)	Al ₂ O ₃ (50µm)	Cojet Sand (partículas de Al ₂ O ₃ modificadas por sílica) (30µm)	Al ₂ O ₃ (50µm)	Cojet Sand (partículas de Al ₂ O ₃ modificadas por sílica) (30µm)
Tratamento adicional da superfície	Alloy Primer (aguardar 60 s)	-	silano Espe-Sil (aguardar 30 s)	ácido fosfórico (aplicar por 15 s, lavar e secar)	silano RelyX Ceramic Primer (aguardar 60 s)
	Epicord Opaque Primer (aguardar 60 segundos)	-	adesivo Visio-Bond (fotopolimerizar por 20 s) aplicado após o opaco	adesivo SBMUP (fotopolimerizar por 10 s)	adesivo SBMUP (fotopolimerizar por 10 s)
Agente mascarador do metal	Opaco Epicord Body Opaque	cimento dual	Opaco Sinfony	Opaco Masking Agent Universal Shade	Opaco Masking Agent Universal Shade
Resina composta direta	Epicord Dentin	Estelite Σ	Z100	Z100	Z100

Al₂O₃= óxido de alumínio

O jateamento foi realizado durante 20 segundos por meio de microjateador (Bio-Art, São Carlos, SP, Brasil) com pressão de 35,0 psi e distância de 10,0 mm entre a ponta do aparelho e a superfície em metal, mantida por meio de dispositivo padronizador, que também garantia a perpendicularidade entre ambas. Após o jateamento, os espécimes foram limpos em ultrassom com água destilada por 10 minutos.

O cimento dual do sistema Bistite II DC, utilizado como opaco, e o opaco Sinfony do sistema Cojet, os quais possuem dois componentes (pasta-pasta e pó-líquido, respectivamente), foram proporcionados em massa em balança de precisão (Sartorius, Germany), sendo o primeiro manipulado durante 20 segundos e o segundo durante 45 segundos antes de serem aplicados sobre as amostras.

O opaco foi aplicado com o auxílio de uma matriz metálica com diâmetro interno de 4,0 mm e 0,3 mm de altura, a qual foi posicionada sobre a superfície metálica por um anel metálico centralizador preso ao tubo de PVC (Figura 3).

A resina composta foi aplicada por meio de uma matriz metálica bipartida com diâmetro interno de 4,0 mm e 2,0 mm de altura, a qual também foi posicionada sobre a superfície do espécime por um anel metálico centralizador preso ao tubo de PVC (Figura 4).



FIGURA 3 – Matriz utilizada para a aplicação do opaco.



FIGURA 4 – Matriz utilizada para a aplicação da resina.

A fotoativação das resinas fluidas dos sistemas adesivos, dos agentes opacificadores, do cimento dual e das resinas compostas foi realizada com aparelho Curing Light XL3000 (3M, USA) a uma distância de 5,0 mm entre a ponta do aparelho e a superfície do material. Anteriormente a cada sessão de aplicação dos sistemas de reparo, verificou-se a potência do aparelho em radiômetro. Os agentes opacificadores e o cimento dual foram fotopolimerizados por 40 segundos, as resinas compostas foram fotopolimerizadas por 60 segundos.

Posteriormente à confecção dos espécimes (Figura 5), os mesmos foram armazenados no interior de frascos contendo água destilada, em estufa a 37°C por 24 horas e então termociclados em Máquina Simuladora de Ciclagem Térmica, num total de 5.000 ciclos, com temperatura variando entre 5° e 55°C e tempo de imersão de 30 segundos em cada banho⁴².

Com o objetivo de investigar o efeito do armazenamento em água na resistência de união dos sistemas de reparo empregados, após a termociclagem, os espécimes foram armazenados nas mesmas condições descritas anteriormente, por um período adicional de: a) 24 horas ou b) 6 meses e então submetidos ao ensaio de

resistência ao cisalhamento, realizado em máquina de ensaios Material Test System 810 (Minnesota, USA), com célula de carga de 1 kN e velocidade do atuador de 0,5 mm/min.

Para o teste, foi utilizado um cinzel tangente à interface adesiva (Figura 6), promovendo força compressiva na interface metal/sistema de reparo.



FIGURA 5 – Espécime após a aplicação do sistema.



FIGURA 6 – Teste de resistência ao cisalhamento.

Os valores de resistência ao cisalhamento foram registrados em MPa e tabulados para a análise estatística.

4.4 *Análise da fratura*

Após o ensaio mecânico, a fratura dos espécimes foi analisada em lupa estereoscópica (Carl Zeiss, Jena) com aumento de 30 vezes, sendo as imagens capturadas pelo programa Leica (CK Comércio Ltda, São Paulo) e classificadas por um único observador calibrado como adesiva, coesiva ou mista. Para esta classificação, a área adesiva foi dividida em quadrantes e em cada um deles observado o modo de fratura predominante. A fratura foi classificada como adesiva ou coesiva caso um destes modos

de fratura predominasse em três ou mais quadrantes, e classificada como mista, caso dois quadrantes apresentassem falha adesiva e os outros dois, falha coesiva⁴⁸.

4.5 Planejamento experimental

Inicialmente foram adotados 10 espécimes para cada condição, tendo por base a literatura e trabalhos realizados pela equipe. Tendo os coeficientes de variação ficado abaixo de 20%, o volume amostral foi mantido.

Foram realizadas as seguintes análises:

- 1) entre os cinco sistemas de reparo às 24 horas de armazenamento,
- 2) entre os cinco sistemas de reparo aos 6 meses de armazenamento.

Uma vez que houve interação significativa entre os fatores tempo de armazenamento e sistema de reparo, foi realizada a análise para cada sistema de reparo, entre os tempos de armazenamento.

Como os valores originais preencheram os requisitos necessários para a aplicação de testes paramétricos (normalidade e homogeneidade), as comparações descritas foram realizadas por meio de análise de variância com 2 critérios de classificação (ANOVA 2 fatores) e teste de Tukey.

Resultado



5 Resultado

Os valores de resistência ao cisalhamento dos sistemas de reparo avaliados após 24 horas e 6 meses de armazenamento encontram-se, respectivamente, nas Tabelas A1 e A2 do Apêndice.

Na Tabela 4, está apresentada a ANOVA – 2 fatores aplicada nos valores originais de resistência ao cisalhamento. Os fatores de variação são sistema de reparo e tempo de armazenamento.

Tabela 4 - Análise de variância - 2 fatores

Fonte de variação	Soma dos quadrados	G.L.	Quadrados médios	F	Prob (H0)
sistema	2487,16	4	621,79	272,92	<0,001
tempo	183,90	1	183,90	80,72	<0,001
sistema x tempo	33,52	4	8,38	3,68	<0,01
Resíduo	205,05	90	2,28		
Variação Total	2909,63	99			

De acordo com a análise apresentada Tabela 4, houve diferença estatisticamente significativa para os fatores material reparador ($P < 0,001$) e tempo de armazenamento ($P < 0,001$), bem como para a interação entre esses dois fatores ($P < 0,01$).

Na Tabela 5, estão apresentadas as médias de resistência (MPa) dos sistemas de reparo referentes às 24 horas e aos 6 meses de armazenamento, bem como os desvios-padrão e os grupamentos estatísticos apontados pelo teste de Tukey. Para efeito de ilustração, foi confeccionada a Figura 7.

Tabela 5 - Médias (MPa), desvios-padrão e grupamentos

	Variação (Cojet Sand + SBMUP)	Cojet	SBMUP (Controle)	Epicord	Bistite II DC
24 horas	22,73 (1,42) Aa	18,34 (2,16) Ab	13,41 (1,42) Ac	13,00 (2,04) Ac	8,10 (1,16) Ad
6 meses	18,55 (1,22) Ba	17,36 (1,91) Aa	10,11 (1,29) Bb	11,20 (1,26) Ab	4,79 (0,38) Bc

*letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os sistemas

letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tempos

Valor de Tukey= 2,21

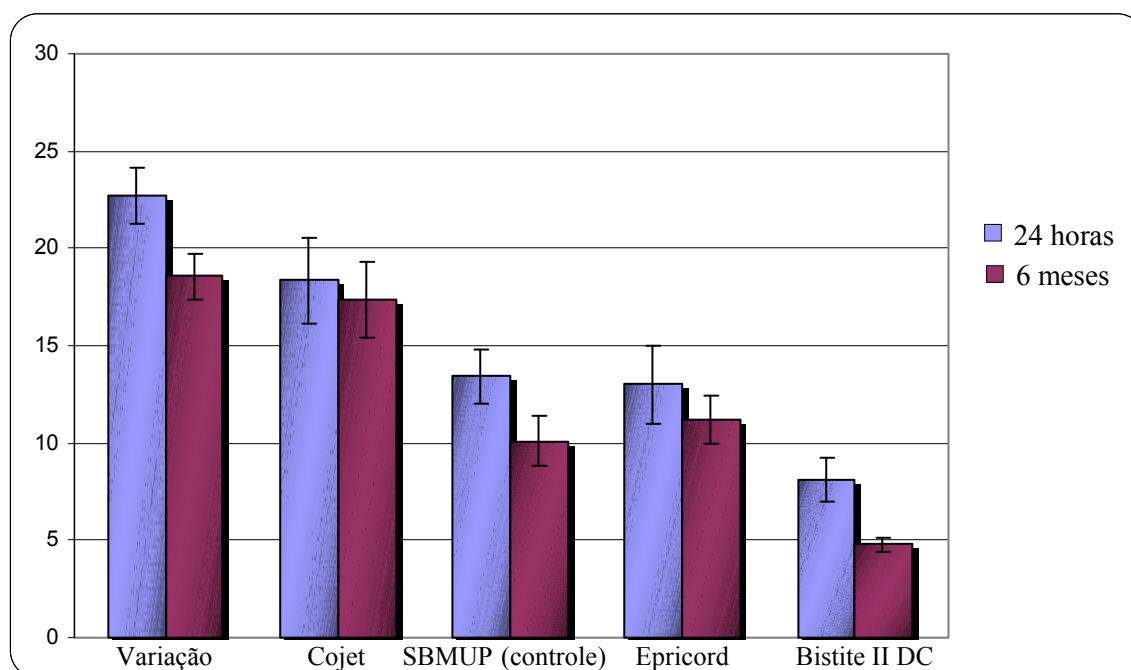


FIGURA 7 – Resistência ao cisalhamento (MPa) dos sistemas de reparo.

A Tabela 5 aponta, às 24 horas de armazenamento, superioridade estatística para o sistema Variação (Cojet Sand + SBMUP) em relação aos demais grupos,

seguido pelo sistema Cojet. Os sistemas Epricord e SBMUP (controle) vêm na sequência, apresentando igualdade estatística entre si. O grupo Bistite II DC apresentou a menor resistência no mesmo período de armazenamento.

Aos 6 meses de armazenamento foi observada superioridade estatística dos grupos Variação e Cojet, os quais foram estatisticamente iguais entre si. Os sistemas Epricord e SBMUP (Grupo controle) encontraram-se em uma posição intermediária, não havendo diferença estatística entre os mesmos. O sistema Bistite II DC apresentou novamente o menor valor de resistência.

Para os grupos Variação, SBMUP (grupo Controle) e Bistite II DC ocorreu significativa redução da resistência ao cisalhamento após 6 meses de armazenamento, em comparação com a resistência observada às 24 horas. Para os sistemas Cojet e Epricord, não houve diferença estatística entre os tempos de armazenamento.

Análise de fratura

As Tabelas 6 e 7 mostram os modos de fratura predominantes dos sistemas de reparo às 24 horas e aos 6 meses de armazenamento, respectivamente.

Tabela 6 – Modo de fratura dos sistemas de reparo às 24 horas

Grupos	Adesiva	Coesiva*	Mista*
Epicord	18,2%	36,4%	45,4%
Bistite II DC	100%	—	—
Cojet	33,33%	58,33%	8,33%
SBMUP	100%	—	—
Variação	100%	—	—

* todas as falhas coesivas ocorreram na camada do opaco

Às 24 horas, houve predominância de fratura mista para o sistema Epicord e fratura coesiva do opaco para o sistema Cojet. Os demais grupos apresentaram somente fraturas adesivas. As Figuras 8, 9, 10, 11 e 12 mostram os tipos de fratura predominantes às 24 horas de armazenamento dos sistemas de reparo.

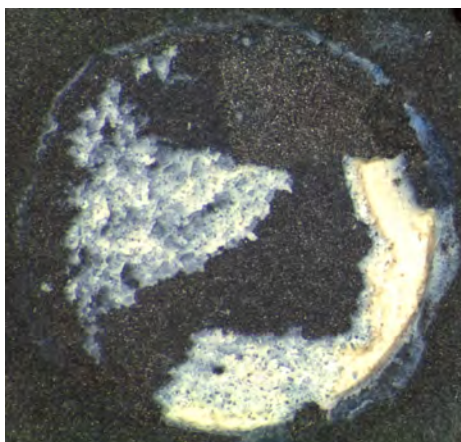


FIGURA 8 – Epricord

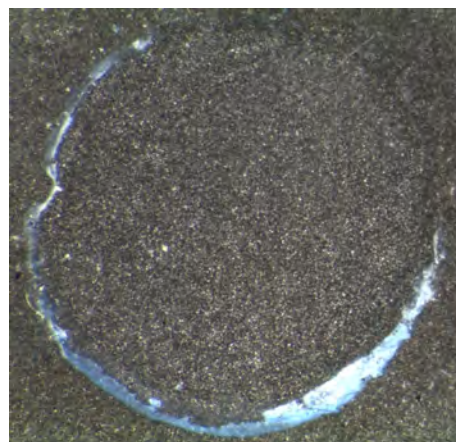


FIGURA 9 – Bistite II DC

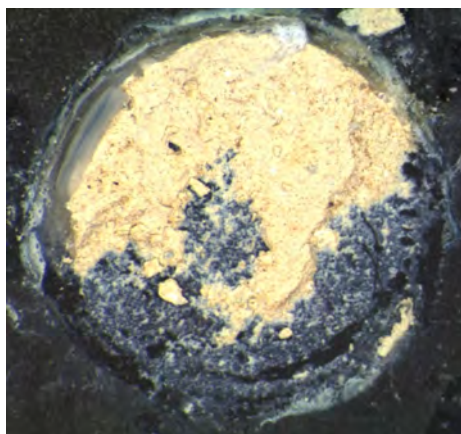


FIGURA 10 – Cojet

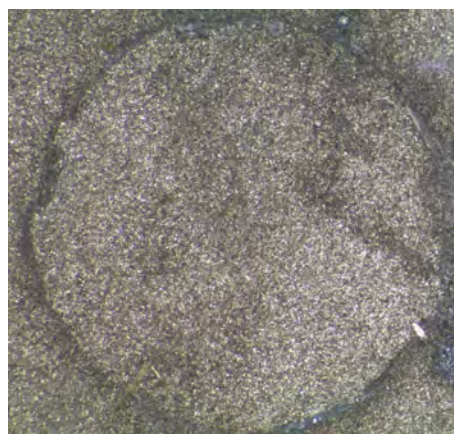


FIGURA 11 – SBMUP

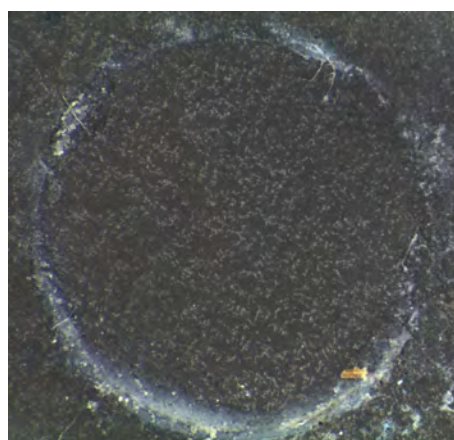


FIGURA 12 – Variação

Tabela 7 – Tipos de fratura dos sistemas de reparo aos 6 meses

Grupos	Adesiva	Coesiva*	Mista*
Epricord	58,83%	11,76%	29,41%
Bistite II DC	100%	—	—
Cojet	29,41%	58,83%	11,76%
SBMUP	100%	—	—
Variação	100%	—	—

* todas as falhas coesivas ocorreram na camada do opaco

Aos 6 meses de armazenamento, houve predominância de falha adesiva para todos os sistemas, exceto para o sistema Cojet, com predominância de falha do tipo coesiva do opaco. As Figuras 13, 14, 15, 16 e 17 mostram os tipos de fratura predominantes aos 6 meses de armazenamento dos sistemas de reparo.

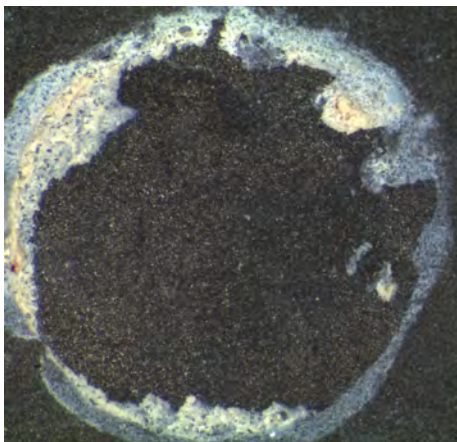


FIGURA 13 – Epricord

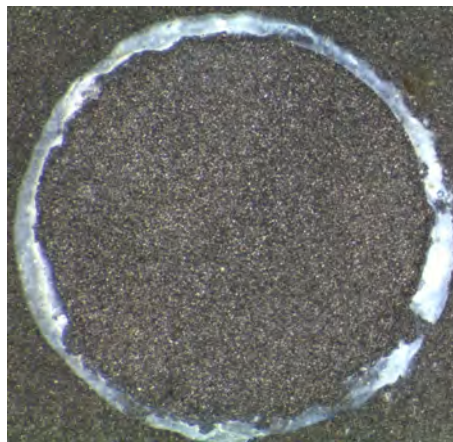


FIGURA 14 – Bistite II DC

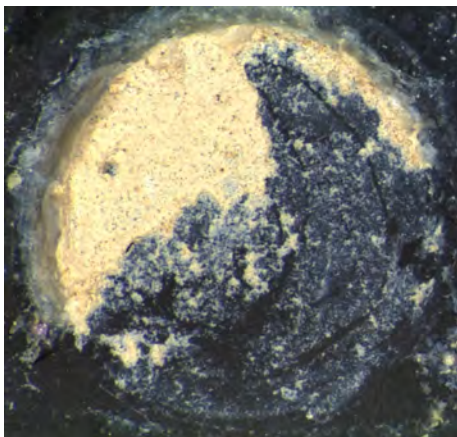


FIGURA 15 – Cojet

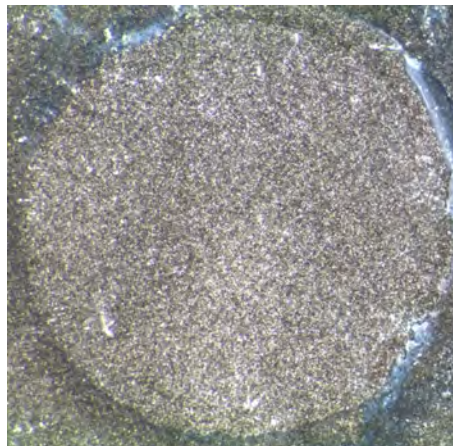


FIGURA 16 – SBMUP

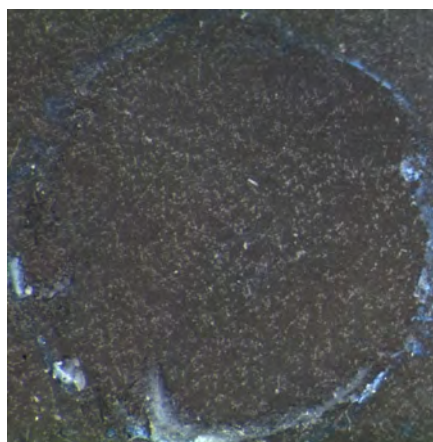


FIGURA 17 – Variação

Discussão



6 *Discussão*

6.1 *Da metodologia empregada*

No presente estudo foi avaliada a resistência ao cisalhamento entre cinco sistemas de reparo para próteses metalocerâmicas e Ti c.p. em dois tempos de armazenamento (24 horas e 6 meses). Assim, a intenção foi simular situações em que ocorre fratura complexa e o reparo é feito sobre o metal exposto.

A escolha do titânio, como substrato da presente pesquisa, foi feita em razão de suas ótimas propriedades como excelente biocompatibilidade, propriedades mecânicas adequadas e elevada resistência à corrosão^{4,31,34,56,57}. Um dos motivos decisivos na escolha deste metal para a avaliação dos sistemas de reparo foi o fato de não ter sido encontrado na literatura pesquisada nenhum trabalho que avaliasse a eficácia desses sistemas no titânio, fato que merece atenção, pois de acordo com alguns autores^{27,63} a união entre uma infra-estrutura de titânio e a porcelana de cobertura é dificultada tanto pela camada de óxidos que se forma na superfície do titânio a altas temperaturas quanto pelo baixo coeficiente de expansão térmica do titânio. Dessa forma, existe grande possibilidade de ocorrerem fraturas complexas em restaurações metalocerâmicas confeccionadas em titânio.

Com relação aos sistemas utilizados, foram selecionados alguns mais recentes, como o Cojet, o Bistite II DC e o Epricord devido à possibilidade de um aprimoramento dos reparos com o uso desses novos materiais, conforme prometem os fabricantes. Também foi utilizado o sistema Scotchbond Multi Uso Plus (Grupo controle) por se tratar de um sistema bem estabelecido^{38,59} e que se apresenta como um protocolo de menor custo e mais acessível, pois é comumente encontrado em consultórios dentários para a realização de restaurações diretas. Também foi pesquisada uma variação do grupo

Controle, em que o jateamento com partículas de Al_2O_3 foi substituído pelo jateamento com partículas também de Al_2O_3 , porém revestidas por sílica, do sistema Cojet. Esse grupo, diferente dos demais, nos quais foi seguido o protocolo recomendado pelo fabricante, consistiu numa proposta inovadora, sustentada pela hipótese de uma união mais resistente entre reparo e substrato utilizando um material considerado economicamente mais acessível.

Com a finalidade de avaliar a durabilidade da união sistemas de reparo/Ti c.p., após a termociclagem, parte dos espécimes foi armazenada em água destilada por 6 meses. Tanto a termociclagem quanto o armazenamento em água são eficientes métodos *in vitro* para simular o desempenho de materiais dentários *in vivo*⁴⁰. Segundo Kern, Thompson²⁴ (1994), estes dois artifícios são os mais freqüentemente utilizados para determinar a estabilidade da união resina composta/ metal assim como a resistência coesiva da resina composta, sendo a determinação do modo de falha predominante um aspecto importante nestes estudos. O número de ciclos realizados aqui foi determinado de acordo com o mínimo recomendado para testes de união metal–resina, sendo de 5.000 ciclos⁴².

Ainda no que tange à metodologia adotada, foi empregado no presente estudo o ensaio de cisalhamento. Tanto os testes de tração quanto os de cisalhamento apresentam vantagens e desvantagens, as quais já foram amplamente discutidas na literatura^{5,10,45,62}. A crítica ao ensaio de cisalhamento está relacionada à distribuição não uniforme do estresse no espécime^{10,45,62} e concentração do estresse no substrato resultando em falha coesiva prematura antes da ocorrência de falha na interface adesiva¹¹. Já no ensaio de tração, o grande problema está na dificuldade de alinhamento dos espécimes, pois nesse tipo de ensaio os espécimes precisam ser fixados a dispositivos que serão conectados à junta universal da máquina. Caso esse alinhamento não esteja correto,

durante o ensaio ocorrerá uma distribuição heterogênea do estresse ao longo da interface adesiva⁶¹. Van Noort et al.⁶² observaram que, tanto no ensaio de cisalhamento quanto no de tração, a resistência de união calculada pode variar em função da geometria do espécime, da configuração da carga e das propriedades do material avaliado e sabiamente ressaltaram a necessidade de padronização dos procedimentos dos ensaios para a análise das resistências de união para que uma comparação válida universalmente possa ser, de fato, realizada. Apesar das críticas, o ensaio de cisalhamento foi conscientemente selecionado no presente estudo, uma vez que este teste é amplamente empregado nos trabalhos relacionados e, desta forma, tem-se uma gama de resultados para comparação.

6.2 *Dos resultados obtidos*

Quanto aos resultados encontrados, às 24 horas, o grupo Variação apresentou média de resistência significativamente maior que as dos demais grupos, com predominância de fratura adesiva (100%), seguido pelo sistema Cojet cuja média de resistência foi estatisticamente superior a dos demais grupos, com predominância de fratura coesiva (58,33%). Aos 6 meses de armazenamento, os grupos Variação e Cojet foram estatisticamente iguais entre si e superiores aos demais grupos, mantendo as mesmas predominâncias de fratura que apresentaram às 24 horas, ou seja, adesiva (100%) para o grupo Variação e coesiva (58,83%) para o Cojet.

Nesses dois grupos (Variação e Cojet), a superfície metálica foi jateada com partículas de Al_2O_3 revestidas por sílica do Cojet Sand. Em ambos, a superfície jateada recebeu tratamento adicional com agente silano, sendo que no sistema Cojet foi utilizado o silano Espe-Sil e no grupo Variação, o silano RelyX Ceramic Primer. Desta forma, em ambos os grupos, os dois mecanismos de união estiveram presente (mecânico e químico), pois durante o jateamento, as partículas que são lançadas sob pressão contra o

substrato promovem retenções micromecânicas e a sílica dessas partículas fica impregnada na superfície e reage quimicamente com o silano aplicado na sequência.

Os resultados encontrados no presente trabalho estão de acordo com o observado na literatura, uma vez que essa modalidade de tratamento tem mostrado alta eficiência para unir compósitos a diversos tipos de substratos^{35,42,43}. Fernandes et al.¹⁵ (2009) avaliaram a união entre resinas compostas utilizadas como cobertura em próteses metaloplásticas e uma liga de Ti-4Al-6V e observaram maior média de resistência para o grupo em que a superfície metálica foi jateada com partículas revestidas por sílica e aplicado o agente silano. No trabalho de Valandro et al.⁶¹ (2005), esse tipo de tratamento também se mostrou mais eficiente quando utilizado para promover a união entre um cimento resinoso e uma superfície de alumina, comparado ao jateamento convencional. Santos et al.⁴⁸ (2006) e Haneda et al.²¹ (2009) avaliaram, em liga de NiCr, a resistência ao cisalhamento dos mesmos sistemas de reparo empregados no presente estudo e, em ambos os estudos, o jateamento com partículas revestidas de sílica seguido imediatamente da aplicação de silano resultou em maior média de resistência. Outros trabalhos mostram que o jateamento com partículas revestidas por sílica melhora a união entre materiais resinosos e ligas nobres^{10,22,52}.

Um aspecto importante que deve ser discutido é a diferença entre os tipos de fratura predominantes para os grupos Variação e Cojet. O grupo Variação apresentou predominância de fratura adesiva tanto às 24 horas quanto aos 6 meses. Já o sistema Cojet apresentou predominância de fratura coesiva do opaco em ambos os tempos de armazenamento. Este tipo de fratura indica que a resistência ao cisalhamento entre material reparador e substrato foi maior que a resistência mecânica do opaco⁴. Portanto, para o sistema Cojet, a média de resistência observada está relacionada à resistência mecânica do opaco. Nesse contexto, cabe ressaltar que o opaco utilizado no grupo

Variação apresenta-se na forma de pasta única e a sua fase orgânica é composta pelos monômeros metacrilato de trietilenoglicol (TEGDMA) e bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA), enquanto o opaco Sinfony, utilizado no sistema Cojet, apresenta-se na forma de pó e líquido e sua matriz orgânica é composta por metil-metacrilato (MMA). Ozcan e Kumbuloglu⁴², em 2009, avaliaram o efeito da composição, da viscosidade e da espessura do opaco na união entre resina composta e Ti c.p.. De acordo com os autores, opacos a base de TEGDMA apresentam certa vantagem sobre opacos a base de MMA no que diz respeito à manipulação clínica, porém sob a perspectiva de capacidade de adesão, a presença do monômero MMA na composição do opaco parece favorecer a união entre este e Ti c.p. Os autores também comentam que o MMA não é suficientemente polimerizado quando em contato com o oxigênio. Isso explicaria a fratura ocorrida no opaco no grupo Cojet.

O grupo Controle e o sistema Epricord foram estatisticamente iguais entre si tanto às 24 horas quanto aos 6 meses, apresentando médias de resistência significativamente inferiores aos grupos Cojet e Variação e superiores ao sistema Bistite. Após 24 horas de armazenamento, o sistema Epricord apresentou predominância de fratura mista (45,4%) e aos 6 meses, predominância de fratura adesiva (58,83%). No grupo Controle, todos os espécimes sofreram fratura adesiva (100%), em ambos os tempos de armazenamento.

No sistema Epricord, além do jateamento com partículas de Al_2O_3 , foi realizado um tratamento de superfície adicional pela aplicação de dois primers para metal, o Alloy Primer e o Epricord Opaque Primer. Esses primers contêm o monômero funcional MDP, capaz de se unir quimicamente aos óxidos metálicos da superfície de ligas não nobres através de grupos de ácido fosfórico presentes em sua composição. O MDP apresenta, na outra extremidade de suas moléculas, radicais que reagem com os

monômeros dos materiais resinosos, sejam eles resina composta restauradora, cimento resinoso ou resina acrílica. Vários trabalhos^{16,27,53,55,58,67} avaliaram o efeito da aplicação de primers para metal na união entre titânio e materiais resinosos, e na maioria foi observado alta efetividade do monômero MDP em promover essa união. Isso explicaria o fato de, no sistema Epricord, às 24 horas, a união entre o opaco e a superfície metálica, promovida pelo Alloy Primer e pelo Epricord Opaque Primer ter sido mais efetiva que a resistência coesiva do opaco.

Ainda neste mesmo sistema, apesar de não ter havido diferença significativa de resistência entre 24 horas e 6 meses, houve diferença no modo de fratura, pois às 24 horas houve predominância de fratura mista e aos 6 meses, de fratura adesiva. Segundo Yanagida et al.⁶⁷, a união entre os grupos fosfóricos do monômero MDP e os óxidos da superfície metálica é muito susceptível à hidrólise. Isso explicaria a mudança de predominância no modo de fratura do grupo Epricord após o armazenamento em água. Koizumi et al.²⁷ avaliaram a eficácia do Alloy Primer, dentre outros primers, na união entre Ti c.p. e resina composta, e também observaram significativa redução da resistência ao cisalhamento após termociclagem.

O sistema SBMUP (grupo Controle), ao contrário dos anteriormente citados, baseia-se apenas na imbricação mecânica promovida pelo jateamento com partículas de Al_2O_3 , pois não apresenta em seu kit produtos que visem uma união química entre material reparador e superfície metálica. O adesivo utilizado neste sistema tem como finalidade aumentar o molhamento da superfície jateada, aumentando conseqüentemente o contato entre o opaco e a superfície tratada.⁴⁸

Na literatura, Santos et al.⁴⁸ (2006) e Haneda et al.²¹ (2009) também observaram igualdade estatística entre o sistema SBMUP e o sistema Clearfil SE Bond

(este último do mesmo fabricante do sistema Epricord e cujo tratamento de superfície é o mesmo utilizado no sistema Epricord), quando aplicados sobre liga de NiCr.

Por fim, o sistema Bistite II DC apresentou as menores médias de resistência ao cisalhamento, tanto às 24 horas quanto aos 6 meses de armazenamento, com 100% de fraturas adesivas em ambos os períodos. Nesse sistema, o cimento resinoso é aplicado diretamente sobre a superfície metálica jateada com partículas de Al_2O_3 . O cimento resinoso tem a mesma função do opaco usado nos demais sistemas e apresenta na sua composição o monômero MAC-10. Esse monômero, assim como o MDP, quando em contato com ligas não nobres, promove a união química entre o material reparador e os óxidos presentes na superfície metálica. Apesar de reagir quimicamente com os óxidos metálicos, o monômero MAC-10 parece ser menos eficaz que o monômero MDP, conforme observaram vários autores^{25,54,66,67}. Além disso, outra possível explicação para a menor efetividade de seu mecanismo de união em comparação aos tratamentos preconizados pelos demais sistemas é a falta de um componente intermediário que aumente o molhamento do meio, facilitando o contato do cimento, que possui elevada viscosidade, com a liga. Estes resultados também foram observados por Santos et al.⁴⁸ e Haneda et al.²¹ não havendo na literatura outros trabalhos que tenham avaliado a eficácia deste sistema como material reparador.

Com relação ao efeito do armazenamento em água, os sistemas Cojet e Epricord não apresentaram diferença estatística significativa entre os resultados obtidos após 24 horas e 6 meses de armazenamento. Entretanto, no sistema Epricord houve alteração do modo de fratura, sendo mista às 24 horas e passando para adesiva aos 6 meses. Os demais grupos apresentaram redução significativa da resistência ao cisalhamento após 6 meses de armazenamento.

Para entender o que ocorre durante todo o período de armazenamento, dois fenômenos devem ser considerados e entendidos como agindo ao mesmo tempo: progressão de polimerização, responsável pelo aumento da resistência^{23,51}, e degradação hidrolítica, responsável pela redução desta propriedade^{34,44}.

Tomando por base o que explicam Fonseca et al.¹⁶ em seu trabalho, a igualdade estatística entre 24 horas e 6 meses no grupo Cojet pode ser resultante de duas situações diferentes: 1) de um processo de degradação hidrolítica ocorrido muito lentamente e, portanto, o tempo de armazenamento de 6 meses não foi suficiente para que os efeitos pudessem ser detectados ou 2) da equivalência da progressão de polimerização do opaco ao efeito da degradação hidrolítica deste material.

No caso da redução significativa da resistência aos 6 meses nos grupos SBMUP (Controle), Variação e Bistite II DC, a explicação mais plausível é a de que esta redução deve estar relacionada a um processo de degradação hidrolítica mais intenso na interface sistema de reparo-titânio, já que nesses 3 sistemas observou-se predominância de fratura adesiva. Essa mesma explicação se aplica ao sistema Epricord, já que neste sistema, apesar de não ter havido diferença significativa da resistência nos dois períodos de armazenamento, observou-se alteração no modo de fratura de mista às 24 horas para adesiva aos 6 meses.

6.3 Considerações finais

A união entre materiais resinosos e superfícies metálicas tem sido muito estudada e os tratamentos de superfície utilizados para promover essa união têm evoluído muito. Inicialmente, somente retenção mecânica era conseguida entre resina composta e metal. Hoje, é possível obter ligação química entre estes dois materiais^{5,33} conferindo maior longevidade à restauração⁵¹. Além disso, ocorreu grande simplificação dos

procedimentos, como no caso da deposição de sílica sobre uma determinada superfície, que pode ser promovida de várias maneiras. Anteriormente, os equipamentos desenvolvidos para este fim eram de uso exclusivamente laboratorial, como o Silicoater MD (Heraeus-Kulzer)^{24,33}, o Kevloc AC (Heraeus-Kulzer)⁴⁷ e o Siloc (Heraeus-Kulzer)^{33,51}. O surgimento do sistema Cojet (3M ESPE), uma versão para uso clínico, possibilitou o emprego desta técnica em reparos intra-orais^{3,34,40}. No entanto, é muito importante saber qual o tratamento mais indicado para o substrato ao qual o reparo irá se unir.

Tendo em vista os resultados obtidos no presente trabalho, pode-se dizer que o tratamento de superfície que parece ser mais eficiente para a confecção de um reparo em resina composta sobre superfície de Ti c.p. é o jateamento com partículas revestidas por sílica associado à aplicação de silano.

Outro aspecto relevante observado aqui é que a associação desse tipo de tratamento a um material reparador considerado de menor custo e mais acessível obteve resultados iguais e até melhores que o próprio protocolo recomendado pelo fabricante dos produtos usados nesse tratamento, já que o grupo Variação, em relação ao sistema Cojet, apresentou média de resistência significativamente maior às 24 horas e igualdade estatística após 6 meses de armazenamento em água.

Além dos resultados observados neste estudo, novas pesquisas devem ser realizadas, analisando o comportamento dos materiais do presente estudo em períodos de armazenamento mais longos bem como após serem submetidos a estresse mecânico, a fim de se obter parâmetros mais seguros, para que os mesmos possam ser indicados na clínica odontológica.

Conclusão



7 Conclusão

Considerando os resultados obtidos nas condições experimentais deste trabalho, concluiu-se que:

- apesar da indicação de seu fabricante, o sistema Bistite II DC apresentou resistência ao cisalhamento significativamente inferior aos demais sistemas em ambos os períodos de armazenamento;
- o jateamento da superfície de Ti c.p. com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica seguido da aplicação de silano foi o tratamento que promoveu maior resistência de união nos dois períodos de armazenamento, sendo um tratamento efetivo tanto quando associado aos materiais do próprio sistema Cojet quanto quando associado aos materiais do sistema Scotchbond Multi Uso Plus, embora neste último grupo tenha havido redução significativa da resistência após armazenamento em água por 6 meses;
- o armazenamento em água afetou significativamente a resistência ao cisalhamento dos grupos controle, variação e sistema Bistite II DC, diminuindo a resistência destes sistemas;
- os grupos Controle, Variação e Bistite II DC apresentaram predominância de fratura adesiva em ambos períodos de armazenamento, o sistema Cojet apresentou predominância de fratura coesiva do opaco tanto às 24 horas quanto aos 6 meses e o sistema Epricord apresentou predominância de fratura mista às 24 horas e adesiva aos 6 meses de armazenamento.

Referências



8 Referências *

1. Andriani W Jr, Suzuki M, Bonfante EA, Carvalho RM, Silva NR, Coelho PG. Mechanical testing of indirect composite materials directly applied on implant abutments. *J Adhes Dent*. 2010; 12: 311-7.
2. Appeldoorn RE, Wilwerding TM, Barkemeier WW. Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair systems. *J Prosthet Dent*. 1993; 70: 6-11.
3. Atsu, SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent*. 2006; 95: 430-6.
4. Ban S. Effect of alkaline treatment of pure titanium and its alloys on the bonding strength of dental veneering resins. *J Biomed Mater Res*. 2003; 66A: 138-45.
5. Behr M, Rosentritt M, Bettermann K, Handel G. Influence of electron beam irradiation on the alloy-to-resin bond strength. *Eur J Oral Sci*. 2005; 113: 429-35.
6. Berry T, Barghin N, Chung K. Effect of water storage on the silanization in porcelain repair strength. *J Oral Rehabil*. 1999; 26: 459-63.
7. Bertolotti RL. Adhesion to porcelain and metal. *Dent Clin North Am*. 2007; 51:433-51.
8. Chung KH, Hwang YC. Bond strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent*. 1997; 78: 267-74.
9. Çiftçi Y, Canay S, Hersek N. Shear bond strength evaluation of different veneering systems on NiCr alloys. *J Prosthodont*. 2007; 16: 31-6.

* De acordo com o estilo Vancouver.

Disponível no site: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html.

10. Cobb DS, Vargas MA, Fridrich TA, Bouschlicher MR. Metal surface treatment: characterization and effect on composite-to-metal bond strength. *Oper Dent*. 2000; 25: 427-33.
11. Della Bona A, van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J Dent Res*. 1995; 74: 1591-6.
12. Diaz-Arnold AM, Wistrom DW, Aquilino SA, Swift Jr EJ. Bond strengths of porcelain repair adhesive systems. *Am J Dent*. 1993; 6: 291-4.
13. Fahmy NZ, Mohsen CA. Assessment of an indirect metal ceramic repair system. *J Prosthodont*. 2010; 19: 25-32.
14. Faria AC, de Matos RL, Rodrigues RC, Antunes RP, Ribeiro RF, Mattos MGC. Comparative study of chemical and mechanical retentive systems for bonding of indirect composite resin to commercially pure titanium. *Braz Dent J*. 2008; 19: 134-8.
15. Fernandes CA, Ribeiro JC, Larson BS, Bonfante EA, Silva NR, Suzuki M, et al. Microtensile bond strength of resin-based composites to Ti-6Al-4V. *Dent Mater*. 2009; 25: 655-61
16. Fonseca RG, de Almeida JG, Haneda IG, Adabo GL. Effect of metal primers on bond strength of resin cements to base metals. *J Prosthet Dent*. 2009; 101: 262-8.
17. Galiatsatos A. An indirect repair technique for fractured metal-ceramic restorations: a clinical report. *J Prosthet Dent*. 2005; 93: 321-3.
18. Goia TS, Leite FPP, Valandro LF, Özcan M, Bottino MA. Repair bond strength of a resin composite to alumina-reinforced feldspathic ceramic. *Int J Prosthodont*. 2006; 19: 400-2.
19. Gregory WA, Moss SM. Effect of heterogeneous layers of composite and time on composite repair of porcelain. *Oper Dent*. 1990; 15: 18-22.

20. Güler AU, Yilmaz F, Ural C, Güler E. Evaluation of 24-hour shear bond strength of resin composite to porcelain according to surface treatment. *Int J Prosthodont*. 2005; 18: 156-60.
21. Haneda IG, Fonseca RG, de Almeida JG, Cruz CA, Adabo GL. Shear bond strength of metal-ceramic repair systems. *Gen Dent*. 2009; 57: 644-51.
22. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne Jr JT. Shear bond strengths of two intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent*. 2001; 86: 526-31.
23. Hooshmand T, van Noort R, Keshvad A. Bond durability of the resin-bonded and silane treated ceramic surface. *Dent Mater*. 2002; 18: 179-88.
24. Kern M, Thompson VP. Influence of prolonged thermal cycling and water storage on tensile bond strength of composite to NiCr alloy. *Dent Mater*. 1994; 9: 19-25.
25. Kibayashi H, Teraoka F, Fujimoto S, Nakagawa M. Surface modification of pure titanium by plasma exposure and its bonding to resin. *Dent Mater J*. 2005; 24: 53-8.
26. Kinsel RP, Lin D. Retrospective analysis of porcelain failures of metal ceramic crowns and fixed partial dentures supported by 729 implants in 152 patients: patient-specific and implant-specific predictors of ceramic failure. *J Prosthet Dent*. 2009; 101: 388-94.
27. Koizumi H, Ishii T, Naito K, Yoneyama T, Tanoue N, Matsumura H. Effects of triazine dithione and hydrophobic phosphate monomers on bonding to Ag-Pd-Cu-Au alloy and titanium with a methacrylic resin-based luting agent. *J Adhes Dent*. 2010; 12: 215-22.
28. Kussano CM, Bonfante G, Batista JG, Pinto JHN. Evaluation of shear bond strength of Composite to porcelain according to surface treatment. *Braz Dent J*. 2003; 14: 132-5.

29. Latta AM, Barkmeier WW. Approaches for intraoral repair of ceramic restorations. *Compend Contin Educ Dent*. 2000; 21: 635-44.
30. Leibrock A, Degenhart M, Behr M, Rosentritt M, Handel G. In vitro study of the effect of thermo- and load-cycling on the bond strength of porcelain repair systems. *J Oral Rehabil*. 1999; 26: 130-7.
31. Lim BS, Heo SM, Lee YK, Kim CW. Shear bond strength between titanium alloys and composite resin: sandblasting versus fluoride-gel treatment. *J Biomed Mater Res*. 2003; 64B: 38-43
32. Mancuso A. Salvaging a porcelain/metal bridge with a bonded porcelain-fused-to-metal overcasting. *Gen Dent*. 2003; 51: 456-7.
33. Matinlinna JP, Vallittu PK. Silane based concepts on bonding resin composite to metals. *J Contemp Dent Pract*. 2007; 8: 1-8.
34. Matinlinna JP, Lassila LVJ, Vallittu PK. The effect of a novel silane blend system on resin bond strength to silica-coated Ti substrate. *J Dent*. 2006; 34: 436-43.
35. Matinlinna JP, Lassila LV, Özcan M, Yli-Urpo A, Vallittu PK. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 155–64.
36. Meyer Filho A, Vieira LCC, Araújo E, Monteiro Junior S. Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. *J Prosthodont*. 2004; 13: 28-35.
37. Murray AK, Attrill DC, Dickinson MR. The effects of XeCl laser etching of NiCr alloy on bond strengths to composite resin: a comparison with sandblasting procedures. *Dent Mater*. 2005; 21: 538-44.
38. Neppelenbroek KH, Mendonça MJ, Fonseca RG, Cruz CAS. Reparo em próteses parciais fixas metalocerâmicas. Uma revisão de literatura. *ROBRAC: Rev Odontol Brasil Central*. 2003; 12: 25-9.

39. Ohkubo C, Watanabe I, Hosoi T, Okabe T. Shear bond strengths of polymethyl methacrylate to cast titanium and cobalt-chromium frameworks using five metal primers. *J Prosthet Dent*. 2000; 83: 20-57.
40. Özcan M. Evaluation of alternative intra-oral techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. *J Oral Rehabil*. 2003; 30: 194-203.
41. Özcan M. Fracture reasons in ceramic-fused-to-metal-restorations. *J Oral Rehabil*. 2003; 30: 265-9.
42. Özcan M, Kumbuloglu O. Effect of composition, viscosity and thickness of the opaquer on the adhesion of resin composite to titanium. *Dent Mater*. 2009; 25: 1248-55.
43. Özcan M, Niedermeier W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal-ceramic restorations and survival of repairs. *Int J Prosthodont*. 2002; 15: 299-302.
44. Özcan M, van der Sleen J, Kurunmäki H, Vallittu PK. Comparison of repair methods for ceramic-fused-to-metal crowns. *J Prosthodont*. 2006; 15: 283-8.
45. Plácido E, Meira JBC, Lima RG, Muench A, Souza RM, Ballester RY. Shear versus micro-shear bond strength test: a finite element stress analysis. *Dent Mater*. 2007; 23: 1086-92.
46. Prado RA, Panzeri H, Fernandes Neto AJ, Neves FD, Silva MR, Mendonça G. Shear bond strength of dental porcelains to nickel-chromium alloys. *Braz Dent J*. 2005; 16: 202-6.
47. Quaas AC, Heide S, Freitag S, Kern M. Influence of metal cleaning methods on the resin bond strength to NiCr alloy. *Dent Mater*. 2005; 21: 192-200.
48. Santos JG, Fonseca RG, Adabo GL, Cruz CAS. Shear bond strength of metal-ceramic repair systems. *J Prosthet Dent*. 2006; 96: 165-73.

49. Sarafianou A, Seimenis I, Papadopoulos T. Effectiveness of different adhesive primers on the bond strength between an indirect composite resin and a base metal alloy. *J Prosthet Dent*. 2008; 99: 377-87.
50. Saygili G, Sahmali S, Demirel F. Colour stability of porcelain repair materials with accelerated ageing. *J Oral Rehabil*. 2006; 33: 387-92.
51. Seimenis I, Sarafianou A, Papadopoulou H, Papadopoulos TR. Shear bond strength of three veneering resins to a Ni-Cr alloy using two bonding procedures. *J Oral Rehabil*. 2006; 33: 600-8.
52. Sun R, Suansuwan N, Kilpatrick N, Swain M. Characterization of tribochemically assisted bonding of composite resin to porcelain and metal. *J Dent*. 2000; 28: 441-5.
53. Taira Y, Imai Y. Primer for bonding resin to metal. *Dent Mater*. 1995; 11: 2-6.
54. Taira Y, Yoshida K, Matsumura H, Atsuta M. Phosphate and thiophosphate primers for bonding prosthodontic luting materials to titanium. *J Prosthet Dent*. 1998; 79: 384-8.
55. Taira Y, Matsumura H, Yoshida K, Tanaka T, Atsuta M. Influence of surface oxidation of titanium on adhesion. *J Dent*. 1998; 26: 69-73.
56. Tanaka T, Kimoto K, Sawada T, Toyoda M. Shear bond strength of veneering composite resin to titanium nitride coating alloy deposited by radiofrequency sputtering. *J Dent*. 2006; 34: 277-82.
57. Tsuchimoto T, Yoshida Y, Takeuchi M, Mine A, Yatani H, Tagawa Y et al. Effect of surface pre-treatment on durability of resin-based cements bonded to titanium. *Dent Mater*. 2006; 22: 545-52.
58. Tsuchimoto Y, Yoshida Y, Mine A, Nakamura M, Nishiyama N, Van Meerbeek B, et al. Effect of 4-MET and 10-MDP based primers on resin bonding to titanium. *Dent Mater J*. 2006; 25: 120-4.

59. Tulunoglu IF, Beydemir B. Resin shear strength to porcelain and a base metal alloy using two polymerization schemes. *J Prosthet Dent.* 2000; 83: 181-6.
60. Tylka DF, Stewart GP. Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. *J Prosthet Dent.* 1994; 72: 121-7.
61. Valandro LF, Della Bona A, Medsci M, Bottino MA, Neisser MP. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *J Prosthet Dent.* 2005; 93: 253-9.
62. Van Noort R, Noroozi S, Howard IC, Cardew G. A critique of bond strength measurements. *J Dent.* 1989; 17: 61-7.
63. Vásquez VZL, Özcan M, Kimpara ET. Evaluation of interface characterization and adhesion of glass ceramics to commercially pure titanium and gold alloy after thermal- and mechanical-loading. *Dent Mater.* 2009; 25: 221-31.
64. Wang RR, Fenton A. Titanium for prosthodontic applications: a review of literature. *Quintessence Int.* 1996; 27: 401-8.
65. Watanabe T, Ino S, Okada S, Katsumata Y, Hamano N, Hojo S, et al. Influence of simplified silica coating method on the bonding strength of resin cement to dental alloy. *Dent Mater J.* 2008; 27: 16—20.
66. Yanagida H, Matsumura H, Atsuta M. Bonding of prosthetic composite material to Ti- Al-7Nb alloy with eight metal conditioners and a surface modification technique. *Am J Dent.* 2001; 14: 291-4.
67. Yanagida H, Matsumura H, Taira Y, Atsuta M, Shimoe S. Adhesive bonding of composite material to cast titanium with varying surface preparations. *J Oral Rehabil.* 2002; 29: 121-6.

68. Yesil ZD, Karaoglanoglu S, Akyil MS, Seven N. Evaluation of the bond strength of different bonding agents to porcelain and metal alloy. N Y State Dent J. 2007; 73: 28-32
69. Yoshida K, Sawase T, Watanabe I, Atsuta M. Shear bond strength of four resin cements to cobalt-chromium alloy. Am J Dent. 1995; 8: 285-8

Apêndice



9 Apêndice

Tabela A1 – Valores originais, médias, desvios-padrão e coeficientes de variação de resistência ao cisalhamento (MPa) dos sistemas de reparo às 24 horas

	Epricord	Bistite II DC	Cojet	SBMUP (Controle)	Cojet Sand + SBMUP
	10,32	6,19	15,03	11,14	20,54
	10,96	7,00	15,24	11,64	20,73
	10,99	7,39	16,50	12,72	22,00
	12,17	7,50	17,43	12,88	22,11
	12,61	7,97	18,41	13,16	22,60
	12,63	8,01	19,76	13,42	22,89
	13,71	8,24	20,01	14,12	23,48
	14,80	9,37	20,03	14,48	23,94
	15,41	9,64	20,12	14,75	24,38
	16,39	9,66	20,86	15,8	24,64
Média	13,00	8,10	18,34	13,41	22,73
D.V.	2,04	1,16	2,16	1,42	1,42
C.V.%	15,69	14,32	11,78	10,59	6,25

Tabela A2 – Valores originais, médias, desvios-padrão e coeficientes de variação de resistência ao cisalhamento (MPa) dos sistemas de reparo aos 6 meses

	Epricord	Bistite II DC	Cojet	SBMUP (Controle)	Cojet Sand + SBMUP
	9,62	4,21	14,60	8,11	15,76
	10,00	4,32	15,23	8,58	17,77
	10,01	4,41	15,83	8,92	18,19
	10,04	4,67	16,62	9,68	18,23
	11,08	4,75	16,99	9,74	18,53
	11,13	4,92	17,42	10,43	18,81
	11,98	5,06	17,98	11,19	19,07
	12,47	5,07	18,63	11,27	19,34
	12,77	5,16	19,97	11,56	19,70
	12,92	5,32	20,35	11,65	20,10
Média	11,20	4,79	17,36	10,11	18,55
D.V.	1,26	0,38	1,91	1,29	1,22
C.V.%	11,25	7,93	11,00	12,86	6,58

Autorizo a reprodução deste trabalho.

Araraquara, 25 de julho de 2011.

ISABELLA GAGLIARDI HANEDA