

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

LUIZ HENRIQUE MAYKOT PRATES  
CIRURGIÃO-DENTISTA

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE EM UMA  
LIGA DE PALÁDIO-PRATA NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE  
AGENTES CIMENTANTES

Tese apresentada à Faculdade de  
Odontologia de Piracicaba, da Universidade  
Estadual de Campinas, para obtenção do  
Título de Doutor em Materiais Dentários.

PIRACICABA - SP  
2000



UNIDADE BQ  
N.º CHAMADA:  
T/UNICAMP  
P8872  
V. \_\_\_\_\_ Ex. \_\_\_\_\_  
TOMBO BC/ 45120  
PROC. 16.392107  
C  D   
PREÇO R\$ 1,100  
DATA 06/07/02  
N.º CPD \_\_\_\_\_

CM00157631-1

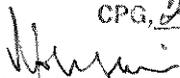
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

LUIZ HENRIQUE MAYKOT PRATES  
CIRURGIÃO-DENTISTA

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE EM UMA  
LIGA DE PALÁDIO-PRATA NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE  
AGENTES CIMENTANTES

Este exemplar foi devidamente corrigido,  
de acordo com a Resolução CCFG-036/83

CPG, 20/03/01



Assinatura do Orientador

Tese apresentada à Faculdade de  
Odontologia de Piracicaba, da Universidade  
Estadual de Campinas, para obtenção do  
Título de Doutor em Materiais Dentários.

Orientador: Prof. Dr. Simonides Consani

Banca Examinadora: Prof. Dr. Hamilton Pires Maia  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria José de Carvalho Rocha  
Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho  
Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti

PIRACICABA - SP  
2000

### Ficha Catalográfica

P887i Prates, Luiz Henrique Maykot.  
Influência do tratamento de superfície em uma liga de paládio-prata na resistência de união de agentes cimentantes. / Luiz Henrique Maykot Prates. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2000. 151p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Simonides Consani.  
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Materiais dentários. 2. Fundição dentária. 3. Cimentos dentários. 4. Óxido de alumínio. I. Consani, Simonides. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

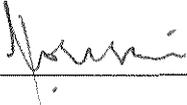
Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8-6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



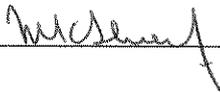
A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 27 de Novembro de 2000, considerou o candidato LUIZ HENRIQUE MAYKOT PRATES aprovado.

1. Prof. Dr. SIMONIDES CONSANI 

2. Prof. Dr. HAMILTON PIRES MAIA 

3. Profa. Dra. MARIA JOSÉ DE CARVALHO ROCHA 

4. Prof. Dr. LOURENCO CORRER SOBRINHO 

5. Prof. Dr. MARIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI 

A Deus, que me deu saúde e perseverança para que eu alcançasse os meus objetivos.

Aos meus pais Cláudio e Arlene, pelo amor, pela educação, pelo exemplo de vida, pelo incentivo e por sempre possibilitarem condições para a formação dos filhos.

À Silvana pelo amor, pelo incentivo, pela compreensão e paciência durante a realização do Curso.

À minha irmã Ana Maria, ao meu cunhado Gilson e aos meus sobrinhos Alice e Théo, pelo apoio em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Doutor SIMONIDES CONSANI, Professor Titular do Departamento de Odontologia Restauradora - Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, não só pela orientação durante a realização deste Trabalho, como pela amizade e confiança durante o Curso.

Ao Doutor MÁRIO FERNANDO DE GOES, Professor Titular do Departamento de Odontologia Restauradora - Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela amizade, pelo convívio e pelos conhecimentos transmitidos durante o Curso.

Ao Doutor LOURENÇO CORRER SOBRINHO, Professor Livre Docente do Departamento de Odontologia Restauradora - Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela amizade, pelo convívio e pelos conhecimentos transmitidos durante o Curso.

Ao Doutor MÁRIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI, Professor Doutor do Departamento de Odontologia Restauradora - Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela amizade, pelo convívio, pelos conhecimentos transmitidos e pela orientação na análise estatística deste Trabalho.

## AGRADECIMENTOS

À Direção da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do seu Diretor Prof. Dr. Antônio Wilson Sallum e do Diretor Associado Prof. Dr. Frab Norberto Bóscolo.

Ao Prof. Dr. Gilssé Ivan Regis Filho, Chefe do Departamento de Estomatologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo apoio durante o Curso.

À Profa. Dra. Maria José de Carvalho Rocha, Ex-chefe do Departamento de Estomatologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina, pela amizade e pelo incentivo e apoio para realização do Curso.

Aos professores Hamilton Pires Maia, Gilberto Müller Arcari e Marcelo Carvalho Chain, docentes da Disciplina de Materiais Dentários da Universidade Federal de Santa Catarina, pela amizade e apoio durante o Curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos para realização do Curso.

Aos funcionários Marcos Blanco Cangiani e Selma Aparecida Barbosa Segalla, da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, pela amizade, pelo convívio e presteza durante o Curso.

Às funcionárias Érica Alessandra Pinho e Sônia Maria Lordello Arthur, da Coordenadoria de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, pela amizade e presteza durante o Curso.

Às bibliotecárias Heloisa Ceccotti e Marilene Girello, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, pelas sugestões na correção da bibliografia deste Trabalho.

Ao Prof. Dr. Elliot W. Kitajima, pela cessão do Laboratório de Microscopia Eletrônica da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP).

Aos colegas Alysson Noriyuki Kavishima Konno e Paulo Henrique dos Santos, pela amizade e pelo companheirismo durante o Curso.

Ao Técnico em Prótese Dentária Jorge Alcarde, pela amizade e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, pela amizade e convívio durante o Curso.

# SUMÁRIO

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| RESUMO.....                      | 1   |
| ABSTRACT.....                    | 3   |
| 1. INTRODUÇÃO.....               | 5   |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA.....    | 11  |
| 3. PROPOSIÇÃO.....               | 73  |
| 4. MATERIAIS E MÉTODO.....       | 75  |
| 5. RESULTADOS.....               | 89  |
| 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS..... | 103 |
| 7. CONCLUSÃO.....                | 113 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 115 |
| APÊNDICE.....                    | 127 |

## RESUMO

O propósito do estudo foi avaliar a influência de quatro tratamentos de superfície, efetuados em uma liga de paládio-prata, na resistência da união ao cisalhamento de três agentes cimentantes. Inicialmente, foram confeccionadas fundições em forma de disco (5 mm de diâmetro), com liga de paládio-prata, sendo os espécimes agrupados em pares, após limpeza manual e em ultra-som com água. Em seguida, os pares foram separados em quatro grupos de 30 cada, para realização de um dos seguintes tratamentos nas faces circulares opostas às correspondentes aos condutos de alimentação: 1 – bruto de fundição (controle); 2 – aplicação de jato de óxido de alumínio malha 320; 3 – aplicação de jato de óxido de alumínio malha 60; e 4 – aplicação de jato de micro esferas de vidro malha 270. Após nova limpeza em ultra-som com água destilada, durante 5 minutos, os exemplares de cada grupo foram separados em três sub-grupos de 10 cada, sendo feita a fixação, através das faces tratadas, com um dos seguintes agentes cimentantes: A - cimento de fosfato de zinco; B – cimento de ionômero de vidro modificado por resina; e C – cimento resinoso. Dez espécimes de cada tratamento de superfície foram submetidos à análise da rugosidade média, sendo também feito o preparo de dois exemplares para observação com microscopia eletrônica de varredura. Após 24 horas de armazenagem em água destilada a 37 °C, os pares fixados foram avaliados com ensaios de cisalhamento em máquina Instron (1 mm/min), até a ruptura das amostras. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) e as médias obtidas (MPa) foram: Grupo 1

A: 1,77 (0,51); Grupo 1 B: 3,18 (1,42); Grupo 1 C: 1,63 (0,55); Grupo 2 A: 5,22 (0,88); Grupo 2 B: 11,90 (1,94); Grupo 2 C: 16,29 (3,94); Grupo 3 A: 4,03 (0,78); Grupo 3 B: 11,41 (2,69); Grupo 3 C: 14,15 (2,71); Grupo 4 A: 1,59 (0,44); Grupo 4 B: 2,24 (0,71); Grupo 4 C: 1,74 (0,51). As superfícies metálicas submetidas ao jato de óxido de alumínio (malhas 320 ou 60) proporcionaram maior resistência de união que a condição de bruto de fundição e que as superfícies submetidas ao jato de micro esferas de vidro malha 270. Nas superfícies tratadas com jato de óxido de alumínio, o cimento resinoso e o cimento de ionômero de vidro modificado por resina proporcionaram resistências de união estatisticamente superiores à do cimento de fosfato de zinco. Não houve relação entre a resistência de união dos agentes cimentantes e a rugosidade média das ligas metálicas.

Palavras chave: cimentos dentários, fundição dentária, materiais dentários, óxido de alumínio.

# ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the influence of four metal surface treatments on the shear bond strength of three luting agents. Cast samples in a disk shape (5 mm in diameter) were made with palladium-silver alloy and grouped in pairs after ultrasonic cleaning. The pairs were assigned into four groups of 30 each and submitted to the following treatments on the circular surfaces opposite to that of the sprue former: 1 – as cast (control); 2 – aluminum oxide blasting (320 mash); 3 – aluminum oxide blasting (60 mash); and 4 – glass beads blasting (270 mash). After new ultrasonic cleaning in distilled water, during 5 minutes, the samples of each group were assigned into three subgroups of 10 each, being made the cementing, by the treated surfaces, with the following luting agents: A – zinc phosphate cement; B – resin-modified glass ionomer cement; and C – resin cement. Before luting, 10 specimens of each treatment had the surfaces measured for roughness and two samples were prepared to observation in scanning electronic microscope. After storing in distilled water at 37 °C, during 24 hours, the cemented pairs were submitted to shear bond strength tests in an Instron machine (1 mm/min), until the failure. The results were analyzed by ANOVA and Tukey's test ( $p < 0,05$ ) and the means (MPa) were: Group 1 A: 1.77 (0.51); Group 1 B: 3.18 (1.42); Group 1 C: 1.63 (0.55); Group 2 A: 5.22 (0.88); Group 2 B: 11.90 (1.94); Group 2 C: 16.29 (3.94); Group 3 A: 4.03 (0.78); Group 3 B: 11.41 (2.69); Group 3 C: 14.15 (2.71); Group 4 A: 1.59 (0.44); Group 4 B: 2.24 (0.71); Group 4 C: 1.74 (0.51). The metallic surfaces submitted to the aluminum oxide blast treatment (320 or 60 mash) showed

bond strengths significantly higher than those of surfaces as cast or submitted to glass beads blast (270 mash). On surfaces treated with aluminum oxide blast, the resin cement and the resin-modified glass ionomer cement showed bond strengths statistically superior to those of the zinc phosphate cement. There was not a relationship between the bond strengths of cementing agents and the roughness of metallic surfaces.

Key-words: aluminum oxide, dental casting, dental cements, dental materials.

# 1. INTRODUÇÃO

De acordo com BRUKL *et al.* (1985), o cimento é considerado o elo mais fraco da estrutura formada pela associação fundição-cimento-dente. Essa particularidade, faz com que o assunto seja amplamente estudado, pois o tema é complexo e, como descrito por KAUFMAN *et al.* (1961), diversos fatores podem interferir na retentividade de uma peça protética. Neste aspecto, destacam-se resistência do agente cimentante e textura das superfícies envolvidas, esta última relacionando-se com a imbricação mecânica necessária à retenção de uma prótese.

Segundo CHRISTENSEN (1991), os seguintes cimentos são utilizados para fixação de peças protéticas: ionômero de vidro, poliacarboxilato de zinco, fosfato de zinco, cimentos resinosos, e óxido de zinco e eugenol reforçado. O cimento de fosfato de zinco é utilizado desde 1880 (GRIEVE, 1969) e, em 1980, ABELSON relatou que era o agente cimentante mais utilizado nas escolas americanas de odontologia. O cimento de óxido de zinco e eugenol para cimentação de peças protéticas foi estudado por PHILLIPS *et al.* (1968) e, a despeito dos resultados promissores em algumas propriedades, tem sido pouco utilizado para fixação definitiva, pois seu desempenho tem sido inferior ao dos outros materiais, como demonstrado por GRIEVE (1969); NINA *et al.* (1975); CHAN *et al.* (1976); HEMBREE JR. & COOPER JR. (1979); WORLEY *et al.* (1982); e CHAN *et al.* (1986). O cimento de poliacarboxilato de zinco foi desenvolvido por SMITH, em 1968, com propriedades adesivas à estrutura dental e baixa irritação aos tecidos bucais. Apesar dessas vantagens, estes agentes têm sido utilizados,

segundo CHRISTENSEN (1991), apenas na fixação de próteses de pequena extensão ou em dentes sensíveis. O cimento de ionômero de vidro, descrito por WILSON & KENT, em 1972, tem como principais propriedades positivas a liberação de flúor, como demonstrado por MUZYNSKI *et al.* (1988); boa resistência mecânica, como relatado por WHITE & YU (1993); e união à estrutura dental, como observado por NEGM *et al.* (1982). Atualmente, também estão disponíveis os ionômeros de vidro modificados por resina, como denominado por MCLEAN *et al.* (1994). De acordo com CHRISTENSEN (1991), as propriedades positivas fazem dos ionômeros os cimentos mais indicados para fixação de próteses. A introdução da técnica do condicionamento ácido do esmalte, por BUONOCORE (1955); o surgimento dos sistemas adesivos, com BUONOCORE *et al.* (1956); e o desenvolvimento da resina composta, com BOWEN (1963), favoreceram o aperfeiçoamento e utilização dos cimentos resinosos. Estes materiais, apesar da necessária comprovação clínica do desempenho, têm sido aceitos, segundo CHRISTENSEN (1991), para fixação de próteses, mesmo com indícios de interferência no assentamento de coroas, como relatado por WHITE & KIPNIS (1993).

Vários estudos avaliaram a habilidade retentiva desses materiais e, apesar da variação em alguns resultados, pode ser constatado, nos trabalhos mais recentes, a superioridade dos cimentos de ionômero de vidro (OMAR, 1988; PRATES, 1999; e MARTINS *et al.*, 2000) ou dos cimentos resinosos (BRUKL *et al.*, 1985; TJAN & LI, 1992; GORODOVSKY & ZIDAN, 1992; JUNTAVEE &

MILLSTEIN, 1992; AYAD *et al.*, 1997; TUNTIPRAWON, 1999; e PRATES, 1999), em relação ao adequado desempenho anteriormente verificado com os cimentos de fosfato de zinco (GRIEVE, 1969; NINA *et al.*, 1975; HEMBREE JR. & COOPER JR., 1979; ABELSON, 1980; WORLEY *et al.*, 1982; e VERMILYEA *et al.*, 1983) ou de policarboxilato de zinco (GRIEVE, 1969; ADY & FAIRHURST, 1973; NINA *et al.*, 1975; CHAN *et al.*, 1976; HEMBREE JR. & COOPER JR., 1979; ABELSON, 1980; e CHAN *et al.*, 1985).

A textura das superfícies envolvidas, proporcionada por diferentes métodos de tratamento, é outro fator relevante na retentividade de uma peça protética. AYAD *et al.* (1996) e BUTTON *et al.* (1982) verificaram, respectivamente, variação nas rugosidades médias da dentina e de ligas metálicas, após diferentes tratamentos de superfície. ANUSAVICE (1996), por sua vez, enfatizou a imbricação mecânica do cimento nas superfícies do preparo e da prótese, como um fator importante na retenção de peças protéticas, enquanto TJAN & SARKISSIAN (1986); MOWERY *et al.* (1987); FELTON *et al.* (1987); e TUNTIPRAWON (1999), observaram maior resistência de união de materiais aplicados à dentina com maior rugosidade, em comparação àquela com maior lisura. Isto, no entanto, não foi confirmado por SMITH (1970) e DARVENIZA *et al.* (1987) e variou com o tipo de agente cimentante empregado, de acordo com WITWER *et al.* (1986). Destaca-se, ainda, que um estudo de OILO & JORGENSEN (1978) demonstrou correlação positiva entre aumento da rugosidade e resistência retentiva de coroas totais fixadas sobre a dentina ou em núcleos metálicos.

Em se tratando de estruturas metálicas, diversas técnicas foram propostas para obtenção de uma textura de superfície favorável ao melhor desempenho dos agentes cimentantes. Dentre elas, destacam-se: ataque eletrolítico, estudado por THOMPSON *et al.* (1983), como uma alternativa para o incremento da união mecânica entre agentes cimentantes resinosos e ligas metálicas básicas; jato de óxido de alumínio, descrita por ADY & FAIRHURST (1973), como procedimento de limpeza e também para obtenção de superfícies mais favoráveis à retenção micro mecânica dos cimentos nas superfícies das ligas; e ataque químico das superfícies metálicas, avaliada por LIVADITIS (1986), também como um procedimento para melhorar a imbricação mecânica. Cabe ressaltar que as tentativas para obtenção de maior resistência de união não basearam-se apenas na retenção mecânica, ou seja, técnicas baseadas na união química também foram propostas. Dentre elas, destacam-se: silanização da superfície metálica, estudada por PEUTZFELDT & ASMUSSEN (1988) e WATANABE *et al.* (1999); laminação com estanho, pesquisada por GATES *et al.* (1993); DIXON *et al.* (1994); e BREEDING & DIXON (1996); e utilização de sistemas adesivos, avaliados por ATTA *et al.* (1990); RUBO & PEGORARO (1995); e MARTUCI *et al.* (1999). Dentre os métodos citados, a técnica do jato de óxido de alumínio tornou-se uma das mais populares, pois além da eficiência demonstrada, é de fácil execução e tem custo relativamente baixo, sendo também considerada como etapa essencial nas demais técnicas citadas. ADY & FAIRHURST (1973) e VALLITTU & FORSS (1997) demonstraram o aumento da resistência da união dos

cimentos aplicados em estruturas metálicas submetidas ao jato de óxido de alumínio, comparativamente a outros tratamentos de superfície, enquanto HERO *et al.* (1987) e WATANABE *et al.* (1999) verificaram que quando da utilização da técnica da silanização sem a aplicação do jato de óxido de alumínio, a resistência de união entre estrutura metálica e resina composta era significativamente reduzida. BUTTON *et al.* (1985) observaram, ainda, que o desempenho de cada agente cimentante variava de acordo com o tamanho das partículas do óxido de alumínio utilizado.

Apesar da popularização da técnica do jato de óxido de alumínio, verifica-se uma carência de informações atuais sobre a influência deste abrasivo, em suas diferentes granulações, no desempenho dos materiais disponíveis para fixação de peças protéticas. O surgimento de novos cimentos, ligas metálicas e técnicas de manipulação, exige atualizações constantes e que esclareçam o procedimento adequado para cada material. Em função disso, seria conveniente avaliar a resistência da união de agentes cimentantes aplicados sobre corpos-de-prova confeccionados com uma liga metálica submetida a diferentes tratamentos de superfície.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

BUONOCORE, em 1955, avaliou duas técnicas de condicionamento do esmalte para aumentar a adesão das resinas acrílicas para restauração. As duas soluções condicionadoras avaliadas foram: reagente fosfomolibdato a 50 % com solução de ácido oxálico a 10 %, e ácido fosfórico a 85 %. Os experimentos foram realizados nas superfícies vestibulares de dentes de voluntários, que tiveram uma pequena quantidade de resina acrílica adaptada, após o condicionamento com uma das soluções. A comparação dos dois procedimentos, com o controle sem tratamento, foi feita através do número de horas em que a pequena quantidade de resina permaneceu aderida na superfície do esmalte. O ácido fosfórico a 85 % proporcionou melhores resultados e maior facilidade de manuseio.

BUONOCORE *et al.*, em 1956, avaliaram a resistência de união de um adesivo à estrutura dentinária. O material composto por éster do ácido fosfórico, ácido metacrílico, e metil-metacrilato, foi aplicado sobre a dentina, submetida ou não ao tratamento com ácido clorídrico a 7 %, durante 1 minuto. Para as superfícies dentinárias não submetidas ao condicionamento ácido, foi observada uma resistência de união inicial de 28 kg/cm<sup>2</sup>, que diminuiu para 15 kg/cm<sup>2</sup> após três meses de imersão em água. Para as superfícies dentinárias submetidas ao condicionamento ácido, foi observada uma resistência de união inicial de 53 kg/cm<sup>2</sup>, reduzida para 28 kg/cm<sup>2</sup> após cinco meses de armazenagem em água. O autores relataram, ainda, que a união observada, possivelmente, ocorreu em virtude da

combinação química entre um dos componentes do adesivo e a matéria orgânica da dentina, não sendo verificada nenhuma adesão nos grupos controle.

KAUFMAN *et al.*, em 1961, descreveram as variáveis que influenciam na retentividade de fundições, classificando-as, inicialmente, em três categorias: 1 – relacionadas ao dente preparado; 2 – relacionadas à peça protética; e 3 – relacionadas ao meio cimentante. Os principais fatores citados dentro das três categorias foram: área de superfície do preparo, altura do preparo, ângulo de convergência das paredes do preparo, textura das superfícies, e resistência à compressão e ao cisalhamento do agente cimentante. Algumas dessas variáveis foram avaliadas com auxílio de modelos de alumínio, simulando preparos para coroas totais. As coroas totais foram fundidas com liga de ouro, sendo fixadas com cimento de fosfato de zinco, para serem submetidas aos ensaios de tração. Foi verificado que a resistência retentiva aumentou significativamente com a diminuição da convergência das paredes laterais. A altura dos preparos, por outro lado, teve menos influência na retentividade.

BOWEN, em 1963, estudou o polímero Bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA) reforçado com partículas de sílica tratadas com silano vinílico, e comparou suas propriedades com as de outras estruturas, como esmalte, dentina, cimento de silicato, e resinas sem carga. As propriedades avaliadas foram: tempo de presa, contração de polimerização, solubilidade e desintegração, sorção de água, coeficiente de expansão térmica linear, estabilidade de cor, opacidade, resistências à compressão e à tração, módulo de elasticidade, dureza, e toxicidade. A resina Bis-GMA reforçada com partículas de carga superficialmente tratadas proporcionou

valores, em algumas propriedades físicas, mais próximos dos obtidos com os tecidos duros do dente que dos obtidos com a resina sem reforço.

JORGENSEN & HOLST, em 1967, estudaram a relação entre as resistências compressiva e retentiva de cimentos odontológicos. Os materiais avaliados foram: cimento de fosfato de zinco Zinc Cement, cimento de fosfato de zinco Pharmacent, cimento de óxido de zinco e eugenol Kalzinol, gesso pedra Calestone, e material experimental Bi-oxol. Os ensaios de resistência compressiva foram realizados com cilindros dos materiais (6 mm de diâmetro por 12 mm de altura), em máquina Losenhausen, após 24 horas de armazenagem em água a 37 °C. A resistência retentiva foi avaliada com coroas fixadas a preparos em forma de tronco de cone, todos confeccionados com aço inoxidável, em torno mecânico, e padronizados com 8 mm de diâmetro na base, 8 mm de altura e 9,3° de expulsividade. A fixação das coroas foi feita com carga de 4 kg, aplicada durante 10 minutos, sendo o tracionamento realizado após 24 horas de armazenagem em água a 37 °C. A resistência retentiva das coroas aumentou proporcionalmente com o aumento da resistência compressiva dos cimentos.

COLLEY *et al.*, em 1968, avaliaram a resistência retentiva de diferentes tipos de pinos fixados com cimento de fosfato de zinco em canais radiculares. As variáveis pesquisadas foram: comprimento, forma, e rugosidade de superfície dos pinos. Foram utilizados incisivos extraídos, cujas coroas foram removidas e os canais alargados com instrumentos de formas aproximadas às dos pinos selecionados. A fixação foi feita sob carga de 6,8 kg e os ensaios de remoção realizados com máquina de ensaios Hounsfield, após 24 horas de armazenagem

em solução salina. Medidas do grau de expulsividade dos pinos também foram realizadas, através da ampliação da silhueta dos mesmos, com ampliador e papel fotográfico. Foi concluído que os pinos mais retentivos foram aqueles com menores expulsividades e que a presença de rugosidade de superfície aumentou a resistência retentiva dos mesmos.

PHILLIPS *et al.*, em 1968, avaliaram os cimentos de óxido de zinco e eugenol indicados para fixação definitiva de peças protéticas. As propriedades estudadas foram: resistência à compressão, resistência à tração, solubilidade, espessura de película, e resistência retentiva. Os cimentos utilizados foram os de óxido de zinco e eugenol Opotow EBA (ácido etóxi benzóico), Ultim Eba, Pro Cem, Fynal, e Temrex Extra, além do fosfato de zinco Tenacim. A resistência à compressão e à tração foi avaliada com corpos-de-prova cilíndricos. A solubilidade foi medida diariamente, em água e ácido acético, durante cinco dias, por uma determinação gravimétrica do resíduo. A espessura de película foi verificada de acordo com a especificação nº 8 da Associação Dentária Americana (ADA), e a resistência retentiva através do tracionamento de incrustações fixadas em preparos em dentes extraídos. Todos os cimentos de óxido de zinco e eugenol apresentaram resistência à compressão ( $\text{kg/cm}^2$ ) inferior à do cimento de fosfato de zinco (899 contra um máximo de 393). A resistência à tração foi comparável entre os cimentos de óxido de zinco e eugenol e de fosfato de zinco, enquanto a espessura de película (micrometros -  $\mu\text{m}$ ) dos cimentos de óxido de zinco e eugenol foi superior (18  $\mu\text{m}$  do Tenacim contra um mínimo de 36  $\mu\text{m}$  do Fynal). A solubilidade de dois

cimentos de óxido de zinco e eugenol/EBA (Opotow EBA e Pro Cem) foi comparável à do cimento de fosfato de zinco, enquanto os demais apresentaram maior desintegração. A resistência retentiva de dois cimentos de óxido de zinco e eugenol-EBA (Opotow EBA e Pro Cem) foi comparável à do cimento de fosfato de zinco, enquanto os demais cimentos de óxido de zinco e eugenol apresentaram metade da resistência.

SMITH, em 1968, descreveu o cimento de poliacrilato de zinco como um material formado pela mistura de um pó de óxido de zinco com uma solução aquosa de ácido poliacrílico. Outros óxidos e sais, como fluoretos, podiam ser incorporados para obtenção de melhores propriedades e características de presa. Durante a reação química, o ácido poliacrílico reagia com íons metálicos, tais como zinco e cálcio, além de formar complexos com proteínas da estrutura dental. As principais propriedades relatadas foram: resistência mecânica comparável à do cimento de fosfato de zinco, adesão ao esmalte e à dentina, e baixa irritação aos tecidos orais.

GRIEVE, em 1969, em revisão sobre os cimentos dentários, informou que o fosfato de zinco era utilizado desde 1880. Em seguida, o autor relatou um método para determinação da carga média aplicada durante a cimentação de uma coroa total, sendo também apresentada uma avaliação de cinco materiais fixadores de próteses. Deste modo, foram estudadas a espessura de película e as resistências retentiva e compressiva de três cimentos de óxido de zinco e eugenol, um cimento de fosfato de zinco e um cimento de poliacrilato de zinco. Molares humanos extraídos, com as raízes embutidas em resina acrílica, foram preparados

para coroas totais. Os preparos foram moldados com polissulfeto e as coroas totais fundidas com técnica usual, a partir de padrões de cera confeccionados sobre modelos de gesso. As fundições foram adaptadas nos preparos com a carga predeterminada na primeira etapa do experimento (9 kg). Após a verificação da adaptação, através da leitura da altura das coroas, as peças foram fixadas com um dos cinco cimentos. Em seguida, foram feitas novas medições da altura, para determinação da espessura de película dos agentes cimentantes. Os ensaios de remoção foram realizados em máquina Instron (0,05 cm/min), após 24 horas de armazenagem em água a 37 °C. Os cinco cimentos foram também avaliados em relação à compressão, confeccionando-se cinco corpos-de-prova cilíndricos para cada material. As resistências retentivas proporcionadas pelos três cimentos de óxido de zinco e eugenol (Stailine Super, Kalzinol, e Fynal) foram similares, e inferiores às dos cimentos de fosfato de zinco (Zinc Cement) e de policarboxilato de zinco (Durelon), também similares. Apesar da maior espessura de película proporcionada pelo cimento de óxido de zinco e eugenol, as diferenças não foram estatisticamente significativas. Houve correlação entre as resistências compressiva e retentiva dos cimentos de fosfato de zinco e de óxido de zinco e eugenol.

SMITH, em 1970, avaliou a influência da rugosidade da dentina na resistência retentiva de fundições. Foram utilizados dentes humanos extraídos, cujas raízes foram preparadas para coroas totais. Os preparos foram separados em três grupos, para serem submetidos aos seguintes tratamentos de superfície: Grupo 1 (liso) - polimento com óxido de estanho em roda de pano; Grupo 2 (fino) - acabamento com lixa de carbetto de silício de granulação 220; e Grupo 3 (rugoso) -

acabamento com lixa abrasiva de granulação 60. Com objetivo de avaliar a exatidão da técnica, foi confeccionado um quarto grupo sobre modelos de plástico, com acabamento similar ao do Grupo 2. Após a medição da rugosidade em quatro pontos dos preparos, foram confeccionados os padrões das coroas, que foram incluídos em grupos de três, com cada anel de fundição contendo um padrão de cada grupo. As coroas foram fundidas com liga de ouro e sem a face oclusal, sendo fixadas aos preparos com uma mistura padronizada de cimento de fosfato de zinco. Os ensaios de remoção axial foram realizados após 24 horas de armazenagem em água, e os resultados demonstraram que o aumento da rugosidade de superfície não alterou significativamente a resistência retentiva das coroas.

WILSON & KENT, em 1972, desenvolveram o cimento de ionômero de vidro com o objetivo de oferecer um material para um variado número de aplicações e que superasse as desvantagens dos cimentos até então existentes. As principais indicações relatadas foram: restauração de dentes anteriores, restauração de erosões, cimentação, e forramento de cavidades. A presa do novo material baseou-se na reação entre pós de vidro aluminossilicato e soluções aquosas de polímeros e co-polímeros de ácido acrílico. Na reação, essencialmente ácido-base, prótons hidratados do líquido penetravam nas superfícies das partículas de vidro, deslocando cátions ( $Al^{+++}$   $Ca^{++}$ ) e formando um gel de sílica hidratado. Na seqüência, cátions simples ou complexos de fluoretos migravam para a fase aquosa do cimento, onde eram formadas pontes de sal metálico entre as longas cadeias carregadas com íons policarboxilato. As ligações cruzadas possibilitavam a formação do gel, com conseqüente presa do material e formação de uma massa

amorfa. Dados preliminares demonstraram as seguintes vantagens: maior resistência de superfície ao ataque por ácidos presentes na boca, menor alteração de cor, e união a metais básicos e ao esmalte dental. Foi relatada, ainda, menor irritação à polpa, em comparação à do silicato, pois o ácido poliacrílico é mais fraco que o ácido fosfórico e possui grandes moléculas, com menor tendência à difusão nos túbulos dentinários. Além disso, os íons hidrogênio, mesmo quando dissociados, tendem a ligar-se às cadeias polieletrólíticas.

Em 1973, ADY & FAIRHURST avaliaram a resistência de união dos cimentos de policarboxilato de zinco (PCA) e de fosfato de zinco (Zinc Cement Improved) a uma liga de ouro do tipo III (Firmilay) e ao ouro ou cobre puros. Foram também avaliados procedimentos para aumentar a adesão, como jateamento, decapagem, e ataque eletrolítico das superfícies metálicas. Foram confeccionados espécimes metálicos com 6 mm de diâmetro e, após a realização de um dos três procedimentos, feita a fixação face à face, com um dos dois cimentos sendo utilizado para unir duas superfícies metálicas tratadas. Os ensaios de tração foram realizados após 3 horas de armazenagem em ambiente com 100 % de umidade relativa e 37 °C de temperatura. A resistência de união proporcionada pelo cimento de policarboxilato de zinco foi estatisticamente superior à do cimento de fosfato de zinco, ocorrendo também diferença em relação ao tipo de falha, predominantemente adesiva com o cimento de fosfato de zinco e coesiva com o cimento de policarboxilato de zinco. O jateamento ou o ataque eletrolítico da liga de ouro proporcionaram superfícies quimicamente limpas, possibilitando maior resistência de união que a verificada no procedimento de decapagem. De acordo com os

autores, o benefício do aumento da rugosidade e da área de superfície, obtidos com o jateamento, sugerem-no como tratamento de escolha para adesão.

NINA *et al.*, em 1975, compararam a adaptação e a resistência retentiva de coroas totais fixadas com três agentes cimentantes em preparos em dentes naturais. Molares humanos extraídos, com as raízes embutidas em blocos de resina acrílica, foram preparados para coroas totais. Os padrões das coroas foram confeccionados pelo método direto, sendo fundidos com liga de ouro do tipo III. Durante a adaptação aos preparos, as peças fundidas foram submetidas a uma carga de 15 kg, durante 5 minutos, seguida por leitura do desajuste em micrômetro comparador. Após a fixação com os cimentos de fosfato de zinco, de poliacarboxilato de zinco, e de óxido de zinco e eugenol com EBA, os corpos-de-prova foram submetidos a nova leitura no micrômetro e, em seguida, aos ensaios de tração, até o deslocamento das fundições. Os três cimentos influenciaram na adaptação das coroas, havendo semelhança e melhor adaptação com os cimentos de fosfato de zinco e de poliacarboxilato de zinco. As resistências retentivas (kg) proporcionadas pelos cimentos de fosfato de zinco e de poliacarboxilato de zinco foram estatisticamente similares, e superiores à do cimento de óxido de zinco e eugenol com EBA.

Em 1976, CHAN *et al.* avaliaram a influência de vernizes cavitários na resistência da união de cimentos aplicados à dentina. Foram utilizados dois vernizes (Copalite, Varnal), um cimento de fosfato de zinco (Mizzy), um cimento de poliacarboxilato de zinco (3M) e três cimentos de óxido de zinco e eugenol (Fynal, EBA, CBA). Nos grupos experimentais (com duas camadas de verniz) e nos grupos

controle (sem verniz), os cimentos recém-espatulados foram aplicados a secções quadradas de dentina, que foram fixadas a outras superfícies preparadas do mesmo substrato. Os excessos foram removidos, sendo os conjuntos alinhados e avaliados, sob tração, em máquina com velocidade de 3 cm/min. Nos grupos sem verniz, o cimento de poliacarboxilato de zinco apresentou o melhor desempenho, estatisticamente superior ao do fosfato de zinco, que, por sua vez, proporcionou melhor resultado que os dos cimentos de óxido de zinco e eugenol. A aplicação dos dois vernizes diminuiu significativamente as resistências de união dos cimentos de fosfato de zinco e de poliacarboxilato de zinco à dentina. O efeito dos vernizes na resistência de união dos cimentos de óxido de zinco e eugenol variou com as marcas utilizadas.

HOTZ *et al.*, em 1977, avaliaram a resistência de união do cimento de ionômero de vidro ASPA IV a diferentes substratos. O estudo foi feito com ensaios de tração do material aplicado à dentina, ao esmalte, à porcelana, e a metais preciosos. Os experimentos no esmalte e na dentina foram feitos em dentes extraídos, cujas faces vestibulares foram desgastadas com lixa de granulação 600, até a obtenção de superfícies lisas com 3 mm de diâmetro. Antes da aplicação do material, o substrato dentário foi submetido a diferentes tratamentos, como limpeza com água oxigenada 20 volumes, condicionamento com ácido cítrico a 50 %, e condicionamento com ácido fosfórico a 37 %, dentre outros. Para os ensaios com os demais substratos, foram confeccionados espécimes de porcelana (Vita), de ouro do tipo III (Argenco), e de platina oxidada, os dois últimos submetidos ou não à laminação com estanho (Ceramiplater). O cimento de ionômero de vidro aderiu ao

esmalte, à dentina, ao ouro laminado com estanho, e à platina oxidada e laminada com estanho. Não foi observada adesão com os metais nobres não tratados e com a porcelana.

WILSON *et al.*, em 1977, estudaram as propriedades dos cimentos de ionômero de vidro formulados para fixação de peças protéticas. Os materiais avaliados foram os ionômeros de vidro ASPA II, IV, e IV A, além de cimentos de silicofosfato (Fluorothin), de policarboxilato de zinco (Durelon), de fosfato de zinco (De Treys), e de óxido de zinco e eugenol com ou sem EBA (Fynal ou Optow Alumina EBA). Dentre as propriedades avaliadas, destacaram-se: resistência à compressão, espessura de película, e solubilidade. O cimento de ionômero de vidro ASPA IV A apresentou resistência à compressão similar à do silicofosfato, e superior às dos cimentos de fosfato de zinco, de policarboxilato de zinco, e de óxido de zinco e eugenol com ou sem EBA. A espessura de película do cimento ASPA IV A foi equivalente à requerida para o cimento de fosfato de zinco, enquanto a solubilidade foi menor que a do silicofosfato e superior às dos demais cimentos.

OILO & JORGENSEN, em 1978, avaliaram a influência da rugosidade de superfície de preparos em dentina e de núcleos metálicos na resistência retentiva de coroas totais fixadas com cimentos de fosfato de zinco (De Trey's) ou de policarboxilato de zinco (Durelon). Os núcleos metálicos e os preparos em dentina foram confeccionados em torno mecânico, com variação da técnica de corte, para obtenção de três padrões de rugosidade. Os núcleos metálicos tiveram todas as medidas padronizadas, enquanto os preparos em dentina foram padronizados apenas na expulsividade ( $10^0$ ), em virtude da variação no tamanho e formato dos

dentes. As coroas totais metálicas também foram confeccionadas em torno mecânico, sendo, em seguida, fixadas nos preparos e armazenadas em 100% de umidade relativa, durante 25 horas. Os ensaios de remoção, por tração, foram feitos em máquina Losenhausen, com velocidade de 200 mm/min. A análise de regressão demonstrou que a habilidade retentiva dos dois cimentos aumentou com o aumento da rugosidade de superfície. A resistência retentiva nas condições de maior rugosidade foi aproximadamente três vezes maior nas coroas fixadas em núcleos. Esta diferença, segundo os autores, ocorreu em virtude da menor dureza da dentina, que tem os picos da superfície rugosa comprimidos com maior facilidade durante o tracionamento, o que facilita o deslocamento sem fratura do cimento. Em superfícies lisas, o cimento de fosfato de zinco teve menor retentividade que o cimento de poliacarboxilato de zinco, ocorrendo o inverso em superfícies rugosas.

Em 1979, HEMBREE JR. & COOPER JR. avaliaram a resistência retentiva de incrustações méso-ocluso-distais (MOD) e de coroas totais de ouro, com e sem alívio interno, fixadas com cimentos de fosfato de zinco (Flecks), de poliacarboxilato de zinco (Durelon), e de EBA (Ethoxybenzoic). Na primeira etapa do estudo, 10 molares e 10 pré-molares extraídos, com as raízes embutidas em resina acrílica, foram preparados, respectivamente, para coroas totais e para incrustações MOD, sendo os padrões para fundição confeccionados pela técnica direta e sem uso de espaçador. As peças fundidas foram confeccionadas com liga de ouro do tipo III (Firmilay), e a fixação aos preparos realizada com carga de 9 kgf aplicada durante 10 minutos. Os ensaios de remoção foram realizados em máquina Instron,

após 24 horas de armazenagem em água a 37 °C. Na segunda etapa do estudo, os preparos receberam quatro camadas do espaçador (Tru-Fit), com os demais procedimentos sendo repetidos de modo similar aos da primeira etapa. Tanto nas coroas totais quanto nas incrustações MOD, os cimentos de fosfato de zinco e de poliacarboxilato de zinco proporcionaram maior resistência à remoção que o cimento de EBA. A utilização do espaçador não provocou diminuição da resistência retentiva das coroas totais e incrustações MOD.

ABELSON, em 1980, realizou um amplo estudo sobre cimentação de coroas totais, relatando que o cimento de fosfato de zinco era o mais utilizado nas escolas americanas de Odontologia. O autor também avaliou as resistências retentivas dos cimentos de fosfato de zinco (Fleck's), de poliacarboxilato de zinco (Duralon), de óxido de zinco e eugenol com EBA (Optow), e resinoso (CBA). Foram utilizados 12 dentes extraídos, cujas raízes foram embutidas em cilindros de resina acrílica e as porções coronárias preparadas para coroas totais. Os padrões de cera foram confeccionados pela técnica direta e as coroas fundidas com liga de ouro do tipo III, sendo feita a fixação com os quatro agentes cimentantes. Os ensaios de remoção foram realizados em máquina Instron (1 mm/min), após 48 horas de armazenagem. Um rodízio permitiu 192 fixações, 48 para cada cimento e 16 para cada espécime. Na 4<sup>a</sup> seqüência de cimentações, foi feita a ventilação das coroas, sendo também realizada a colocação de pinos horizontais em três coroas com baixa retentividade. As médias das resistências retentivas (kgf) dos cimentos de fosfato de zinco (20,51) e de poliacarboxilato de zinco (18,53) foram estatisticamente similares, e superiores às dos cimentos EBA (13,98) e resinoso (13,13), também

similares. Não houve correlação positiva entre aumento da área dos preparos e resistência retentiva. Os orifícios de ventilação e as repetidas cimentações não influenciaram na retenção, sendo verificado aumento da resistência retentiva com a utilização dos pinos horizontais.

MCCOMB, em 1982, estudou a habilidade retentiva de três agentes cimentantes. Os materiais avaliados foram: cimento de ionômero de vidro (Fuji I), cimento de fosfato de zinco (Fleck's), e cimento de silicofosfato (Fluoro-thin). Os testes de resistência retentiva foram realizados através da fixação de incrustações de ouro em cavidades de classe I de 20 molares extraídos. Um rodízio permitiu 40 fixações com cada agente cimentante, sendo os ensaios de remoção, por tração, realizados em máquina com velocidade de 0,5 cm/min, após 24 horas de armazenagem em água a 37 °C. A resistência retentiva proporcionada pelo cimento de ionômero de vidro foi estatisticamente superior às dos cimentos de silicofosfato e de fosfato de zinco.

WORLEY *et al.*, em 1982, estudaram a influência dos resíduos de óxido de zinco e eugenol, e o efeito de canaletas nos preparos e nas coroas, na resistência retentiva do cimento de fosfato de zinco. Foram utilizados seis molares humanos extraídos, com as raízes embutidas em resina acrílica, cujas porções coronárias foram preparadas para coroas totais. Os padrões para fundição foram confeccionados pelo método direto e com uma alça oclusal para adaptação na máquina de testes. As coroas foram fundidas com liga de ouro do tipo III, sendo a fixação temporária realizada com cimento de óxido de zinco e eugenol (Temp Bond). Os ensaios de remoção foram feitos após 30 minutos, seguidos da limpeza

dos preparos e das coroas, até a remoção dos traços de cimento temporário. Na seqüência, foi feita a fixação definitiva com cimento de fosfato de zinco (Lee Smith), seguida de novos ensaios de remoção após 30 minutos. Na etapa subsequente, as coroas foram limpas e aliviadas para remoção do ajuste friccional, sendo realizada uma série de fixações com cimento de fosfato de zinco: 1 - após a fixação com cimento de óxido de zinco e eugenol; 2 - sem a fixação com cimento de óxido de zinco e eugenol; 3 - após a confecção de canaletas circunferenciais a 2 mm das margens dos preparos; 4 - após a confecção de canaletas a 4 mm das margens das coroas; e 5 - após a confecção de canaletas e jateamento das coroas. Nas coroas com ajuste friccional, a resistência retentiva (kg) do cimento de fosfato de zinco (26,66) foi maior que a do óxido de zinco e eugenol (7,83). Nas coroas sem ajuste friccional, a fixação temporária e as canaletas nos preparos não interferiram na resistência retentiva do cimento de fosfato de zinco. Por outro lado, as canaletas nas coroas proporcionaram aumento da retentividade. O cimento ficou preferencialmente retido nas coroas quando as mesmas tinham canaletas e nos preparos quando não tinham.

NEGM *et al.*, em 1982, avaliaram as propriedades mecânicas e adesivas dos cimentos de poliacarboxilato de zinco (Durelon) e de ionômero de vidro (ASPA). Os ensaios de resistência à compressão e à tração diametral foram feitos com cilindros dos dois cimentos (3 mm de diâmetro por 6 mm de comprimento), após 24 horas de armazenagem em ambiente seco ou água. Os ensaios com ionômero de vidro foram também realizados após sete dias de armazenagem nas duas condições. A avaliação da resistência da união foi feita em dentes anteriores

extraídos, cujas faces vestibulares foram desgastadas com lixa de granulação nº 600, até a obtenção de superfícies lisas de esmalte e dentina, sendo também investigada, no caso do cimento de poliacarboxilato de zinco, a resistência da união em superfícies de prata. Na avaliação da resistência da união à tração, os materiais foram aplicados com auxílio de botões de aço inoxidável, e nos da união ao cisalhamento, aplicando-se uma pequena quantidade dos cimentos nas superfícies dos substratos. Na dentina, também foram realizados estudos após o condicionamento com ácido cítrico a 50 % ou hipoclorito de sódio a 5 %. Os dois materiais apresentaram propriedades adesivas ao esmalte e à dentina, sendo verificada, ainda, adesividade do cimento de poliacarboxilato de zinco à prata. O condicionamento da dentina com solução de hipoclorito de sódio a 5 % aumentou a resistência de união dos dois materiais, não sendo o mesmo observado com ácido cítrico a 50 %. A imersão em água diminuiu a resistência à compressão e à tração diametral dos dois cimentos.

BUTTON *et al.*, em 1982, avaliaram a influência do tamanho da partícula abrasiva e da dureza da liga metálica na rugosidade de superfície da mesma. Amostras de cinco ligas metálicas (B-2, Biobond, Olympia, NP-2, Litecast B), obtidas com técnica de fundição, foram polidas e avaliadas em relação à dureza superficial. Em seguida, os espécimes foram submetidos ao jato de óxido de alumínio de 60 micrometros ( $\mu\text{m}$ ), sendo feita a leitura da rugosidade média ( $R_a$ ), em aparelho com ponta de diamante (raio de  $10 \mu\text{m}$ , "cut off" de  $0,076 \mu\text{m}$  e  $0-3 \mu\text{m}$  de sensibilidade), em cinco locais de cada superfície. O procedimento de leitura da

rugosidade foi repetido após a realização de novo polimento e aplicação do jato de óxido de alumínio de 280  $\mu\text{m}$  nas superfícies das amostras. Os exemplares submetidos aos dois tratamentos foram também observados com microscopia eletrônica de varredura (MEV), com 1000 e 2500 x de aumento, para comparação visual. Em todas as ligas metálicas, foi verificada maior rugosidade após a aplicação do jato de óxido de alumínio de maior granulação. Com exceção de uma das ligas metálicas, foi observada diminuição da rugosidade com aumento da dureza do substrato. As fotomicrografias (MEV) demonstraram que as áreas de impacto variaram de 5  $\mu\text{m}$ , com a utilização do óxido de alumínio de 60  $\mu\text{m}$  na liga de maior dureza, a 35  $\mu\text{m}$ , com o óxido de alumínio de 280  $\mu\text{m}$  na liga de menor dureza.

Em 1983, VERMILYEA *et al.* avaliaram a influência do espaçador de troquéis na resistência retentiva de coroas totais fixadas com três agentes cimentantes. Os cimentos estudados foram os de fosfato de zinco (Fleck's), de policarboxilato de zinco (Durelon), e de óxido de zinco e eugenol reforçado (Fynal). No experimento, 18 molares extraídos, com as raízes embutidas em resina acrílica contida em tubos metálicos, foram preparados para coroas totais. Os preparos foram confeccionados com pontas diamantadas, sendo padronizados com expulsividade de 10 a 20° e término em chanfro. Após o polimento das superfícies preparadas, foram feitas moldagens com polissulfeto de borracha, sendo confeccionados 36 modelos de gesso tipo IV. As paredes de 18 modelos foram cobertas com duas camadas de espaçador (Tru-Fit), a 0,5 mm das margens, não

sendo utilizado espaçamento nos 18 modelos remanescentes. Os padrões de cera, com uma alça para adaptação na máquina de ensaios, foram fundidos com liga de ouro (Midas). Os dois grupos de 18 coroas (com e sem espaçador) foram divididos em três grupos de seis unidades cada, um para cada cimento, sendo utilizada carga de 5 kg, durante 10 minutos, na fixação aos preparos. Os ensaios de remoção foram feitos em máquina Instron (0,5 mm/min), após 24 horas de armazenagem em 100 % de umidade relativa a 37 °C. Após a primeira seqüência de testes, foi feita limpeza e nova fixação das coroas, seguida por novos ensaios de remoção. Nas coroas sem espaçador, a resistência retentiva do cimento de fosfato de zinco (37 kgf) foi estatisticamente superior às dos cimentos de policarboxilato de zinco (22 kgf) e de óxido de zinco e eugenol (23 kgf). Nas coroas com espaçador, os cimentos de fosfato de zinco (25 kgf), de óxido de zinco e eugenol (23 kgf), e de policarboxilato de zinco (18 kgf) foram estatisticamente similares. O uso do espaçador diminuiu a resistência retentiva apenas do cimento de fosfato de zinco.

THOMPSON *et al.*, em 1983, avaliaram a resistência de união entre um cimento resinoso e ligas metálicas básicas submetidas ao procedimento de ataque eletrolítico. Foram fundidos discos de 6,5 mm de diâmetro por 1 mm de espessura, com duas ligas à base de níquel-cromo (Biobond C & B, Rexillium III). Uma das faces de cada disco foi aplainada, enquanto a outra foi deixada na condição bruta, sendo feita a montagem em eletrodos de aço inoxidável. Com exceção da face a ser condicionada, todas as partes foram cobertas com cera, o que também foi feito em uma pequena parte da margem da face em questão, como controle de superfície não atacada. As superfícies foram submetidas a um jato de óxido de

alumínio de 50 micrometros, sendo feita a lavagem em água e a montagem no cátodo do aparelho, que utilizou uma corrente com baixa voltagem em uma solução ácida apropriada. Várias soluções ácidas, densidades de corrente, e tempos de condicionamento foram avaliados. As superfícies atacadas foram observadas com microscópio estereoscópico e com microscopia eletrônica de varredura e aquelas consideradas com aparência mais retentiva foram selecionadas para os ensaios de tração, sendo utilizado um cimento de resina (Comspan) para fixação dos espécimes. O resultados demonstraram que o ataque eletrolítico aumentou significativamente a resistência de união entre as ligas metálicas básicas e o cimento de resina, ocorrendo, ainda, variação nos resultados de acordo com as ligas e procedimentos de ataque utilizados.

BUTTON *et al.*, em 1985, avaliaram a influência da rugosidade de superfície de fundições na resistência de união de quatro agentes cimentantes, utilizando um ensaio de cisalhamento da interface cimento-fundição. Os cimentos estudados foram o de fosfato de zinco Fleck's, de policarboxilato de zinco Durelon, e de ionômero de vidro Chembond ou Ketac Cem. As fundições, em número de seis pares para cada grupo e medindo 6 por 6 por 10 mm, foram confeccionadas com a liga Biobond. Os três padrões de rugosidade de superfície foram obtidos com um dos seguintes tratamentos: polimento com discos Shofu, que proporcionou rugosidade média (Ra) de 0,08 micrometros ( $\mu\text{m}$ ); aplicação do jato de óxido de alumínio com partículas de 60  $\mu\text{m}$ , que proporcionou rugosidade média de 0,44  $\mu\text{m}$ ; e aplicação do jato de óxido de alumínio com partículas de 280  $\mu\text{m}$ , que

proporcionou rugosidade média de 1,14  $\mu\text{m}$ . A aplicação dos jatos de óxido de alumínio foi feita durante 1 minuto, com pressão de 5  $\text{kgf/cm}^2$ , sendo a rugosidade medida em aparelho com ponta de diamante (raio de 10  $\mu\text{m}$ , “cut off” de 0,076 mm e 0,3  $\mu\text{m}$  de sensibilidade). Após a realização dos tratamentos, as fundições foram submetidas a limpeza em ultra-som com água, durante 5 minutos, sendo utilizada carga de 4,5 kg para a fixação dos pares. Os ensaios de cisalhamento foram realizados através do encaixe dos pares fixados em um prendedor posicionado na máquina Instron (0,5 mm/min), após 72 horas de armazenagem em 100 % de umidade. As resistências de união ( $\text{kg/cm}^2$ ) dos cimentos de policarboxilato de zinco Durelon (126,54) e de ionômero de vidro Ketac Cem (88,64) foram maiores com o jato de óxido de alumínio de menor granulação (60  $\mu\text{m}$ ), comparativamente ao de maior granulação (280  $\mu\text{m}$ ). As resistências de união dos cimentos de ionômero de vidro Chembond e de fosfato de zinco Fleck’s foram similares com os dois tamanhos de partículas abrasivas. As superfícies polidas proporcionaram as menores resistências para os cimentos de ionômero de vidro Chembond e de fosfato de zinco Fleck’s. Segundo os autores, a menor rugosidade observada após a aplicação do jato de óxido de alumínio de menor granulação (60  $\mu\text{m}$ ), em relação ao de maior granulação (280  $\mu\text{m}$ ), pode ter ocorrido pela dificuldade da agulha do rugosímetro em passar pela superfície com vales mais estreitos, quando comparada à superfície com vales mais amplos, originária do tratamento com óxido de maior granulação.

CHAN *et al.*, em 1985, avaliaram as resistências de união entre agentes cimentantes e ligas metálicas. Os cimentos avaliados foram: fosfato de zinco (Fleck's), policarboxilato de zinco (Carboxylon), e óxido de zinco e eugenol reforçado (Fynal). As ligas metálicas utilizadas foram duas de níquel-cromo (Summar ceramic alloy, Biobond C & B) e uma de prata-paládio (Albacast). O experimento foi realizado com ensaios de tração de fundições cilíndricas (4,7 mm de diâmetro por 4,5 mm de altura) fixadas aos pares com cada agente cimentante. Antes da fixação, as superfícies metálicas foram submetidas ao desgaste com lixa de óxido de alumínio de granulação 100, sendo as fundições fixadas com carga de 1 kg. Os ensaios de tração foram realizados em máquina com velocidade de 0,05 cm/min, após 24 horas de armazenagem em ambiente com temperatura e umidade controladas (37 °C e 100 %). O cimento de policarboxilato de zinco proporcionou a maior resistência de união, sendo estatisticamente superior aos cimentos de fosfato de zinco e de óxido de zinco e eugenol reforçado, que apresentaram resultados similares.

BRUKL *et al.*, em 1985, afirmaram que o cimento é considerado o elo mais fraco da estrutura formada pela associação fundição-cimento-dente. Os autores também avaliaram a resistência retentiva e o assentamento de coroas fixadas com os cimentos de fosfato de zinco (Mizzy) ou resinoso (Den Mat) em preparos em dentes humanos extraídos. Sessenta primeiros molares extraídos, com as raízes embutidas em resina de poliéster, foram preparados para coroas totais. Em seguida, foram feitas moldagens e modelos dos preparos, sendo os padrões para fundição confeccionados indiretamente, para prevenir a contaminação

das superfícies preparadas. As fundições foram feitas com a liga Cameogold, com alças e esferas oclusais servindo, respectivamente, para adaptação à máquina de ensaios e medição do assentamento. Os espécimes foram separados em seis grupos de 10 unidades cada, sendo realizada ventilação oclusal nas coroas de três grupos. Na seqüência, as peças fundidas foram assentadas nos preparos, com carga de 5 kg, para serem submetidas à medição da altura, com micrômetro linear digital. Em seguida, foi feita a fixação com cimento resinoso (com e sem agente adesivo) ou com cimento de fosfato de zinco, sendo aplicada a mesma carga do assentamento. Após a medição final da altura, as fundições foram submetidas aos ensaios de remoção, por tração, em máquina Instron (1 mm/min). A resistência à remoção (kgf) das coroas fixadas com cimento resinoso foi superior à das fixadas com cimento de fosfato de zinco. Nos grupos sem ventilação oclusal, o cimento resinoso proporcionou aumento significativo na altura das coroas (menor assentamento) em relação ao cimento de fosfato de zinco. O agente adesivo aplicado com o cimento resinoso não influenciou significativamente na resistência ao deslocamento e no assentamento das coroas.

Em 1986, CHAN *et al.* estudaram o efeito do condicionamento interno de coroas metálicas na resistência retentiva de cinco agentes cimentantes. Cem molares humanos extraídos, com as raízes embutidas em resina acrílica, foram preparados para coroas totais, com expulsividades de 7 ou 30°. Os padrões para fundição, com uma alça oclusal para o encaixe na máquina de ensaios, foram confeccionados pelo método direto. Após a fundição com liga de níquel/cromo (Rexillum III), as 100 coroas totais foram separadas em dois grupos de 50 unidades

(expulsividades de 7 ou 30°) e em 10 subgrupos de 10 unidades cada, para serem fixadas, sem condicionamento interno, com os cimentos de fosfato de zinco (Fleck's), de óxido de zinco e eugenol (Fynal), de policarboxilato de zinco (Carboxylon), e resinoso (Comspan com ou sem adesivo Scotchbond). Após 24 horas de armazenagem em umidade relativa de 100 % a 37 °C, as peças fundidas foram submetidas aos ensaios de remoção, por tração, em máquina Instron (0,5 cm/min). Após a 1ª série de testes, as coroas foram limpas manualmente e em ultra-som, durante 15 minutos, sendo protegidas externamente. Em seguida, foi feito o condicionamento com ácido sulfúrico a 10 % em corrente de 250 miliamperes, durante 6 minutos, com posterior imersão em ácido hidrocloreídrico a 18 % em banho ultra-sônico. Na seqüência, foi feita nova fixação com os mesmos cimentos e preparada uma nova série de ensaios. Os resultados demonstraram que os preparos com 7° de expulsividade proporcionaram melhor retenção que aqueles com 30°. O condicionamento das coroas melhorou a retenção nos preparos com 7° de expulsividade, o que não foi observado nos preparos com 30°. Em todas as situações, o cimento de policarboxilato de zinco proporcionou maior resistência ao deslocamento, seguido pelo cimento resinoso com adesivo, que foi superior ao mesmo sem adesivo. Os cimentos de fosfato de zinco e de óxido de zinco e eugenol apresentaram as menores resistências retentivas.

LIVADITIS, em 1986, descreveu e avaliou um método de ataque químico em ligas não nobres, com o propósito de criar retenções micro mecânicas em retentores de próteses a serem fixadas com cimento resinoso. O sistema denominado Assure-Etch foi aplicado em uma liga de níquel-cromo-berílio (Litecast

B), sendo feita a fixação com cimento resinoso, seguida de ensaios de tração. A técnica do ataque eletrolítico foi utilizada em um dos grupos avaliados, sendo também confeccionadas amostras para observação com microscopia eletrônica de varredura. Inicialmente, foram feitas fundições com 6,5 mm de diâmetro por 1 mm de espessura. Após a realização de cinco ciclos de queima, simulando a sinterização da porcelana, os espécimes foram polidos com lixa de granulação nº 400 e submetidos a um jato de óxido de alumínio de 50 micrometros. Em seguida, as superfícies controle foram protegidas com polivinil siloxano, sendo as amostras posicionadas em recipiente de vidro contendo o líquido de ataque, que foi aquecido em um banho de água a 70 °C, durante 60 minutos. Na seqüência, as fundições foram ultrasonicamente limpas em água e armazenadas em ambiente seco, até o procedimento de fixação com cimento resinoso. Após a realização de 1000 ciclos entre 5 e 60 °C, os espécimes foram submetidos aos ensaios de tração em máquina com velocidade de 1mm/min. Na análise com microscopia eletrônica de varredura, foram observadas superfícies com configuração retentiva, com potencial para a união micro mecânica. A técnica proporcionou adequada resistência de união entre cimento resinoso e superfície metálica atacada. A simplicidade do processo e o equipamento reduzido deveriam encorajar a utilização de retentores metálicos atacados quimicamente, para união de cimento resinoso.

TJAN & SARKISSIAN, em 1986, avaliaram a influência do polimento e do condicionamento do preparo na resistência retentiva e na adaptação de coroas totais de ouro. Dez molares humanos extraídos, com as raízes embutidas em resina epóxica, foram preparados para coroas totais. As paredes axiais ficaram

aproximadamente paralelas e com as margens em chanfro. Foram feitas duas coroas para cada dente, a primeira sobre o preparo confeccionado com ponta diamantada (espécimes não polidos) e a segunda sobre o preparo polido com pedra branca e pasta de pedra-pomes. Os padrões para fundição foram feitos pela técnica direta e com uma alça oclusal para adaptação na máquina de ensaios. As coroas foram confeccionadas com liga de ouro do tipo III (RX 41), sendo a fixação realizada repetidas vezes, até a formação de cinco grupos pré-estabelecidos: 1 – cimento de fosfato de zinco (Fleck's) em preparos não polidos e com duas camadas de verniz; 2 – cimento de fosfato de zinco (Fleck's) em preparos não polidos e sem verniz; 3 – cimento de ionômero de vidro (Ketac cem) em preparos não polidos; 4 – cimento de fosfato de zinco (Fleck's) em preparos polidos; e 5 – cimento de ionômero de vidro (Ketac Cem) em preparos polidos e condicionados com ácido poliacrílico. No assentamento e na fixação das coroas, foi utilizada carga de 5,4 kg, durante 10 minutos, sendo a adaptação medida com micrômetro eletrônico, aplicado a face oclusal, antes e após a fixação das peças fundidas. Os ensaios de tração foram realizados em máquina Instron (1mm/min), após uma semana de armazenagem em 100 % de umidade. Nas coroas fixadas com cimento de ionômero de vidro, não houve diferença estatística entre a resistência proporcionada pelos preparos polidos (condicionados com ácido poliacrílico) e os não polidos. O polimento dos preparos e o cimento de ionômero de vidro proporcionaram melhor adaptação das coroas. A rugosidade dos preparos aumentou a união mecânica do cimento de fosfato de zinco.

Em 1986, WITWER *et al.* estudaram a influência da textura de superfície de preparos na resistência retentiva de coroas totais confeccionadas com e sem canaletas internas. Na 1ª seqüência de testes, 20 terceiros molares extraídos foram preparados para coroas totais, com ponta diamantada nº 2 TDX (textura rugosa). As coroas foram feitas com liga básica (Talladium) e as canaletas circunferenciais, em 10 fundições (0,5 mm de profundidade e a 2 mm das margens), confeccionadas com broca esférica nº 2. Após a limpeza das superfícies internas, com jato de óxido de alumínio de 50 micrometros, cinco coroas com canaleta e cinco sem canaleta foram fixadas com cimento de fosfato de zinco (Fleck's), sendo feito o mesmo para o cimento de policarboxilato de zinco (Durelon). Os ensaios de remoção foram feitos em máquina universal (Unite-O-Matic), após 24 horas de armazenagem. Na 2ª seqüência de testes, as superfícies dos preparos foram limpas e polidas com lixas de granulação nºs 120, 220, e pó de zircônia (textura lisa), sendo confeccionadas e fixadas novas coroas de modo similar ao procedimento anterior. Para o cimento de policarboxilato de zinco, foi verificado que uma maior rugosidade proporcionou maior resistência retentiva, sendo desnecessária a confecção de canaletas. Para o cimento de fosfato de zinco, todavia, a maior resistência retentiva foi alcançada com a superfície lisa do preparo e com confecção de canaletas internas nas coroas.

MOWERY *et al.*, em 1987, avaliaram o efeito da rugosidade da dentina na resistência ao cisalhamento da união de um adesivo aplicado em conjunto com uma resina composta. Em 30 molares humanos extraídos, foi feito o desgaste das quatro faces axiais, respectivamente, com lixas de granulação nºs 60, 260, 600, e

1200. Em seguida, as raízes foram embutidas em gesso, sendo aplicado nas faces preparadas o adesivo Scotchbond e a resina composta Prisma-Fil, inserida em cápsulas de gelatina. Os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37 °C, durante 24 horas, e, na seqüência, submetidos aos ensaios de cisalhamento em máquina Instron (0,5 cm/min). As superfícies preparadas com lixa de granulação 60 proporcionaram a maior média de resistência de união (4,66 MPa), sendo estatisticamente superior às das preparadas com lixas das demais granulações. As superfícies preparadas com lixa de granulação 260 proporcionaram resistência (3,75 MPa) estatisticamente superior à das preparadas com lixa de granulação 600 (2,71 MPa).

Em 1987, HERO *et al.* avaliaram a resistência de união entre uma resina composta e ligas metálicas de paládio-prata (Will-Ceram W-1) ou prata-paládio (experimental), submetidas ou não a técnica de silanização. As fundições foram confeccionadas em máquina por indução, sendo feita a separação em três grupos de tratamento, previamente a aplicação da resina composta. No 1º Grupo, as peças fundidas foram submetidas ao jato de óxido de alumínio de 250 micrometros e ao procedimento de silanização (Kulzer). No 2º Grupo, a união foi conseguida com semi-esferas de retenção (0,6 mm de diâmetro) na superfície metálica. No 3º Grupo, sem qualquer retenção mecânica, os espécimes foram polidos com pasta de diamante e submetidos a silanização. Os ensaios foram realizados com dispositivo de quatro pontos, com barras metálicas de extensão sendo unidas às superfícies da resina e da liga metálica. Quatro corpos-de-prova de cada liga e com cada tratamento foram avaliados nas condições seca ou umida após armazenagem em

água a  $37 \pm 1^\circ$  C durante 90 dias. Os ensaios foram feitos em máquina com velocidade de 1 mm/min, sendo as superfícies fraturadas avaliadas em stereomicroscópio e com microscopia eletrônica de varredura. Adicionalmente, foram preparados espécimes para análise estrutural e química, com espectrografia de energia dispersiva e espectroscopia eletrônica. A técnica de silanização associada ao jato de óxido de alumínio proporcionou maior resistência de união que a retenção mecânica com semi-esferas. A armazenagem em água reduziu em aproximadamente 30 % a resistência da união obtida com a silanização. A resistência de união proporcionada pelas semi-esferas não foi influenciada pela armazenagem em água. O jato de óxido de alumínio, antes da silanização, causa substancial aumento das fendas e da porosidade de superfície das ligas, que ficam parcialmente preenchidas com óxido de alumínio e também com óxido de silício da silanização. Sem a aplicação do jato de óxido de alumínio, nenhuma união foi conseguida com a técnica de silanização.

FELTON *et al.*, em 1987, compararam as resistências retentivas de coroas totais fixadas em preparos confeccionados com dois tipos de instrumentos rotatórios. Foram utilizados 60 dentes humanos recém-extraídos, com as raízes embutidas em blocos de resina acrílica. Em seguida, os espécimes foram separados em dois grupos: 1 – preparos confeccionados com brocas de carbeto nº H282K (Brasseler); e 2 – preparos confeccionados com ponta diamantada nº 257.SB (Premier). Os preparos foram padronizados com altura de 4 mm, expulsividade de  $5^\circ$  e término em chanfro, sendo a área total calculada através da

adaptação e pesagem de lâminas metálicas. Os padrões das coroas totais, confeccionados diretamente sobre os dentes preparados, foram fundidos com liga para metalo-cerâmica. Após a limpeza com jato de óxido de alumínio de 25 micrometros ( $\mu\text{m}$ ), as peças fundidas foram fixadas com cimento de fosfato de zinco (Fleck's), com carga de 25 kg, aplicada durante 10 minutos, no assentamento. Os ensaios de remoção foram realizados em máquina instron (0,02 cm/min), após 24 horas de armazenagem em 100 % de umidade relativa. Os resultados demonstraram que a carga necessária à remoção das coroas fixadas em dentes preparados com ponta diamantada (6,7 MPa) foi estatisticamente superior (31 %) à necessária à remoção das coroas fixadas em dentes preparados com brocas de carbeto (4,6 MPa). Na análise com microscopia eletrônica de varredura, foi verificada a presença de leves estrias verticais nas superfícies preparadas com brocas de carbeto, que contribuem pouco para retenção. Já nas superfícies preparadas com pontas diamantadas, foram observadas ranhuras horizontais mais visíveis, com profundidade média de 25  $\mu\text{m}$  e distantes de 100 a 150  $\mu\text{m}$  umas das outras. Essas ranhuras, provavelmente, dificultam a remoção das coroas fixadas nas superfícies preparadas com pontas diamantadas.

DARVENIZA *et al.*, em 1987, estudaram a influência da rugosidade e da área de superfície do preparo na resistência retentiva de coroas totais. Vinte e quatro molares extraídos, com as raízes embutidas em blocos de resina acrílica, foram separados em dois grupos: no 1<sup>o</sup> foram confeccionados preparos com superfícies lisas, com brocas de carboneto de tungstênio, e no 2<sup>o</sup> preparos com

superfícies rugosas, com pontas diamantadas. As coroas totais, fundidas em liga de ouro do tipo III (Ceramigold), tiveram a rugosidade média da parte interna medida, o que foi igualmente feito nas superfícies preparadas, cujas áreas também foram calculadas. A fixação das peças fundidas foi feita com cimento de fosfato de zinco (Harvard) e com carga de 3 kgf. Os ensaios de remoção foram realizados em máquina com velocidade de 2,1 mm/min, após 72 horas de armazenagem. Os resultados foram submetidos ao teste de Student, coeficiente de correlação, e análise de Weibull, não sendo observada diferença significativa entre a resistência retentiva de preparos lisos e rugosos. Houve, no entanto, tendência a maior resistência retentiva com o aumento da área dos preparos.

GIECK, em 1987, descreveu fórmulas para o cálculo da área de diversas formas geométricas, entre elas a de uma circunferência.

Cálculo da área de uma circunferência:

$$A = \pi \cdot r^2$$

sendo:  $\pi$  = constante 3,1416

$r$  = raio da circunferência.

Em 1988, PEUTZFELDT & ASMUSSEN avaliaram a resistência de união entre agentes cimentantes resinosos e ligas metálicas submetidas à técnica de silanização ("Silicoating"). No tratamento, a estrutura metálica era submetida a um jato de areia, que provocava o aumento da rugosidade, sendo, em seguida, realizado o procedimento de silanização, que promovia a formação de uma camada de duplas ligações na superfície metálica, favorecendo a união química com

material resinoso, através de uma reação de copolimerização, que aumentava a resistência de união proporcionada pela rugosidade obtida com o jato de areia. As variáveis avaliadas no estudo foram: cimento resinoso, liga metálica, granulação do abrasivo, contaminação com saliva, e termociclagem. No experimento, foram confeccionados espécimes metálicos (10 por 10 mm) com quatro tipos de liga (Stabilor G, Palliag M, Bond On 4, Wirobond), sendo os cimentos resinosos (Microfill Pontic, Nimetic Grip) aplicados sobre as superfícies tratadas. Os ensaios de tração foram realizados após uma semana de armazenagem em água a 37 °C. Os dois cimentos resinosos comportaram-se de modo similar, enquanto a liga metálica Wirobond apresentou a maior resistência de união. As menores granulações de abrasivo proporcionaram as maiores resistências retentivas. A contaminação com saliva não diminuiu significativamente a resistência de união. O procedimento de silanização aumentou a resistência de união dos cimentos resinosos às ligas metálicas.

OMAR, em 1988, avaliou a resistência retentiva de coroas totais fixadas com cinco agentes cimentantes em preparos em dentes naturais. Foram utilizados três cimentos de ionômero de vidro (Fuji I, Chembond, Ketac cem), um de fosfato de zinco (Tenacim), e um de policarboxilato de zinco (Durelon). Cinco pré-molares extraídos foram preparados para coroas totais, com um instrumento de carboneto de tungstênio acoplado a um torno mecânico. Os preparos foram padronizados com expulsividade de 5° e altura de 5 mm. Os padrões das coroas foram confeccionados pelo método direto e fundidos com liga de níquel-cromo (Biobond). Os condutos de alimentação, em forma de U, serviram de alça para adaptação na máquina de

testes, sendo utilizada carga de 5 kg, durante 10 minutos, na fixação das coroas. Os ensaios de remoção foram realizados em máquina com velocidade de 15 mm/min, após 48 horas de armazenagem em 100 % de umidade relativa. Cada coroa foi fixada duas vezes com cada cimento, totalizando 50 fixações (10 para cada agente cimentante). As resistências retentivas dos cimentos de ionômero de vidro foram estatisticamente superiores às dos cimentos de policarboxilato de zinco e de fosfato de zinco.

MUZYNSKI *et al.*, em 1988, mediram a liberação de flúor de quatro cimentos de ionômero de vidro utilizados para fixação de próteses. Foram confeccionadas restaurações metálicas fundidas (mésio-ocluso-distais) para serem fixadas em modelos de gesso reproduzidos a partir do modelo padronizado da Associação Dentária Americana (ADA). As restaurações foram fixadas com quatro marcas comerciais de ionômero de vidro (Biocem, Everbond, Fuji type I, Ketac Cem). Quinze minutos após o início da aglutinação dos materiais, os três espécimes confeccionados para cada agente cimentante foram colocados em saliva artificial à temperatura de  $37 \pm 1$  °C. A análise do flúor da saliva foi feita após 4, 8, 24, 48, 120, 148 e 170 horas, com eletrodo específico e medidor digital. Os ionômeros avaliados, quando utilizados como agentes de fixação, liberaram significativas quantidades de flúor, ocorrendo variação entre as marcas comerciais e melhores resultados com menores relações pó/líquido.

ATTA *et al.*, em 1990, avaliaram a resistência de união, com ensaios de tração e cisalhamento, de três sistemas adesivos aplicados com cimentos resinosos

sobre uma liga metálica tratada com jato de óxido de alumínio. Os sistemas adesivos e cimentos resinosos utilizados foram: Panavia EX (Kuraray), que contém uma forma de dimetacrilato na qual grupos ester fosfóricos estão incorporados no monômero Bis-GMA; Super-Bond C & B (Sun Medical), que contém o monômero 4 META com metil metacrilato; e ABC (Vivadent), baseado em uretano dimetacrilato com primer contendo grupos fosfato. Inicialmente, foram confeccionadas fundições com liga de níquel-cromo (Microbond), em forma de haltere e de disco, ambas com 7 mm de diâmetro nas faces circulares. Após o esfriamento dos espécimes, foi feita a aplicação do jato de óxido de alumínio de 50 micrometros e, em seguida, a simulação de quatro ciclos de sinterização de porcelana. Após a limpeza em ultrassom com acetona, os exemplares foram observados com lupa e microscopia eletrônica de varredura, para verificação do grau de retenção. Na seqüência, as fundições foram divididas em grupos, sendo fixadas aos pares, através das faces circulares, com cada agente cimentante. Em seguida, os espécimes dos três grupos foram divididos em subgrupos, para realização do procedimento de tração ou cisalhamento, nas seguintes variáveis: após uma semana de armazenagem em água, com ou sem ciclo térmico; e após 6 meses de armazenagem em água. Os ensaios foram realizados em máquina Instron com velocidade de 2 mm/min. O cimento resinoso Panavia Ex proporcionou a maior resistência de união à tração e ao cisalhamento (43,54 e 40,50 MPa) e não sofreu alteração significativa após o ciclo térmico ou 6 meses de armazenagem em água. O cimento resinoso ABC proporcionou a menor resistência de união (24,89 e 13,32 MPa), com significativo decréscimo após 6 meses de armazenagem. O ciclo térmico não influenciou

negativamente na resistência de união dos materiais avaliados. Quando avaliados sob tração, os espécimes fixados com o cimento Panavia EX apresentaram falha coesiva na camada adesiva, enquanto aqueles fixados com os cimentos Superbond e ABC apresentaram falhas parcialmente adesivas e parcialmente coesivas no cimento. Quando avaliados sob carga de cisalhamento, os corpos-de-prova apresentaram falhas parcialmente adesivas e parcialmente coesivas, com os três agentes cimentantes.

Em 1990, ADABO *et al.* estudaram a resistência da união dentina-agente de fixação-peça fundida, em função de três agentes cimentantes e três ligas metálicas. Os cimentos avaliados foram os de poliacarboxilato de zinco (Ceramco), de ionômero de vidro (Ceram-Chem), e resinoso (Panavia EX). Foram utilizados terceiros molares extraídos, cujas raízes foram embutidas em resina acrílica e as faces oclusais desgastadas até a obtenção de superfícies planas de dentina, sendo também realizado acabamento com lixas de carboneto de silício nº 50. As fundições, com as superfícies planas e circulares, foram confeccionadas com ligas de níquel-cromo (Durabond), prata-estanho (DFL), e cobre-alumínio (Duracast). A limpeza das peças fundidas foi feita com jato de óxido de alumínio e o acabamento realizado com lixa de carboneto de silício nº 50. Uma carga de 8 kg/cm<sup>2</sup> foi utilizada para fixação das peças fundidas, sendo os ensaios de tração realizados em máquina Instron (0,05 cm/min), após 24 horas de armazenagem em água destilada a 37 °C. Dentre os agentes cimentantes avaliados, o cimento resinoso proporcionou a maior resistência de união (18,83 kgf), seguido pelos cimentos de poliacarboxilato de zinco (6,09 kgf) e de ionômero de vidro (2,77 kgf). Dentre as ligas metálicas, a

de prata-estanho proporcionou a maior resistência de união (10,50 kgf), seguida pelas de cobre-alumínio (9,30 kgf) e de níquel-cromo (8,17 kgf).

LIN *et al.*, em 1990, avaliaram a resistência de união de um agente cimentante resinoso aplicado sobre cinco ligas metálicas básicas (Litecast B, Unitebond, Wiron 77, Lab Metal, Biobond II) submetidas a diferentes tratamentos de superfície. No experimento, foram confeccionadas fundições com 20 mm de comprimento, 10 mm de largura e 1 a 1,3 mm de espessura. Antes da realização dos tratamentos, as fundições foram submetidas a ciclo simulado de queima, em forno para porcelana, sendo também confeccionados orifícios nas porções mais espessas das peças fundidas, para adaptação na máquina de testes. Os tratamentos de superfície realizados foram: 1 - aplicação de jato de óxido de alumínio de 250 micrometros ( $\mu\text{m}$ ), seguida de limpeza em ultra-som; 2 - oxidação anódica; 3 - aplicação de jato de óxido de alumínio de 250  $\mu\text{m}$ , seguida de ataque eletroquímico e limpeza em ultra-som; e 4 - nenhum tratamento adicional além do ciclo de queima (controle). As fundições tratadas foram fixadas aos pares, com cimento resinoso (Panavia EX), sendo os ensaios de cisalhamento realizados em máquina universal (2 mm/min), após 24 horas de armazenagem. As superfícies submetidas ao jato de óxido de alumínio, oxidação anódica, e ataque eletroquímico, proporcionaram resistências estatisticamente similares, e superiores às do grupo controle.

O'CONNOR *et al.*, em 1990, compararam a resistência retentiva de coroas totais submetidas a três tipos de limpeza interna: 1 - solução de decapagem

(Jel-Pac); 2 – jato de óxido de alumínio de 50 micrometros ( $\mu\text{m}$ ) (Belle de St. Claire); e 3 – jato de esferas de vidro de 50  $\mu\text{m}$  (Belle de St. Claire). Foram utilizados 30 molares extraídos, cujas raízes foram embutidas em blocos de resina epóxica e as porções coronárias preparadas para coroas totais. Os preparos, padronizados com 4 mm de altura e 6° de expulsividade, foram moldados com polissulfeto, sendo os padrões para fundição confeccionados sobre modelos de gesso. As coroas foram fundidas com liga de ouro do tipo III (Harmony Hard) e, em seguida, separadas em três grupos de 10 unidades cada, para receberem um dos três procedimentos de limpeza interna. A fixação nos preparos foi feita com cimento de fosfato de zinco (Fleck's), e, após duas horas de armazenagem à temperatura ambiente, os corpos-de-prova foram acoplados em máquina Instron (2,54 mm/min), sendo realizado o tracionamento até a remoção das coroas. A limpeza com jato de óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  proporcionou a maior resistência retentiva, estatisticamente superior à do tratamento com decapagem e à da limpeza com jato de esferas de vidro de 50  $\mu\text{m}$ . Fotomicrografias com 500 x de aumento revelaram uma textura rugosa na superfície tratada com jato de óxido de alumínio, enquanto aquelas submetidas ao jato de esferas de vidro apresentaram-se com maior lisura, onde podiam ser observados nichos de forma esférica.

CHRISTENSEN, em 1991, enumerou a ordem de preferência dos agentes cimentantes utilizados para fixação de próteses nos Estados Unidos, destacando vantagens, desvantagens, indicações e contra-indicações dos materiais. De acordo com o autor, os cimentos de ionômero de vidro, apesar de

provocarem sensibilidade pós-operatória e serem influenciados por variáveis de manipulação, são cariostáticos e resistentes, o que favorece a liderança com 42 % de preferência. Deste modo, os ionômeros devem ser indicados para cimentação de rotina e contra-indicados para dentes sensíveis e em locais com difícil controle da umidade. O cimento de poliacarboxilato de zinco tem 33 % de preferência e suas principais vantagens são a baixa sensibilidade pós-operatória e a menor suscetibilidade à umidade. A resistência moderada, com possibilidade de deslocamento das coroas, contra-indica sua utilização em próteses extensas, tornando-o adequado para fixação de pequenas próteses, em especial de dentes sensíveis. O cimento de fosfato de zinco, com 22 % de preferência, é o mais antigo agente para fixação em uso e suas vantagens são a resistência moderada e a pequena suscetibilidade à umidade, sendo a sensibilidade pós-operatória a principal desvantagem. Os cimentos resinosos, com 2 % de preferência, foram inicialmente utilizados para fixação de pequenas peças protéticas de porcelana e tiveram pouca aceitação para próteses metalocerâmicas. A sensibilidade pós-operatória era a principal desvantagem, o que diminuiu sua aceitação. Novos cimentos resinosos estão disponíveis e têm sido aceitos para fixação, e, neste aspecto, alguns estudos têm demonstrado maior resistência retentiva desses materiais em relação às dos demais agentes cimentantes, sendo necessária, porém, a comprovação clínica do desempenho. O cimento de óxido de zinco e eugenol com EBA tem uso limitado e apenas 1 % de preferência. As vantagens são a desensibilização da dentina e a pequena suscetibilidade à umidade. A principal desvantagem é a baixa resistência, que torna os mesmos úteis na fixação provisória e em próteses unitárias.

Em 1992, TJAN & LI avaliaram a resistência retentiva e o assentamento de coroas totais fixadas com cimentos resinosos e de fosfato de zinco em preparos em dentes naturais. Trinta pré-molares extraídos foram preparados para coroas totais, com ponta diamantada. Os preparos foram padronizados com 5 mm de altura, 6° de expulsividade e término em chanfro, sendo os padrões de cera confeccionados sobre modelos de gesso obtidos a partir de moldes de silicona. As fundições, com liga de ouro do tipo III (Harmony Line), foram feitas com alças oclusais para o encaixe na máquina de ensaios e medição do assentamento. Após a limpeza, as coroas foram assentadas nos respectivos preparos, com carga de 5 kg, durante 10 minutos. Em seguida, foram feitas medições da altura, com aparelho com precisão de 1 micrometro, e, na seqüência, a divisão em três grupos de 10 unidades cada, para fixação com um dos seguintes agentes cimentantes: 1 - cimento de fosfato de zinco Fleck's; 2 - cimento resinoso Comspan; e 3 - cimento resinoso Panavia EX. A mesma carga foi aplicada na fixação das coroas, seguida por novas medições da altura. Os ensaios de remoção foram realizados em máquina Instron (0,1 cm/min), após 21 dias de armazenagem em água a 37 °C. O assentamento das coroas melhorou após a fixação com os dois cimentos resinosos e piorou após a cimentação com fosfato de zinco. A carga para remoção (kgf) das coroas fixadas com o cimento resinoso Panavia EX (83,7) foi estatisticamente superior às das fixadas com os cimentos resinoso Comspan (53,0) e de fosfato de zinco Fleck's (48,0), que foram similares.

GORODOVSKY & ZIDAN, em 1992, avaliaram a resistência retentiva de coroas totais fixadas com cinco agentes cimentantes em preparos em molares

extraídos. Os materiais estudados foram os cimentos de fosfato de zinco Fleck's, de ionômero de vidro Ketac Cem, resinoso Comspan (com e sem agente de união Prisma Bond), e resinoso Superbond (com adesivo C & B). Foi também avaliada a integridade marginal dos cimentos Fleck's, Ketac Cem, e Comspan, através de microscopia eletrônica de varredura. Molares humanos extraídos, com as raízes embutidas em blocos de resina acrílica, foram preparados para coroas totais, com padronização de 8° na expulsividade e 4,5 mm na altura. Os padrões de cera foram feitos sobre modelos de gesso obtidos a partir de moldagens com silicona, e as fundições, com liga de ouro/paládio (Lodestar), confeccionadas com uma alça oclusal para adaptação na máquina de ensaios. A limpeza das peças fundidas foi feita com jato de óxido de alumínio e em ultra-som com água, e a fixação das coroas realizada com carga de 4,5 kg, durante 8 a 10 minutos. O procedimento de remoção foi realizado em máquina MTS, após 7 dias de armazenagem em água a 37 °C. Três corpos-de-prova com as coroas fixadas com cimentos de fosfato de zinco, de ionômero de vidro, e resinoso Comspan, foram preparados e armazenados em água destilada, durante 6 a 10 semanas, para análise da integridade marginal. Foram verificadas diferenças significativas nas resistências ao deslocamento (MPa), que foram inferiores nos grupos formados pelos cimentos de fosfato de zinco (3,08) e de ionômero de vidro (3,12), em relação aos grupos formados pelos materiais resinosos Comspan (4,21), Comspan com adesivo Prisma Bond (4,01), e Superbond C & B (> 6,40). A análise da integridade marginal revelou

que os cimentos resinoso e de fosfato de zinco ficaram praticamente intactos, contrariamente ao de ionômero de vidro que apresentou severa desintegração.

Em 1992, JUNTAVEE & MILLSTEIN estudaram a influência de diversos fatores na resistência retentiva de coroas. As variáveis avaliadas foram: 1 – tipo de núcleo (amálgama, resina composta); 2 – agente cimentante (fosfato de zinco, resinoso, ionômero de vidro); 3 – espessura de película do cimento (50, 100, 150 micrometros); 4 - rugosidade de superfície das fundições (rugosa, lisa); 5 – ciclo térmico (com ou sem 500 ciclos entre 4 e 60 °C). Foram confeccionados 360 núcleos cilíndricos (180 com o amálgama Valiant e 180 com a resina composta Core Paste) com três diâmetros: 8,7; 8,8; e 8,9 mm, por 6 mm de altura. Em seguida, foram feitos 60 retentores (9 mm de diâmetro interno por 6 mm de altura) com liga básica (Rexillum), que foram submetidos à limpeza com jato de óxido de alumínio fino ou grosseiro. A fixação nos núcleos foi realizada separando-se os espécimes em 12 grupos de 30 cada, de acordo com o tipo de núcleo, espessura de película, e rugosidade interna. Cada grupo foi adicionalmente separado em três grupos de 10 cada, um para cada agente cimentante: 1 – fosfato de zinco (Mission); 2 – cimento de resina (Panavia EX); e 3 – cimento de ionômero de vidro (Ketac Cem). Após uma semana de armazenagem, cada grupo foi novamente dividido, para realização ou não do ciclo térmico, sendo, na seqüência, feitos os ensaios em máquina com velocidade de 0,02 cm/min. Nos dois tipos de núcleos, os cimentos resinoso e de fosfato de zinco proporcionaram maiores resistências retentivas que o cimento de ionômero de vidro. Os retentores submetidos ao jato de óxido de alumínio grosseiro proporcionaram maior resistência retentiva que aqueles

submetidos ao jato de óxido fino. A termociclagem reduziu a resistência de união dos cimentos. As menores espessuras de película proporcionaram maior retentividade. Os núcleos de amálgama apresentaram resistência retentiva superior à dos núcleos de resina, ocorrendo, no entanto, superioridade destes últimos associados ao cimento resinoso.

GATES *et al.*, em 1993, avaliaram a resistência da união de um cimento resinoso adesivo (Panavia Op) aplicado sobre duas ligas metálicas básicas (Rexillum III, Rexillum NBF) ou sobre duas ligas nobres (PTM-88, Olympia) submetidas ou não à técnica de laminação com estanho. Foram confeccionadas fundições cilíndricas (6,35 mm de diâmetro por 1,2 cm de comprimento) com orifícios retentivos posicionados à 2 mm das faces opostas àquelas a serem avaliadas. Após os procedimentos de limpeza, as superfícies foram aplainadas com lixa de granulação nº 600, sendo aplicado jato de óxido de alumínio de 125 micrometros, seguido da limpeza em ultra-som com água. Vinte exemplares de cada liga metálica nobre foram submetidos ao procedimento de laminação com estanho (Kura-Ace Mini tin plater – Kuraray), de acordo com as orientações do fabricante. As fundições foram fixadas aos pares, através das superfícies preparadas, e, na seqüência, os corpos-de-prova armazenados em água destilada, durante 24 horas, sendo realizado ciclo térmico por igual período. Os ensaios de tração foram realizados em máquina Instron (0,5 cm/min), após 27 dias de armazenagem, ficando no intervalo entre 25,57 e 45,95 MPa as cargas necessárias ao deslocamento das fundições. A laminação com estanho aumentou significativamente a resistência de união do cimento resinoso às ligas nobres.

Em 1993, WHITE & KIPNIS estudaram a influência dos agentes cimentantes no assentamento de restaurações fundidas. Foram utilizados pré-molares recém-extraídos, cujas porções coronárias foram preparadas para coroas totais. Os preparos foram moldados com silicona e os padrões para fundição confeccionados sobre modelos de gesso. As coroas foram confeccionadas com liga básica (Rexillum), e, na seqüência, submetidas aos procedimentos de limpeza e adaptação nos preparos. Uma carga de 6 kg foi utilizada no assentamento e cimentação, sendo as discrepâncias marginais medidas em quatro locais, com microscópio metalúrgico, antes e após a fixação das peças fundidas. Os cimentos avaliados foram: ionômero de vidro (Ketac Cem), fosfato de zinco (Flecks), poliacarboxilato de zinco (Durelon), e resinoso (Thin Film, Panavia Ex). As medições do assentamento foram feitas após 24 horas de armazenagem em água a 37 °C. As discrepâncias marginais foram estatisticamente similares antes das fixações, ocorrendo diferenças significativas após a cimentação das peças. Neste caso, os agentes cimentantes resinosos aplicados com adesivo proporcionaram assentamentos estatisticamente inferiores aos dos demais materiais, que, por outro lado, apresentaram similaridade de desempenho.

WHITE & YU, em 1993, avaliaram as resistências à compressão e à tração diametral de vários materiais fixadores de peças protéticas. Os cimentos avaliados foram: fosfato de zinco (Fleck's, Modern Tenacim); ionômero de vidro (Shofu, Ketac Cem, Ketac Cem encapsulado); hidroxiapatita (HA Bioment); poliacarboxilato de zinco (Durelon, Shofu); ionômero de vidro modificado por resina (Infinity); e resinoso (Thin Film, Panavia Ex). Os ensaios foram realizados de acordo

com as especificações da Associação Americana para Padronização e da Associação Dentária Americana (ADA). Os 10 corpos-de-prova cilíndricos de cada material, preparados com consistência de cimentação, foram fraturados em máquina Instron (0,05 cm/min), após 24 horas de armazenagem em água destilada a 37 °C. Os ensaios de resistência à tração diametral foram feitos de maneira similar, com os corpos-de-prova posicionados diametralmente. Os resultados (MPa) demonstraram que os cimentos resinosos e de ionômero de vidro apresentaram resistências à compressão e à tração diametral estatisticamente superiores às dos cimentos de fosfato de zinco.

PHILLIPS, em 1993, descreveu a composição de vários agentes cimentantes, entre elas a do cimento de fosfato de zinco. O pó é constituído pelos óxidos de zinco e de magnésio, podendo conter pequenas quantidades de óxido de bismuto. O líquido é formado por uma solução aquosa de ácido fosfórico, fosfato de alumínio e, em alguns casos, fosfato de zinco. O autor apresentou, ainda, diversas constantes para conversão de várias unidades de carga. A conversão de quilograma por centímetro quadrado ( $\text{kg/cm}^2$ ) para megapascal (MPa) é feita pela multiplicação do valor da carga em  $\text{kg/cm}^2$  por 0,09807. A conversão de MPa para  $\text{kg/cm}^2$  é feita pela multiplicação do valor da carga em MPa por 10,1968.

MCLEAN *et al.*, em 1994, sugeriram uma nova nomenclatura para os cimentos de ionômero de vidro e materiais afins. De acordo com os autores, o termo cimento de ionômero de vidro deveria ser utilizado exclusivamente para os materiais que consistem de um vidro capaz de ser decomposto por ácido e de uma solução ácida aquosa, que quando misturados tomam presa por reação de

neutralização. Os termos apropriados para os materiais híbridos deveriam ser: ionômero de vidro modificado por resina, quando além da reação de polimerização, ocorre significativa reação ácido/base, como parte do processo de presa; e resinas compostas modificadas por poliácidos, quando os componentes essenciais do cimento de ionômero de vidro estão presentes, porém em níveis insuficientes para a promoção de uma reação ácido/base.

Em 1994, GALUN *et al.* avaliaram as resistências à tração diametral e de união à dentina de quatro cimentos de ionômero de vidro e de um fosfato de zinco. Os experimentos sobre a dentina foram feitos com ensaios de cisalhamento e tração. Para isso, molares extraídos, embutidos em resina acrílica, foram desgastados com lixa de granulação nº 500, até a exposição de superfícies de dentina. Os espécimes foram separados em cinco grupos, para aplicação dos quatro cimentos de ionômero de vidro (Shofu, Fuji I, Ketac Cem, Aqua Cem) ou do fosfato de zinco (ZPC). Uma matriz gelatinosa com 5 mm de diâmetro foi utilizada no procedimento, sendo os ensaios de cisalhamento e tração realizados em máquina Instron (20 mm/min), após 7 dias de imersão em água a 37 °C. A avaliação também foi feita com a dentina condicionada com ácido poliacrílico a 10 %, durante 20 segundos, ou com ácido tricloroacético a 90 %, durante 15 segundos. Os ensaios de tração diametral foram feitos com discos de 6 mm de diâmetro por 3 mm de largura, também após 7 dias de imersão em água. O cimento de fosfato de zinco não teve nenhuma resistência de união à dentina. Já com os cimentos de ionômero de vidro, a união foi observada e teve sua resistência aumentada após o condicionamento dentinário. A resistência à tração diametral dos cimentos de

ionômero de vidro foi aproximadamente 3 vezes maior que a do cimento de fosfato de zinco.

DIXON *et al.*, em 1994, compararam as resistências de união de duas ligas metálicas fixadas com dois cimentos resinosos no esmalte humano. Inicialmente, foram preparadas áreas planas nas faces vestibulares de incisivos superiores extraídos. Em seguida, foram confeccionados padrões de cera (3 por 4 mm) para serem fundidos com liga nobre (Olympia) ou liga básica (Rexillum). Após a remoção do revestimento, as fundições de liga nobre foram limpas com solução de ácido hidrofúorídrico em ultra-som, e as de liga básica com jato de óxido de alumínio de 50 micrometros ( $\mu\text{m}$ ). As peças fundidas foram submetidas à queima em forno para porcelana, para promoção da oxidação, sendo separadas em quatro grupos de 16 unidades cada. O Grupo 1 foi formado por fundições de liga básica submetidas ao jato de óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  e à limpeza em ultra-som com água. No Grupo 2, as peças fundidas eram de liga nobre e foram submetidas ao mesmo procedimento do Grupo 1. O Grupo 3 foi formado por fundições de liga nobre submetidas ao jato de óxido de alumínio, limpeza em ultra-som, e laminação com estanho. No Grupo 4, as peças fundidas também eram de liga nobre e não receberam nenhum tratamento após o procedimento de queima. Os dois agentes resinosos avaliados foram o Panavia OP e o F 21, sendo as fundições assentadas com pressão digital nas superfícies preparadas de esmalte, em um total de oito espécimes para cada cimento. Após a polimerização, os espécimes foram armazenados em água, durante duas semanas, quando foram submetidos a 500

ciclos entre 5 e 60 °C. Os ensaios de cisalhamento foram realizados em máquina Instron (0,05 cm/min), após mais duas semanas de armazenagem. Em todas as variáveis, o cimento Panavia OP proporcionou resistência estatisticamente superior à do F 21. As fundições de liga básica submetidas ao óxido de alumínio e fixadas com o cimento Panavia OP apresentaram a maior resistência de união, estatisticamente significativa em relação às dos demais. A cobertura com estanho aumentou significativamente a resistência retentiva das fundições de liga nobre fixadas com Panavia OP, não ocorrendo diferença entre os grupos oxidados pela queima e os submetidos ao jato de óxido de alumínio.

DARR & JACOBSEN, em 1995, avaliaram o grau de conversão de cinco agentes cimentantes resinosos de dupla polimerização (Porcelite, Duo, Dual, Universal Zement, Kulzer), submetidos ou não a fotopolimerização. O grau de conversão foi avaliado com ensaios de dureza, realizados sobre corpos-de-prova com 200 micrometros de espessura, em vários intervalos de tempo. Os autores verificaram que ocorria um rápido aumento da dureza imediatamente após a aplicação da fonte de luz. A omissão da fotopolimerização proporcionava menor dureza nos primeiros 30 minutos, seguida de aumento após 24 horas. Foi concluído, portanto, que a dupla polimerização (física e química) foi mais efetiva que a polimerização química, e que áreas insuficientemente polimerizadas podem ocorrer nas regiões mais profundas de um preparo.

RUBO & PEGORARO, em 1995, avaliaram a resistência da união entre um cimento resinoso e diversas ligas metálicas, verificando, ainda, a influência da limpeza em ultra-som com água, após a aplicação do jato de óxido de alumínio nas

superfícies das ligas. Foram utilizadas quatro ligas de níquel-cromo (Durabond MS, Unibond, Biobond II, Co Span VS), uma de cobre-alumínio (Duracast MS), uma de ouro-prata (Wilkinson), e uma de ouro-paládio (Degudent U), todas fundidas em forma de discos (10 pares por liga) com 2 mm de espessura, 10 ou 12 mm de diâmetro, e uma argola para adaptação na máquina de ensaios. Após aplicação do jato de óxido de alumínio, os espécimes fundidos de cada liga metálica foram separados em dois grupos, para serem tratados com dois métodos de limpeza: 1 - água corrente; e 2 - ultra-som com água destilada. O cimento (Panavia Ex) foi aplicado às superfícies tratadas, sendo os discos fixados face à face, com carga de 5 kgf. Após armazenagem em água a 37 °C, durante 24 horas, os corpos-de-prova foram submetidos aos ensaios de tração em máquina com velocidade de 0,5 mm/min. As fundições de liga básica (níquel-cromo ou níquel-cromo-berílio) proporcionaram maiores resistências de união que as de liga nobre. As fundições limpas em ultra-som com água destilada apresentaram maiores resistências de união que as limpas apenas com água corrente.

HAKIMZADEH & BURGESS, em 1995, avaliaram a retentividade de coroas fixadas com quatro agentes cimentantes em preparos em dentes naturais. Dentes extraídos, com as raízes embutidas em resina acrílica, foram preparados para coroas totais. Os padrões para fundição foram confeccionados diretamente sobre as superfícies dos preparos padronizados com convergência de 30°. As coroas foram fundidas com liga básica, sendo a limpeza feita com jato de óxido de alumínio. A fixação foi realizada com um cimento de fosfato de zinco (Zinc Phosphate), um de ionômero de vidro (Ketac Cem), e dois cimentos resinosos

(Panavia 21, C & B Metabond). Os ensaios de tração foram feitos em máquina Instron (5 mm/min), após a realização de 500 ciclos entre 6 e 60 °C. Os cimentos resinosos proporcionaram maior resistência de união que os cimentos de fosfato de zinco e de ionômero de vidro.

Em 1996, AYAD *et al.* avaliaram a rugosidade de superfície da dentina submetida a três tipos de instrumentos rotatórios, incluindo pontas diamantadas, brocas de carbeto de tungstênio, e brocas de carbeto de tungstênio para acabamento. Cento e cinco molares extraídos, com as raízes embutidas em resina epóxica, foram preparados com pontas diamantadas, para coroas totais. Em seguida, os espécimes foram submetidos ao acabamento com um dos três instrumentos rotatórios. A rugosidade de superfície foi medida no sentido gengivo-oclusal, com aparelho Surfalyzer 4000, sendo também realizada a observação com microscopia eletrônica de varredura. A rugosidade proporcionada pelas pontas diamantadas e brocas de carbeto de tungstênio foi estatisticamente superior à obtida com a broca de carbeto de tungstênio para acabamento.

Em 1996, KERN *et al.* avaliaram a vitalidade pulpar, a sensibilidade pós-operatória, a reincidência de cáries, e a retenção em diferentes tipos de próteses unitárias fixadas com cimentos de ionômero de vidro (Ketac Cem Maxicap) ou de fosfato de zinco (Phosphacap). Foram utilizados 60 pacientes com idade entre 20 e 70 anos e que necessitavam de pelo menos duas próteses unitárias (uma para cada cimento). Antes da fixação, os preparos foram submetidos à profilaxia com pasta de pedra pomes, seguida da aplicação de uma suspensão de hidróxido de cálcio. Três dentistas realizaram os procedimentos sem os pacientes saberem qual

cimento estava sendo utilizado em cada dente. As avaliações foram realizadas durante um período médio de 17,3 meses, sendo a sensibilidade e a vitalidade verificadas através de teste com spray frio. Não foram observadas diferenças significativas, entre os dois cimentos, em relação à sensibilidade, perda de vitalidade e retentividade. A reincidência de cárie ocorreu em apenas um dente, com a peça protética fixada com cimento de fosfato de zinco. A sensibilidade ocorreu em nove pacientes e envolveu sete dentes com cimento de ionômero de vidro e seis com cimento de fosfato de zinco, todos com coroas totais.

BREEDING & DIXON, em 1996, avaliaram a influência da remoção da camada de óxido da superfície de ligas metálicas, através da aplicação de jato de óxido de alumínio, na resistência de união de um agente adesivo para fixação. Grupos não submetidos ao óxido de alumínio e laminados com estanho foram utilizados como controle. Foram utilizados incisivos humanos extraídos, cujas faces vestibulares foram aplainadas com disco diamantado nº 919-220. Na seqüência, foram confeccionados padrões de cera (3 X 4 mm), para fundição com as seguintes ligas metálicas: ouro-paládio (Olympia), paládio-prata (Jelstar), e níquel-cromo (Rexillum III). Em seguida, os três grupos de fundições foram divididos em subgrupos de 10 unidades cada. No 1º Subgrupo, as fundições foram submetidas à simulação de queima de porcelana, jato de óxido de alumínio, e simulação de glaze. No 2º Subgrupo, a aplicação do jato de óxido de alumínio foi excluída. No 3º Subgrupo, foram realizadas simulações de queima da porcelana e glaze, e aplicação de jato de óxido de alumínio. No 4º Subgrupo, as fundições foram submetidas à seqüência do 3º Subgrupo, com uma adicional laminação com

estanho, apenas nas ligas nobres. As fundições foram fixadas com cimento resinoso adesivo (Panavia OP), sendo os corpos-de-prova armazenados durante duas semanas, antes da realização de 500 ciclos entre 5 e 60 °C. Após mais duas semanas de armazenagem, foram feitos os ensaios da resistência da união ao cisalhamento em máquina Instron (0,05 cm/min). As maiores resistências foram alcançadas pela liga básica submetida ao jato de óxido de alumínio e pelas ligas nobres laminadas por estanho.

ANUSAVICE, em 1996, descreveu as superfícies dos preparos e das porções internas de peças protéticas como rugosas e microscopicamente formadas por picos e vales. Quando adaptadas, ocorre a formação de pontos de contato apenas nos picos, com espaço nas demais áreas, o que favorece a penetração de fluidos orais e invasão bacteriana. O propósito da cimentação é o fechamento deste espaço e a fixação da peça protética com um terceiro material adesivo (imbricação mecânica). O material escoava, penetra na superfície rugosa e toma presa em poucos minutos, selando a interface e fixando a peça protética.

VALLITTU & FORSS, em 1997, estudaram a influência de três tratamentos de superfície em uma liga para metalo-cerâmica na resistência da união de dois cimentos de ionômero de vidro. Foram preparados 30 espécimes com liga de ouro/paládio (LM-Ceragold 3), com 7 por 7 por 1,5 mm, separados em três grupos de 10 e seis subgrupos de cinco unidades cada. Os tratamentos de superfície avaliados foram: 1 - desgaste com ponta diamantada de granulação média; 2 – aplicação de jato de óxido de alumínio de 50 micrometros; e 3 – desgaste com pedra de carbetto de silício nº 602-040. Os cimentos de ionômero de vidro

utilizados foram um convencional (Fuji II) e um modificado por resina (Vitremmer), sendo ambos injetados em um tubo que proporcionou uma superfície de contato com 5 mm de diâmetro no metal tratado. Os corpos-de-prova ficaram armazenados durante 10 dias, em água a 37 °C, quando foram submetidos aos ensaios com mecanismo de três pontos, em máquina com velocidade de 120 mm/min. Com a ponta diamantada, a resistência de união do cimento de ionômero de vidro modificado por resina foi estatisticamente superior à do cimento de ionômero de vidro convencional. Já com a pedra de carbeto de silício, a resistência do ionômero convencional foi estatisticamente superior à do modificado por resina. Com o jato de óxido de alumínio, novamente a resistência de união do cimento de ionômero de vidro modificado por resina foi estatisticamente superior à do ionômero convencional. As falhas foram todas adesivas nos tratamentos com ponta diamantada e com pedra de carbeto de silício, ocorrendo predominância de falhas coesivas no cimento nos espécimes tratados com jato de óxido de alumínio. A carga requerida para fratura dos corpos-de-prova tratados com jato de óxido de alumínio foi superior à dos demais tratamentos, com os dois cimentos utilizados.

AYAD *et al.*, em 1997, avaliaram a influência de três padrões de rugosidade da dentina na resistência retentiva de coroas totais fixadas com três tipos de cimentos. Os três padrões de rugosidade foram obtidos com pontas diamantadas, brocas de carbeto para polimento, e brocas de carbeto de tungstênio picotadas. Os cimentos utilizados foram os de fosfato de zinco (Fleck's), de ionômero de vidro (Ketac-Cem Aplicap), e de resina adesiva (Panavia Ex). Noventa molares extraídos, com as raízes embutidas em resina epóxica, foram preparados

para coroas totais. Os preparos foram padronizados com 8 mm de diâmetro cervical, 3,5 mm de altura, 4,6° de expulsividade, término em chanfro, e uma canaleta oclusal. Após a separação dos espécimes em três grupos de 30 unidades, foi feito o acabamento com um dos três instrumentos de corte, sendo os padrões para fundição confeccionados pelo método indireto, sobre modelos de gesso obtidos a partir de moldagens com silicona. As fundições foram confeccionadas com liga de ouro do tipo III (Ney-Oro-B2), sendo feita limpeza com decapagem e jato de óxido de alumínio. Após a adaptação nos preparos, os três grupos de 30 coroas foram separados em três subgrupos de 10 unidades cada, um para cada cimento. A fixação foi feita com carga de 9 kg e, após 24 horas de armazenagem em água a 37 °C, os espécimes foram submetidos a 1500 ciclos entre 5 e 55 °C, sendo os ensaios de remoção realizados em máquina Instron (0,5 mm/min). Os diferentes padrões de rugosidade proporcionaram diferenças significativas apenas com o cimento de fosfato de zinco. Neste caso, as brocas de carbeto picotadas foram superiores aos outros dois instrumentos de corte. O cimento resinoso foi significativamente mais resistente que o cimento de fosfato de zinco em todas as situações. A superioridade do cimento resinoso sobre o de ionômero de vidro foi observada nos preparos submetidos às brocas de carbeto para polimento e de carbeto picotadas, ocorrendo semelhança de desempenho nos preparos submetidos às pontas diamantadas. A superioridade do cimento de ionômero de vidro sobre o de fosfato de zinco foi observada nos preparos submetidos às pontas diamantadas e brocas de carbeto para polimento, ocorrendo similaridade de desempenho nos preparos submetidos às brocas de carbeto picotadas.

Em 1997, MILAN *et al.* avaliaram o ajuste cervical de coroas totais adaptadas em troquéis de aço inoxidável. As variáveis estudadas foram: 1 - liga metálica das coroas (prata/paládio, paládio/prata); 2 - fonte de calor para fundição (maçarico de acetileno/oxigênio, maçarico de gás/oxigênio, resistência elétrica); e 3 - término cervical do preparo (ombro reto, ombro biselado em 20°, chanfro em 45°). Os troquéis de aço inoxidável foram confeccionados com torno mecânico e os padrões para fundição feitos pela técnica direta. Após a inclusão dos padrões e presa do revestimento, os cilindros foram preaquecidos lentamente a 300 °C, com permanência nessa temperatura por 60 minutos. Em seguida, foram aquecidos a 900 °C e assim permaneceram por mais 60 minutos. As fundições foram feitas em máquina centrífuga, com uma das duas ligas metálicas e uma das três fontes de calor. Após o esfriamento na bancada, as coroas foram removidas do revestimento e submetidas a um jato de óxido de alumínio (80 a 100 micrometros), para remoção dos resíduos de revestimento. O assentamento nos troquéis foi feito com carga de 9 kg, sendo as leituras das interfaces troquel/corona realizadas em microscópio comparador. A liga de prata-paládio (Pallig-M) apresentou o melhor ajuste cervical, estatisticamente diferente do da liga de paládio-prata (Pors-on 4). As fontes de calor gás/oxigênio e resistência elétrica proporcionaram resultados similares, e superiores ao da fonte acetileno/oxigênio, que proporcionou os maiores desajustes. O término cervical em ombro reto também apresentou o melhor ajuste cervical, sendo estatisticamente diferente do ombro biselado em 20° e do chanfro, que foram similares.

ERNST *et al.*, em 1998, avaliaram a resistência retentiva de coroas totais fixadas com três agentes cimentantes em preparos em dentes naturais. Os materiais estudados foram: cimento de ionômero de vidro (Ketac Cem), cimento resinoso (F 21), e compômero (Dyract Cem), aplicado sozinho ou com agente adesivo (Prime e Bond 2.0). Cinquenta molares e pré-molares extraídos, com as raízes embutidas em gesso reforçado com resina, foram preparados para coroas totais, com pontas diamantadas de 125 e 30 micrometros ( $\mu\text{m}$ ) de granulação. A expulsividade e a altura dos preparos foram padronizadas em 5° e 3 mm, respectivamente. Os padrões para fundição foram confeccionados pelo método indireto, sobre modelos de gesso obtidos a partir de moldagens com silicona. As coroas foram fundidas com liga de ouro (Degunorm), sendo a limpeza feita por jato de areia de 150  $\mu\text{m}$ . A fixação foi feita com carga aplicada de 30 kg, e a remoção realizada em máquina com velocidade de 1 mm/min, após uma semana de armazenagem em água a 37 °C. As resistências retentivas do cimento de ionômero de vidro Ketac Cem e do compômero Dyract Cem foram estatisticamente similares, e superiores à do cimento resinoso F 21. O agente adesivo Prime e Bond 2.0 não melhorou o desempenho do compômero Dyract Cem.

Em 1999, TUNTIPRAWON avaliou a resistência retentiva e o assentamento de coroas totais fixadas com três agentes cimentantes em dentes preparados com pontas diamantadas de duas granulações. Sessenta pré-molares extraídos, com as raízes embutidas em resina acrílica, foram preparados para coroas totais, com pontas diamantadas acopladas a uma máquina de fresagem.

Após a separação em dois grupos de 30 unidades cada, os preparos foram submetidos ao acabamento com pontas diamantadas de granulação de 50 ou 120 micrometros ( $\mu\text{m}$ ). As coroas foram fundidas com liga de prata-paládio (Pallag-M), com uma alça oclusal para adaptação na máquina de ensaios. Após o assentamento nos respectivos preparos, os dois grupos de 30 coroas foram separados em três subgrupos de 10 unidades, um para cada cimento. As alturas foram medidas com indicador Digimac ( $2\ \mu\text{m}$ ), e, na seqüência, as coroas fixadas com os cimentos de fosfato de zinco (Phosphacap), de ionômero de vidro (Fuji Cap I), e resinoso (Panavia 21). A carga durante a fixação foi manual, sendo as alturas novamente medidas antes dos ensaios de remoção em máquina com velocidade de 2 mm/min. Os resultados indicaram maiores resistências retentivas sobre os dentes preparados com ponta diamantada de maior granulação (120  $\mu\text{m}$ ). O cimento resinoso apresentou resistência retentiva estatisticamente superior à do cimento de ionômero de vidro, que, por sua vez, foi superior à do fosfato de zinco. O cimento de ionômero de vidro apresentou o melhor assentamento, seguido pelos cimentos de fosfato de zinco e resinoso, sem diferença estatística entre os dois padrões de rugosidade. Foram observadas falhas coesivas da dentina em 50 % das coroas fixadas com cimento resinoso.

MARTUCI *et al.*, em 1999, avaliaram a resistência de união entre uma liga de níquel-cromo (Litecast B) e diversos agentes cimentantes, após 1 ou 90 dias de armazenagem e com ou sem realização de ciclo térmico. Os cimentos avaliados foram os ionômeros de vidro convencional (Ketac Cem) e modificado por resina

(Vitremer), além de um cimento resinoso (Enforce), aplicado apenas com primer, com primer e adesivo ou apenas com adesivo. A liga foi fundida em forma de pastilhas (0,6 cm por 0,3 cm), a partir de padrões de cera confeccionados em um molde de sílica. Após a remoção do revestimento, as peças fundidas foram limpas manualmente e com jato de óxido de alumínio, sendo feita a desgaseificação a 1010 °C e novo jateamento com óxido de alumínio de 60 micrometros, seguido de limpeza em ultra-som, durante 5 minutos. A fixação das fundições foi feita face à face e com carga de 10 kgf. Os 200 corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37 °C, sendo a metade submetida a ciclos térmicos entre 5 e 55 °C (400 ciclos para os espécimes avaliados em 1 dia e 5200 para os avaliados em 90 dias). Os exemplares que não foram submetidos aos ciclos térmicos também foram avaliados após 1 ou 90 dias. Os ensaios de tração foram realizados com velocidade de 0,5 mm/min, sendo as cargas convertidas para MPa. O cimento de ionômero de vidro convencional proporcionou resistência de união estatisticamente inferior à do cimento de ionômero de vidro modificado por resina. O cimento resinoso aplicado apenas com primer apresentou baixa resistência em um dia, mas que aumentou após 90 dias. O mesmo cimento com primer e adesivo apresentou alta resistência inicial, mas com redução após 90 dias. O cimento resinoso aplicado apenas com adesivo apresentou a mais alta resistência de união. A influência do ciclo térmico foi dependente do agente cimentante.

WATANABE *et al.*, em 1999, avaliaram o efeito do jato de óxido de alumínio e da silanização na resistência da união de um polímero de vidro aplicado a dois tipos de metais. Foram confeccionadas fundições (10 mm de diâmetro por

2,5 mm de espessura) com titânio e liga de ouro do tipo IV. As superfícies dos dois metais foram submetidas a um dos seguintes tratamentos: 1 – aplicação de jato de óxido de alumínio de 50 micrometros ( $\mu\text{m}$ ); 2 – aplicação de jato de óxido de alumínio de 250  $\mu\text{m}$ ; e 3 – polimento com lixa de granulação nº 600. Na seqüência, os espécimes foram submetidos a silanização, sendo mantido um grupo controle (sem silanização) com as superfícies tratadas com jato de 50  $\mu\text{m}$ . O material polimérico foi aplicado com auxílio de matrizes de teflon, e a resistência da união avaliada com ensaios de cisalhamento em máquina com velocidade de 0,5 mm/min. Espécimes tratados com os dois óxidos ou submetidos ao polimento também foram preparados para observação com microscopia eletrônica de varredura e leitura da rugosidade média. A silanização aumentou a resistência de união do polímero de vidro aplicado às superfícies metálicas tratadas com jato de óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$ . Nas superfícies de titânio silanizadas, o jato de óxido de 250  $\mu\text{m}$  proporcionou maior resistência que o de 50  $\mu\text{m}$ , não sendo observada diferença entre os dois óxidos nas superfícies de ouro. O jato de óxido de alumínio de 250  $\mu\text{m}$  proporcionou maior rugosidade média que o de 50  $\mu\text{m}$ . As superfícies metálicas polidas com lixa de granulação nº 600 e submetidas a silanização proporcionaram menor resistência de união que as superfícies tratadas com jato de óxido de alumínio e também silanizadas.

PRATES, em 1999, avaliou o comportamento de quatro agentes cimentantes em relação à resistência à remoção, por tração, de coroas totais fixadas sobre preparos em dentina e em núcleos metálicos. Vinte e oito molares

humanos recém-extraídos, com as raízes embutidas em resina acrílica contida em tubos de PVC, foram preparados para coroas totais, com ponta diamantada acoplada a um torno mecânico. Os núcleos metálicos em liga de prata (Pratalloy – Degussa) foram obtidos com técnica de duplicação, a partir dos preparos em dentina, sendo a limpeza feita com jato de óxido de alumínio. As 56 coroas totais foram confeccionadas com liga de paládio-prata (Pors-on 4 – Degussa), através de técnica de fundição de rotina. Após a limpeza das coroas com jato de óxido de alumínio, os espécimes em dentina e os núcleos metálicos foram separados em oito grupos com sete unidades cada (quatro grupos em dentina e quatro em núcleos). As coroas dos grupos 1, 2, 3, e 4 foram fixadas nos preparos em dentina, respectivamente, com os cimentos de fosfato de zinco (Cimento de zinco - SS White), de ionômero de vidro convencional (Ketac Cem - ESPE), de ionômero de vidro modificado por resina (Vitremer - 3M), e resinoso com adesivo (Cimento de Resina e Scotchbond Multi-Use Plus - 3M). As coroas dos grupos 5, 6, 7, e 8 foram fixadas nos núcleos metálicos, respectivamente, com os mesmos materiais. Após 24 horas, os corpos-de-prova foram submetidos a 500 ciclos entre  $5 \pm 2$  °C e  $55 \pm 2$  °C e posteriormente aos ensaios de remoção, por tração, em máquina Instron (1 mm/min). Os resultados foram analisados com ANOVA e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Em dentina, o cimento resinoso aplicado com adesivo proporcionou resistência retentiva estatisticamente superior às dos demais agentes cimentantes. Em dentina, os dois cimentos de ionômero de vidro apresentaram resistências retentivas estatisticamente similares, e superiores à do cimento de fosfato de zinco. Nos

núcleos metálicos, o cimento de ionômero de vidro convencional apresentou a maior resistência retentiva, sendo estatisticamente superior à do cimento resinoso e similar à do cimento de ionômero de vidro modificado por resina. Nos núcleos metálicos, a resistência retentiva do cimento de fosfato de zinco foi inferior às dos demais materiais cimentantes.

Em 1999, FERREIRA avaliou a rugosidade de superfície de compósitos odontológicos (Tetric Ceram, Z100) submetidos ou não à cobertura com selante (Fortify, agente de união fornecido pelo fabricante). Foram confeccionados 144 corpos-de-prova (8 mm de diâmetro por 2 mm de espessura) divididos em três grupos de 48 unidades cada (controle sem escovação, escovação correspondente a 6 meses ou a 1 ano) e 18 subgrupos, segundo interação compósito-tratamento de superfície. Os ensaios de escovação foram realizados com dentifrício (Sorriso) (kolynos) aplicado em escovas dentais (Kolynos Doctor) acopladas em uma máquina Equilabor (250 ciclos por minuto). A rugosidade média (Ra) foi medida antes e após os procedimentos de escovação e correspondeu à média aritmética entre os picos e vales da amostra. Para isso, a ponta do aparelho (Prazis Rug-03) percorreu o centro geométrico da superfície (0,8 mm de "cut off") em quatro posições diferentes, conseguidas com um giro de 45° no corpo-de-prova. Espécimes representativos de cada grupo também foram preparados para observação com microscopia eletrônica de varredura. Houve aumento da rugosidade média (Ra) após a simulação da escovação pelo período de 6 meses ou 1 ano, em relação aos grupos controle (sem escovação). Nas fotomicrografias, foi

observada a remoção parcial do material de cobertura após a realização dos ensaios de escovação.

MARTINS *et al.*, em 2000, estudaram a influência de cimentos provisórios, com ou sem eugenol, na resistência retentiva de coroas totais fixadas com cimentos de fosfato de zinco, de ionômero de vidro, ou resinoso de dupla polimerização. Quarenta e cinco molares humanos extraídos, com as raízes embutidas em resina acrílica, foram preparados para coroas totais. Os preparos foram padronizados com 4 mm de altura e 8° de expulsividade, sendo as coroas fundidas com liga de níquel-cromo (Durabond Universal). Os 45 corpos-de-prova obtidos foram divididos em três grupos de 15 unidades e nove subgrupos de cinco espécimes cada. O Grupo 1 não recebeu cimentação temporária, enquanto os grupos 2 e 3 foram submetidos a fixação provisória, respectivamente, com cimentos de óxido de zinco com ou sem eugenol (Temp Bond ou Temp Bond NE). Após 24 horas, foi feita a remoção das coroas provisórias e os subgrupos A, B, e C receberam a fixação definitiva com cimentos de fosfato de zinco (Cimento de Zinco), de ionômero de vidro (3M), ou resinoso de dupla polimerização (Porcelite – Optibond). Uma carga de 15 kg foi utilizada na fixação das coroas, sendo os espécimes submetidos a 150 ciclos entre 5 e 60 °C, após 24 horas de armazenagem em soro fisiológico a 37 °C. Os ensaios de remoção, por tração, foram realizados em máquina Wolpert (6 mm/min), sendo a carga registrada em kg relacionada à área dos preparos. Os cimentos temporários não influenciaram na resistência retentiva dos cimentos definitivos. A resistência retentiva (kg/cm<sup>2</sup>) do

cimento de ionômero de vidro (20,379) foi estatisticamente superior às dos cimentos de fosfato de zinco (12,445) e resinoso (8,082), que foram similares.

YIM *et al.*, em 2000, avaliaram a influência de dois dessensibilizadores de dentina na resistência da união de coroas totais fixadas com quatro agentes cimentantes. Foram confeccionados preparos padronizados para coroas totais em molares humanos extraídos, sendo as respectivas peças protéticas fundidas com liga metálica básica (Rexillum III). Os agentes cimentantes avaliados foram um cimento resinoso (Panavia 21), dois cimentos de ionômero de vidro (Ketac Cem, Fuji II), e um cimento de fosfato de zinco (Fleck's), todos utilizados após a aplicação ou não de um dos dois agentes dessensibilizadores (All-Bond 2, Gluma Desensitizer) sobre os preparos em dentina. Os ensaios de tração das coroas foram feitos com máquina universal (1,27 mm/min), após 48 horas de armazenagem em ambiente com 100 % de umidade relativa e temperatura de 26 °C. O cimento resinoso proporcionou resistência retentiva estatisticamente superior às dos cimentos de ionômero de vidro, sendo todos superiores ao cimento de fosfato de zinco. A resistência retentiva das coroas fixadas sobre a dentina pré-tratada variou de acordo com os agentes cimentantes e dessensibilizadores utilizados.

MITCHELL *et al.*, em 2000, compararam a resistência retentiva e o provável período de duração da união de coroas totais fixadas com cinco agentes cimentantes. O experimento "in vitro" foi realizado com ensaios de tração de coroas de níquel-cromo (Talladium V) fixadas em pré-molares extraídos. Foram avaliados um cimento de fosfato de zinco (Zinc Phosphate), dois cimentos de ionômero de vidro convencionais (Ketac Cem, Ketac Cem Maxicap), um cimento de ionômero de

vidro modificado por resina (Fuji Duet), e um cimento resinoso (Scotchbond Resin Cement). A remoção das coroas foi realizada em máquina com velocidade de 10 mm/min, após 24 horas de armazenagem em água destilada. A análise estatística através do teste de Mann-Whitney demonstrou que os cimentos resinoso e de ionômero de vidro modificado por resina proporcionaram resistências retentivas similares, e superiores às dos cimentos de fosfato de zinco e de ionômero de vidro convencional, que também apresentaram resultados semelhantes. A estatística de Weibull, por outro lado, demonstrou similaridade entre os períodos de duração da união das coroas fixadas com cimentos resinoso e de fosfato de zinco, sendo ambos superiores aos cimentos de ionômero de vidro.

### 3. PROPOSIÇÃO

Em virtude da carência de informações relacionadas à influência da textura de superfície das ligas metálicas na resistência da união dos cimentos atualmente disponíveis para fixação de peças protéticas, o propósito deste estudo foi avaliar: 1 - o efeito de quatro tratamentos de superfície realizados em uma liga de paládio-prata (bruto de fundição; jato de óxido de alumínio malha 320; jato de óxido de alumínio malha 60; e jato de micro esferas de vidro malha 270) na resistência da união ao cisalhamento de três agentes cimentantes (cimento de fosfato de zinco Cimento de Zinco, SS White; cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer, 3M; e cimento resinoso Rely X, 3M); 2 - a relação entre a rugosidade de superfície da liga metálica submetida aos quatro tratamentos e a resistência da união obtida com os três agentes cimentantes; 3 - o tipo de falha resultante do ensaio da resistência da união ao cisalhamento.

## 4. MATERIAIS E MÉTODO

### Delineamento experimental

Na primeira etapa da fase experimental, foram confeccionadas fundições padronizadas, em forma de disco, com liga de paládio-prata. Na etapa seguinte, as fundições, agrupadas em pares, foram submetidas a quatro tratamentos de superfície, perfazendo quatro grupos. Dez espécimes de cada grupo tiveram a rugosidade média avaliada e dois exemplares de cada tratamento foram preparados para observação com microscopia eletrônica de varredura. Na seqüência, as fundições de cada grupo foram divididas em três sub-grupos, para serem fixadas aos pares, através das superfícies circulares tratadas, com três agentes cimentantes. Os ensaios da resistência da união ao cisalhamento foram realizados após 24 horas de armazenagem, e com método semelhante ao descrito por BUTTON *et al.* (1985).

### Obtenção dos corpos-de-prova

Inicialmente, foram obtidos os padrões para fundição, com 5 mm de diâmetro por 2 ou 5 mm de espessura. Para isso, foram confeccionadas, com torno mecânico (Riosulense), duas matrizes de aço inoxidável, com as dimensões

citadas, sendo realizado o polimento seqüencial de uma das faces circulares de cada matriz, com lixas de granulação 180, 320, 400 e 600. Após a fixação com cera, através das superfícies não polidas, a uma placa de vidro, as matrizes foram moldadas com silicona por adição (Express – 3M), contida em moldeiras de resina acrílica (Jet – Clássico). Decorrida a polimerização, os moldes foram removidos e a cera liquefeita (Pason) para fundições vertida no interior dos mesmos, sendo o procedimento repetido para a confecção de cada padrão. Após a remoção dos moldes, os padrões de cera foram adaptados, em grupos de 10 unidades, a formadores do canal de alimentação montados em bases formadoras do cadinho (labordental). Concluída a aplicação de umectante (Waxit - Degussa), as bases foram adaptadas nos anéis de silicone, para fundição (labordental).

Em seguida, o revestimento à base de fosfato de magnésio e amônia (Biosinte - Degussa), espatulado de acordo com as orientações do fabricante e em espatulador mecânico a vácuo (Multivac - Degussa), foi vertido no interior dos anéis, sob vibração. Decorridos 120 minutos, as bases formadoras do cadinho e os anéis de silicone foram removidos, e os cilindros de revestimento colocados no forno de fundição à temperatura ambiente, com pré-aquecimento lento até 300 °C (eliminação da cera). Após a manutenção nessa temperatura por 60 minutos, foram aquecidos a 900 °C, e assim permaneceram por mais 60 minutos (MILAN *et al.*, 1997). As fundições foram feitas com liga de paládio-prata (Pors-on 4 - Degussa), fundida com chama de maçarico gás-oxigênio (White Martins), em máquina centrífuga de fundições (Motorcast - Degussa), acionada durante 15 segundos.

Após o esfriamento do revestimento à temperatura ambiente, as peças fundidas foram removidas, e os pinos correspondentes aos condutos de alimentação separados com discos de carboneto de silício. Na seqüência, as peças foram limpas manualmente e em ultra-som com água, durante 12 minutos.

## Tratamento de superfície das fundições

As fundições foram inicialmente agrupadas em pares, cada um contendo uma peça obtida a partir dos padrões com 2 mm de espessura e outra a partir dos padrões com 5 mm de espessura (Figura 4.1). Em seguida, os pares foram separados em quatro grupos de 30 cada. Nos quatro grupos foi realizado, nas faces circulares opostas às correspondentes aos condutos de alimentação, um dos seguintes tratamentos: 1 - bruto de fundição (controle), 2 – aplicação de jato de óxido de alumínio malha 320 (Pason), 3 – aplicação de jato de óxido de alumínio malha 60 (Pason), 4 – aplicação de jato de micro esferas de vidro malha 270 (Potters). A aplicação dos jatos de óxido de alumínio e de micro esferas de vidro foi feita com pressão de  $5 \text{ kgf/cm}^2$  (BUTTON *et al.*, 1985), durante 30 segundos (Oxyker Dry – Flli Manfredi). Na seqüência, as fundições foram limpas em ultra-som (Thornton T 1425 - Unique) com água, durante 5 minutos.

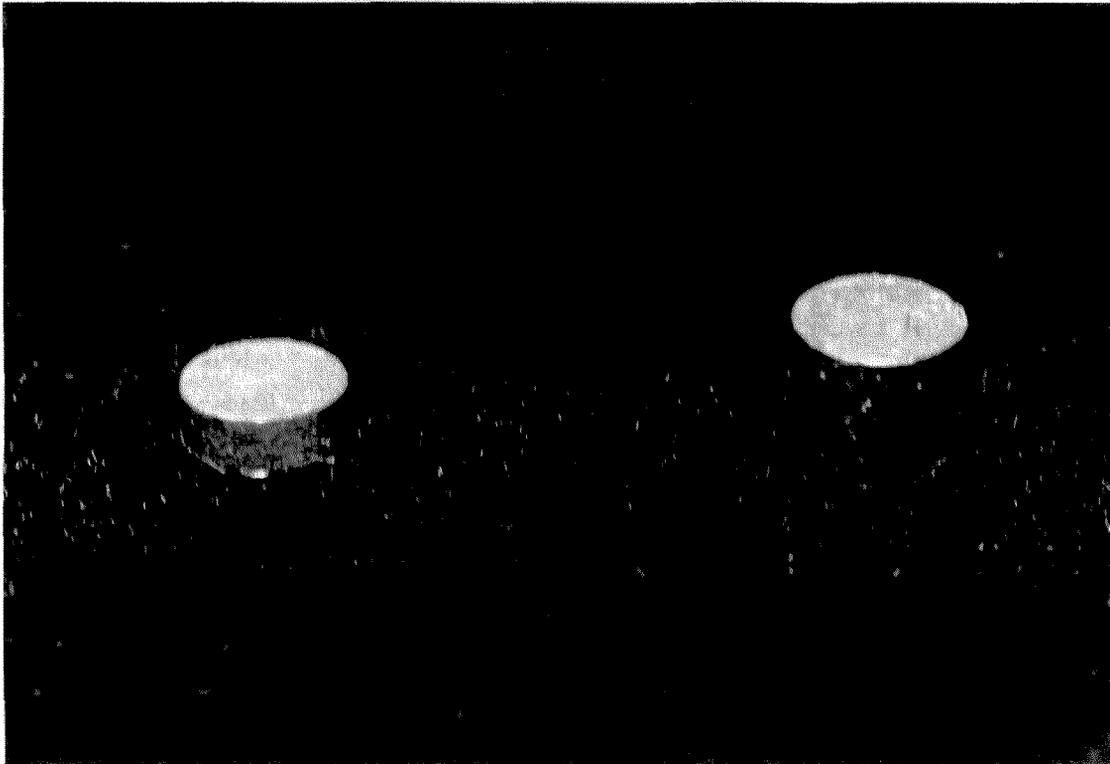


Figura 4.1 – Fundições obtidas a partir dos padrões com 2 e 5 mm de espessura.

## Avaliação da rugosidade

De cada grupo, foram selecionadas, aleatoriamente, 10 fundições para leitura da rugosidade média ( $R_a$ ) das faces tratadas. No procedimento, as fundições, obtidas a partir dos padrões com 5 mm de espessura, foram adaptadas a uma base metálica circular, com 20 mm de diâmetro externo, 12 mm de altura, 5,05 mm de diâmetro interno e dois parafusos laterais (Figura 4.2). O posicionamento foi feito de modo que a face tratada ficasse ligeiramente acima da superfície da base (Figura 4.3). Em seguida, o conjunto foi posicionado no rugosímetro (Surfcorder SE 1700 – Kosakalab), sendo realizada a leitura, que correspondeu a média aritmética

entre picos e vales da superfície percorrida pelo aparelho (Ra). Foram feitas quatro leituras de cada face circular, com a agulha percorrendo o centro geométrico da superfície, com 0,8 mm de "cut-off" (filtragem), em quatro posições diferentes, conseguidas com um giro de 45° nos espécimes (FERREIRA, 1999), o que totalizou 3,2 mm por leitura e 12,8 mm por superfície avaliada.

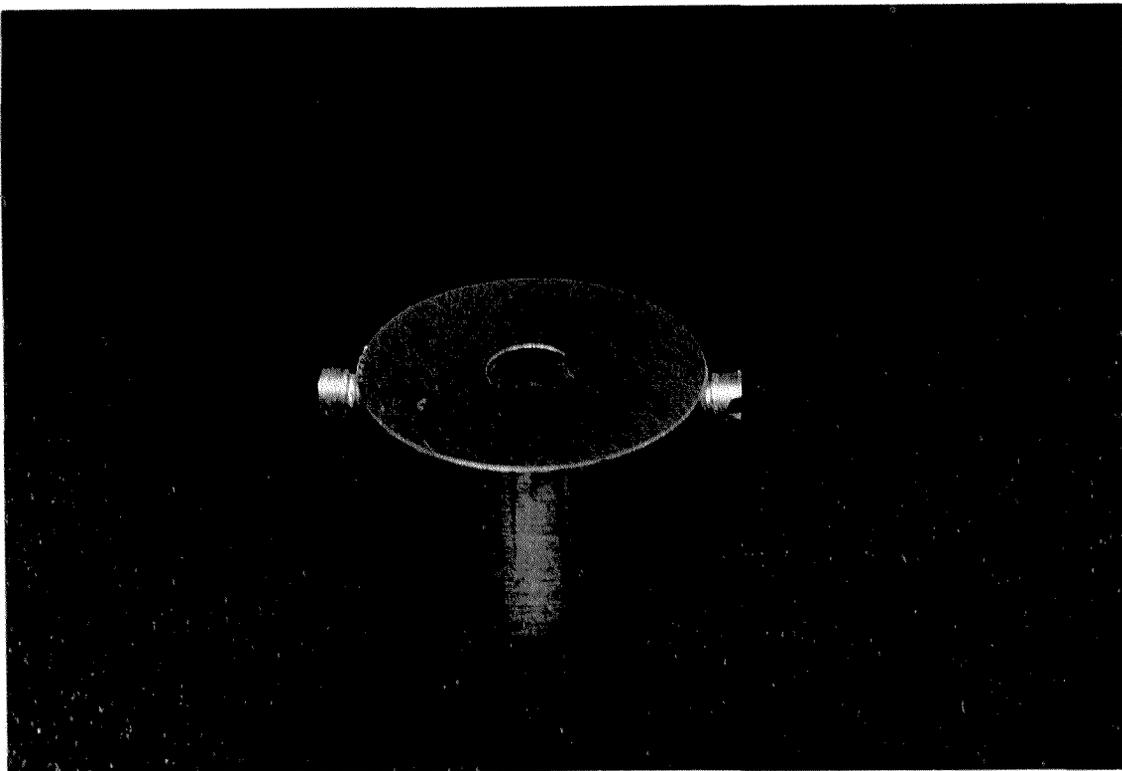


Figura 4.2 – Base metálica circular utilizada nos procedimentos de leitura da rugosidade, fixação e cisalhamento das peças fundidas.

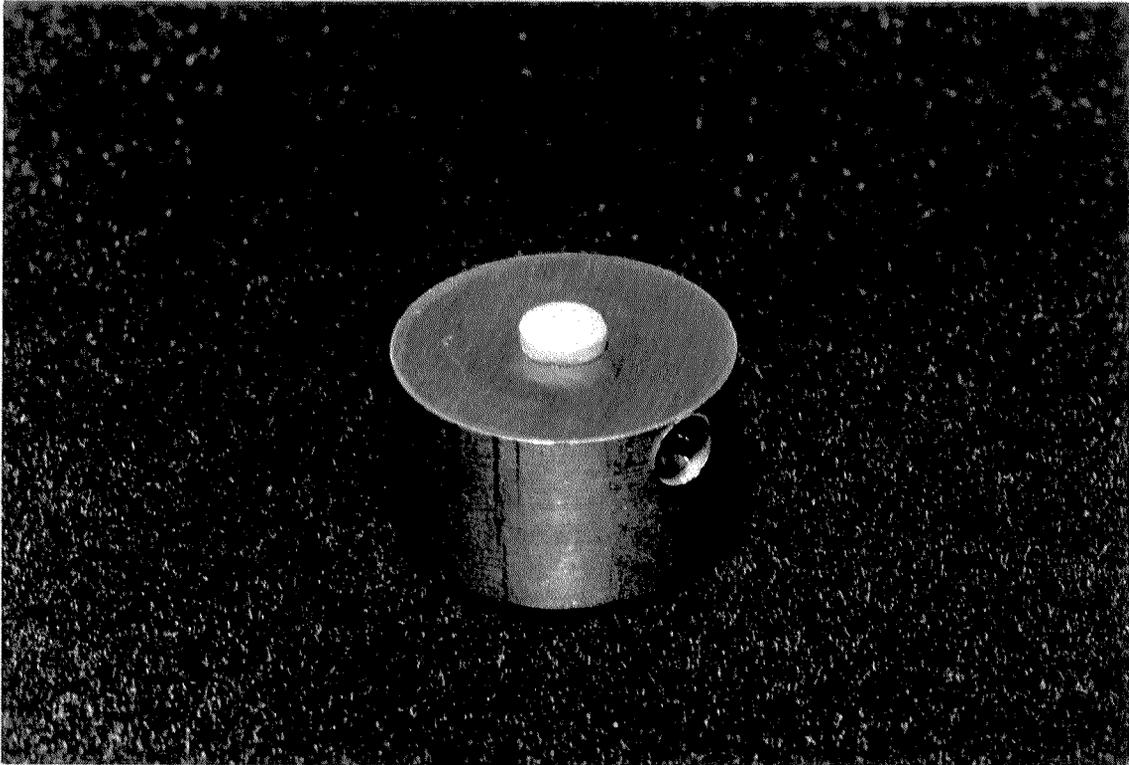


Figura 4.3 – Fundição adaptada à base metálica circular.

## Observação com microscopia eletrônica de varredura

As superfícies metálicas, submetidas aos quatro tratamentos, foram observadas com microscopia eletrônica de varredura (MEV), sendo, para isso, confeccionados dois exemplares para cada grupo. Os espécimes, obtidos com técnica de fundição e de tratamento de superfície anteriormente descritos, foram adaptados em bases metálicas (stubs), sendo feita a metalização (Sputter Coater SCD 050 – Balzers), seguida da observação com MEV (Zeiss DSM 940), operado em alto vácuo, com 200 e 500 x de aumento.

## Fixação das fundições

Na etapa seguinte, os 30 pares de fundições de cada grupo foram divididos em três sub-grupos de 10 unidades cada. Nesses três sub-grupos, as fundições foram fixadas aos pares, através das superfícies circulares tratadas, com um dos seguintes agentes cimentantes: A – cimento de fosfato de zinco, B – cimento de ionômero de vidro modificado por resina, C – cimento resinoso (Quadro I).

A manipulação dos agentes cimentantes e a fixação das fundições foram realizadas em ambiente com temperatura e umidade controladas ( $23 \pm 1$  °C e  $50 \pm 1$  %) e de acordo com as orientações dos fabricantes (quadros III, V e VII). Para a fixação, foi utilizada a mesma base metálica circular utilizada na avaliação da rugosidade média. Portanto, após o posicionamento individual de cada fundição na base, de modo similar ao já descrito, o agente cimentante recém-espaturado foi aplicado na superfície tratada da fundição correspondente, que foi assentada sobre a peça adaptada na base, sendo utilizados dois suportes laterais para impedir a movimentação das fundições. Na seqüência, o conjunto foi colocado em uma prensa pneumática, desenvolvida na Disciplina de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (UNICAMP) (Figura 4.4), com carga de 5 kgf (RUBO & PEGORARO, 1995), aplicada axialmente sobre a superfície superior do conjunto, durante 10 minutos (Figura 4.5). Após a remoção dos excessos dos agentes cimentantes, as margens das fundições fixadas com cimento resinoso

foram fotopolimerizadas em duas posições opostas, durante 40 segundos cada, com aparelho (XL 2500 – 3M) com intensidade de luz de 550 miliwatts por centímetro quadrado (mW/cm<sup>2</sup>), previamente aferida. Na seqüência, os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37 °C, durante 24 horas (ADABO *et al.*, 1990).

QUADRO I – Divisão em grupos, segundo interação agente cimentante-tratamento de superfície

| GRUPO<br>SUB-GRUPO | REPETIÇÕES | TRATAMENTO                                  | AGENTE<br>CIMENTANTE            | MARCA COMERCIAL  | FABRICANTE |
|--------------------|------------|---|---------------------------------|------------------|------------|
| 1 A                | 10         | Bruto de fundição                           | Fosfato de zinco                | Cimento de Zinco | SS White   |
| 1 B                | 10         | Bruto de fundição                           | Ionômero de vidro<br>modificado | Vitremer         | 3M         |
| 1 C                | 10         | Bruto de fundição                           | Resinoso                        | Rely X           | 3M         |
| 2 A                | 10         | Jato de óxido de<br>alumínio malha 320      | Fosfato de zinco                | Cimento de Zinco | SS White   |
| 2 B                | 10         | Jato de óxido de<br>alumínio malha 320      | Ionômero de vidro<br>modificado | Vitremer         | 3M         |
| 2 C                | 10         | Jato de óxido de<br>alumínio malha 320      | Resinoso                        | Rely X           | 3M         |
| 3 A                | 10         | Jato de óxido de<br>alumínio malha 60       | Fosfato de zinco                | Cimento de Zinco | SS White   |
| 3 B                | 10         | Jato de óxido de<br>alumínio malha 60       | Ionômero de vidro<br>modificado | Vitremer         | 3M         |
| 3 C                | 10         | Jato de óxido de<br>alumínio malha 60       | Resinoso                        | Rely X           | 3M         |
| 4 A                | 10         | Jato de micro esferas<br>de vidro malha 270 | Fosfato de zinco                | Cimento de Zinco | SS White   |
| 4 B                | 10         | Jato de micro esferas<br>de vidro malha 270 | Ionômero de vidro<br>modificado | Vitremer         | 3M         |
| 4 C                | 10         | Jato de micro esferas<br>de vidro malha 270 | Resinoso                        | Rely X           | 3M         |

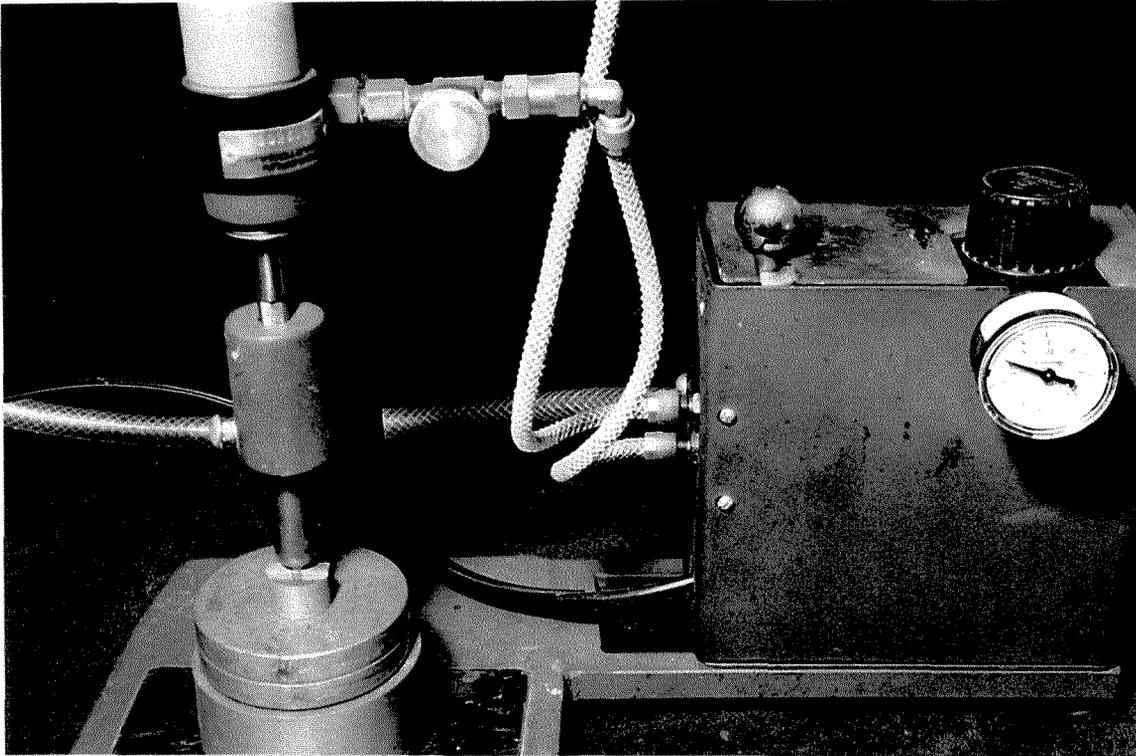


Figura 4.4 – Prensa pneumática utilizada na fixação das fundições.

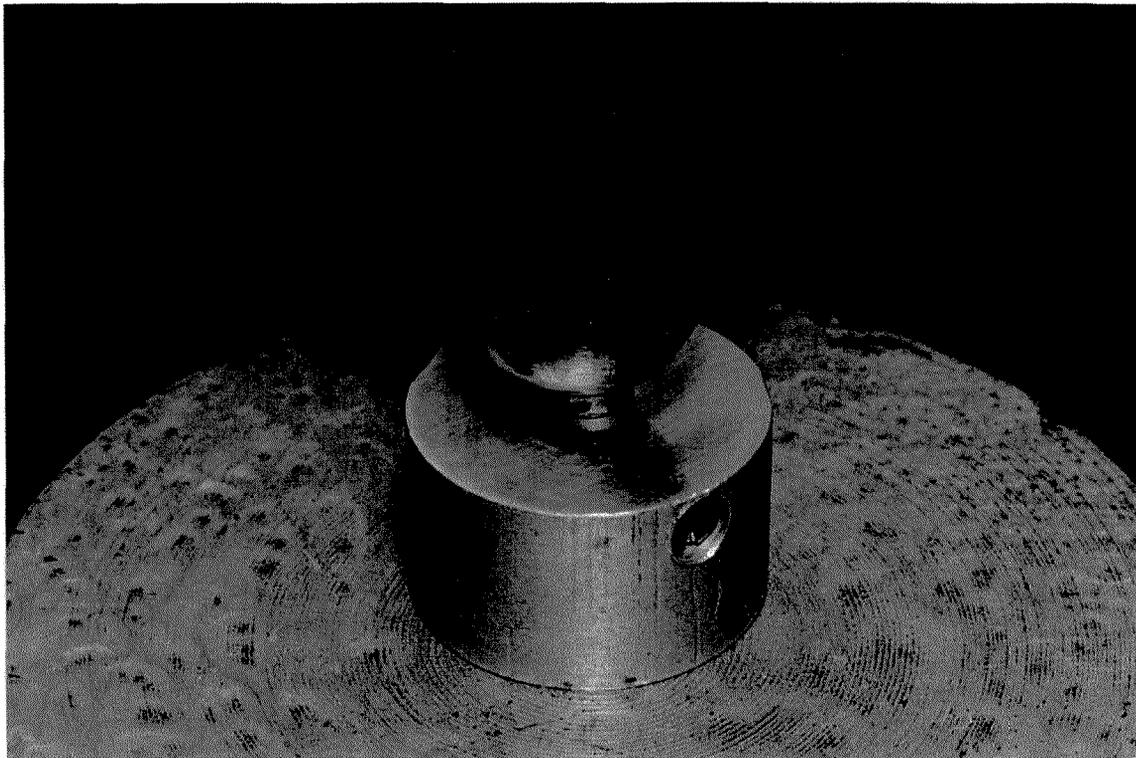


Figura 4.5 – Fixação das fundições na prensa pneumática.

## Ensaio de cisalhamento

Os ensaios de cisalhamento foram realizados, após 24 horas de armazenagem, em máquina Instron (modelo 4411), com ponta em forma de cinzel e velocidade de 1 mm/min. Para a realização dos testes, os corpos-de-prova foram adaptados na mesma base metálica circular, de modo que a linha de cimentação ficasse visível (Figura 4.6). Em seguida, cada conjunto foi, individualmente, posicionado no orifício da matriz acoplada à máquina de testes (figuras 4.7 e 4.8), sendo realizado o ensaio. Os resultados foram registrados em quilogramas-força (kgf), sendo relacionados à área ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ ) e convertidos para megapascals (MPa) (Apêndice). Após a ruptura das amostras, as superfícies foram observadas com lupa estereoscópica, para verificação do tipo de falha, e um espécime representativo de cada tratamento de superfície foi observado com microscopia eletrônica de varredura, com 18 x de aumento, de modo similar ao anteriormente descrito. Os valores das cargas necessárias ao deslocamento das fundições e os de rugosidade média foram submetidos à análise estatística (Apêndice).

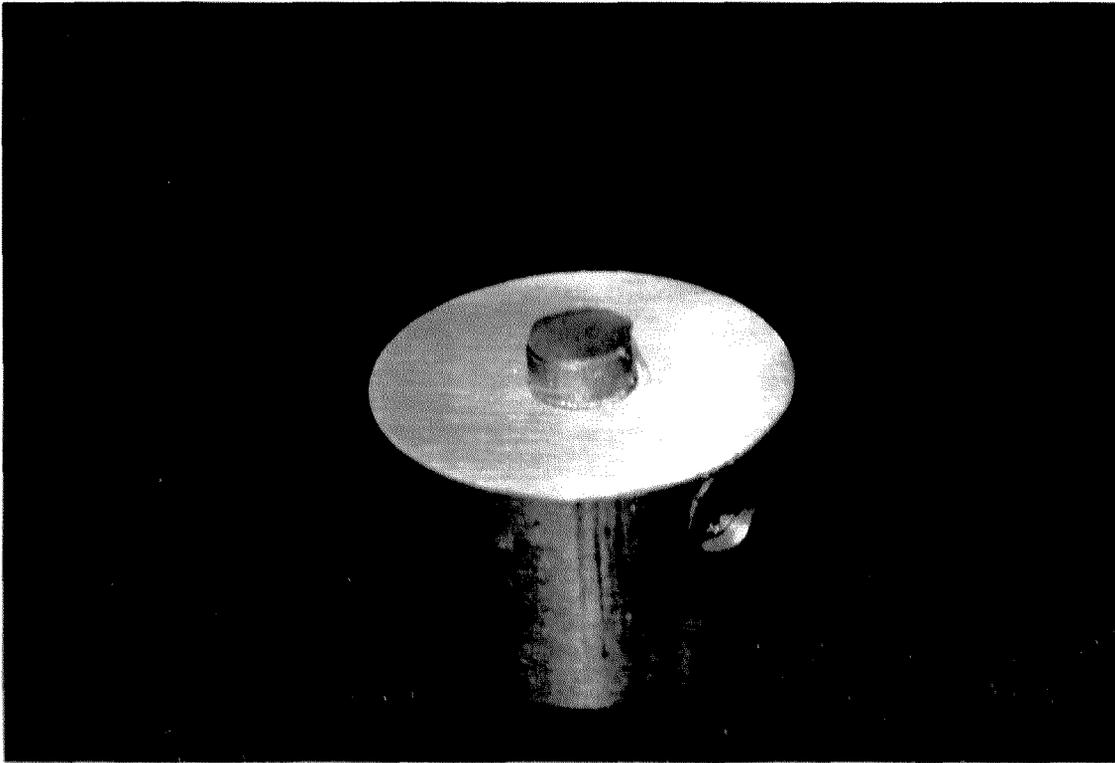


Figura 4.6 – Corpo-de-prova posicionado na base circular para realização do ensaio.

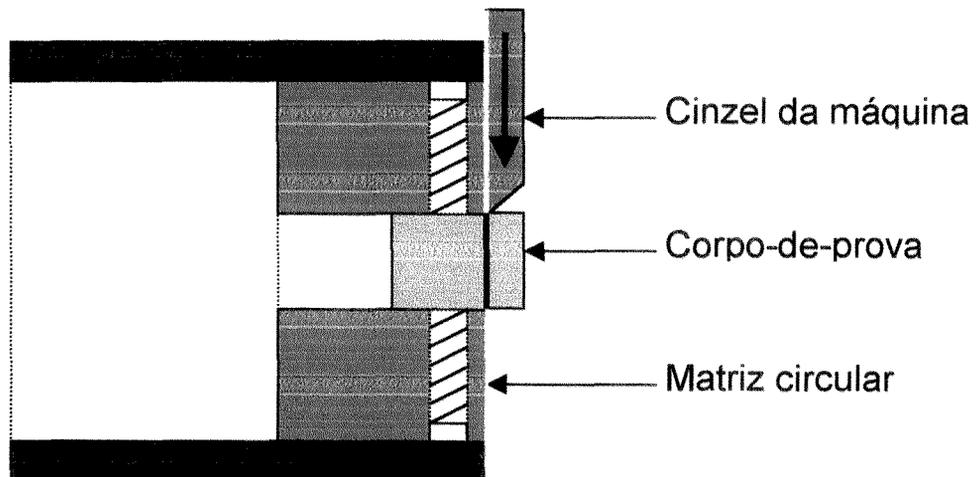


Figura 4.7 – Desenho esquemático do corpo-de-prova sendo submetido ao ensaio.

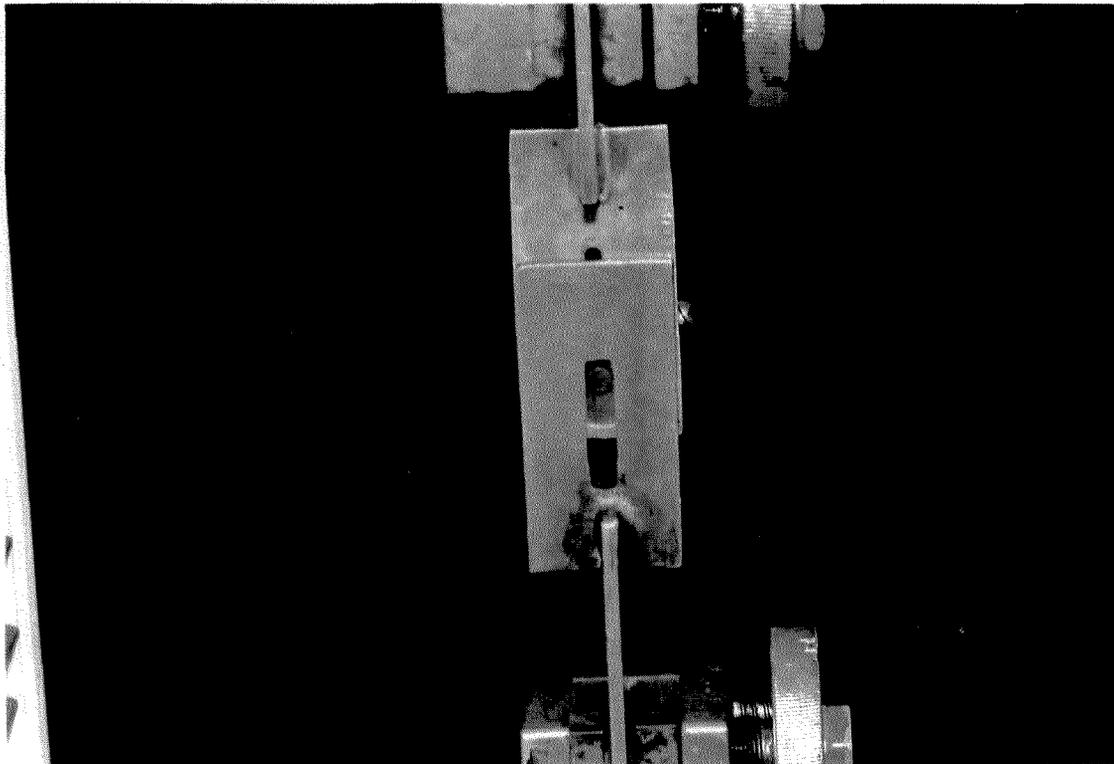


Figura 4.8 – Ensaio de cisalhamento em máquina Instron.

Nos quadros II, IV e VI, são apresentadas as composições de cada agente cimentante, sendo as respectivas instruções para manipulação e aplicação descritas nos quadros III, V, e VII.

QUADRO II – Composição de um cimento de fosfato de zinco\*.

|         |  |
|---------|--|
| Pó      | Óxido de zinco.<br>Óxido de magnésio.                                  |
| Líquido | Ácido fosfórico.<br>Água.<br>Fosfato de zinco.<br>Fosfato de alumínio. |

\* ANUSAVICE (1996).

QUADRO III – Instruções para manipulação e fixação com cimento de fosfato de zinco Cimento de Zinco (SS White).

|                      |   |
|----------------------|---|
| 1 – Acessórios       | Placa de vidro.<br>Espátula nº 24.<br>Medidor de pó (fabricante).             |
| 2 – Proporcionamento | Uma medida de pó (menor)/ 4 gotas de líquido.                                 |
| 3 – Espatulação      | 1 minuto e 30 Segundos.   |
| 4 – Aplicação        | Aplicação do cimento às superfícies metálicas.<br>Superfícies limpas e secas. |
| 5 – Assentamento     | 10 minutos com carga de 5 kgf.  |

QUADRO IV – Composição do cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer (3M)\*.

|         |  |
|---------|--|
| Pó      | Vidro de silicato de flúor-alumínio radiopaco.<br>Persulfato de potássio (micro-encapsulado).<br>Ácido ascórbico (micro-encapsulado).<br>Opacificador. |
| Líquido | Água.<br>Ácido policarboxílico com metacrilatos pendentos.<br>Hidroxietilmetacrilato (HEMA).<br>Ácido tartárico.                                       |

\* VITREMER, Perfil Técnico do Produto – 3M.

QUADRO V – Instruções para manipulação e fixação com cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer (3M).

|                      |   |
|----------------------|---|
| 1 – Acessórios       | Bloco para aglutinação.<br>Espátula nº 24.<br>Medidor de pó (fabricante).   |
| 2 – Proporcionamento | 3 medidas de pó/ 3 gotas de líquido.  |
| 3 – Aglutinação      | 30 segundos.  |
| 4 – Aplicação        | Aplicação às superfícies metálicas.<br>Superfícies limpas, evitando a secagem excessiva.<br>Tempo de trabalho de 2 minutos e 30 segundos. |
| 5 – Assentamento     | 10 minutos com carga de 5 kgf.  |

QUADRO VI – Composição do cimento resinoso Rely X\*.

|               |  |
|---------------|--|
| Pasta A       | Bisfenol A diglicidil eter dimetacrilato (Bis-GMA).<br>Trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA).<br>Carga de zircônia e sílica (68 %).<br>Fotoiniciador.<br>Amina ativadora.<br>Pigmentos. |
| Pasta B       | Bisfenol A diglicidil eter dimetacrilato (Bis-GMA).<br>Trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA).<br>Carga de zircônia e sílica (67 %).<br>Peróxido de benzoila.                            |
| Primer Silano | Solução pré-hidrolisada de silano.<br>Álcool.<br>Água.   |

\* Rely X, Perfil Técnico do Produto – 3M.

QUADRO VII – Instruções para manipulação e fixação com Cimento resinoso Rely X (3M).

|                        |  |
|------------------------|--|
| 1 – Acessórios         | Bloco para espatulação.<br>Espátula plástica.<br>Pincéis.  |
| 2 – Seqüência          | Aplicação do silano e secagem (5 segundos).<br>Mistura e aplicação do cimento de resina à superfície metálica. |
| 2 – Proporcionalamento | Quantidades iguais.  |
| 3 – Espatulação        | 10 segundos.   |
| 4 – Aplicação          | Tempo de trabalho de 3,5 minutos.  |
| 5 – Assentamento       | 10 minutos com carga de 5 kgf (tempo de presa de 6,5 minutos).   |
| 7 – Fotopolimerização  | 40 segundos em cada margem.  |

\* Considerada apenas as superfícies metálicas internas de uma prótese.

## 5. RESULTADOS

Os valores médios da resistência da união ao cisalhamento, em megapascals (MPa), são apresentados nas tabelas e figuras a seguir. Os valores foram submetidos à análise de variância, sendo as médias transformadas, segundo  $\log(x + 0)$ , para aplicação do teste de Tukey, em nível de 5 % de probabilidade (Apêndice). Nas tabelas 5.1, 5.2, e 5.3, são apresentados os valores médios originais das fundições fixadas, respectivamente, com os cimentos de fosfato de zinco, de ionômero modificado por resina, e resinoso, após cada tratamento de superfície. Nas figuras 5.1, 5.2, e 5.3, esses dados são representados através de ilustração gráfica. Nas tabelas 5.4, 5.5, 5.6, e 5.7, são apresentados os valores médios originais das fundições fixadas com os três agentes cimentantes, respectivamente, na condição de bruto de fundição, após aplicação do jato de óxido de alumínio malha 320, após aplicação do jato de óxido de alumínio malha 60, e após aplicação do jato de micro esferas de vidro malha 270. Nas figuras 5.4, 5.5, 5.6, e 5.7, esses dados são representados através de ilustração gráfica. Na Tabela 5.8, são apresentados os valores da rugosidade média ( $R_a$ ) da liga metálica submetida a cada tratamento de superfície, sendo a ilustração gráfica desses dados representada na Figura 5.8. Nas figuras 5.9, 5.10, 5.11, e 5.12, são apresentadas fotomicrografias das superfícies metálicas submetidas a cada tratamento. No Quadro VIII, são apresentados os tipos de falhas observadas após a realização dos ensaios, sendo as ilustrações, daquelas predominantes em cada tratamento de superfície, representadas nas fotomicrografias das figuras 5.13, 5.14, 5.15, e 5.16.

TABELA 5.1 – Valores médios da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com cimento de fosfato de zinco, após cada tratamento de superfície

| Grupo | Repetições | Tratamento de superfície         | Média (MPa) | Desvio padrão |
|-------|------------|----------------------------------|-------------|---------------|
| 1 A   | 10         | Bruto de fundição                | 1,77 b      | 0,51          |
| 2 A   | 10         | Óxido de alumínio malha 320      | 5,22 a      | 0,88          |
| 3 A   | 10         | Óxido de alumínio malha 60       | 4,03 a      | 0,78          |
| 4 A   | 10         | Micro esferas de vidro malha 270 | 1,59 b      | 0,44          |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

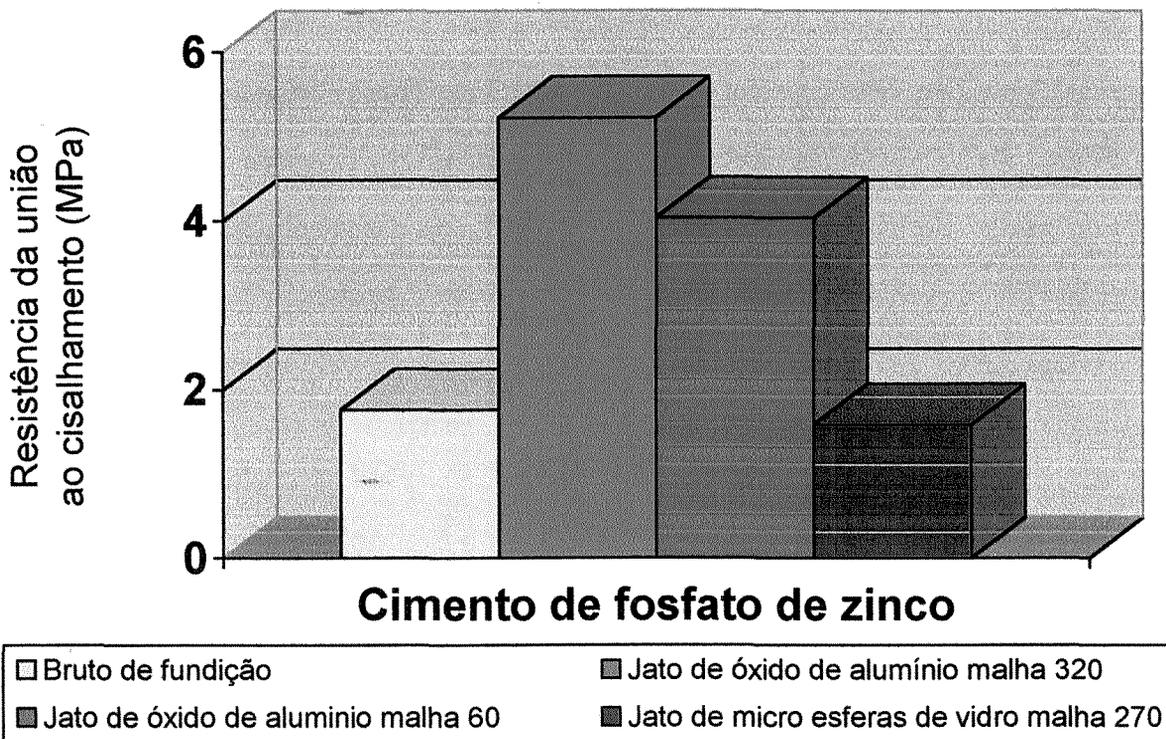


FIGURA 5.1 – Ilustração gráfica das médias da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com cimento de fosfato de zinco, após cada tratamento de superfície.

TABELA 5.2 – Valores médios da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com cimento de ionômero de vidro modificado por resina, após cada tratamento de superfície

| Grupo | Repetições | Tratamento de superfície         | Média (MPa) | Desvio padrão |
|-------|------------|----------------------------------|-------------|---------------|
| 1 B   | 10         | Bruto de fundição                | 3,18 b      | 1,42          |
| 2 B   | 10         | Óxido de alumínio malha 320      | 11,90 a     | 1,94          |
| 3 B   | 10         | Óxido de alumínio malha 60       | 11,41 a     | 2,69          |
| 4 B   | 10         | Micro esferas de vidro malha 270 | 2,24 b      | 0,71          |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

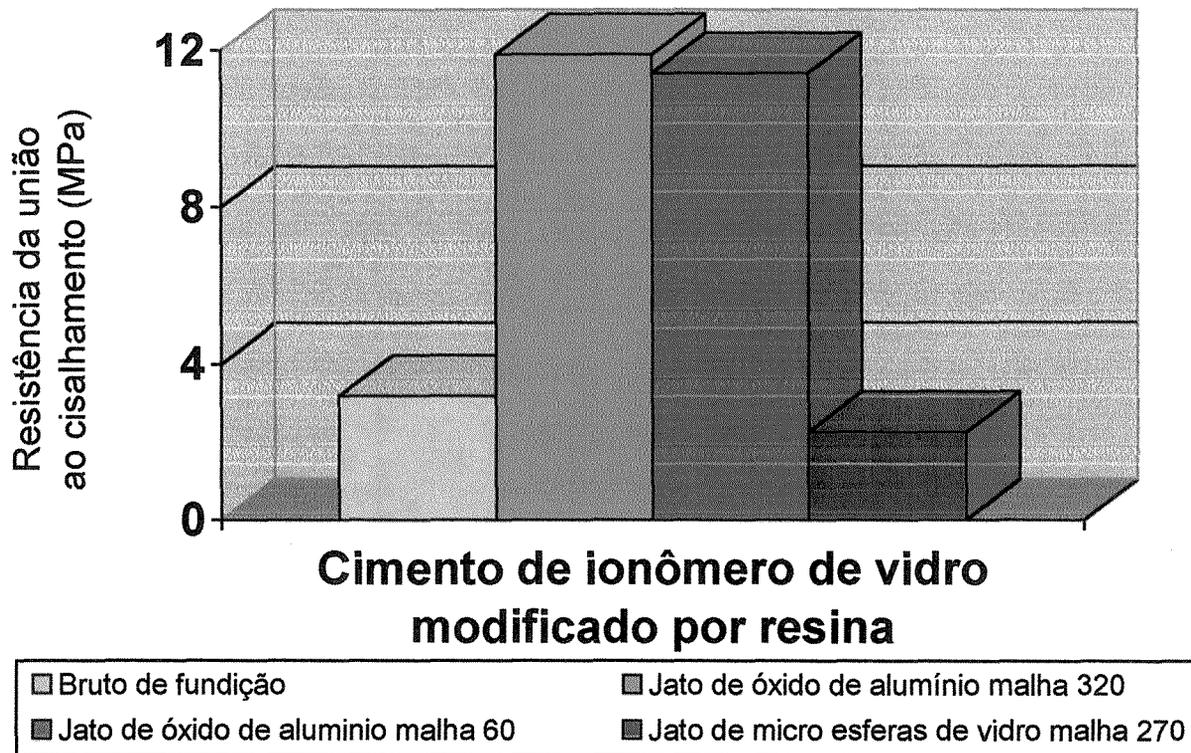


FIGURA 5.2 – Ilustração gráfica das médias da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com cimento de ionômero de vidro modificado por resina, após cada tratamento de superfície.

TABELA 5.3 - Valores médios da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com cimento resinoso, após cada tratamento de superfície

| Grupo | Repetições | Tratamento de superfície         | Média (MPa) | Desvio padrão |
|-------|------------|----------------------------------|-------------|---------------|
| 1 C   | 10         | Bruto de fundição                | 1,63 b      | 0,55          |
| 2 C   | 10         | Óxido de alumínio malha 320      | 16,29 a     | 3,94          |
| 3 C   | 10         | Óxido de alumínio malha 60       | 14,15 a     | 2,71          |
| 4 C   | 10         | Micro esferas de vidro malha 270 | 1,74 b      | 0,51          |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

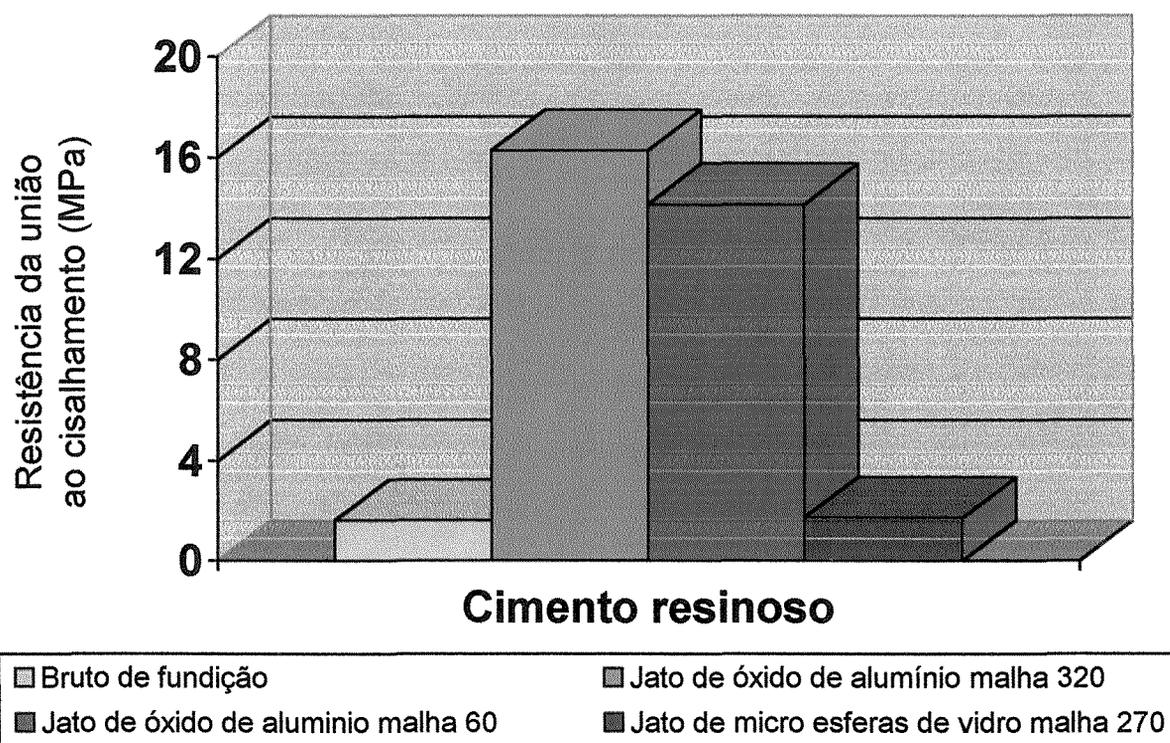


FIGURA 5.3 – Ilustração gráfica das médias da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com cimento resinoso, após cada tratamento de superfície.

TABELA 5.4 – Valores médios da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com os três agentes cimentantes, na condição de bruto de fundição

| Grupo | Repetições | Agente cimentante   | Média (MPa) | Desvio padrão |
|-------|------------|---------------------|-------------|---------------|
| 1 A   | 10         | Fosfato de zinco    | 1,77 b      | 0,51          |
| 1 B   | 10         | Ionômero modificado | 3,18 a      | 1,42          |
| 1 C   | 10         | Cimento resinoso    | 1,63 b      | 0,55          |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

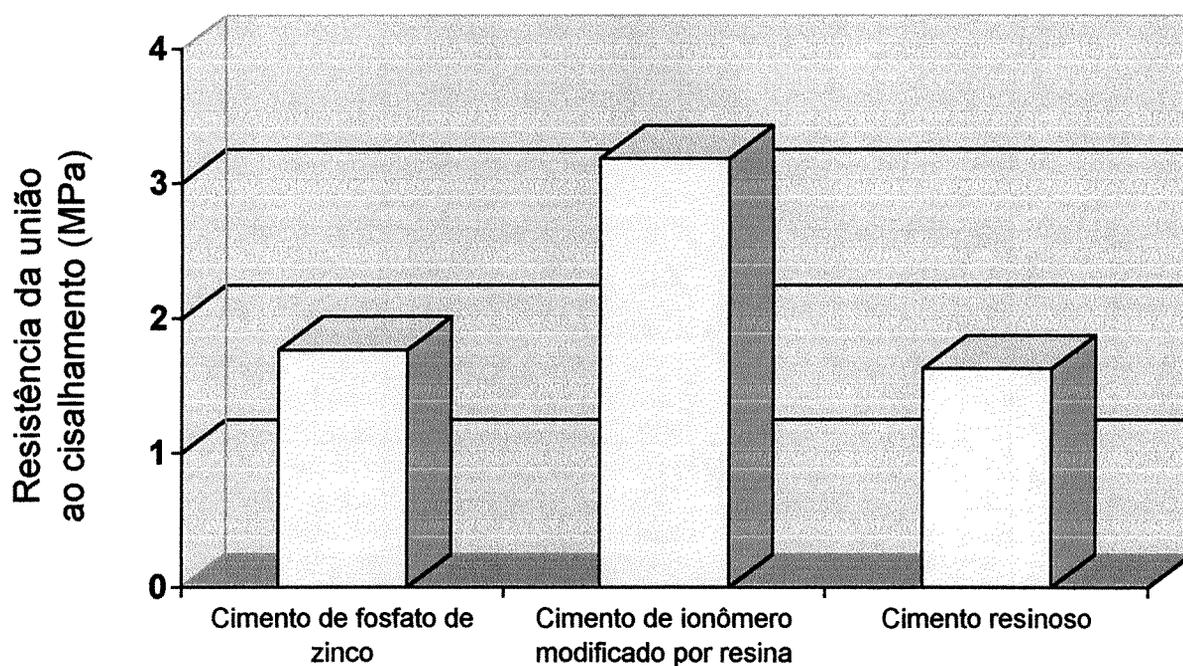


FIGURA 5.4 – Ilustração gráfica das médias da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com os três agentes cimentantes, na condição de bruto de fundição.

TABELA 5.5 - Valores médios da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com os três agentes cimentantes, após aplicação do jato de óxido de alumínio malha 320

| Grupo | Repetições | Agente cimentante   | Média (MPa) | Desvio padrão |
|-------|------------|---------------------|-------------|---------------|
| 2 A   | 10         | Fosfato de zinco    | 5,22 c      | 0,88          |
| 2 B   | 10         | Ionômero modificado | 11,90 b     | 1,94          |
| 2 C   | 10         | Cimento resinoso    | 16,29 a     | 3,94          |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

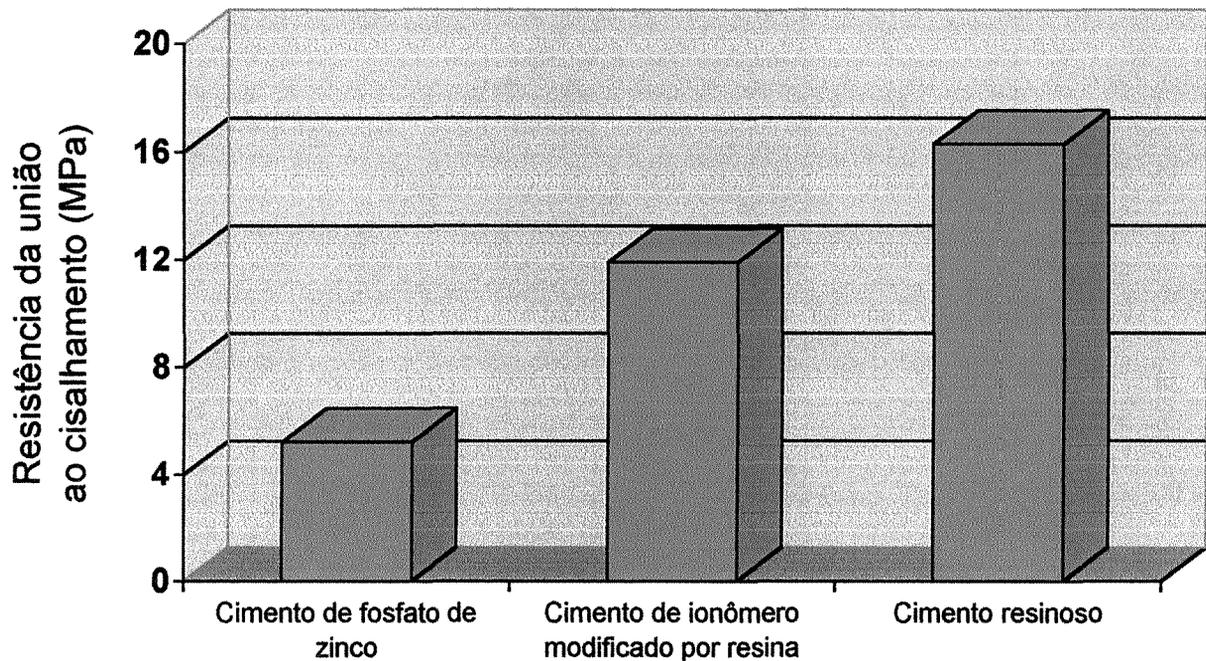


FIGURA 5.5 – Ilustração gráfica das médias da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com os três agentes cimentantes, após aplicação do jato de óxido de alumínio malha 320.

TABELA 5.6 - Valores médios da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com os três agentes cimentantes, após aplicação do jato de óxido de alumínio malha 60

| Grupo | Repetições | Agente cimentante   | Média (MPa) | Desvio padrão |
|-------|------------|---------------------|-------------|---------------|
| 3 A   | 10         | Fosfato de zinco    | 4,03 b      | 0,78          |
| 3 B   | 10         | Ionômero modificado | 11,41 a     | 2,69          |
| 3 C   | 10         | Cimento resinoso    | 14,15 a     | 2,71          |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

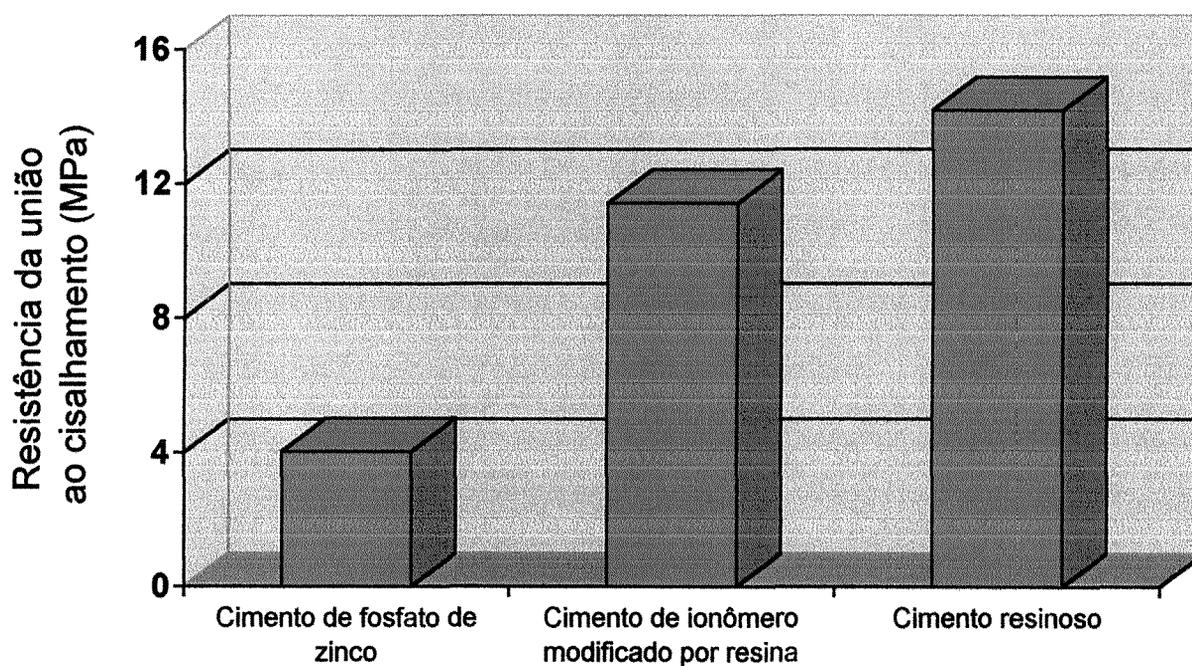


FIGURA 5.6 – Ilustração gráfica das médias da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com os três agentes cimentantes, após aplicação do jato de óxido de alumínio malha 60.

TABELA 5.7 - Valores médios da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com os três agentes cimentantes, após aplicação do jato de micro esferas de vidro malha 270

| Grupo | Repetições | Agente cimentante   | Média (MPa) | Desvio padrão |
|-------|------------|---------------------|-------------|---------------|
| 4 A   | 10         | Fosfato de zinco    | 1,59 b      | 0,44          |
| 4 B   | 10         | Ionômero modificado | 2,24 a      | 0,71          |
| 4 C   | 10         | Cimento resinoso    | 1,74 a b    | 0,51          |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

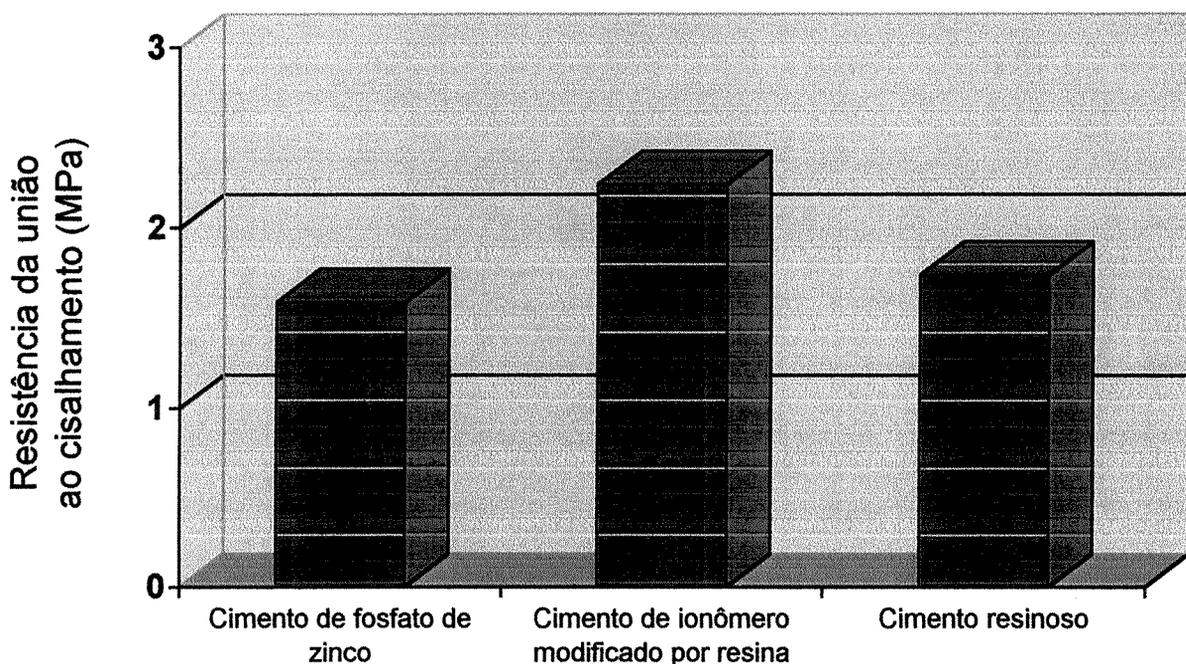


FIGURA 5.7 – Ilustração gráfica das médias da resistência da união ao cisalhamento (MPa), das fundições fixadas com os três agentes cimentantes, após aplicação do jato de micro esferas de vidro malha 270.

TABELA 5.8 – Valores da rugosidade média (Ra) da liga metálica submetida a cada tratamento de superfície

| Grupo | Repetições | Tratamento de superfície         | Rugosidade média(μm) |   | Desvio padrão |
|-------|------------|----------------------------------|----------------------|---|---------------|
| 1     | 10         | Bruto de fundição                | 1,582                | b | 0,336         |
| 2     | 10         | Óxido de alumínio malha 320      | 0,755                | c | 0,091         |
| 3     | 10         | Óxido de alumínio malha 60       | 2,630                | a | 0,300         |
| 4     | 10         | Micro esferas de vidro malha 270 | 0,525                | c | 0,089         |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

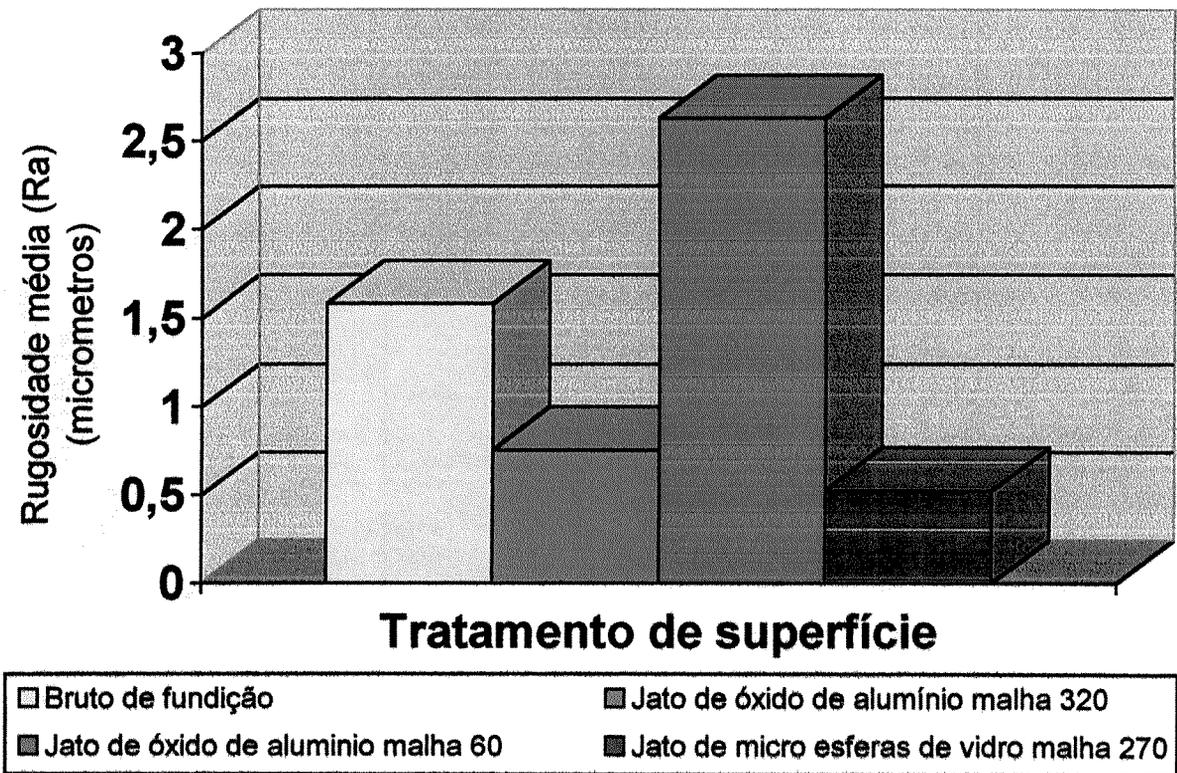
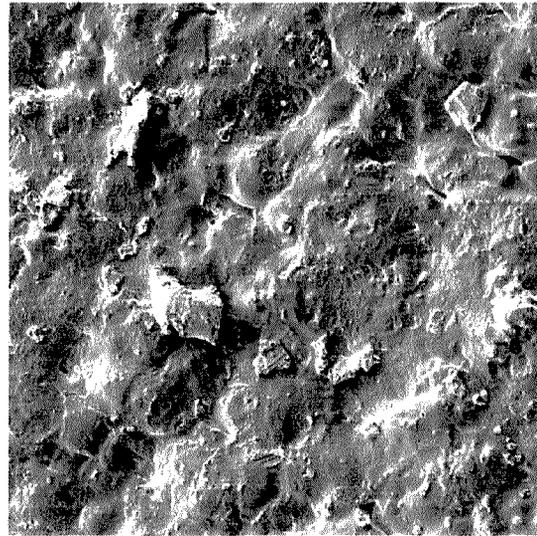


FIGURA 5.8 – Ilustração gráfica da rugosidade média (Ra) da liga metálica submetida a cada tratamento de superfície.

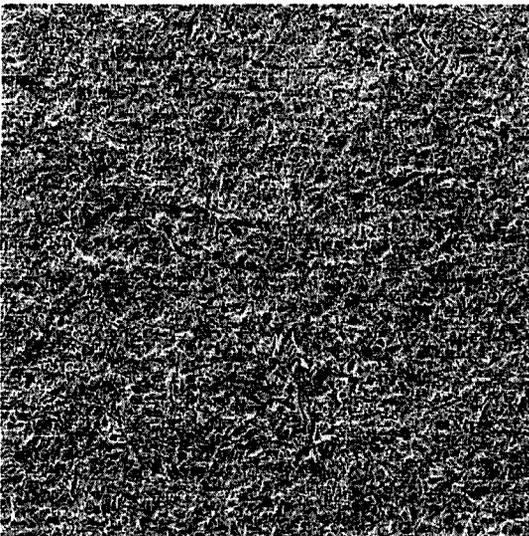


**A**

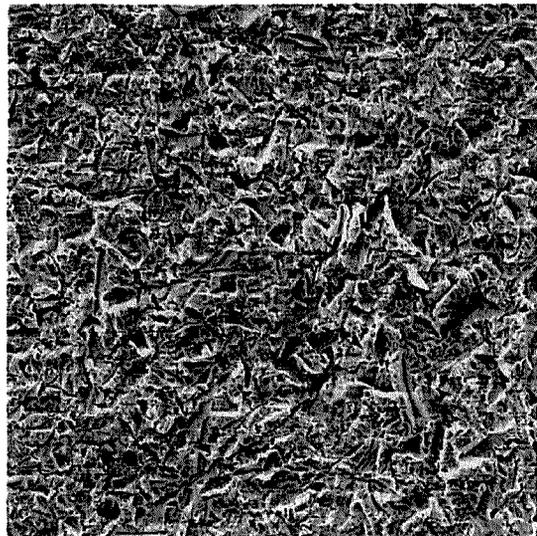


**B**

FIGURA 5.9 – Fotomicrografias da superfície da liga metálica na condição de bruto de fundição (A - aumento original de 200 x, B - aumento original de 500 x).

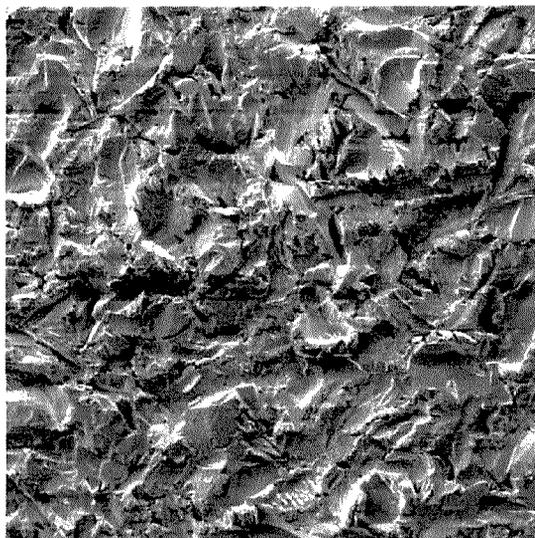


**A**

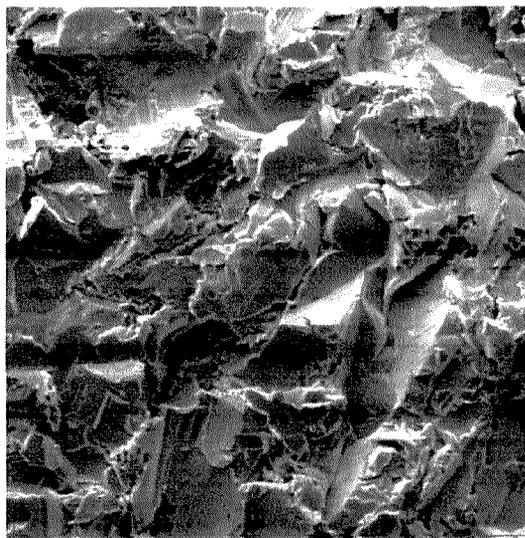


**B**

FIGURA 5.10 – Fotomicrografias da superfície da liga metálica submetida ao jato de óxido de alumínio malha 320 (A - aumento original de 200 x, B - aumento original de 500 x).

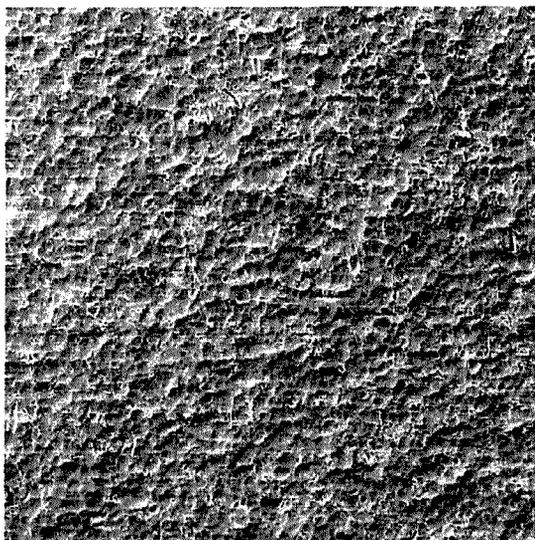


**A**

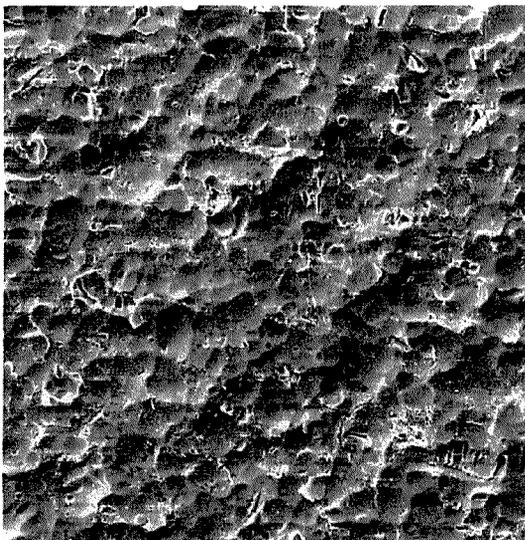


**B**

FIGURA 5.11 – Fotomicrografias da superfície da liga metálica submetida ao jato de óxido de alumínio malha 60 (A - aumento original de 200 x, B - aumento original de 500 x).



**A**



**B**

FIGURA 5.12 – Fotomicrografias da superfície da liga metálica submetida ao jato de micro esferas de vidro malha 270 (A - aumento original de 200 x, B - aumento original de 500 x).

QUADRO VIII – Tipos de falhas observadas após a realização dos ensaios

| TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE                 | AGENTE CIMENTANTE |   |          |
|--|-------------------|---|----------|
|  | Fosfato de zinco  | Ionômero de vidro modificado por resina | Resinoso |
| Bruto de fundição                        | 8 A               | 7 A                                     | 9 A      |
|  | 2 M               | 3 M                                     | 1 M      |
| Jato de óxido de alumínio malha 320      | 1 A               | 3 A                                     | 5 A      |
|  | 9 M               | 7 M                                     | 5 M      |
| Jato de óxido de alumínio malha 60       | 3 A               | 2 A                                     | 4 A      |
|  | 7 M               | 8 M                                     | 6 M      |
| Jato de micro esferas de vidro malha 270 | 9 A               | 9 A                                     | 10 A     |
|  | 1 M               | 1 M                                     |          |

A = adesiva cimento/metal, M = mista (adesiva e coesiva no cimento).



FIGURA 5.13 – Corpo-de-prova na condição de bruto de fundição, apresentando falha adesiva (aumento original de 18 x).

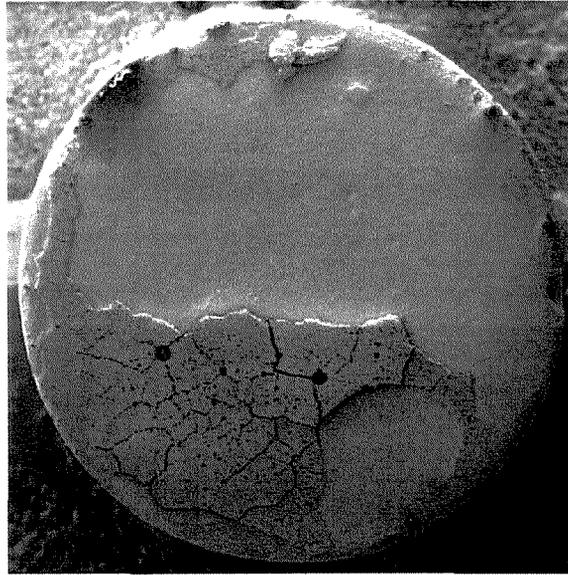


FIGURA 5.14 – Corpo-de-prova submetido ao jato de óxido de alumínio malha 320, apresentando falha mista (aumento original de 18 x).

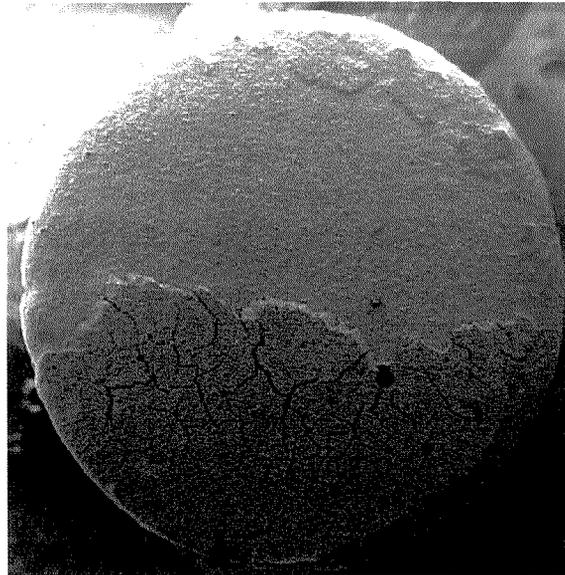


FIGURA 5.15 – Corpo-de-prova submetido ao jato de óxido de alumínio malha 60, apresentando falha mista (aumento original de 18 x).

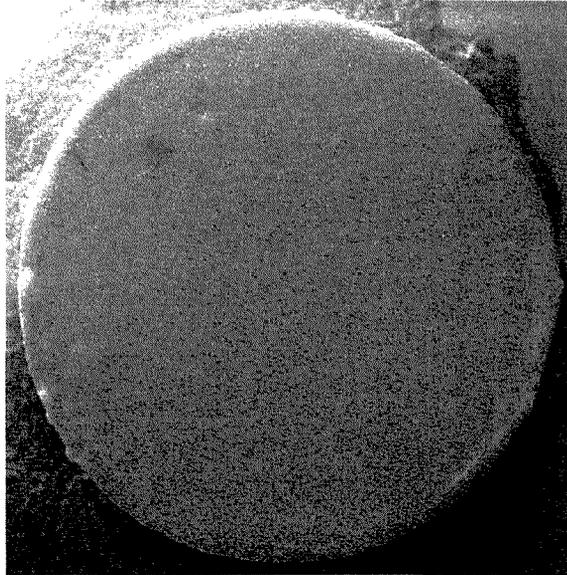


FIGURA 5.16 – Corpo-de-prova submetido ao jato de micro esferas de vidro malha 270, apresentando falha adesiva (aumento original de 18 x).

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Vários materiais têm sido utilizados e avaliados na fixação de peças protéticas, dentre eles o cimento de óxido de zinco e eugenol, que caiu em desuso em virtude do desempenho insatisfatório, como constatado nos estudos de GRIEVE (1969); NINA *et al.* (1975); HEMBREE JR. & COOPER JR. (1979); e ABELSON (1980); e o cimento de policarboxilato de zinco, desenvolvido por SMITH em 1968, que tem sido pouco utilizado em virtude do surgimento de materiais mais efetivos. Os agentes para fixação mais utilizados na atualidade são o cimento de fosfato de zinco, utilizado na odontologia desde 1880 (GRIEVE, 1969); o cimento de ionômero de vidro, idealizado por WILSON & KENT (1972) e avaliado como agente cimentante por WILSON *et al.* (1977), sendo posteriormente modificado por resina, como denominado por MCLEAN *et al.* (1994); e os cimentos resinosos, desenvolvidos a partir do surgimento da resina composta, com BOWEN em 1963.

Tem também despertado interesse os vários fatores que podem interferir na resistência retentiva de uma peça protética e nesse aspecto observa-se uma carência de informações em relação ao desempenho dos agentes cimentantes, atualmente disponíveis, aplicados sobre diferentes texturas de ligas metálicas. Este estudo, portanto, avaliou a influência de quatro tratamentos de superfície, realizados em uma liga de paládio-prata, na resistência da união de três agentes cimentantes. Optou-se pela metodologia da fixação e remoção de fundições, com ensaios de cisalhamento, de modo similar aos descritos por BUTTON *et al.* (1985) e ATTA *et al.* (1990).

A avaliação dos quatro tratamentos de superfície demonstrou que os jatos de óxido de alumínio malhas 320 ou 60 proporcionaram, com os três agentes de fixação, resistências de união estatisticamente superiores às das superfícies na condição de bruto de fundição ou submetidas ao jato de micro esferas de vidro malha 270, ocorrendo semelhança estatística entre estes dois últimos tratamentos (tabelas 5.1 a 5.3 e figuras 5.1 a 5.3). De acordo com informações do fabricante, os óxidos de alumínio malha 320 e malha 60 possuem, respectivamente, tamanhos de partícula de 45 e 250 micrometros. Apesar do aumento da resistência da união dos três agentes cimentantes aplicados sobre a liga metálica tratada com óxido de menor granulação, a análise estatística demonstrou similaridade entre os resultados proporcionados pelos dois tamanhos de partícula.

Os trabalhos de ADY & FAIRHURST (1973); LIN *et al.* (1990); DIXON *et al.* (1994); BREEDING & DIXON (1996); e VALLITTU & FORSS (1997), também relataram o bom desempenho dos cimentos aplicados em estruturas metálicas submetidas ao jato de óxido de alumínio, comparativamente a outros tratamentos de superfície. Neste aspecto, BUTTON *et al.* (1985) verificaram um melhor comportamento de um policarboxilato de zinco e de um ionômero de vidro nas superfícies submetidas ao óxido de menor granulação, o que foi confirmado por PEUTZFELDT & ASMUSSEN (1988) na avaliação de um cimento resinoso. Portanto, o ligeiro aumento da resistência de união dos três agentes cimentantes, observado neste trabalho, após a aplicação do óxido de menor granulação, embora sem diferença estatística, talvez possa significar uma tendência a um melhor

desempenho com abrasivos de menor tamanho de partícula. A maior resistência proporcionada pelo tratamento com jato de óxido de alumínio pode ser explicada com base nas observações de ADY & FAIRHURST (1973), que relataram que este procedimento, além de promover a limpeza da fundição, proporciona aumento da rugosidade de superfície e da área de contato do agente cimentante na superfície metálica.

A menor resistência de união observada na condição de bruto de fundição, quando comparada àquela verificada após a aplicação do jato de óxido de alumínio, provavelmente, ocorreu em virtude da textura de superfície menos favorável à imbricação dos agentes cimentantes (Figura 5.9), em relação àquelas proporcionadas pelo óxido de alumínio (Figuras 5.10 e 5.11). LIN *et al.* (1990) também observaram menor resistência de união de um agente cimentante resinoso aplicado sobre ligas metálicas não tratadas superficialmente, em relação àquelas que receberam jato de óxido de alumínio. Possivelmente, a presença de resíduos do procedimento de fundição, que não foram completamente removidos com a limpeza em ultra-som com água (Figura 5.9), também tenha influenciado neste resultado.

A menor resistência de união proporcionada pelas superfícies tratadas com jato de micro esferas de vidro malha 270, em comparação às tratadas com óxido de alumínio, provavelmente, ocorreu em virtude da textura menos favorável à retenção micro mecânica, obtida com aquele tratamento (Figura 5.12). A micro esfera de vidro malha 270 possui, de acordo com informações do fabricante, um

tamanho de partícula de 53  $\mu\text{m}$ , sendo observada na fotomicrografia da liga metálica tratada com este abrasivo (Figura 5.12), uma superfície desprovida de micro retenções, onde podem ser observadas as impressões provenientes do impacto das partículas esferoidais de vidro. Um estudo de O'CONNOR *et al.* (1990) também demonstrou menor resistência retentiva de um cimento de fosfato de zinco em coroas totais metálicas tratadas internamente com jato de esferas de vidro de 50  $\mu\text{m}$ , comparativamente às submetidas ao jato de óxido de alumínio de mesma granulação. O autor observou, ainda, através de microscopia eletrônica de varredura, uma superfície metálica com maior lisura, onde podiam ser observados nichos com forma esferoidal, após a aplicação do jato de micro esferas de vidro.

Na análise da rugosidade média das superfícies metálicas, foi verificado um maior Ra, estatisticamente significativo, com a aplicação do jato de óxido de alumínio malha 60, seguido pela condição de bruto de fundição, que apresentou maior rugosidade que a das superfícies tratadas com óxido de alumínio malha 320, que, por outro lado, apresentaram Ra estatisticamente similar ao das superfícies submetidas ao jato de micro esferas de vidro malha 270 (Tabela 5.8 e Figura 5.8). BUTTON *et al.* (1982) e WATANABE *et al.* (1999), também relataram maior rugosidade média das ligas metálicas após aplicação de um óxido de alumínio de maior granulação, comparativamente a um de menor granulação. Relacionando-se rugosidade média com resistência de união, verificou-se que o jato de óxido de alumínio malha 320, apesar de proporcionar menor Ra que o das superfícies na condição de bruto de fundição ou submetidas ao óxido malha 60, proporcionou

resistência de união estatisticamente similar à das superfícies tratadas com óxido de maior granulação, e superior à da condição de bruto de fundição. Estes dados parecem demonstrar que uma maior resistência retentiva associada a um substrato mais rugoso, como relatado por COLLEY *et al.* (1968); JUNTAVEE & MILLSTEIN (1992); e WATANABE *et al.* (1999), está também relacionada ao padrão das irregularidades superficiais. Destaca-se, por outro lado, que a menor rugosidade proporcionada pelo óxido de alumínio de menor granulação, pode ocorrer, como descrito por BUTTON *et al.* (1985), pela dificuldade da agulha do rugosímetro em passar pela superfície com vales mais estreitos, quando comparada à superfície com vales mais amplos, originária do tratamento com óxido de alumínio de maior granulação. Além disso, é provável que a aplicação de um óxido de menor granulação aumente a área de superfície da liga metálica e de contato com o agente cimentante, aumentando, como consequência, o nível da imbricação mecânica do material fixador. Já na condição de bruto de fundição, a baixa resistência retentiva associada a um maior Ra, provavelmente, ocorreu, como comentado, em virtude de uma textura menos favorável a retenção micromecânica e, possivelmente, pela presença de resíduos do procedimento de fundição, que também podem ter contribuído para maior rugosidade média (Tabela 5.8 e figuras 5.8 e 5.9). A baixa resistência observada após a aplicação do jato de micro esferas de vidro malha 270 pode ser explicada não só pela menor rugosidade produzida, como pelo padrão com tendência ao polimento das superfícies metálicas (Figura 5.12).

A predominância de falhas mistas (adesiva e coesiva no cimento) nos espécimes tratados com jato de óxido de alumínio (Quadro VIII), com porções de cimento parcialmente aderidas nas superfícies metálicas (figuras 5.14 e 5.15), ocorreu, possivelmente, em função da maior quantidade de micro retenções nessas estruturas, o que certamente favoreceu a imbricação mecânica, proporcionando maior resistência de união, que excedeu parcialmente a resistência coesiva dos cimentos. Falhas mistas e coesivas foram descritas, respectivamente, por ATTA *et al.* (1990) e VALLITTU & FORSS (1997), quando as superfícies metálicas foram submetidas ao jato de óxido de alumínio. Já na condição de bruto de fundição e quando as superfícies foram submetidas ao jato de micro esferas de vidro, as falhas foram predominantemente adesivas (Quadro VIII e figuras 5.13 e 5.16), provavelmente, em virtude da presença de resíduos e de uma superfície menos favorável a retenção micro mecânica (figuras 5.9 e 5.12).

Dentre os cimentos avaliados, foram observadas menores variações na condição de bruto de fundição e nas superfícies submetidas ao jato de micro esferas de vidro malha 270 (tabelas 5.4 e 5.7 e figuras 5.4 e 5.7). Esses resultados coincidiram com a predominância de falhas adesivas (Quadro VIII e figuras 5.13 e 5.16), significando, possivelmente, que nessas superfícies a resistência mecânica dos cimentos teve menos influência no comportamento dos mesmos. O cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Vitremmer – 3M), todavia, nas superfícies na condição de bruto de fundição, teve maior resistência de união que as dos outros materiais, ocorrendo superioridade também, em relação ao fosfato de zinco, nas superfícies tratadas com micro esferas de vidro. A capacidade de união do

ionômero de vidro às estruturas metálicas, relatada por WILSON & KENT (1972) e HOTZ *et al.* (1977), pode ter influenciado nesse resultado. Destaca-se, contudo, que na condição de bruto de fundição as estruturas metálicas, provavelmente, estão mais sujeitas a variação na textura de superfície, o que pode influenciar no desempenho dos agentes cimentantes. Nas superfícies submetidas ao jato de óxido de alumínio malha 320, a resistência de união do cimento resinoso (Rely X - 3M) foi superior e estatisticamente significativa em relação à do cimento de ionômero de vidro modificado por resina, que, por sua vez, proporcionou maior resistência que a do cimento de fosfato de zinco (Cimento de Zinco – SS White) (Tabela 5.5 e Figura 5.5). Nas superfícies submetidas ao jato de óxido de alumínio malha 60, a resistência de união do cimento resinoso foi estatisticamente similar à do cimento de ionômero de vidro modificado por resina, sendo ambos superiores ao cimento de fosfato de zinco (Tabela 5.6 e Figura 5.6).

Grande parte das pesquisas que avaliaram os diferentes tipos de materiais fixadores de peças protéticas foi feita com estruturas metálicas fixadas à dentina, o que em parte dificulta a comparação com os resultados aqui encontrados. Deste modo, a maior resistência de união dos cimentos resinosos em relação à do fosfato de zinco, também foi observada por BRUKL *et al.* (1985); CHAN *et al.* (1986); TJAN & LI (1992); GORODOVSKY & ZIDAN (1992); HAKIMZADEH & BURGESS (1995); AYAD *et al.* (1997); TUNTIPRAWON (1999); PRATES (1999); YIM *et al.* (2000); e MITCHELL *et al.* (2000), enquanto a superioridade dos cimentos resinosos sobre os de ionômero de vidro foi verificada

por ADABO *et al.* (1990); GORODOVSKY & ZIDAN (1992); JUNTAVEE & MILLSTEIN (1992); HAKIMZADEH & BURGESS (1995); TUNTIPRAWON (1999); e YIM *et al.* (2000). Pesquisas de ERNST *et al.* (1998) e MARTINS *et al.* (2000), por outro lado, descreveram a maior resistência retentiva dos cimentos de ionômero de vidro em relação à dos cimentos resinosos. Destaca-se, com isso, que os cimentos resinosos podem apresentar variações de composição e técnica de aplicação, que talvez influenciem no mecanismo de ação e conseqüentemente na resistência de união. Neste aspecto, MARTUCI *et al.* (1999) verificaram que o desempenho de um cimento resinoso variava de acordo com a técnica de aplicação, enquanto DARR & JACOBSEN (1995) observaram que agentes cimentantes resinosos de dupla polimerização apresentavam menor dureza quando a fotopolimerização não era realizada. Já a superioridade do cimento de ionômero de vidro sobre o de fosfato de zinco foi verificada nos trabalhos de MCCOMB (1982); OMAR (1988); GALUN *et al.* (1994); TUNTIPRAWON (1999); PRATES (1999); MARTINS *et al.* (2000); e YIM *et al.* (2000). Os estudos “in vitro” de GORODOVSKY & ZIDAN (1992) e “in vivo” de KERN *et al.* (1996), todavia, apresentaram desempenhos semelhantes entre esses dois materiais, enquanto JUNTAVEE & MILLSTEIN (1992) relataram resultados favoráveis ao cimento de fosfato de zinco.

JORGENSEN & HOLST (1967) e GRIEVE (1969), avaliando as resistências retentivas e compressivas de cimentos, verificaram correlação entre as duas propriedades, enquanto WHITE & YU (1993), estudando as resistências à compressão e à tração diametral de vários agentes cimentantes, observaram

resultados que podem ser extrapolados e comparados positivamente com os encontrados nas superfícies metálicas tratadas com jato de óxido de alumínio, ou seja, maiores resistências para os cimentos resinosos e de ionômero de vidro em relação à do fosfato de zinco. Além disso, WILSON & KENT (1972) e HOTZ *et al.* (1977), destacaram que os cimentos de ionômero de vidro têm a propriedade de união a certos metais. Portanto, é provável que as melhores propriedades mecânicas, como resistências à compressão e à tração diametral, aliadas a possibilidade de união à estrutura metálica, tenham proporcionado o melhor desempenho dos cimentos resinoso e de ionômero de vidro em relação ao do fosfato de zinco.

Como exposto, verificou-se que a resistência de união de fundições é influenciada pelo agente cimentante e pelo tratamento de superfície da estrutura metálica. Entretanto, o comportamento desses materiais e técnicas, em relação à resistência de união, poderá sofrer influência de outras variáveis não analisadas nesse estudo, as quais poderão ou não confirmar esses resultados.

## 7. CONCLUSÃO

Com base nos dados analisados e discutidos, pode-se concluir que:

1 – As superfícies metálicas tratadas com jato de óxido de alumínio malhas 320 ou 60 proporcionaram resistências de união estatisticamente similares, sendo superiores às das superfícies na condição de bruto de fundição ou tratadas com jato de micro esferas de vidro malha 270, que também apresentaram resistências de união similares.

2 – Nas superfícies metálicas tratadas com jato de óxido de alumínio malha 320, o cimento resinoso proporcionou resistência de união estatisticamente superior às dos cimentos de ionômero de vidro modificado por resina e de fosfato de zinco.

3 – Nas superfícies metálicas tratadas com jato de óxido de alumínio malha 60, o cimento resinoso e o cimento de ionômero de vidro modificado por resina proporcionaram resistências de união estatisticamente similares, sendo superiores à do cimento de fosfato de zinco.

4 – Nos quatro tratamentos de superfície, o cimento de ionômero de vidro modificado por resina proporcionou resistência de união estatisticamente superior à do cimento de fosfato de zinco.

5 – Na condição de bruto de fundição e nas superfícies tratadas com jato de micro esferas de vidro malha 270, os cimentos resinoso e de fosfato de zinco apresentaram resistências de união estatisticamente similares.

6 – Não houve relação entre a resistência de união dos agentes cimentantes e a rugosidade média ( $R_a$ ) das ligas metálicas.

7 – As falhas foram predominantemente adesivas na condição de bruto de fundição e quando as superfícies foram tratadas com jato de micro esferas de vidro malha 270; e mistas quando as superfícies foram tratadas com jato de óxido de alumínio malhas 320 ou 60.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

1. ABELSON, J. Cementation of complete crown retainers. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.43, n.2, p.174-179, Feb. 1980.
2. ADABO, G.L. *et al.* Influência de diferentes agentes de fixação na resistência de união, por tração, de ligas metálicas fixadas à dentina. Revta Odont. UNESP, São Paulo, v.19, n.1, p.183-189, 1990.
3. ADY, A.B., FAIRHURST, C.W. Bond strength of two types of cement to gold casting alloy. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.29, n.2, p.217-220, Feb. 1973.
4. ANUSAVICE, K.J. Phillips – science of dental materials. 10<sup>th</sup> ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1996. p.556-558.
5. ATTA, M.O., SMITH, B.G.N., BROWN, D. Bond strengths of three chemical adhesive cements adhered to a nickel-chromium alloy for direct bonded retainers. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.63, n.2, p.137-143, Feb. 1990.
6. AYAD, M.F., ROSENSTIEL, S.F., HASSAN, M.M. Surface roughness of dentin after tooth preparation with different rotary instrumentation. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.75, n.2, p.122-128, Feb. 1996.

---

\* De acordo com a NBR-6023 de 1989, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Abreviaturas de periódicos de conformidade com o “World List of Scientific Periodicals”

7. AYAD, M.F., ROSENSTIEL, S.F., SALAMA, M. Influence of tooth surface roughness and type of cement on retention of complete cast crowns. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.77, n.2, p.116-121, Feb. 1997.
8. BOWEN, R.L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. J. Am. Dent. Ass., Chicago, v.66, n.1, p.57-64, Jan. 1963.
9. BREEDING, L.C., DIXON, D.L. The effect of metal surface treatment on the shear bond strengths of base and noble metals bonded to enamel. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.76, n.4, p.390-393, Oct. 1996.
10. BRUKL, C.E., NICHOLSON, J.W., NORLING, B.K. Crown retention and seating on natural teeth with a resin cement. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.53, n.5, p.618-622, May 1985.
11. BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J. dent. Res., Washington, v.34, n.6, p.849-853, Dec. 1955.
12. BUONOCORE, M., WILEMAN, W., BRUDEVOLD, F. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. J. dent. Res., Washington, v.35, n.6, p.846-851, Dec. 1956.

13. BUTTON, G.L., BARNES, R.F., MOON, P.C. Surface preparation and shear bond strength of the casting-cement interface. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.53, n.1, p.34-38, Jan. 1985.
14. \_\_\_\_\_, MOON, P.C., CROCKETT, W.D. Effect of sandblasting on surface roughness of castings. J. dent. Res., Washington, v.61, p.245, 1982. [Abstract, 604]
15. CHAN, K.C., BOYER, D.B., AUNAN, D.C. Bond strength of cements to nickel-chromium and silver-palladium alloys. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.53, n.3, p.353-355, Mar. 1985.
16. \_\_\_\_\_. *et al.* Effect of metal etching on crown retention. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.55, n.1, p.18-21, Jan. 1986.
17. \_\_\_\_\_, SVARE, C.W., HORTON, D.J. Effect of varnish on dentinal bonding strength of five dental cements. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.35, n.4, p.403-406, Apr. 1976.
18. CHRISTENSEN, G.J. Dental cements: are they the weak link? J. Am. dent. Ass., Chicago, v.122, n.12, p.63-64, Nov. 1991.
19. COLLEY, I.T., HAMPSON, E.L., LEHMAN, M.L. Retention of post crowns. Br. dent. J., London, v.124, n.2, p.63-69, Jan. 1968.

20. DARR, A.H., JACOBSEN, P.H. Conversion of dual cure luting cements. J. oral Rehabil., Oxford, v.22, n.1, p.43-47, Jan. 1995.
21. DARVENIZA, M. *et al.* The effects of surface roughness and surface area on the retention of crowns luted with zinc phosphate cement. Aust. dent. J., Saint Leonards, v.32, n.6, p.446-457, Dec. 1987.
22. DIXON, D.L. *et al.* Comparison of shear bond strengths of two resin luting systems for a base and high noble metal alloy bonded to enamel. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.72, n.5, p.457-461, Nov. 1994.
23. ERNST, C.P. *et al.* Retentive strengths of cast gold crowns using glass ionomer, compomer, or resin cement. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.79, n.4, p.472-473, Apr. 1998.
24. FELTON, D.A., KANOY, B.E., WHITE, J.T. The effect of surface roughness of crown preparations on retention of cemented castings. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.58, n.3, p.292-296, Sept. 1987.
25. FERREIRA, A.C.F. Influência da escovação mecânica na manutenção do acabamento com resinas fluidas sobre compósitos odontológicos. Piracicaba, 1999. 138p. Dissertação (Mestrado em Materiais Dentários) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.

26. GALUN, E.A., SALEH, N., LEWINSTEIN, I. Diametral tensile strengths and bonding to dentin of type I glass ionomer cements. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.72, n.4, p.424-429, Oct. 1994.
27. GATES, W.D. *et al.* Comparison of the adhesive strength of a BIS-GMA cement to tin-plated and non-tin-plated alloys. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.69, n.1, p.12-16, Jan. 1993.
28. GIECK, K. Manual de fórmulas técnicas. 25.ed. São Paulo : Hemus, 1987. p.16-18.
29. GORODOVSKY, S., ZIDAN, O. Retentive strength, disintegration, and marginal quality of luting cements. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.68, n.2, p.269-274, Aug. 1992.
30. GRIEVE, A.R. A study of dental cements. Br. dent. J., London, v.127, n.9, p.405-410, Nov. 1969.
31. HAKIMZADEH, L., BURGESS, J.O. Cast crown retention with four luting agents. J. dent. Res., Washington, v.74, p.29, 1995. [Abstract, 138]
32. HEMBREE JR., J.H., COOPER JR., E.W. Effect of die relief on retention of cast crowns and inlays. Operative Dent., Seattle, v.4, n.3, p.104-107, Summer 1979.

33. HERO, H. *et al.* Adhesion of resins to Ag-Pd alloys by means of silicoating technique. J. dent. Res., Washington, v.66, n.8, p.1380-1385, Aug. 1987.
34. HOTZ, P. *et al.* The bonding of glass ionomer cements to metal and tooth substrates. Br. dent. J., London, v.142, n.2, p.41-47, Jan. 1977.
35. JORGENSEN, K.D., HOLST, K. The relationship between the retention of cemented veneer crowns and the crushing strength of the cements. Acta odont. Scand., Oslo, v.25, n.4, p.355-359, Dec. 1967.
36. JUNTAVEE, N., MILLSTEIN, P.L. Effect of surface roughness and cement space on crown retention. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.68, n.3, p.482-486, Sept. 1992.
37. KAUFMAN, E.G., COELHO, D.H., COLIN, L. Factors influencing the retention of cemented gold castings. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.11, n.3, p.487-502, May/June 1961.
38. KERN, M. *et al.* Clinical comparison of postoperative sensitivity for a glass ionomer and a zinc phosphate luting cement. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.75, n.2, p.159-162, Feb. 1996.

39. LIN, T., CHANG, H., CHUNG, K. Interfacial strengths of various alloy surface treatments for resin-bonded fixed partial dentures. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.64, n.2, p.158-162, Aug. 1990.
40. LIVADITIS, G.J. A chemical etching system for creating micromechanical retention in resin-bonded retainers. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.56, n.2, p.181-188, Aug. 1986.
41. MARTINS, F. *et al.* Influência do óxido de zinco e eugenol (OZE) no tracionamento de coroas de níquel-cromo. Revta paul. Odont., São Paulo, v.22, n.1, p.39-43, 2000.
42. MARTUCI, R.R. *et al.* Resistência de união entre cimentos e liga de níquel-cromo, em função da ciclagem térmica e variações no procedimento de união. Revta Odont. Univ. S Paulo, São Paulo, v.13, n.3, p.269-273, jul./set. 1999.
43. MCCOMB, D. Retention of castings with glass ionomer cement. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.48, n.3, p.285-288, Sept. 1982.
44. MCLEAN, J.W., NICHOLSON, J.W., WILSON, A.D. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. Quintessence int., Berlin, v.25, n.9, p.587-589, Sept. 1994.

45. MILAN, F.M. *et al.* Influência de três fontes de calor de fundição sobre a adaptação cervical de coroas totais metálicas. RFO UPE, Passo Fundo, v.2, n.2, p.33-42, jul./dez. 1997.
46. MITCHELL, C.A., ABBARIKI, M., ORR, J.F. The influence of luting cement on the probabilities of survival and modes of failure of cast full-coverage crowns. Dent. Mater., Washington, v.16, n.3, p.198-206, May 2000.
47. MOWERY JR., A.S., PARKER, M., DAVIS, E.L. Dentin bonding: the effect of surface roughness on shear bond strength. Operative Dent., Seattle, v.12, n.3, p.91-94, Summer 1987.
48. MUZYNSKI, B.L. *et al.* Fluoride release from glass ionomers used as luting agentes. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.60, n.1, p.41-44, July 1988.
49. NEGM, M.M., BEECH, D.R., GRANT, A.A. An evaluation of mechanical and adhesive properties of polycarboxylate and glass ionomer cements. J. oral Rehabil., Oxford, v.9, n.2, p.161-167, Oct. 1982.
50. NINA, A.J.S., BERNARDINELLI, N., MONDELLI, J. Estudo comparativo da adaptação e da resistência a remoção, por tração, de coroas totais fixadas com três tipos de agentes cimentantes. Estomat. Cult., Bauru, v.9 n.1, p.133-143, jan./jun. 1975.

51. O'CONNOR, R.P., NAYYAR, A., KOVARIK, R.E. Effect of internal microblasting on retention of cemented cast crowns. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.64, n.5, p.557-562, Nov. 1990.
52. OILO, G., JORGENSEN, K.D. The influence of surface roughness on the retentive ability of two dental luting cements. J. oral Rehabil., Oxford, v.5, n.4, p.377-389, Oct. 1978.
53. OMAR, R. A comparative study of the retentive capacity of dental cementing agents. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.60, n.1, p.35-40, July 1988.
54. PEUTZFELDT, A., ASMUSSEN, E. Silicoating: evaluation of a new method of bonding composite resin to metal. Scand. J. dent. Res., Copenhagen, v.96, n.2, p.171-176, Apr. 1988
55. PHILLIPS, R.W. Skinner materiais dentários. 9.ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1993. p.277, 329.
56. \_\_\_\_\_. *et al.* Zinc oxide and eugenol cements for permanent cementation. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.19, n.2, p.144-150, Feb. 1968.

57. PRATES, L.H.M. Influência de agentes cimentantes na resistência à tração de coroas totais fundidas, fixadas em dentina e núcleos metálicos. Piracicaba, 1999. 141p. Dissertação (Mestrado em Materiais Dentários) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
58. RUBO, J.H., PEGORARO, L.F. Tensile bond strength of a composite resin cement for bonded prosthesis to various dental alloys. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.74, n.3, p.230-234, Sept. 1995.
59. SMITH, B.G.N. The effect of surface roughness of prepared dentin on the retention of castings. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.23, n.2, p.187-198, Feb. 1970.
60. SMITH, D.C. A new dental cement. Br. dent. J., London, v.125, n.5, p.381-384, Nov. 1968.
61. THOMPSON, V.P., CASTILLO, E.D., LIVADITIS, G.J. Resin-bonded retainers. Part I: resin bond to electrolytically etched nonprecious alloys. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.50, n.6, p.771-779, Dec. 1983.
62. TJAN, A.H.L., LI, T. Seating and retention of complete crowns with a new adhesive resin cement. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.67, n.4, p.478-483, Apr. 1992.

63. TJAN, A.H.L., SARKISSIAN, R. Effect of preparation finish on retention and fit of complete crowns. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.56, n.3, p.283-288, Sept. 1986.
64. TUNTIPRAWON, M. Effect of tooth surface roughness on marginal seating and retention of complete metal crowns. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.81, n.2, p.142-147, Feb. 1999.
65. VALLITTU, P.K., FORSS, H. Adhesion of glass ionomer cement to a ceramometal alloy. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.77, n.1, p.12-16, Jan. 1997.
66. VERMILYEA, S.G., KUFFLER, M.J., HUGET, E.F. The effects of die relief agent on the retention of full coverage castings. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.50, n.2, p.207-210, Feb. 1983.
67. WATANABE, I. *et al.* Effect of sanblasting and silicoating on bond strength of polymer-glass composite to cast titanium. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.82, n.4, p.462-467, Oct. 1999.
68. WHITE, S.N., KIPNIS, V. Effect of adhesive luting agents on the marginal seating of cast restorations. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.69, n.1, p.28-31, Jan. 1993.

69. WHITE, S.N., YU, Z. Compressive and diametral tensile strengths of current adhesive luting agents. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.69, n.6, p.568-572, June 1993.
70. WILSON, A.D., KENT, B.E. A new translucent cement for dentistry. Br. dent. J., London, v.132, n.4, p.133-135, Feb. 1972.
71. \_\_\_\_\_. *et al.* Experimental luting agents based on the glass ionomer cements. Br. dent. J., London, v.142, n.4, p.117-123, Feb. 1977.
72. WITWER, D.J., STOREY, R.J., VON FRAUNHOFER, J.A. The effects of surface texture and grooving on the retention of cast crowns. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.56, n.4, p.421-424, Oct. 1986.
73. WORLEY, J.L., HAMM, R.C., FRAUNHOFER, J.A. Effects of cement on crown retention. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.48, n.3, p.289-291, Sept. 1982.
74. YIM, N.H. *et al.* Effect of dentin desensitizers and cementing agents on retention of full crowns using standardized crowns preparations. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.83, n.4, p.459-465, Apr. 2000.

## APÊNDICE

Cálculo da área da circunferência (GIECK, 1987).

A área da circunferência é calculada pela seguinte fórmula:

$$A = \pi \cdot r^2$$

Sendo:  $r$  = raio da circunferência = 0,25 cm

$\pi$  = constante 3,1416

Portanto:

$$A = 3,1416 \cdot 0,25^2$$

$$A = 3,1416 \cdot 0,0625$$

$$\boxed{A = 0,19 \text{ cm}^2}$$

Conversão de quilogramas-força (kgf) para quilogramas-força por centímetro quadrado (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$\frac{X}{0,19}$$

Conversão de quilogramas-força por centímetro quadrado (kgf/cm<sup>2</sup>) para megapascals (MPa) (PHILLIPS, 1993)

$$X \cdot 0,09807$$

QUADRO IX - Valores originais da resistência da união ao cisalhamento, das fundições fixadas na condição de bruto de fundição

| Cimento de fosfato de zinco (Cimento de Zinco – SS White) |      |                     |      | Cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Vitremmer – 3M) |       |                     |      | Cimento resinoso (Rely X - 3M) |      |                     |      |
|---|------|---------------------|------|---|-------|---------------------|------|--------------------------------|------|---------------------|------|
| CP  | kgf  | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa  | CP  | kgf   | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa  | CP                             | kgf  | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa  |
| 1   | 3,80 | 20,00               | 1,96 | 1   | 10,99 | 57,84               | 5,67 | 1                              | 2,83 | 14,89               | 1,46 |
| 2   | 1,27 | 6,68                | 0,65 | 2   | 9,27  | 48,78               | 4,78 | 2                              | 5,86 | 30,84               | 3,02 |
| 3   | 4,06 | 21,36               | 2,09 | 3   | 4,16  | 21,89               | 2,14 | 3                              | 2,87 | 15,10               | 1,48 |
| 4   | 2,57 | 13,52               | 1,32 | 4   | 3,31  | 17,42               | 1,70 | 4                              | 3,83 | 20,15               | 1,97 |
| 5   | 4,82 | 25,36               | 2,48 | 5   | 7,15  | 37,63               | 3,69 | 5                              | 2,64 | 13,89               | 1,36 |
| 6   | 3,91 | 20,57               | 2,01 | 6   | 3,51  | 18,47               | 1,81 | 6                              | 2,56 | 13,47               | 1,32 |
| 7   | 3,37 | 17,73               | 1,73 | 7   | 4,73  | 24,89               | 2,44 | 7                              | 3,34 | 17,57               | 1,72 |
| 8   | 4,08 | 21,47               | 2,10 | 8   | 3,34  | 17,57               | 1,72 | 8                              | 3,28 | 17,26               | 1,69 |
| 9   | 3,69 | 19,42               | 1,90 | 9   | 8,47  | 44,57               | 4,37 | 9                              | 2,61 | 13,73               | 1,34 |
| 10  | 2,87 | 15,10               | 1,48 | 10  | 6,80  | 35,78               | 3,50 | 10                             | 1,87 | 9,84                | 0,96 |
| Média   | 3,44 | 18,12               | 1,77 | Média   | 6,17  | 32,48               | 3,18 | Média                          | 3,16 | 16,67               | 1,63 |

\* CP = corpo-de-prova.

QUADRO X - Valores originais da resistência da união ao cisalhamento, das fundições fixadas após aplicação do jato de óxido de alumínio malha 320

| Cimento de fosfato de zinco (Cimento de Zinco – SS White) |       |                     |      | Cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Vitremmer – 3M) |       |                     |       | Cimento resinoso (Rely X - 3M) |       |                     |       |
|---|-------|---------------------|------|---|-------|---------------------|-------|--------------------------------|-------|---------------------|-------|
| CP  | kgf   | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa  | CP  | kgf   | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa   | CP                             | kgf   | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa   |
| 1   | 10,83 | 57,00               | 5,58 | 1   | 31,68 | 166,73              | 16,35 | 1                              | 25,88 | 136,21              | 13,35 |
| 2   | 7,79  | 41,00               | 4,02 | 2   | 20,27 | 106,68              | 10,46 | 2                              | 32,27 | 169,84              | 16,65 |
| 3   | 9,07  | 47,73               | 4,68 | 3   | 22,91 | 120,57              | 11,82 | 3                              | 39,06 | 205,57              | 20,16 |
| 4   | 10,55 | 55,52               | 5,44 | 4   | 18,95 | 99,73               | 9,78  | 4                              | 39,72 | 209,05              | 20,50 |
| 5   | 11,93 | 62,78               | 6,15 | 5   | 25,81 | 135,84              | 13,32 | 5                              | 31,34 | 164,94              | 16,17 |
| 6   | 7,40  | 38,94               | 3,81 | 6   | 24,23 | 127,52              | 12,50 | 6                              | 22,15 | 116,57              | 11,43 |
| 7   | 12,06 | 63,47               | 6,22 | 7   | 19,73 | 103,84              | 10,18 | 7                              | 37,62 | 198,00              | 19,41 |
| 8   | 11,68 | 61,47               | 6,02 | 8   | 20,38 | 107,26              | 10,51 | 8                              | 20,00 | 105,26              | 10,32 |
| 9   | 8,96  | 47,15               | 4,62 | 9   | 24,25 | 127,63              | 12,51 | 9                              | 40,95 | 215,52              | 21,13 |
| 10  | 11,07 | 58,26               | 5,71 | 10  | 22,46 | 118,21              | 11,59 | 10                             | 26,73 | 140,68              | 13,79 |
| Média   | 10,13 | 53,33               | 5,22 | Média   | 23,06 | 121,40              | 11,90 | Média                          | 31,57 | 166,16              | 16,29 |

\* CP = corpo-de-prova.

QUADRO XI - Valores originais da resistência da união ao cisalhamento, das fundições fixadas após aplicação do jato de óxido de alumínio malha 60

| Cimento de fosfato de zinco (Cimento de Zinco – SS White) |       |                     |      | Cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Vitremar – 3M) |       |                     |       | Cimento resinoso (Rely X - 3M) |       |                     |       |
|---|-------|---------------------|------|--|-------|---------------------|-------|--------------------------------|-------|---------------------|-------|
| CP  | kgf   | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa  | CP   | kgf   | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa   | CP                             | kgf   | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa   |
| 1   | 7,01  | 36,89               | 3,61 | 1  | 21,70 | 114,21              | 11,20 | 1                              | 35,42 | 186,42              | 18,28 |
| 2   | 8,97  | 47,21               | 4,62 | 2  | 14,68 | 77,26               | 7,57  | 2                              | 24,87 | 130,89              | 12,83 |
| 3   | 6,41  | 33,73               | 3,30 | 3  | 29,26 | 154,00              | 15,10 | 3                              | 33,66 | 177,15              | 17,37 |
| 4   | 10,70 | 56,31               | 5,52 | 4  | 21,38 | 112,52              | 11,03 | 4                              | 21,58 | 113,57              | 11,13 |
| 5   | 7,99  | 42,05               | 4,12 | 5  | 19,66 | 103,47              | 10,14 | 5                              | 31,17 | 164,05              | 16,08 |
| 6   | 5,66  | 29,78               | 2,92 | 6  | 31,03 | 163,31              | 16,01 | 6                              | 19,06 | 100,31              | 9,83  |
| 7   | 6,32  | 33,26               | 3,26 | 7  | 20,73 | 109,10              | 10,69 | 7                              | 29,26 | 154,00              | 15,10 |
| 8   | 8,72  | 45,89               | 4,50 | 8  | 16,09 | 84,68               | 8,30  | 8                              | 23,66 | 124,52              | 12,21 |
| 9   | 8,63  | 45,42               | 4,45 | 9  | 20,87 | 109,84              | 10,77 | 9                              | 26,71 | 140,57              | 13,78 |
| 10  | 7,76  | 40,84               | 4,00 | 10   | 25,80 | 135,78              | 13,31 | 10                             | 28,95 | 152,36              | 14,94 |
| Média   | 7,81  | 41,13               | 4,03 | Média  | 22,12 | 116,41              | 11,41 | Média                          | 27,43 | 144,38              | 14,15 |

\* CP = corpo-de-prova.

QUADRO XII - Valores originais da resistência da união ao cisalhamento, das fundições fixadas após aplicação do jato de micro esferas de vidro malha 270

| Cimento de fosfato de zinco (Cimento de Zinco – SS White) |      |                     |      | Cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Vitremar – 3M) |      |                     |      | Cimento resinoso (Rely X - 3M) |      |                     |      |
|---|------|---------------------|------|--|------|---------------------|------|--------------------------------|------|---------------------|------|
| CP  | kgf  | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa  | CP   | kgf  | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa  | CP                             | kgf  | kgf/cm <sup>2</sup> | MPa  |
| 1   | 2,37 | 12,47               | 1,22 | 1  | 3,32 | 17,47               | 1,71 | 1                              | 3,25 | 17,10               | 1,67 |
| 2   | 2,02 | 10,63               | 1,04 | 2  | 2,69 | 14,15               | 1,38 | 2                              | 3,95 | 20,78               | 2,03 |
| 3   | 2,40 | 12,63               | 1,23 | 3  | 3,18 | 16,73               | 1,64 | 3                              | 2,93 | 15,42               | 1,51 |
| 4   | 4,21 | 22,15               | 2,17 | 4  | 3,65 | 19,21               | 1,88 | 4                              | 3,13 | 16,47               | 1,61 |
| 5   | 2,72 | 14,31               | 1,40 | 5  | 4,96 | 26,10               | 2,56 | 5                              | 3,67 | 19,31               | 1,89 |
| 6   | 3,52 | 18,52               | 1,81 | 6  | 3,61 | 19,00               | 1,86 | 6                              | 2,68 | 14,10               | 1,38 |
| 7   | 3,62 | 19,05               | 1,86 | 7  | 3,91 | 20,57               | 2,01 | 7                              | 3,16 | 16,63               | 1,63 |
| 8   | 4,60 | 24,21               | 2,37 | 8  | 6,59 | 34,68               | 3,40 | 8                              | 5,89 | 31,00               | 3,04 |
| 9   | 2,49 | 13,10               | 1,28 | 9  | 5,07 | 26,68               | 2,61 | 9                              | 2,85 | 15,00               | 1,47 |
| 10  | 3,06 | 16,10               | 1,57 | 10   | 6,62 | 34,84               | 3,41 | 10                             | 2,40 | 12,63               | 1,23 |
| Média   | 3,10 | 16,31               | 1,59 | Média  | 4,36 | 22,94               | 2,24 | Média                          | 3,39 | 17,84               | 1,74 |

\* CP = corpo-de-prova.

QUADRO XIII - Valores da rugosidade média (Ra) das superfícies metálicas submetidas a cada tratamento de superfície

| Bruto de fundição |                  | Jato de óxido de alumínio malha 320 |                  | Jato de óxido de alumínio malha 60 |                  | Jato de micro esferas de vidro malha 270 |                  |
|-------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|--|------------------|
| CP                | Ra (micrometros) | CP                                  | Ra (micrometros) | CP                                 | Ra (micrometros) | CP                                       | Ra (micrometros) |
| 1                 | 1,335            | 1                                   | 0,631            | 1                                  | 2,924            | 1  | 0,508            |
| 2                 | 1,830            | 2                                   | 0,797            | 2                                  | 2,662            | 2  | 0,527            |
| 3                 | 1,802            | 3                                   | 0,697            | 3                                  | 2,866            | 3  | 0,378            |
| 4                 | 2,355            | 4                                   | 0,730            | 4                                  | 3,063            | 4  | 0,519            |
| 5                 | 1,403            | 5                                   | 0,780            | 5                                  | 2,458            | 5  | 0,447            |
| 6                 | 1,269            | 6                                   | 0,883            | 6                                  | 2,778            | 6  | 0,494            |
| 7                 | 1,284            | 7                                   | 0,901            | 7                                  | 2,323            | 7  | 0,573            |
| 8                 | 1,517            | 8                                   | 0,731            | 8                                  | 2,376            | 8  | 0,635            |
| 9                 | 1,411            | 9                                   | 0,774            | 9                                  | 2,122            | 9  | 0,484            |
| 10                | 1,614            | 10                                  | 0,633            | 10                                 | 2,737            | 10                                       | 0,690            |
| Média             | 1,582            | Média                               | 0,755            | Média                              | 2,630            | Média                                    | 0,525            |

\* CP = corpo-de-prova.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA DA RESISTÊNCIA DA UNIÃO AO CISALHAMENTO

Transformação das observações segundo  $\log(x + 0)$

Quadro de análise de variância

| Causas da variação | G.L. | S.Q.        | Q.M.       | Valor F  | Prob.>F |
|--------------------|------|-------------|------------|----------|---------|
| Tratamento         | 3    | 76,2181702  | 25,4060567 | 328,4717 | 0,00001 |
| Cimento            | 2    | 11,1337625  | 5,5668812  | 71,9735  | 0,00001 |
| Tra*cim            | 6    | 7,4926337   | 1,2487723  | 16,1452  | 0,00001 |
| Resíduo            | 108  | 8,3533967   | 0,0773463  |          |         |
| Total              | 119  | 103,1979630 |            |          |         |

Média geral : 1,420092

Coefficiente de variação: 19,584 %

Teste de Tukey para médias de tratamento

| n° ordem | n° trat. | Nome         | n° repet. | Médias   | Médias originais | 5 % | 1 % |
|----------|----------|--------------|-----------|----------|------------------|-----|-----|
| 1        | 2        | Ox. al. 320  | 30        | 2,289180 | 9,866842         | a   | A   |
| 2        | 3        | Ox. al. 60   | 30        | 2,139801 | 8,497743         | a   | A   |
| 3        | 1        | Bruto        | 30        | 0,676565 | 1,967109         | b   | B   |
| 4        | 4        | Micro esfer. | 30        | 0,574823 | 1,776816         | b   | B   |

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D.M.S. 5% = 0,18686 – D.M.S. 1% = 0,22748

Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de fosfato de zinco do fator cimento

| n° ordem | n° trat. | Nome         | n° repet. | Médias   | Médias originais | 5 % | 1 % |
|----------|----------|--------------|-----------|----------|------------------|-----|-----|
| 1        | 2        | Ox. al. 320  | 10        | 1,639710 | 5,153674         | a   | A   |
| 2        | 3        | Ox. al. 60   | 10        | 1,376884 | 3,962536         | a   | A   |
| 3        | 1        | Bruto        | 10        | 0,518730 | 1,679894         | b   | B   |
| 4        | 4        | Micro esfer. | 10        | 0,433101 | 1,542033         | b   | B   |

Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de ionômero do fator cimento

| n° ordem | n° trat. | Nome         | n° repet. | Médias   | Médias originais | 5 % | 1 % |
|----------|----------|--------------|-----------|----------|------------------|-----|-----|
| 1        | 2        | Ox. al. 320  | 10        | 2,465634 | 11,770940        | a   | A   |
| 2        | 3        | Ox. al. 60   | 10        | 2,409597 | 11,129471        | a   | A   |
| 3        | 1        | Bruto        | 10        | 1,065187 | 2,901380         | b   | B   |
| 4        | 4        | Micro esfer. | 10        | 0,765310 | 2,149661         | b   | B   |

Teste de Tukey para médias de tratamento dentro de resinoso do fator cimento

| n° ordem | n° trat. | Nome         | n° repet. | Médias   | Médias originais | 5 % | 1 % |
|----------|----------|--------------|-----------|----------|------------------|-----|-----|
| 1        | 2        | Ox. al. 320  | 10        | 2,762196 | 15,834577        | a   | A   |
| 2        | 3        | Ox. al. 60   | 10        | 2,632921 | 13,914352        | a   | A   |
| 3        | 4        | Micro esfer. | 10        | 0,526058 | 1,692248         | b   | B   |
| 4        | 1        | Bruto        | 10        | 0,445779 | 1,561706         | b   | B   |

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D.M.S. 5% = 0,32364 – D.M.S. 1% = 0,39400

Teste de Tukey para médias de cimento

| n° ordem | n° trat. | Nome     | n° repet. | Médias   | Médias originais | 5 % | 1 % |
|----------|----------|----------|-----------|----------|------------------|-----|-----|
| 1        | 2        | Ionômero | 40        | 1,676432 | 5,346444         | a   | A   |
| 2        | 3        | Resinoso | 40        | 1,591738 | 4,912281         | a   | A   |
| 3        | 1        | Fosfato  | 40        | 0,992106 | 2,696909         | b   | B   |

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D.M.S. 5% = 0,14740 – D.M.S. 1% = 0,18398

Teste de Tukey para médias de cimento dentro de bruto do fator tratamento

| n° ordem | n° trat. | Nome     | n° repet. | Médias   | Médias originais | 5 % | 1 % |
|----------|----------|----------|-----------|----------|------------------|-----|-----|
| 1        | 2        | Ionômero | 10        | 1,065187 | 2,901380         | a   | A   |
| 2        | 1        | Fosfato  | 10        | 0,518730 | 1,679894         | b   | B   |
| 3        | 3        | Resinoso | 10        | 0,445779 | 1,561706         | b   | B   |

Teste de Tukey para médias de cimento dentro de óxido de alumínio malha 320 do fator tratamento

| n° ordem | n° trat. | Nome     | n° repet. | Médias   | Médias originais | 5 % | 1 % |
|----------|----------|----------|-----------|----------|------------------|-----|-----|
| 1        | 3        | Resinoso | 10        | 2,762196 | 15,834577        | a   | A   |
| 2        | 2        | Ionômero | 10        | 2,465634 | 11,770940        | b   | A   |
| 3        | 1        | Fosfato  | 10        | 1,639710 | 5,153674         | c   | B   |

Teste de Tukey para médias de cimento dentro de óxido de alumínio malha 60 do fator tratamento

| n° ordem | n° trat. | Nome     | n° repet. | Médias   | Médias originais | 5 % | 1 % |
|----------|----------|----------|-----------|----------|------------------|-----|-----|
| 1        | 3        | Resinoso | 10        | 2,632921 | 13,914352        | a   | A   |
| 2        | 2        | Ionômero | 10        | 2,409597 | 11,129471        | a   | A   |
| 3        | 1        | Fosfato  | 10        | 1,376884 | 3,962536         | b   | B   |

Teste de Tukey para médias de cimento dentro de micro esfera do fator tratamento

| n° ordem | n° trat. | Nome     | n° repet. | Médias   | Médias originais | 5 % | 1 % |
|----------|----------|----------|-----------|----------|------------------|-----|-----|
| 1        | 2        | Ionômero | 10        | 0,765310 | 2,149661         | a   | A   |
| 2        | 3        | Resinoso | 10        | 0,526058 | 1,692248         | a b | A   |
| 3        | 1        | Fosfato  | 10        | 0,433101 | 1,542033         | b   | A   |

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D.M.S. 5% = 0,29480 – D.M.S. 1% = 0,36797

Observações não transformadas  
Análise fixando o nível bruto de fundição do fator tratamento e nível fosfato de zinco  
do fator cimento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 0,650000  |
| Valor máximo        | 2,480000  |
| Amplitude           | 1,830000  |
| Total               | 17,719999 |
| Média               | 1,772000  |
| Variância           | 0,263173  |
| Desvio padrão       | 0,513004  |
| D.P. média          | 0,162226  |
| Coef. de variação % | 28,950579 |
| Coef. Assim.        | -0,941438 |
| Coef. Curt.         | 3,407429  |
| Mediana             | 1,930000  |
| Quartil inf.        | 1,480000  |
| Quartil sup.        | 2,090000  |
| IC 5% L.S.          | 2,138631  |
| IC 5% L. I.         | 1,405369  |
| IC 1% L.S.          | 2,299235  |
| IC 1% L. I.         | 1,244765  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível bruto de fundição do fator tratamento e nível ionômero de vidro modificado do fator cimento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 1,700000  |
| Valor máximo        | 5,670000  |
| Amplitude           | 3,970000  |
| Total               | 31,820000 |
| Média               | 3,182000  |
| Variância           | 2,040751  |
| Desvio padrão       | 1,428548  |
| D.P. média          | 0,451747  |
| Coef. de variação % | 44,894669 |
| Coef. Assim.        | 0,434659  |
| Coef. Curt.         | 1,817922  |
| Mediana             | 2,970000  |
| Quartil inf.        | 1,810000  |
| Quartil sup.        | 4,370000  |
| IC 5% L.S.          | 4,202948  |
| IC 5% L. I.         | 2,161053  |
| IC 1% L.S.          | 4,650177  |
| IC 1% L. I.         | 1,713823  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível bruto de fundição do fator tratamento e nível resinoso do  
fator cimento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 0,960000  |
| Valor máximo        | 3,020000  |
| Amplitude           | 2,060000  |
| Total               | 16,320000 |
| Média               | 1,632000  |
| Variância           | 0,312529  |
| Desvio padrão       | 0,559043  |
| D.P. média          | 0,176785  |
| Coef. de variação % | 34,255074 |
| Coef. Assim.        | 1,559284  |
| Coef. Curt.         | 4,995504  |
| Mediana             | 1,470000  |
| Quartil inf.        | 1,340000  |
| Quartil sup.        | 1,720000  |
| IC 5% L.S.          | 2,031534  |
| IC 5% L. I.         | 1,232466  |
| IC 1% L.S.          | 2,206551  |
| IC 1% L. I.         | 1,057449  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de óxido de alumínio malha 320 do fator tratamento e nível fosfato de zinco do fator cimento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 3,810000  |
| Valor máximo        | 6,220000  |
| Amplitude           | 2,410000  |
| Total               | 52,250000 |
| Média               | 5,225000  |
| Variância           | 0,778050  |
| Desvio padrão       | 0,882071  |
| D.P. média          | 0,278935  |
| Coef. de variação % | 16,881748 |
| Coef. Assim.        | -0,429786 |
| Coef. Curt.         | 1,738483  |
| Mediana             | 5,510000  |
| Quartil inf.        | 4,620000  |
| Quartil sup.        | 6,020000  |
| IC 5% L.S.          | 5,855394  |
| IC 5% L. I.         | 4,594606  |
| IC 1% L.S.          | 6,131540  |
| IC 1% L. I.         | 4,318460  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de óxido de alumínio malha 320 do fator tratamento e nível ionômero de vidro modificado do fator cimento

| Estatísticas        | Teste      |
|---------------------|------------|
| Nº de observações   | 10         |
| Valor mínimo        | 9,780000   |
| Valor máximo        | 16,350000  |
| Amplitude           | 6,570001   |
| Total               | 119,020004 |
| Média               | 11,902000  |
| Variância           | 3,790218   |
| Desvio padrão       | 1,946848   |
| D.P. média          | 0,615647   |
| Coef. de variação % | 16,357319  |
| Coef. Assim.        | 1,125413   |
| Coef. Curt.         | 3,720257   |
| Mediana             | 11,705000  |
| Quartil inf.        | 10,460000  |
| Quartil sup.        | 12,510000  |
| IC 5% L.S.          | 13,293364  |
| IC 5% L. I.         | 10,510637  |
| IC 1% L.S.          | 13,902855  |
| IC 1% L. I.         | 9,901146   |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de óxido de alumínio malha 320 do fator tratamento e nível resinoso do fator cimento

| Estatísticas        | Teste      |
|---------------------|------------|
| Nº de observações   | 10         |
| Valor mínimo        | 10,320000  |
| Valor máximo        | 21,129999  |
| Amplitude           | 10,810000  |
| Total               | 162,910004 |
| Média               | 16,291000  |
| Variância           | 15,573231  |
| Desvio padrão       | 3,946293   |
| D.P. média          | 1,247928   |
| Coef. de variação % | 24,223763  |
| Coef. Assim.        | -0,176569  |
| Coef. Curt.         | 1,590409   |
| Mediana             | 16,410000  |
| Quartil inf.        | 13,350000  |
| Quartil sup.        | 20,160000  |
| IC 5% L.S.          | 19,111317  |
| IC 5% L. I.         | 13,470684  |
| IC 1% L.S.          | 20,346766  |
| IC 1% L. I.         | 12,235235  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de óxido de alumínio malha 60 do fator tratamento e nível fosfato de zinco do fator cimento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 2,920000  |
| Valor máximo        | 5,520000  |
| Amplitude           | 2,600000  |
| Total               | 40,299999 |
| Média               | 4,030000  |
| Variância           | 0,612089  |
| Desvio padrão       | 0,782361  |
| D.P. média          | 0,247404  |
| Coef. de variação % | 19,413427 |
| Coef. Assim.        | 0,343551  |
| Coef. Curt.         | 2,410364  |
| Mediana             | 4,060000  |
| Quartil inf.        | 3,300000  |
| Quartil sup.        | 4,500000  |
| IC 5% L.S.          | 4,589133  |
| IC 5% L. I.         | 3,470866  |
| IC 1% L.S.          | 4,834064  |
| IC 1% L. I.         | 3,225936  |

Observações não transformadas  
 Análise fixando o nível jato de óxido de alumínio malha 60 do fator tratamento e  
 nível ionômero modificado do fator cimento

| Estatísticas        | Teste      |
|---------------------|------------|
| Nº de observações   | 10         |
| Valor mínimo        | 7,570000   |
| Valor máximo        | 16,010000  |
| Amplitude           | 8,440001   |
| Total               | 114,120003 |
| Média               | 11,412000  |
| Variância           | 7,281462   |
| Desvio padrão       | 2,698419   |
| D.P. média          | 0,853315   |
| Coef. de variação % | 23,645449  |
| Coef. Assim.        | 0,385036   |
| Coef. Curt.         | 2,234671   |
| Mediana             | 10,900000  |
| Quartil inf.        | 10,140000  |
| Quartil sup.        | 13,310000  |
| IC 5% L.S.          | 13,340491  |
| IC 5% L. I.         | 9,483508   |
| IC 1% L.S.          | 14,185273  |
| IC 1% L. I.         | 8,638726   |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de óxido de alumínio malha 60 do fator tratamento e nível resinoso do fator cimento

| Estatísticas        | Teste      |
|---------------------|------------|
| Nº de observações   | 10         |
| Valor mínimo        | 9,830000   |
| Valor máximo        | 18,280001  |
| Amplitude           | 8,450001   |
| Total               | 141,550003 |
| Média               | 14,155000  |
| Variância           | 7,344695   |
| Desvio padrão       | 2,710110   |
| D.P. média          | 0,857012   |
| Coef. de variação % | 19,145954  |
| Coef. Assim.        | -0,037881  |
| Coef. Curt.         | 1,973508   |
| Mediana             | 14,360000  |
| Quartil inf.        | 12,210000  |
| Quartil sup.        | 16,080000  |
| IC 5% L.S.          | 16,091847  |
| IC 5% L. I.         | 12,218153  |
| IC 1% L.S.          | 16,940289  |
| IC 1% L. I.         | 11,369711  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de micro esferas de vidro do fator tratamento e nível  
fosfato de zinco do fator cimento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| N° de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 1,040000  |
| Valor máximo        | 2,370000  |
| Amplitude           | 1,330000  |
| Total               | 15,950000 |
| Média               | 1,595000  |
| Variância           | 0,196383  |
| Desvio padrão       | 0,443152  |
| D.P. média          | 0,140137  |
| Coef. de variação % | 27,783798 |
| Coef. Assim.        | 0,502170  |
| Coef. Curt.         | 1,987359  |
| Mediana             | 1,485000  |
| Quartil inf.        | 1,230000  |
| Quartil sup.        | 1,860000  |
| IC 5% L.S.          | 1,911709  |
| IC 5% L. I.         | 1,278291  |
| IC 1% L.S.          | 2,050445  |
| IC 1% L. I.         | 1,139555  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de micro esferas de vidro do fator tratamento e nível ionômero de vidro modificado do fator cimento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 1,380000  |
| Valor máximo        | 3,410000  |
| Amplitude           | 2,030000  |
| Total               | 22,459999 |
| Média               | 2,246000  |
| Variância           | 0,517871  |
| Desvio padrão       | 0,719633  |
| D.P. média          | 0,227568  |
| Coef. de variação % | 32,040630 |
| Coef. Assim.        | 0,643439  |
| Coef. Curt.         | 2,052884  |
| Mediana             | 1,945000  |
| Quartil inf.        | 1,710000  |
| Quartil sup.        | 2,610000  |
| IC 5% L.S.          | 2,760303  |
| IC 5% L. I.         | 1,731697  |
| IC 1% L.S.          | 2,985596  |
| IC 1% L. I.         | 1,506405  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de micro esferas de vidro do fator tratamento e nível resinoso do fator cimento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 1,230000  |
| Valor máximo        | 3,040000  |
| Amplitude           | 1,810000  |
| Total               | 17,459999 |
| Média               | 1,746000  |
| Variância           | 0,260627  |
| Desvio padrão       | 0,510516  |
| D.P. média          | 0,161439  |
| Coef. de variação % | 29,239178 |
| Coef. Assim.        | 1,731910  |
| Coef. Curt.         | 5,287086  |
| Mediana             | 1,620000  |
| Quartil inf.        | 1,470000  |
| Quartil sup.        | 1,890000  |
| IC 5% L.S.          | 2,110853  |
| IC 5% L. I.         | 1,381147  |
| IC 1% L.S.          | 2,270678  |
| IC 1% L. I.         | 1,221322  |

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA RUGOSIDADE MÉDIA OBSERVADA APÓS OS 4  
TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE**

Quadro de análise de variância

| Causas da variação | G.L. | S.Q.       | Q.M.      | Valor F  | Prob.>F |
|--------------------|------|------------|-----------|----------|---------|
| Tratamento         | 3    | 27,2530738 | 9,0843579 | 165,1940 | 0,00001 |
| Resíduo            | 36   | 1,9797138  | 0,0549920 |          |         |
| Total              | 39   | 29,2327875 |           |          |         |

Média geral : 1,373525

Coefficiente de variação: 17,073 %

Teste de Tukey para médias de tratamento

| n° ordem | n° trat. | Nome         | n° repet. | Médias   | Médias originais | 5 % | 1 % |
|----------|----------|--------------|-----------|----------|------------------|-----|-----|
| 1        | 3        | Ox. al. 60   | 10        | 2,630900 | 2,630900         | a   | A   |
| 2        | 1        | Bruto        | 10        | 1,582000 | 1,582000         | b   | B   |
| 3        | 2        | Ox. al. 320  | 10        | 0,755700 | 0,755700         | c   | C   |
| 4        | 4        | Micro esfer. | 10        | 0,525500 | 0,525500         | c   | C   |

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D.M.S. 5% = 0,28283 – D.M.S. 1% = 0,35150

Observações não transformadas  
Análise fixando o nível bruto de fundição do fator tratamento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 1,269000  |
| Valor máximo        | 2,355000  |
| Amplitude           | 1,086000  |
| Total               | 15,820000 |
| Média               | 1,582000  |
| Variância           | 0,113527  |
| Desvio padrão       | 0,336938  |
| D.P. média          | 0,106549  |
| Coef. de variação % | 21,298241 |
| Coef. Assim.        | 1,238879  |
| Coef. Curt.         | 3,700057  |
| Mediana             | 1,464000  |
| Quartil inf.        | 1,335000  |
| Quartil sup.        | 1,802000  |
| IC 5% L.S.          | 1,822801  |
| IC 5% L. I.         | 1,341199  |
| IC 1% L.S.          | 1,928285  |
| IC 1% L. I.         | 1,235715  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de óxido de alumínio malha 320 do fator tratamento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 0,631000  |
| Valor máximo        | 0,901000  |
| Amplitude           | 0,270000  |
| Total               | 7,557000  |
| Média               | 0,755700  |
| Variância           | 0,008363  |
| Desvio padrão       | 0,091451  |
| D.P. média          | 0,028919  |
| Coef. de variação % | 12,101529 |
| Coef. Assim.        | 0,183875  |
| Coef. Curt.         | 2,105439  |
| Mediana             | 0,752500  |
| Quartil inf.        | 0,697000  |
| Quartil sup.        | 0,797000  |
| IC 5% L.S.          | 0,821058  |
| IC 5% L. I.         | 0,690342  |
| IC 1% L.S.          | 0,849688  |
| IC 1% L. I.         | 0,661712  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de óxido de alumínio malha 60 do fator tratamento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 2,122000  |
| Valor máximo        | 3,063000  |
| Amplitude           | 0,941000  |
| Total               | 26,309000 |
| Média               | 2,630900  |
| Variância           | 0,090045  |
| Desvio padrão       | 0,300075  |
| D.P. média          | 0,094892  |
| Coef. de variação % | 11,405780 |
| Coef. Assim.        | -0,257716 |
| Coef. Curt.         | 1,934742  |
| Mediana             | 2,699500  |
| Quartil inf.        | 2,376000  |
| Quartil sup.        | 2,866000  |
| IC 5% L.S.          | 2,845356  |
| IC 5% L. I.         | 2,416444  |
| IC 1% L.S.          | 2,939299  |
| IC 1% L. I.         | 2,322501  |

Observações não transformadas

Análise fixando o nível jato de micro esferas de vidro do fator tratamento

| Estatísticas        | Teste     |
|---------------------|-----------|
| Nº de observações   | 10        |
| Valor mínimo        | 0,378000  |
| Valor máximo        | 0,690000  |
| Amplitude           | 0,312000  |
| Total               | 5,255000  |
| Média               | 0,525500  |
| Variância           | 0,008032  |
| Desvio padrão       | 0,089623  |
| D.P. média          | 0,028341  |
| Coef. de variação % | 17,054798 |
| Coef. Assim.        | 0,336842  |
| Coef. Curt.         | 2,672199  |
| Mediana             | 0,513500  |
| Quartil inf.        | 0,484000  |
| Quartil sup.        | 0,573000  |
| IC 5% L.S.          | 0,589551  |
| IC 5% L. I.         | 0,461449  |
| IC 1% L.S.          | 0,617609  |
| IC 1% L. I.         | 0,433391  |