



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

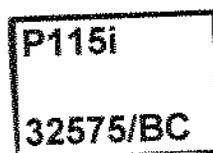


JOÃO FELIPE MOTA PACHECO
CIRURGIÃO - DENTISTA

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO SUPERFICIAL NA
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DA UNIÃO
POLÍMERO DE VIDRO - CIMENTO RESINOSO**

*Tese apresentada à Faculdade de
Odontologia de Piracicaba, da
Universidade Estadual de Campinas, para
obtenção do TÍTULO DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS, ÁREA MATERIAIS
DENTÁRIOS.*

Piracicaba
1997





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
 FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



JOÃO FELIPE MOTA PACHECO
 CIRURGIÃO - DENTISTA

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO SUPERFICIAL NA
 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DA UNIÃO
 POLÍMERO DE VIDRO - CIMENTO RESINOSO**

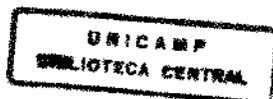
Orientador: Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES

*Este exemplar
 foi devidamente
 corrigido. CPA
 036/83
 19-12-97*

*Tese apresentada à Faculdade de
 Odontologia de Piracicaba, da
 Universidade Estadual de Campinas, para
 obtenção do TÍTULO DE DOUTOR EM
 CIÊNCIAS, ÁREA MATERIAS
 DENTÁRIOS.*

Piracicaba
 1997

98012006



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
V.	Ft.
COMBO BC/	325B
PROC.	390798
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 1800
DATA	16/03/98
N.º CPD	

CM-00104810-2

Ficha Catalográfica Elaborada pela Biblioteca da FOP/UNICAMP

<p><i>YUCI</i></p> <p>P112i</p>	<p>Pacheco, João Felipe Mota.</p> <p><i>Influência do tratamento superficial na resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso / João Felipe Mota Pacheco. - Piracicaba : [s.n.], 1997.</i></p> <p>112f. : il.</p> <p>Orientador : Mário Fernando de Góes.</p> <p>Tese (doutoramento) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.</p> <p>I. Materiais dentários. 2. Compósitos poliméricos. 3. Resistência de materiais. I. Góes, Mário Fernando de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">19.CDD - 617.695 - 620.118</p>
---------------------------------	--

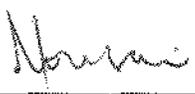
Índices para o Catálogo Sistemático

- | | |
|------------------------|---------|
| 1. Materiais dentários | 617.695 |
| 2. Materiais compostos | 620.118 |



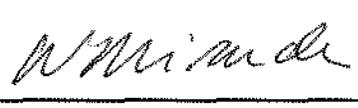
A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de **Doutorado**, em sessão pública realizada em 18/12/97, considerou o candidato aprovado.

1. Mário Fernando de Goes 

2. Simonides Consani 

3. Luiz Roberto Marcondes Martins 

4. Elio Mezzomo 

5. Walter Gomes Miranda Júnior 

DEDICO ESTE TRABALHO

Aos meus pais, **Romilto e Jussara**, a minha irmã **Maria Cândida** e a minha madrinha **Jurema**, pelo apoio, confiança e compreensão depositados em mim durante as dificuldades enfrentadas.

Ao Prof. Doutor **MARIO FERNANDO DE GOES**,
Livre Docente da Área de Materiais Dentários da
Faculdade de Odontologia de Piracicaba,
da Universidade Estadual de Campinas,
pela dedicação a minha formação
científica e pessoal, pelo exemplo de
competência e seriedade na docência, pelo
apoio e amizade demonstrados em todos os
momentos.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao Professores Doutores **SIMONIDES CONSANI**,
LOURENÇO CORRER SOBRINHO e
MARIO ALEXANDRE COELHO
SIGNHORETI, da Área de Materiais
Dentários, da Faculdade de Odontologia de
Piracicaba, da Universidade Estadual de
Campinas, pelo exemplo de colaboração e
amizade no relacionamento pessoal e
profissional.

AGRADECIMENTOS

À Direção da Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do seu Diretor Prof. Dr. JOSÉ RANALI.

Aos Profs. Aposentados da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP - Dr. LUIZ ANTONIO RUHNKE, Dr. WOLNEY LUIZ STOLF, pela amizade e participação nas atividades realizadas durante o curso.

À Profa.Dra. MARINÉIA DE LARA HADDAD, do Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, pelo auxílio na elaboração da análise estatística.

Ao Prof. Dr. EWERTON NOCCHI CONCEIÇÃO, da área de Dentística Restauradora da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo constante apoio no meu desenvolvimento profissional e pela amizade demonstrada.

Ao Prof.Dr LEO WERNER SUFFERT, da área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo incentivo na minha formação científica.

À Bibliotecária SUELI DUARTE DE OLIVEIRA SOLIANI, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela orientação nas referências bibliográficas.

Ao técnico especializado da Área de Materiais Dentários da FOP, UNICAMP, Engenheiro MARCOS BLANCO CANGIANI, pela amizade, competência e disposição em colaborar na realização dos trabalhos executados durante o curso.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, em especial ao ANGELO STEFANO SECCO, eterno amigo.

À Sra. SELMA A. B. DE SOUZA, técnica e secretária da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela atenção prestada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos que nos permitiu realizar o Curso de Pós-Graduação.

E a todos que direta ou indiretamente auxiliaram na elaboração deste trabalho.

**MEU RECONHECIMENTO
E SINCEROS AGRADECIMENTOS.**

SUMÁRIO

1 - LISTA.....	01
2 - RESUMO.....	09
3 - INTRODUÇÃO.....	12
4- REVISÃO DA LITERATURA.....	15
5- PROPOSIÇÃO.....	45
6- MATERIAIS E MÉTODO.....	47
6.1 Materiais.....	48
6.2 Método.....	50
7- RESULTADOS.....	62
8- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	73
9- CONCLUSÃO.....	78
10- SUMMARY.....	80
11- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
12- APÊNDICE.....	89

LISTA

I.LISTAS**1.1 - LISTA DE TABELAS**

TABELA I	Descrição dos materiais utilizados na pesquisa.	49
TABELA II	Descrição da divisão dos grupos de ensaio utilizados neste estudo.	54
TABELA III	Médias da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com os diferentes grupos experimentais (MPa).	63
TABELA IV	Médias da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, obtidas com o jateamento com óxido de alumínio, com os diferentes tratamentos (MPa).	65
TABELA V	Médias da resistência à tração da união polímero de vidro – cimento resinoso, obtidas com o condicionamento com ácido fosfórico, com os diferentes tratamentos (MPa).	66
TABELA VI	Médias da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso obtidas com o condicionamento com ácido fluorídrico, com os diferentes tratamentos (MPa).	67
TABELA VII	Padrão de fratura dos corpos de prova na interface da união polímero de vidro – cimento resinoso.	68
TABELA VIII	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro – cimento resinoso com o jateamento com óxido de alumínio – GRUPO 1 - (MPa).	90

TABELA IX	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, com o jateamento com óxido de alumínio e aplicação do Porcelain Primer - GRUPO 2 - (MPa).	90
TABELA X	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o jateamento com óxido de alumínio e aplicação do Composite Activator - GRUPO 3 - (MPa).	91
TABELA XI	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, com o jateamento com óxido de alumínio e aplicação do Artglass Liquid - GRUPO 4 - (MPa).	91
TABELA XII	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, com o condicionamento com ácido fosfórico – GRUPO 5 - (MPa).	92
TABELA XIII	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, com o condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do Porcelain Primer – GRUPO 6 - (MPa).	92
TABELA XIV	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, com o condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do Composite Activator - GRUPO 7 - (MPa).	93

TABELA XV	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, com o condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do Artglass liquid – GRUPO 8 - (MPa).	93
TABELA XVI	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, com o condicionamento com ácido fluorídrico - GRUPO 9- (MPa).	94
TABELA XVII	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, com o condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do Porcelain Primer – GRUPO 10 - (MPa).	94
TABELA XVIII	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do Composite Activator - GRUPO 11- (MPa).	95
TABELA XIX	Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do Artglass Liquid – GRUPO 12- (MPa).	95

1.2 LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Parte inferior (a) e superior (b) da matriz metálica utilizada para a confecção das amostras de polímero de vidro (c).	50
FIGURA 2	Matriz metálica com orifício central de 6 mm de diâmetro por 1 mm de profundidade (a), onde o polímero de vidro era posicionado (b) permitindo a reprodução da localização da superfície do polímero de vidro no centro de cada cilindro de plástico (c).	51
FIGURA 3	Amostra de polímero de vidro (a) incluída em resina acrílica (b) no tubo de plástico (c) perfurado para inserção das traves metálicas (d).	53
FIGURA 4	Cilindro plástico utilizado como posicionador durante a cimentação (a).	56
FIGURA 5	Corpo-de-prova (a) inserido no posicionador (b) mantido sob pressão através de um equipamento de ar comprimido (c).	56
FIGURA 6	Máquina de ciclagem térmica. (a) banho de água com 5°C, (b) banho de água com 37°C, (c) banho de água com 60°C, (d) banho de água com 37°C, (e) dispositivo para regulagem das temperaturas, (f) motor para movimentação das amostras.	59

FIGURA 7	Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de resistência à tração. travas metálicas (a) ; mordente da máquina de ensaio universal (b); corpo-de-prova (c).	60
FIGURA 8	Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, com os diferentes grupos experimentais.	64
FIGURA 9	Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso para os tratamentos indicados, independentemente dos demais tratamentos com os diferentes grupos experimentais.	64
FIGURA 10	Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso para os tratamentos indicados.	65
FIGURA 11	Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso para os tratamentos indicados.	66
FIGURA 12	Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso para os tratamentos indicados.	67

FIGURA 13	Aspecto morfológico da superfície da amostra de polímero de vidro após o acabamento com lixas abrasivas (x500).	69
FIGURA 14	Aspecto morfológico da superfície da amostra do polímero de vidro, após o jateamento com óxido de alumínio, durante 5 segundos (x500).	70
FIGURA 15	Aspecto morfológico da superfície da amostra do polímero de vidro condicionada durante 1 minuto com o ácido fosfórico a 32% (x 500).	71
FIGURA 16	Aspecto morfológico da superfície da amostra do polímero de vidro condicionada durante 2 minutos com o ácido fluorídrico a 8 % (x 500).	72

1.3 LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIGNIFICADO -

Abreviaturas e Siglas	Significado
Co.	- Company
ADA	- Associação Dentária Americana
%	- por cento
Cm/min	- centímetros por minuto
Cm ²	- centímetro quadrado
°C	- grau Celsius
µm	- micrometro
4-META	- 4-Metacriloxietil Trimelitano Anidro
BIS-GMA	- Bisfenol-A Glicidil Metacrilato
BPDM	- Bisfenil Dimetacrilato
CaCl ₂	- Cloreto de Cálcio
Corp.	- Corporation
Di-HEMA fosf.	- Di-Hidroxietil Metacrilato fosfatado
D.P.M.	- Desvio Padrão da Média
EDTA	- Ácido Etileno-Diamino-Tetraacético
HCl	- ácido clorídrico
HEMA	- Hidroxietil Metacrilato
J&J	- Johnson's & Johnson's
kg/cm ²	- Quilograma por centímetro quadrado
kgf/cm ²	- Quilograma força por centímetro quadrado
M	- Molar
M.E.T.	- Microscopia Eletrônica de Transmissão
M.E.V.	- Microscopia Eletrônica de Varredura
ml	- mililitro
Mm	- milímetro
MMA-TBB	- Metil Metacrilato-Tri Butil Burano
MN.m ⁻²	- Mega Newton por metro quadrado
MPa	- Mega Pascal
mW/cm ²	- mili watt por centímetro quadrado
N	- Normal
NaOH	- hidróxido de sódio
NH ₄ HF ₂	- Bifluoreto de amônia
NTG-GMA	- N-Toluilglicino Glicidil Metacrilato
TEGDMA	- Trietileno Glicol Dimetacrilato
TEGMA	- Trietileno Glicol Metacrilato

RESUMO

2. RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes tratamentos na superfície do polímero de vidro Artglass (HERAEUS, Kulzer - Germany). Foi verificado também o efeito do agente de silanização (Porcelain Primer - BISCO, Inc. Itasca IL), do ativador superficial de compósitos (Composite Activator BISCO, Inc. Itasca IL) e do líquido para reparos do sistema Artglass na resistência à tração com o sistema adesivo All Bond 2 (BISCO, Inc. Itasca IL) associado ao cimento Choice Porcelain Venner System (BISCO, Inc. Itasca IL). Foram confeccionadas duzentos e quarenta amostras e divididas em 12 grupos com 20 amostras cada. Cada grupo foi submetido aos seguintes tratamentos: grupo 1 - jateamento com óxido de alumínio; grupo 2 - jateamento com óxido de alumínio e aplicação do Porcelain Primer; grupo 3 - jateamento com óxido de alumínio e aplicação do Composite Activator; grupo 4 - jateamento com óxido de alumínio e aplicação do Artglass Liquid; grupo 5 - condicionamento com ácido fosfórico; grupo 6 - condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do Porcelain Primer; grupo 7 - condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do Composite Activator; grupo 8 - condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do Artglass Liquid; grupo 9 - condicionamento com ácido fluorídrico; grupo 10 - condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do Porcelain Primer; grupo 11 - condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do Composite Activator; grupo 12 - condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do Artglass Liquid; Após o tratamento, as amostras foram unidas em pares com auxílio do sistema adesivo e do cimento resinoso manipulados de acordo com as instruções do fabricante. Em seguida, os corpos-de-prova foram armazenados a 37°C com umidade relativa do ar em 100%, durante 24 horas e, logo após, foram submetidos a 500 ciclos térmicos ajustados às temperaturas de 5°C, 37°C e 60°C, com duração de 30 segundos cada. Decorrido o período de 48 horas, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração em uma máquina de ensaio universal (Otto Wolpert Werke, Germany), a uma velocidade de 6 mm/minuto. As médias dos resultados obtidos foram: grupo 1 - 11,46 MPa; grupo 2 - 12,28 MPa; grupo 3 - 9,45 MPa, grupo 4 - 11,53 MPa; grupo 5 - 3,83 MPa; grupo 6 - 4,84 MPa; grupo 7 - 3,94 MPa; grupo 8 - 5,67 MPa; grupo 9 - 6,51 MPa; grupo 10 - 6,36 MPa; grupo 11 - 7,86 MPa; grupo 12 - 8,34 MPa. A seguir os resultados foram submetidos análise de variância e ao Teste de Tukey. Após os testes de resistência à tração as amostras foram

examinadas em lupa estereoscópica com aumento de 16 vezes, onde foi verificado predomínio de fraturas coesivas do polímero de vidro para os grupos tratados com jateamento com óxido de alumínio. O efeito dos tratamentos de superfície foi analisado com auxílio de um microscópio eletrônico de varredura (Zeiss DSM 960, Germany). Os resultados indicaram que o maior valor de resistência de união foi obtido através do jateamento com óxido de alumínio associado ao agente de silanização. Nos demais grupos onde também foi realizado o jateamento com óxido de alumínio os valores de resistência de união foram superiores e diferentes estatisticamente, quando comparados aos outros grupos, com exceção da associação do ácido fluorídrico com o Composite Activator, que não diferiu do grupo 3. A análise através de M.E.V. das superfícies tratadas demonstrou um padrão morfológico mais favorável ao imbricamento micromecânico produzido com o jateamento com óxido de alumínio.

Palavras Chave: 1. Materiais dentários. 2. Compósitos poliméricos. 3. Resistência de materiais.

INTRODUÇÃO

3. INTRODUÇÃO

A introdução no mercado odontológico dos sistemas de união com múltiplas aplicações, vem proporcionando uma evolução, tanto na efetividade de retenção como nos procedimentos técnicos para obtenção da união entre a estrutura dental e materiais como porcelana, ligas metálicas e resina composta^{04,05}. Como vantagem adicional, o preparo cavitário ficou limitado à remoção do tecido cariado, alisamento das paredes e obtenção de espessura adequada para o material restaurador^{08,14}.

Na seqüência do procedimento técnico de união, a estrutura dental em esmalte e ou dentina, deve ser preparada pelo condicionamento ácido e aplicação de sistemas adesivos hidrófilos. A polimerização do monômero no interior da dentina condicionada resultará na formação de uma camada híbrida, composta por apatita, colágeno e monômeros resinosos, que atualmente tem sido considerada como o principal mecanismo de união entre material restaurador e a estrutura dental^{05,10,14,17,27,29,33,38,42}.

De maneira similar, a superfície interna dos materiais restauradores indiretos também deve ser susceptível a tratamentos de superfície, com o objetivo de promover retenções micromecânicas e ou união química, para que a ação dos agentes adesivos tenha a mesma efetividade na resistência de união.

Ainda dentro do processo, o mecanismo de união produzido pelo sistema de união universal é associado a cimentos resinosos, que formam uma camada intermediária uniforme e transformam estrutura dental / material restaurador em uma única unidade, de tal forma, que as forças aplicadas na superfície da restauração sejam gradualmente transferidas para a estrutura do dente subjacente sem causar fraturas na restauração ou no elemento dental^{23,25}.

Estabelecida essa situação, novos materiais restauradores indiretos têm sido desenvolvidos no intuito de associar o restabelecimento da função, forma e estética, com a utilização de procedimentos adesivos. Com este propósito, existem a disposição no mercado odontológico materiais cerâmicos indicados para confecção de restaurações indiretas, descritas como do tipo Inlay e Onlay^{03,08,11,41}.

Esses materiais têm proporcionado resultados clínicos satisfatórios em relação a manutenção da integridade marginal, forma, contorno, resistência ao desgaste e manchamento

marginal, pela possibilidade de serem tratados com condicionamento através de ácidos que promovem rugosidade seletiva, sem comprometer a integridade da restauração^{04,16,31,35,36,37}. Além disso, o uso de substâncias químicas como o silano, um monômero composto de radicais orgânicos reativos e grupos monovalentes hidrolisáveis, também auxilia na interação entre a fase inorgânica dos materiais cerâmicos e a fase orgânica dos cimentos resinosos^{02,06,12,20,28,30,32,40}.

Esses procedimentos contribuem para se obter uma união eficiente entre a porcelana e materiais acrílicos, alcançando altos valores de resistência de união e adequado selamento marginal²⁸. Entretanto, os materiais cerâmicos são frágeis nas condições orais, apresentando pouca resistência à forças de tração, uma limitada capacidade de distribuir forças localizadas, e uma baixa resistência a deformação^{16,19,22,25,26,41}, tornando o procedimento técnico de união destas restaurações a estrutura dental complexos^{37,39}. Além disso, a cerâmica é crítica quanto à manipulação laboratorial, exigindo um longo tempo para sua confecção o que determina um custo final do trabalho elevado^{08,11,24}.

Na tentativa de superar algumas destas limitações dos materiais cerâmicos, a indústria odontológica apresentou recentemente no comércio um sistema restaurador indireto originário da combinação de um material de carga composto por partículas vítreas de silicato de bário e uma quantidade moderada de sílica coloidal distribuídos homogeneamente em uma matriz orgânica contendo monômeros multifuncionais, denominado polímero de vidro. Esta característica na composição propiciou maior grau de polimerização do material e similaridade entre as propriedades físicas e mecânicas do compósito com às da estrutura dental^{11,22,41}.

Além disso, este sistema restaurador não é tão crítico quanto as cerâmicas em relação à manipulação, não necessitando de equipamentos tão sofisticados para sua confecção, e com isso, requerem menor tempo de laboratório para a elaboração das restaurações, contribuindo para redução significativa dos custos¹¹.

Assim, considerando fundamental a efetividade de união entre o material e estrutura dental, através dos sistemas adesivos universais associados aos agentes cimentantes resinosos, e não havendo informações concretas com relação aos procedimentos de tratamento interno da superfície desse material restaurador, o propósito deste estudo foi avaliar a resistência de união entre o polímero de vidro, após a ação de diferentes combinações de tratamentos de superfície, e o cimento resinoso, bem como as características morfológicas da região tratada.

REVISÃO DA LITERATURA

4. REVISÃO DA LITERATURA

BUONOCORE⁰⁷, em 1955, apresentou um método para aumentar a adesão da resina acrílica à superfície de esmalte. Verificou que a adesão de discos de resina acrílica, com 5 mm de diâmetro, à superfície de esmalte era maior quando este tecido dental era condicionado com ácido fosfórico a 85%, por 30 segundos, em relação aquelas amostras que não recebiam nenhum tratamento ácido previamente à colocação da resina acrílica. O autor sugeriu algumas explicações para tal fenômeno, tais como grande aumento da área da superfície devido a ação do ataque ácido e aumento da capacidade de umedecimento da superfície, permitindo assim contato íntimo da resina acrílica com o esmalte.

Em 1963, BOWEN⁰⁶ estudou as propriedades dos polímeros para restaurações dentais reforçados por sílica. Usou partículas vitreas de sílica com forma irregular e tamanho variando em torno de 150 µm, cujas superfícies foram tratadas com vinil-silano, com objetivo de aumentar a união entre a fase orgânica e inorgânica. O aglutinante usado foi um co-polímero de BIS-GMA, que pode ser considerado como produto da adição de metacrilato de glicidila ao bis-fenol A, catalisado por 0,5% de N.N-dimetil-p-toluidina, a 60°C. Dessa forma, conseguiu-se um material onde foi incorporada ao polímero orgânico setenta por cento em peso de sílica vítrea tratada, que correspondia aproximadamente a cinquenta e cinco por cento de sílica por volume, propiciando uma redução na contração de polimerização e no coeficiente de expansão térmica, um aumento da resistência à compressão e do módulo de elasticidade, além de baixa solubilidade e desintegração em água, quando comparada à resina onde foi adicionada sílica não tratada.

Em 1965, McLEAN & HUGHES²⁴, realizaram um estudo onde desenvolveram uma nova cerâmica dental, juntamente com técnicas de aplicação que melhorassem as propriedades mecânicas e a resistência a fratura. Os autores observaram que a cerâmica onde cristais de alumina foram utilizados como reforço da fase vítrea demonstraram a melhora das propriedades mecânicas. De acordo com os resultados a cerâmica alumínica alcançou o dobro da resistência transversa das porcelanas dentárias convencionais, maior resistência a choques térmicos, e ainda, que os dentes produzidos apresentam anatomia e estética semelhante as porcelanas convencionais.

GWINNETT & MATSUI ¹³, em 1967, verificaram através de microscopia eletrônica de transmissão e microscopia óptica, se havia uma relação física entre o esmalte condicionado e o adesivo dental. Para isto, utilizaram 32 dentes humanos dos grupos incisivos e caninos superiores que foram divididos em 8 grupos. Cada dente teve a superfície vestibular delimitada e condicionada com o líquido de um cimento de fosfato de zinco por 2 minutos, sendo após, lavada e seca. Foram aplicados em cada grupo, um dos oito adesivos de esmalte estudado e aguardada a polimerização. As amostras de cada grupo, foram então desmineralizadas com ácido clórico 0,1 N e preparadas para a observação em microscopia óptica e eletrônica. Os autores observaram que houve a formação de filamentos ("tags") na interface material / esmalte. A origem destes filamentos foi consequência da penetração do agente adesivo dentro das bordas ou prismas do esmalte descalcificado e posterior polimerização. Ainda, segundo os autores, esta penetração pode encapsular os cristais do esmalte e promover uma efetiva e permanente união mecânica, além de proteger o esmalte contra novas dissoluções

PAFFENBARGER et al. ³², em 1967, avaliaram a união de dentes de porcelana a resina acrílica através de um agente de silanização. Foram realizados testes de tração de acordo com a especificação nº 15 da ADA. O autor concluiu que o silano aumentou a resistência de união entre os dentes de porcelana, e diminuiu a microinfiltração entre o dente e a resina acrílica, o que possibilitaria uma melhor manutenção da higiene.

Em 1969, MYERSON ²⁸, verificou a resistência de união de dentes de porcelana tratados com silano unidos a resinas acrílicas de polimerização química e térmica. Foi realizado um teste de tensão de três pontos em dentes de porcelana unidos a uma base de acrílico, a carga foi aplicada em um ângulo de 60 graus ao plano inciso - gengival do dente, e foi aumentada em uma taxa de 25 kg/cm² / minuto, até que ocorresse a fratura. As amostras também foram submetidas a dois tipos de ciclagem, o teste dinâmico, iniciou com uma carga de 1,70 kg, aumentando 0,42 kg a cada 270 ciclos, até a ocorrência da fratura, e no outro, as amostras foram submetidas a ciclagem térmica, onde eram deixadas por cinco minutos em banhos de água a 70°C e 5°C. Após 432 ciclos, as amostras foram submetidas a uma carga de três pontos. Entre outras conclusões, os autores

afirmaram que, a diferença de coeficiente de expansão térmica deve ser considerada a principal causadora do rompimento da união porcelana-resina acrílica, e ainda, que o agente de silanização melhora consideravelmente a resistência de união destes materiais.

Em 1978, NEWBURG & PARMEIJER ³⁰, realizaram uma investigação sobre a resistência de união da resina composta a porcelana tratada com uma solução de silano. Utilizaram a superfície lingual de incisivos centrais de porcelana fixados em resina acrílica. Os dentes tiveram a área vestibular lixada para obter uma superfície plana com 6 mm de diâmetro. A superfície das amostras de porcelana foram limpas com uma solução de 33% de ácido fosfórico por 1 minuto, após serem lavadas e secas receberam uma aplicação de silano por 5 minutos. Foram confeccionadas 102 amostras divididas nos seguintes grupos: A - seis dentes foram tratados com a solução de silano e Nuva Fill (L.D.Caulk Co.), seis dentes com a solução de silano e Adaptic (J&J), e seis dentes não receberam a aplicação do silano, e foram tratados com Nuva Fil; B- Todas as amostras receberam Nuva-Fil, sendo que seis foram expostas a ciclagem térmica, e as outras doze amostras receberam somente o tratamento com a solução de silano; C - as amostras foram preparadas como no grupo A, com exceção de que ao invés de utilizar uma solução de silano recentemente preparada, foi utilizada uma solução envelhecida por duas semanas; D - este grupo continha 48 amostras, com doze sendo submetidas a ciclagem térmica, e todas tendo sido tratadas com a solução de silano, e recebendo a resina Adaptic. Os autores concluíram que a união da resina composta a porcelana dental, tratada com a solução de silano, produz uma união confiável; e que a introdução de tensões térmicas necessita ser investigada em futuras avaliações clínicas, mas a técnica, parece ser um método efetivo para reparo de restaurações cerâmicas na cavidade oral.

SIMONSEN & CALAMIA ³⁵, em 1983, realizaram um estudo para verificar a exequibilidade do condicionamento ácido da porcelana. Vinte discos de porcelana fixados em estruturas metálicas foram atacados por 2,5; 5; 10 ou 20 minutos com uma solução a 7,5% de ácido Hidroclorídrico. Após lavagem e secagem as superfícies de porcelana foram cobertas com uma resina fluida e unidas a um cilindro de resina composta. As amostras foram tracionadas em uma máquina de ensaio Universal Instron. Os autores verificaram que a resistência a tração obtida

era maior, conforme aumentava a duração do tempo de condicionamento. A resistência de união variou de menos de 0,6 MPa com as amostras não condicionadas, até 7,5 MPa com as amostras submetidas a 20 minutos de condicionamento ácido. A análise por microscopia eletrônica de varredura demonstrou que a superfície da porcelana condicionada, nos vários períodos de tempo, evidenciava um aspecto poroso, e pela análise das amostras fraturadas, verificaram que, quando não foi realizado o condicionamento ácido a fratura ocorria na interface resina composta-porcelana. Já em todos os casos em que a superfície foi condicionada houve fratura da porcelana ou da resina composta. Os autores concluíram que a magnitude dos resultados encontrados deverá ser satisfatórios para a retenção de facetas veneers ou de outros usos da porcelana no meio oral, salientando a necessidade de mais estudos para determinar o tempo ótimo de condicionamento ácido.

Em 1984, CALAMIA & SIMONSEN ⁰⁹, compararam o efeito de dois agentes de silanização comercialmente disponíveis, quanto a resistência de união a superfície de uma porcelana previamente condicionada por ácido. Quarenta discos de porcelana montados em tubos de liga metálica foram divididos em quatro grupos. Os primeiros três grupos foram todos condicionados por 20 minutos com uma solução contendo ácido hidrófluorídrico e sulfúrico. As superfícies das amostras foram lavadas e secas. No grupo 1 as amostras foram cobertas com uma camada de resina sem carga e unidas a cilindros de resina composta. Os grupo 2 e 3 tiveram as amostras de porcelana tratadas com diferentes agentes de silanização, e então, unidas a resina composta. O grupo 4, não foi condicionado com ácido, a porcelana foi tratado como no grupo 3, com um agente de silanização antes da união com a resina. Todas as amostras foram submetidas a ensaio de cisalhamento em uma máquina Instron. A média de resistência de união dos grupos foram as seguintes: grupo 1 - 116,34 kg/cm², grupo 2 - 114,66 kg/cm², grupo 3 - 145,46 kg/cm², grupo 4 - 83,86 kg/cm². Os autores concluíram que o condicionamento ácido da superfície da porcelana é mais importante do que o agente silano na resistência de união a resina composta. Contudo, os melhores resultados foram obtidos usando a combinação de condicionamento ácido da superfície da porcelana com um agente de silanização específico.

Em 1984, MUNKSGAARD & ASMUSSEN ²⁷, investigaram a resistência de união à tração entre uma resina restauradora e a dentina tratada com uma mistura de HEMA (Hidroxietyl Metacrilato) e glutaraldeído. Eles utilizaram dentes humanos recém - extraídos que foram incluídos em resina epóxica e desgastados com lixas de carbetto de silício de granulação final 1000, até se obter uma superfície plana de dentina. Em um grupo, as amostras foram tratadas inicialmente com EDTA 0,5 M, seguido da aplicação da solução contendo HEMA e glutaraldeído em várias concentrações. Em outro grupo, o tratamento foi similar ao grupo anterior, omitindo-se apenas o EDTA. No grupo chamado controle, tanto o EDTA, quanto a solução de HEMA e glutaraldeído foram omitidos. Sobre a superfície das amostras foi aplicado agente de união Concise Enamel Bond (3M) e construído um cilindro da resina composta Concise (3M) com o auxílio de uma matriz de teflon com diâmetro interno de 3,57 mm e 5 mm de altura. Em seguida, as amostras foram armazenadas em água a 37°C por 24 ou 72 horas, até serem levadas a uma máquina de ensaios universal (Instron) com uma velocidade de 0,5 mm/min.. Os resultados foram analisados estatisticamente e mostraram que os mais altos valores de resistência foram alcançados quando a superfície dentinária foi tratada com a concentração de HEMA a 35% e glutaraldeído a 3%. O EDTA não influenciou significativamente os resultados de resistência de união. Segundo os autores, os mais altos valores obtidos neste estudo (180 Kg/cm² ou 17,6 MPa) podem ser clinicamente satisfatórios e suportar as forças de contração de polimerização das resinas compostas.

JONES ¹⁹, em 1985, relata algumas das datas importantes no desenvolvimento cronológico da porcelana dental. Durante este processo tiveram lugar muitas invenções, modificações de técnicas e melhoria de materiais. Contribuições como o desenvolvimento do forno elétrico, de ligas, e materiais de moldagem e outros equipamentos, como turbinas de alta velocidade e brocas, determinaram também, a evolução dos preparos cavitários, todos estes foram fatores significantes no aumento do uso e popularidade das porcelanas. Sendo que, apartir da década de oitenta, foram introduzidas as porcelanas de baixa fusão, as porcelanas fundíveis e a porcelana alumínica.

Em 1986, MORENA et al.²⁶, investigaram a formação de defeitos subcríticos na estrutura de três cerâmicas dentárias: porcelana feldspática, (Ceramco Gengival) porcelana alumínica (Vitadur N) e uma porcelana fundível (Cerestore). As amostras de porcelana feldspática e fundível foram condensadas em moldes metálicos com 15 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. A porcelana fundível foi processada com uma técnica semelhante a cera perdida, através de um equipamento fornecido pelo fabricante. Após a confecção das amostras, estas foram polidas e antes do teste de resistência sofreram uma indentação na superfície com uma carga de 4,9 N para a porcelana Vitadur N e 9,8 N para a porcelana Cerestore. Os valores de resistência foram obtidos com uma máquina de testes Instron Modelo TT-B. As amostras testadas foram fraturadas com uma força de flexão bi-axial. Todos os testes foram realizados em um ambiente simulando o meio oral, consistindo de água destilada mantida a 37°C. Para a porcelana feldspática os dados foram obtidos com saliva artificial a mesma temperatura. Os autores, concluíram que, a porcelana feldspática deverá apresentar falhas antes do que a porcelana alumínica, e do que a porcelana fundível, que apresentou os melhores resultados.

IBSEN et al.¹⁸, em 1987, avaliaram o efeito da absorção de água sobre a resistência de união da resina composta a porcelana dentária, através de três sistemas de união. O primeiro grupo de amostras de porcelana foi unido diretamente a um sistema de resina composta de micropartículas com alta absorção de água (grupo 1), o segundo grupo de amostras foi unido a uma resina composta de micropartículas com baixa absorção de água, através do sistema adesivo Ultra Bond (grupo 2); e finalmente o terceiro grupo de amostras foi tratado com um agente de silanização e unidos a um compósito fotopolimerizável (Ultra Bond). Os três grupos foram submetidos a ciclagem térmica por 18 horas, e após os corpos de prova foram testados quanto a resistência ao cisalhamento. Os autores verificaram que o grupo 1 apresentou uma resistência de união de 147,84kg/cm², com desvio padrão de 11,41 kg/cm²; o grupo 2 apresentou resistência de união de 189,28 kg/cm², com desvio padrão de 19,81 kg/cm²; e o grupo 3 apresentou resistência de união de 227,15 kg/cm², com desvio padrão de 12,46 kg/cm². Os autores concluíram que resultados superiores são obtidos com o processo de silanização da porcelana e o sistema adesivo Ultra Bond.

THOMAS et al.⁴⁰, em 1987, realizaram um estudo para investigar o efeito da termociclagem sobre a resistência de união da resina composta a porcelana dentária submetida a condicionamento ácido e silanização. Sessenta e seis amostras de porcelana (Ceramco Gingival Porcelain, Ceramco, Inc.) com dimensões de 16 x 16 x 3 mm, foram condicionadas por 2,5 minutos com ácido hidrófluorídrico (Stripit, National Keystone Products). Metade das amostras foram tratadas com silano (Fusion, George Taub Products). A seguir foi delimitada uma área de 2,7 mm de diâmetro para cada amostra com uma fita adesiva, a resina composta Silar (3M) foi aplicada. Placas de liga de Níquel-Cromo foram unidas a resina. Todas as amostras foram armazenadas por 7 dias. Metade das amostras tratadas com Silano e metade das amostras não tratadas foram termocicladas (100 ciclos; banhos a 5°C e 55°C, durante 1 minuto cada banho). Após as amostras foram submetidas a ensaio de tração a uma velocidade de 0,5 mm/minuto. Análise por microscopia revelou que a maioria das falhas foram coesivas na interface porcelana-resina composta. As amostras tratadas com silano, mas não termocicladas apresentaram resistência de união (19,3 MPa) significativamente maior ($p < 0,05$) do que amostras não tratadas e termocicladas (9,8 MPa). Nenhuma das amostras termocicladas tratadas com silano (14,0 MPa) ou não (13,9 MPa) foram significativamente diferentes. Os autores concluíram que a termociclagem exerce uma influência significativa sobre a resistência de união, e que, embora a silanização aparentemente melhore a resistência de união, seu efeito não foi estatisticamente significativo ($p = 0,059$).

Em 1987, STANGEL et al.³⁷, estudaram a resistência de união da resina composta a porcelana, pela variação na manipulação da porcelana e nos procedimentos de união. Foram confeccionados botões de uma porcelana feldspática, com 10 mm de diâmetro e 2 mm de altura, sobre uma folha de platina e sobre um tipo de revestimento. Uma das superfícies de cada amostra foi abrasionada com pérolas de vidro por 20 segundos, e submetida a um dos seguintes tratamentos: 1 - sem condicionamento ácido, 2 - condicionado com ácido hidrófluorídrico a 52% em peso, por 90 segundos, e 3 - condicionado com ácido hidrófluorídrico a 20% em peso, por 2,5, 5, 10, e 20 minutos. As amostras foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura, o que determinou que a morfologia superficial mais favorável foi a do condicionamento com ácido hidrófluorídrico a 20% por 2,5 minutos. Foram então, confeccionados mais 42 botões de porcelana

e divididos em dois grupos: um grupo permaneceu sem condicionamento, enquanto o outro foi condicionado com ácido hidrófluorídrico a 20% em peso por 2.5 minutos. As amostras foram divididas em três grupos de sete amostras cada (A,B,C, e D,E,F.). Nos grupos A e D, a superfície da porcelana foi coberta com uma resina sem carga fotopolimerizável (Visar Seal, Dent-Mat), e unidos a uma cápsula de celulóide preenchida com resina composta posicionada sobre o centro da porcelana, e fotopolimerizada por 1 minuto. Nos grupos B e E a superfície da porcelana foi tratada com o silano (Porcelain Bonding Agent, Dent-Mat), antes da colocação da resina. Nos grupos C e F as superfícies foram tratadas com silano, e após foi aplicado um adesivo de dentina (Creation Bond, Dent-Mat), a resina foi então colocada como nos grupos anteriores, e fotopolimerizada por um minuto. A seguir todas as amostras foram imersas em água, a temperatura ambiente, por sete dias. Decorrido este período, as amostras foram submetidas a cisalhamento em uma máquina Instron com uma velocidade de 0,2 cm/minuto. Os autores concluíram que o tratamento superficial da porcelana pelo ácido hidrófluorídrico, com ou sem o silano, melhora a resistência de união da resina composta a porcelana, que os agentes de silanização tem um efeito significativo na resistência de união resina composta-porcelana, e que a resistência a fratura da porcelana parece ser alterada pela resina de união.

BAILEY e BENNET ⁰⁴, em 1988, realizaram um estudo com o propósito de comparar vários tratamentos superficiais separadamente, bem como a combinação de tratamento químico com o embricamento mecânico, sobre a superfície da porcelana Dicor (Dentsply). Foram preparadas amostras de porcelana em forma de hastes, seguindo o procedimento padrão do fabricante. As amostras foram jateadas com óxido de alumínio e limpas ultrasonicamente. A seguir foram divididas em grupos de acordo com a solução de condicionamento a ser testada. As amostras foram condicionadas com o Stript (ácido hidrófluorídrico, 20%), o Ammonium Bifluoride (NH_4HF_2) a 10% peso/volume, o NaOH a 10% com 1% de peso/volume/ de EDTA, ou ainda com HCl a 5% em volume/volume. As amostras foram expostas as soluções pelos tempos de 1, 2, ou 5 minutos. Para a verificação da influência do silano, foram preparadas duas soluções. Um cimento de dupla polimerização e um autopolimerizável foram utilizados para a cimentação. As amostras cimentadas foram colocadas em água destilada por períodos de 24 horas, 1, 6, ou 12 meses. As amostras que foram submetidas a ciclagem térmica, receberam banhos de $50^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$

e $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, por 6000 ciclos. O ensaio de resistência ao cisalhamento foi realizado em uma máquina Instron, com uma velocidade de 5 mm/minuto, e com uma carga de 50 Kg. Os resultados de resistência ao cisalhamento indicaram que a maior resistência de união foi obtida com o Gamamethacryloxipropyltrimethoxysilano, com o cimento de polimerização dual e com o condicionamento com o ácido NH_4HF_2 . Também foi observado, que o tempo de armazenagem não influenciou na resistência de união das amostras cimentadas. A microscopia eletrônica de varredura demonstrou que quando a superfície da porcelana foi condicionada com as soluções Stript e NH_4HF_2 houve alteração física superficial da porcelana, enquanto que o condicionamento com NaOH ou EDTA não modificaram a superfície. A análise do condicionamento com HCl, demonstrou que apenas a fase vítrea da porcelana foi removida.

McLEAN²⁵, em 1988, realizou uma abordagem sobre o emprego das cerâmicas na prática clínica. Apresentou a composição dos novos materiais, relatando um breve histórico do desenvolvimento, e método de confecção de coroas com as porcelanas alumínicas e porcelanas fundíveis. A seguir, aborda as propriedades destes materiais, onde justifica a durabilidade limitada das cerâmicas em função da fadiga estática, que é uma reação química onde o vapor da água reage com defeitos superficiais das coroas de cerâmica, enfraquecendo e permitindo o aparecimento de fendas espontâneas, o que explica a fratura de restaurações durante esforços fisiológicos. Ao avaliar os novos sistemas de cerâmica, cita que os principais requerimentos para coroas de porcelana, são a estética e resistência. No entanto, estas propriedades são conflitantes, pois para obter resistência a porcelana deve ser unida ao metal, ou quando empregada pura é necessário adicionar altas proporções de material cristalino, o que a torna mais opaca. Já, na região posterior, onde ocorrem as maiores tensões, as coroas de cerâmica pura necessitam de um preparo dental que é biologicamente inaceitável, além disso, as coroas metalocerâmicas apresentam o dobro da resistência das porcelanas alumínicas, sendo portanto, a restauração de escolha na área de molares.

LACY et al.²⁰, em 1988, investigaram o efeito de seis diferentes tratamentos sobre a superfície da porcelana, através de testes de resistência ao cisalhamento e microscopia eletrônica de varredura. Seis grupos de 10 amostras da porcelana Will-Ceram (Williams Gold and Refining, Buffalo, N. Y.) foram unidos a blocos da liga Rexilium III (Rx Jeneric, Wallingford, Conn.). Parte

da liga foi deixada exposta e perfurada para permitir a fixação do corpo-de-prova na máquina de ensaio. A superfície das amostras de porcelana foram delimitadas com uma fita tape com uma perfuração de 5 mm de diâmetro. Uma fina camada do adesivo Scotchbond (3M) foi aplicada sobre a superfície preparada e após foi fixado um cilindro de resina fotopolimerizável P30 (3M). As amostras foram divididas em seis grupos de acordo com os seguintes tratamentos antes da aplicação do adesivo e da resina composta: A - a superfície da porcelana foi abrasionada com uma ponta diamantada, e a seguir, unida diretamente ao adesivo e resina; B - as amostras abrasionadas com uma ponta diamantada, foram cobertas com o agente de silanização, Scotchprimer Ceramic Primer (3M), antes da aplicação do adesivo e compósito; C - as amostras foram preparadas como no grupo A, exceto que a superfície rugosionada da porcelana foi tratada com Fluorofosfato Acidulado a 1,23% (Sultan Chemists Inc. Englewood, N.J.) na forma de gel por 10 minutos; D - as amostras foram preparadas como no grupo C, exceto que foi aplicado o agente de silanização antes do tratamento com o Fluorofosfato Acidulado; E - as amostras foram preparadas como no grupo D, exceto que a porcelana foi condicionada com ácido hidrófluídrico a 9,5% (Ceram - Etch, Gresco Dental Products) durante 4 minutos; F - as amostras foram preparadas como no grupo E, no entanto o silano Scotchprimer foi aplicado após o condicionamento ácido. Todas as amostras foram preparadas e armazenadas a 37° C por 24 horas, antes dos ensaios de resistência ao cisalhamento, em uma máquina Instron, com uma velocidade de 5 mm/minuto. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de T, demonstrando não existir diferença estatisticamente significativa entre os grupos A, C, e E e entre os grupos D e F, que apresentaram valores superiores aos demais grupos, sendo a diferença estatisticamente significativa. O teste também demonstrou diferença estatisticamente significativa entre os maiores valores obtidos com o grupo B e os valores do grupo A. Os autores, concluíram que, o agente de silanização foi efetivo na melhora da resistência de união; o silano usado em conjunto com o ataque ácido da porcelana pode criar uma resistência de união superior a resistência coesiva da porcelana; o condicionamento ácido da porcelana, sem o silano, não proporciona resultados superiores aos obtidos com o rugosionamento mecânico com ponta diamantada; e o flúor fosfato acidulado pode ser substituído pelo condicionamento com ácido fluorídrico, mas concentrações menores podem requerer tempos mais prolongados.

HANSEN ¹⁴, em 1989, avaliaram o comportamento clínico de restaurações feitas em resina composta microparticulada (Silux Plus, 3M) sobre áreas de erosão cervical. Os sistemas adesivos usados foram o Gluma (Bayer) e o Scotchbond Dental Adhesive (3M), um precursor do Scotchbond 2 (3M). Foram verificados o grau de descoloração marginal, formação de fendas e degraus entre o dente e a restauração. Os resultados, após 3 anos, indicaram os dentes restaurados com Gluma obtiveram sucesso em 96 % dos casos e com o Scotchbond, 66%, para este tipo de restauração. Os autores concluíram que as erosões de áreas cervicais poderiam ser restauradas sem a confecção de retenções ou cavidades convencionais, se um desses sistemas adesivos fosse usado.

CHAPPELL et al. ¹⁰, em 1990, avaliaram a resistência de união ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos e observaram o padrão de fratura através de microscopia eletrônica de varredura (M.E.V.). Eles utilizaram 64 dentes humanos do grupo dos terceiros molares, recém - extraídos, os quais foram divididos em 4 grupos de 16 dentes. Cada dente foi seccionado perpendicularmente ao longo eixo com um disco de diamante sob irrigação. Após isto, a superfície de dentina exposta foi desgastada com uma lixa de granulação 320 para uniformizar a camada de "smear layer". Em seguida, foram aplicados os quatro sistemas adesivos (Gluma, da Columbus Dent; Dentin Adhesit, da Vivadent; Scotchbond 2, da 3M e o Tenure, da Dent-Mat) de acordo com as recomendações do fabricante. Sobre as superfícies tratadas foram confeccionados cilindros de resina composta com o auxílio de uma matriz plástica com diâmetro interno de 3,3 mm e 2 mm de altura. As resinas compostas utilizadas foram as recomendadas pelos fabricantes: Lumifor (Columbus Dent), Heliomolar (Vivadent), P-50 (3M) e Perfection (Dent-Mat). Após a remoção da matriz, as amostras foram armazenadas em solução salina a 37°C por 72 horas e levadas em seguida a uma máquina de ensaios universal (Instron) com uma velocidade de 0,5 mm/min. para o teste de resistência ao cisalhamento. As amostras foram observadas, a seguir, em M.E.V. para verificar o padrão da fratura. Os resultados obtidos foram analisados pelo teste de Tukey ao nível de 5% e indicaram que os valores obtidos com o Scotchbond 2 (22,9 MPa) foram estatisticamente superiores aos outros três sistemas adesivos. O Tenure (14,4 MPa) foi inferior estatisticamente ao Scotchbond 2 e superior ao Gluma (5,7 MPa) e ao Dentin Adhesit (5,6 MPa), que tiveram os menores valores de resistência de união ao cisalhamento. Sob M.E.V., ficou claro que o Dentin Adhesit tinha grande porosidade na camada de adesivo e o Scotchbond 2 promoveu falhas

coesivas na dentina e na resina, pois a resistência de união deste material excedeu a resistência coesiva do compósito e da dentina.

Em 1991, BURKE et al. ⁰⁸, realizaram uma descrição dos sistemas de compósitos disponíveis para restaurações indiretas do tipo inlay e onlay. Os sistemas disponíveis SR-Isosit, Coltene Brilliant, Kulzer Inlay, Visio-Gem, foram classificados de acordo com o método de construção, método de polimerização e tipos de compósitos. Estes sistemas foram indicados para dentes posteriores considerando o profundidade e a largura do preparo cavitário como determinantes da indicação de uso destas técnicas. Como vantagens deste sistema são citados o controle da contração de polimerização, pois esta ocorre antes da cimentação, minimizando problemas como sensibilidade pós - operatória e selamento marginal principalmente em regiões onde há ausência de esmalte, o que sugere que as restaurações sejam consideradas de escolha em situações onde a cavidade se estende abaixo da junção cimento - esmalte. A melhora das propriedades físicas do compósito também é obtida em função da polimerização ser auxiliada pelo calor e pressão em vários sistemas, o que proporciona uma maior estabilidade de cor, resistência ao desgaste, resistência a compressão, resistência transversa e dureza. Associa-se a isto, a possibilidade de melhorar o contorno das restaurações determinando um correto ponto de contato. Os autores citam como principais desvantagens destes sistemas a necessidade de duas consultas, a remoção de tecido sadio para determinar um correto preparo cavitário e a necessidade de confecção de restaurações provisórias. Os autores concluem afirmando que o prognóstico das restaurações de resina composta indiretas é favorável, devendo ter sua aceitação aumentadas.

GOES ¹², em 1991, realizou um estudo caracterizando a superfície de partículas inorgânicas para uso em compósitos dentais, observando a área superficial e identificando os elementos químicos pelo método de fluorescência de raios x. O tratamento superficial das partículas de sílica foi avaliado através de espectroscopia na região do infravermelho, e por medida de absorvância das amostras em pastilhas de brometo de potássio. Também foi verificado o efeito da pré-hidrólise e da concentração do silano sobre as propriedades macroscópicas das partículas. Os resultados apresentados indicaram que os tratamentos aplicados as partículas de sílica conduziram a uma modificação superficial das mesmas. O autor relata, ainda, que o

mecanismo de adesão do silano à superfície da sílica, não é totalmente conhecido, e este tem sido baseado em interpretações de evidências secundárias. Algumas propostas do tipo de ligação do silano as superfícies de sílica seriam: Ligação por pontes de hidrogênio e ou ligação covalente com remoção de água, prevenindo a hidrólise. O autor conclui afirmando que existem evidências que suportam estes mecanismos, porém nenhum deles explica todos os dados.

Em 1991, KANCA ¹⁷ relatou os resultados obtidos quando o sistema de união esmalte - dentina (All-Bond) foi usado para produzir a união ao esmalte, a dentina, porcelana e três tipos de metais. Uma ênfase especial foi dada pelo fato desse material unir-se a superfícies úmidas. Além disso, o ácido fosfórico foi utilizado para tratamento simultâneo da superfície do esmalte e dentina para simplificar o procedimento e reduzir a dificuldade da técnica. Foram usados no estudo dentes molares humanos que após serem embutidos em resina acrílica, tiveram a superfície desgastada com lixas de granulação 320. Para a avaliação da união na superfície do esmalte, os dentes foram divididos em três grupos. No primeiro grupo o esmalte foi condicionado por 15 segundos com ácido fosfórico a 32%, na forma de gel. Em seguida, a superfície foi lavada e seca. O esmalte do segundo grupo foi condicionado com ácido fosfórico a 10%, na forma de gel, durante 25 - 30 segundos, lavados e secos. No terceiro grupo, as amostras foram tratadas com ácido fosfórico a 10%, por 25 - 30 segundos, lavadas e somente o excesso de água foi removido, deixando a superfície úmida. A aplicação dos "primer" e adesivo sobre a superfície do esmalte seguiu as instruções do fabricante. Em seguida, uma matriz de teflon de 2,5 mm de espessura por 4 mm de diâmetro foi posicionada sobre a superfície e preenchida com incrementos do compósito Bisfill. Cada incremento do compósito foi fotopolimerizado durante 40 segundos. A seguir, a matriz foi removida e as amostras foram armazenadas em água a 37°C, por 24 horas. Logo após a armazenagem, as amostras foram submetidas ao teste de resistência ao cisalhamento em uma máquina de ensaio universal Instron com velocidade de 5 mm/min.. De acordo com os resultados, as amostras com a superfície do esmalte tratada com ácido fosfórico a 37%, na forma de gel tiveram uma resistência média de união de 29,88 MPa. A superfície do esmalte tratada com ácido fosfórico a 10%, na forma de gel, lavada e seca teve uma média de resistência à união de 25,27 MPa. A superfície do esmalte tratada com ácido fosfórico a 10%, na forma de gel, por 25 a 30 segundos, com a superfície deixada úmida, apresentou resistência de 32,42 MPa. O teste de

Newman-Keuls mostrou não haver diferença estatística significativa entre os grupos estudados. Na dentina, a média de resistência de união para a superfície da dentina tratada com ácido fosfórico a 10%, lavada e com as superfícies secas foi de 16,11 MPa. A média de resistência ao cisalhamento para o grupo tratado com ácido fosfórico à 10% e a superfície deixada úmida foi de 29,34 MPa. O teste T mostrou resistência de união estatisticamente superior para os valores obtidos na superfície úmida em relação ao outro grupo. Nove das dez amostras fraturaram coesivamente na dentina. Isto indicou a grande consistência da união proporcionada pela dentina. Os resultados indicaram que o sistema de união dental All Bond pode ser usado para unir resinas compostas a todas superfícies típicas intraorais. Além disso, a superfície do esmalte ou da dentina não precisou estar seca para ter um bom efeito de adesão.

NAKABAYASHI et al.²⁹, em 1991, verificaram em seu estudo, através da utilização de microscopia eletrônica de varredura, a formação da chamada "camada híbrida" em dentina e esmalte, utilizando adesivos contendo o 4-META (4-metacriloxietil trimelitato anidrido) em sua composição. Os exames microscópicos no esmalte revelaram um achado surpreendente, segundo os autores. De acordo com a teoria normalmente aceita da formação dos "tags", o pré-tratamento do esmalte com ácido fosfórico cria retenções mecânicas pela dissolução do material interprismático. O adesivo penetra, então, nas microrretenções e cria uma união mecânica com o esmalte. Neste estudo, os autores observaram que além disso, há uma penetração do adesivo ao redor dos prismas, encapsulando-os. Uma análise química desta interface mostrou que os "tags" são formados puramente de resina e que no final dos "tags", há a presença de uma delgada camada, onde a resina impregna o material interprismático, formando uma mistura de resina e esmalte. Eles chamaram esta zona de transição de "camada híbrida" em esmalte. Esta camada mostrou-se, ainda, muito resistente à dissolução ácida com o ácido clorídrico, e talvez, segundo os autores confira uma certa resistência à cárie. Já em dentina, o 4-META, inicialmente mostrou-se ineficaz, pois o ácido fosfórico utilizado como condicionador de esmalte e dentina, desnaturava o colágeno dentinário. Os autores resolveram então, neste estudo, utilizar um pré-tratamento da dentina com a solução chamada 10-3 (ácido cítrico 10% e oxalato férrico 3%). Com isso, a resistência de união aumentou 200%. A formação de "tags" dentro dos túbulos dentinários foi idêntica, seja quando foi usado o ácido fosfórico ou a solução 10-3. Quando a solução 10-3 foi

usada, notou-se a formação de uma zona intermediária formada por dentina e resina, chamada também de "camada híbrida". Os autores concluem neste estudo que quando a hibridização ocorre, a resistência de união aumenta significativamente, seja em esmalte ou dentina. Além disso, forma-se um selamento da dentina e do esmalte, prevenindo a hipersensibilidade e cáries secundárias.

PHILLIPS³³, em 1991, descreveu que uma das maneiras mais efetivas para se aumentar o selamento das margens e a adesão mecânica é pelo uso da técnica do condicionamento ácido. Esta, resolveu em grande parte, os problemas normalmente verificados com restaurações de resina composta, ou seja, a infiltração marginal e o manchamento. O processo para se conseguir a união entre o esmalte e a resina para restauração envolve um discreto condicionamento do esmalte de maneira a promover sua dissolução seletiva resultando em microporosidades. O esmalte condicionado tem uma alta energia de superfície, diferentemente daquela do esmalte normal, o que permite à resina molhar rapidamente sua superfície e penetrar nas microporosidades. Uma vez que a resina penetrou nas microporosidades, ela pode ser polimerizada para formar uma união mecânica com o esmalte. A resistência adesiva do esmalte atacado varia de 16 a 22 MPa, dependendo da resina que é aplicada. Uma resina à base de BIS-GMA/TEGDMA tende a apresentar um valor mais baixo; entretanto, quando se usa alguns dos novos agentes de união ao esmalte e à dentina pode-se conseguir valores maiores. Isto pode ser devido à melhor capacidade de umedecimento da superfície de esmalte, produzida por estes agentes. Já a dentina possui grandes obstáculos para uma união adesiva. Ela é heterogênea e seu alto conteúdo de água impõe requisitos ao material que se propõe a ser um efetivo agente de união entre material restaurador e a dentina. Sua natureza tubular propicia uma grande área, pela qual o fluido dentinário pode escoar para a superfície, afetando adversamente a adesão. Uma complicação adicional é a presença da camada de esfregaço ("smear layer"), sobre a superfície da dentina cortada. O adesivo ideal deve ser hidrófilo, para deslocar água e poder umedecer a superfície, permitindo assim que este agente penetre nas porosidades da dentina ou que reaja com seus componentes orgânicos ou inorgânicos. Desde que a maioria das resinas restauradoras são hidrófobas, o adesivo dentinário deve conter tanto substâncias hidrófilas como hidrófobas. A parte hidrófila do adesivo é entendida como um grupo ativo, útil para unir-se tanto ao cálcio, nos cristais de hidroxiapatita, como ao colágeno. Já, a

parte hidrófoba, por sua vez, se unirá com a resina restauradora. Entretanto, quando esquemas de adesão química são propostos há freqüentemente pouca ou nenhuma evidência para suportá-los. É mais provável que a união a dentina seja micromecânica. A natureza ácida do condicionador ou "primer", como é o exemplo dos ácidos nítrico, maleico e EDTA, provoca essencialmente a remoção da camada de esfregaço. Quando o condicionador é usado por um tempo prescrito, há uma súbita abertura dos túbulos dentinários, bem como um ataque modesto da dentina intertubular. Isto permite a penetração de monômeros polimerizáveis nesta dentina condicionada o que promove uma excelente união mecânica.

SUH³⁸, em 1991, relatou que o sistema All-Bond é o único que une compósito a todas superfícies relatadas: dentina, esmalte, ligas metálicas, amálgama, porcelana e compósitos. Assim, o autor mostrou que a alta resistência de união do All-Bond (27,2 MPa) foi devido a remoção da "smear layer" pelo condicionamento ácido e penetração do adesivo não só nos túbulos dentinários, como também nas microestruturas da dentina peritubular e intratubular, formando "microtags". O autor mostrou ainda que o condicionamento ácido, usando géis convencionais que contém sílica para dar consistência, deixa resíduos na superfície da dentina e que os sistemas All-Etch e Uni-Etch são feitos na forma de semi-gel contendo um agente polimérico estável como espessante e não deixam resíduos sobre a superfície condicionada. Além disso, espalham-se melhor na superfície e são fáceis de serem removidos.

Em 1991, SORENSEN et al.³⁶, avaliaram o efeito do tratamento superficial de diferentes tipos de porcelana em relação a resistência de união a resina composta. Discos de porcelana com 9 mm de diâmetro e 2 mm de altura foram fabricados usando nove marcas comerciais de porcelanas dentais, VMK 68 (Vident), Vitadur-N (Vident), Hi-Ceram Core (Vident), Hi-Ceram Core Wash-Vitadur-N (Vident), Mirage (Myron's Dental), Optec (Jeneric-Pentron), Cerinate (Dent-Mat) G-Cera (GC International), Ceramco II (Johnson & Johnson). As amostras foram incluídas em resina epóxica, e a superfície abrasionada com óxido de alumínio. Foram confeccionadas quarenta amostras para cada marca comercial, e estas foram divididas em grupos de dez amostras, submetidas aos seguintes tratamentos: 1 - Controle, nenhum tratamento; 2 - Somente aplicação de um agente de Silanização; 3 - Condicionamento com ácido hidrófluorídrico a 20% (Stripit,

National Keystone Products) por 3 minutos; e 4 - Condicionamento com ácido hidrofúorídrico a 20% por 3 minutos e aplicação do silano. A seguir as amostras foram armazenadas em água a 37°C por 7 dias, e então termocicladas por 1000 vezes, entre 5°C e 50°C. O teste de resistência ao cisalhamento foi executado com uma máquina de ensaio Universal Instron, com uma velocidade de 0,05 polegadas/minuto. Os autores concluíram que o condicionamento com ácido hidrofúorídrico por 3 minutos aumentou significativamente a resistência de união para todas as porcelanas feldspáticas, exceto G-Cera; as porcelanas com baixo e médio conteúdo de alumina tiveram um aumento significativo na resistência de união com o condicionamento ácido; a Hi-Ceram Core Wash-Vitadur-N não teve um aumento significativo na resistência de união com o condicionamento ácido, a aplicação do silano na superfície das amostras de porcelana condicionadas não teve efeito significativo na resistência de união; e, das porcelanas testadas, a Optec, Mirage e Cerinate tiveram o maior valor de resistência ao cisalhamento, enquanto a G-Cera, Ceramco II, Hi-Ceram Core, Vitadur-N, VMK 68 e Hi-Ceram Core Wash-Vitadur-N apresentaram os menores valores de resistência ao cisalhamento.

Em 1992, BARKMEIER & COOLEY⁰⁵ descreveram os resultados de um simpósio a respeito da evolução dos sistemas adesivos em estudos feitos em laboratório. De acordo com os autores, a união dos materiais resinosos sobre a superfície do esmalte condicionado com ácido está clinicamente demonstrada nos procedimentos preventivos, restauradores e ortodônticos. A união da resina sobre o esmalte dental condicionado tem mostrado excelente evolução na resistência à união e virtual eliminação da microinfiltração marginal. No entanto a união à dentina tem sido mais um desafio. A primeira geração dos sistemas adesivos à dentina não produziu alta resistência de união ou preveniu a microinfiltração marginal em estudos de laboratório. As novas gerações de sistemas adesivos, geralmente usam um condicionador de dentina para modificar ou remover a "smear layer" e uma subsequente aplicação do agente de união. Os novos sistemas adesivos têm mostrado resistência à união que se aproxima aos valores de união ao esmalte. A resistência de união tem melhorado com a evolução dos sistemas de união à dentina e a microinfiltração na margem de cimento - dentina tem reduzido significativamente. Os autores concluíram que embora os ensaios de laboratório dos sistemas adesivos proporcionem um mecanismo para separar e

comparar sistemas desenvolvidos recentemente, procedimentos clínicos são essenciais para documentar o desempenho clínico por longo período.

HONDRUM¹⁶, em 1992, faz uma extensa revisão das vantagens e desvantagens do emprego das restaurações de cerâmica, dando especial atenção as propriedades de resistência e aos fatores relacionados com esta propriedade. O autor relata que a maior desvantagem das cerâmicas dentárias é a sua susceptibilidade a fratura durante a colocação, mastigação, ou por ocorrência de trauma. A susceptibilidade destes materiais está relacionado com vários fatores, como a degradação da união sílica-oxigênio, a indução de falhas durante a confecção, a limitada capacidade de distribuir esforços localizados, a baixa resistência a deformação e a diferença no coeficiente de expansão térmica em relação as ligas metálicas. Relata ainda, que o mecanismo mais comum de falha das cerâmicas dentais está relacionado com a variação das cargas oclusais, ocasionado a fadiga do material, e ainda, que a umidade do meio oral pode ocasionar uma redução na sua resistência entre 20 a 30%.

Em 1992, LU et al.²³, investigaram o efeito de vários tratamentos superficiais sobre a resistência de união na interface resina composta-porcelana, comparando dois cimentos resinosos, o Porcelite (Kerr), e o Dilute Silux (3M), e dois agentes de silanização, Porcelain Repair Primer (Kerr), e o Scotchprime Ceramic Primer (3M), e examinaram a morfologia superficial da porcelana, após o condicionamento com ácido hidrófluorídrico, e a natureza da falha na interface resina - porcelana, após testes de cisalhamento. Foram confeccionados 56 botões de porcelana alumínica Vitadur N, com 6 mm de diâmetro e 5 mm de espessura, e 56 discos de porcelana com 7,8 mm de diâmetro, e 1,4 mm de espessura. A superfície das amostras receberam acabamento com lixas de SiC de granulação 220. A seguir, as amostras foram divididas em quatro grupos, conforme o tratamento: grupo controle - as amostras foram limpas ultrasonicamente por 60 segundos em etanol; grupo 2 - seis amostras foram atacadas com ácido hidrófluorídrico a 2%, e agitadas ultrasonicamente por 150 segundos, lavadas e neutralizadas em uma solução de bicarbonato de sódio por 5 minutos, e novamente lavadas por 10 minutos; grupo 3 - as amostras foram tratadas com os agentes de silanização Porcelain Repair Primer e Scotchprime Ceramic Primer, seguindo as instruções dos fabricantes; grupo 4 - as amostras foram condicionadas com

ácido fluorídrico, e receberam os respectivos agentes de silanização. Após, os cimentos resinosos, foram aplicados sobre os botões de porcelana, e cimentados aos cilindros de porcelana com uma carga de 100 gramas durante 10 segundos. Cada amostra foi fotopolimerizada por 5 minutos, através do disco de porcelana. As amostras, foram então, armazenadas a 37°C por 7 dias. Decorrido este período, foram submetidas ao teste de cisalhamento em uma máquina de ensaio com uma velocidade de 1mm/minuto. Os valores obtidos para os grupos tratados, foram significativamente superiores aos do grupo controle, além disso a resistência de união dos grupos condicionados com ácido e silanizados, foi significativamente maior ($p < 0,05$) do que para os grupos que receberam somente o condicionamento ácido. Não houve diferença estatística entre o grupo controle e o grupo somente atacado com ácido. O grupo cimentado com Dilute Silux e Scotchprime Ceramic Primer apresentou valores de resistência de união superiores as amostras cimentadas com o Porcelite e tratadas com o Porcelain Repair Primer ($p < 0,05$). A análise por microscopia eletrônica de varredura, demonstrou que a rugosidade da porcelana não condicionada com ácido foi menor, com ocasionais porosidades, características da queima da porcelana. Já, a superfície da porcelana condicionada com ácido, apresentou uma porosidade regular e uniforme, indicando a efetividade do condicionamento. No grupo controle as falhas na interface porcelana - cimentos resinosos foram adesivas, enquanto que nos grupos tratados as falhas foram coesivas. Os autores, concluíram que o tratamento superficial da porcelana com ácido hidrófluorídrico e ou silano, melhora a união da resina composta a porcelana em relação a resistência ao cisalhamento, que o agente de silanização tem uma importante função na união resina - porcelana, que a resistência a fratura da porcelana dental parece ser alterada pela resina cimentante, que a operação de diluição da resina composta Silux Plus, usada como cimento, tem um desempenho igual as disponíveis comercialmente, e que o silano Scotchprime Ceramic Primer tem uma melhor resistência de união do que o Porcelain Repair Primer.

HAYAKAWA et al.¹⁵, em 1992, estudaram a influência do tratamento superficial da porcelana e da aplicação de agentes de silanização, sobre a adesão entre a resina composta e a porcelana dental. Foram confeccionados discos de porcelana (Shofu Inc.) com 10 mm de diâmetro por 2 mm de altura. A seguir, as amostras de porcelana foram incluídas em resina acrílica, e receberam um dos três tratamentos: 1 - polimento com lixa de SiC de granulação 1000; 2 -

condicionamento com ácido fosfórico por 60 segundos, após o polimento com lixa de SiO de granulação 1000; 3 - condicionamento com ácido hidrófluídrico por 60 segundos, após o polimento com lixa de SiC de granulação 1000. Em seguida, os agentes de silanização Cosmotech Porcelain Repair (GC Co.), Laminabond Porcelain Primer (Shofu Inc.) e Optec Silane Coupling Agent (Jeneric-Pentron Inc.) foram aplicados sobre a superfície das amostras por 30 segundos, e secas com ar por 10 segundos. Depois de aplicado os agentes de silanização, as amostras de porcelana foram unidas a cilindros de resina composta (Laminabond Composite Paste - Shofu Inc.). A seguir as amostras foram armazenadas a 37°C em água por 1 dia. Após este período, as amostras foram submetidas a teste de resistência ao cisalhamento em uma máquina TOM 10000X (Shinkon Co., Tokyo, Japan) com uma velocidade de 2,0 mm/minuto. O tipo de falha ocorrida no grupo 1 e 2 foi de natureza adesiva, na interface porcelana - compósito, no grupo 3, a natureza da falha foi uma mistura de adesiva na interface com a porcelana, e coesiva da própria porcelana. Os autores concluíram que o condicionamento ácido não influenciou na resistência de união ao compósito, quando os agentes de silanização Laminabond Porcelain Primer ou Optec Silane Coupling Agent foram utilizados.

SWIFT Jr., et al.³⁹, em 1992, avaliaram vários métodos para tratamento superficial de compósitos para uso indireto com o objetivo de melhorar a união ao esmalte. Para isso, trinta molares humanos tiveram suas faces proximais preparadas com um disco de diamante. Sessenta amostras de compósito da resina composta híbrida (Herculite XRV, Kerr Manuf. Co.) foram confeccionada através da inserção do material em um molde plástico de 3 mm de diâmetro e 4 mm de altura. Quarenta destas amostras foram abrasionadas com óxido de alumínio de granulometria de 50 µm (Microetcher, Danville Engineering, Danville, CA, USA) durante 10 segundos. Vinte dessas amostras foram condicionadas com ácido fluorídrico a 9,6%, as amostras remanescentes foram condicionadas com o ácido fluorídrico, sem o prévio abrasionamento com óxido de alumínio. Os dentes foram divididos em grupos para a união e a superfície de esmalte foi condicionada com ácido fosfórico a 37% durante 20 segundos. O adesivo foi aplicado (Bondlite, Kerr), e em seguida, o cimento resinoso (Porcelite Dual - Cure, Kerr) foi preparado de acordo com as instruções do fabricante e aplicado a superfície de compósito e de esmalte. Metade das amostras de cada grupo foram armazenadas durante sete dias e a outra metade foi submetida a 500 ciclos

térmicos. A seguir, a resistência de união foi medida utilizando-se uma máquina de ensaio universal (Instron Model TT-D, Canton, MA, USA) com uma velocidade de 0,5 cm / minuto. Na segunda parte do estudo, quarenta amostras de compósito foram confeccionados como descrito. Vinte amostras foram abrasionadas e vinte amostras foram tratadas com ácido fluorídrico. Destas, a metade de cada grupo foi tratada com um agente de silanização (Command Ultrafine Porcelain Repair bonding System, Kerr). As mostras foram cimentadas como já descrito e submetidas a ciclagem térmica. Os testes de resistência de união foram realizados da mesma maneira que na primeira parte do estudo. Os autores concluíram que as resinas compostas para restaurações indiretas podem ter sua resistência de união ao esmalte aumentada através do uso de jateamento com óxido de alumínio; que a silanização pode melhorar a união proporcionada pela abrasão com óxido de alumínio; que o condicionamento com ácido fluorídrico não é recomendado, por reduzir significativamente a resistência de união.

Em 1992, VAN MEERBEEK et al.⁴², investigaram a interface entre o adesivo resinoso e a superfície de dentina pré tratada com 25 sistemas adesivos comerciais. Este estudo foi baseado em observações de microscopia eletrônica de varredura (M.E.V.) e categorizou os sistemas adesivos morfologicamente e esclareceu seu mecanismo de adesão. Eles utilizaram terceiros molares humanos que tiveram suas raízes seccionadas e a superfície oclusal desgastada com lixas de granulação 600 até se obter uma área plana de dentina. As superfícies das amostras foram tratadas, em seguida, com todos os sistemas adesivos estudados, de acordo com as orientações do fabricante. Em seguida foram incluídos em resina epóxica e cortados perpendicularmente na área tratada. As superfícies obtidas, foram então, polidas com lixas de granulação 600, e preparadas para a observação em M.E.V.. Pelas amostras observadas, os autores classificaram os sistemas adesivos em três grupos. No primeiro grupo de produtos, houve a remoção da camada de "smear layer" e a formação de uma camada híbrida de resina dentro da dentina. Entre os produtos deste grupo estão o All Bond e All Bond 2 (Bisco), o Scotchbond 2 (3M), o Syntac (Vivadent), o Dentesivê (Kulzer), o Tenure (Den-Mat) e o Gluma (Bayer Dental). No segundo grupo de produtos, notou-se a preservação ou modificação da camada de "smear layer". Os túbulos dentinários foram obliterados com "plugs" formado de partículas globulares de "smear layer", envolvida pelos monômeros hidrofílicos dos adesivos, os quais têm afinidade por componentes

orgânicos e inorgânicos da dentina. Neste grupo se situam novamente o All Bond e All Bond 2 (Bisco), o Prisma Universal Bond (Espe), o Prisma Universal Bond 2 e 3 (Caulk-Dentsply) e o Pertac Universal Bond (Espe). No terceiro grupo de produtos, a camada de "smear layer" foi parcialmente dissolvida, criando uma fina camada de dentina impregnada por resina ou por "plugs" de "smear layer". Neste grupo estão os produtos XR Bonding (Kerr), Imperva Bond (Shofu) e J&J LC Dentin Enamel BA (Johnson & Johnson). Os autores concluem ressaltando que neste estudo ficou claro que a aplicação dos mais recentes sistemas adesivos induzem a mudanças estruturais na morfologia da superfície de dentina, criando uma interface retentiva chamada de camada híbrida. Esta zona de interdifusão oferece locais para a copolimerização com a resina composta e, conseqüentemente, promove uma proteção em potencial para o tecido pulpar.

AGRA et al.², em 1993, realizaram um levantamento bibliográfico sobre os agentes de silanização. Os autores discutiram a importância deste material na cimentação de restaurações em porcelana, na cimentação de brackets, no reparo de coroas metalocerâmicas e em outros procedimentos que envolvam a união entre porcelana e resina composta. Concluíram a partir da literatura levantada, que o uso do silano sobre a superfície da porcelana condicionada é a conduta que melhor garantirá a união entre porcelana e resina composta, e que esta adesão depende, na realidade, de vários procedimentos isolados, cujo fracasso condena a união da restauração. Concluíram, também, que a longo prazo o sucesso de restaurações e reparos, ou outros procedimentos que envolvam a união porcelana-resina composta, requerem do profissional conhecimentos sobre a função e importância dos materiais e métodos envolvidos neste processo.

Em 1993, ANUSAVICE³ fez um relato sobre os novos tipos de cerâmicas dentárias que tem sido introduzidas durante as duas últimas décadas, como alternativa as porcelanas convencionais. No entanto, a resistência destes novos materiais é muito menor do que as das coroas metalocerâmicas, sendo relatado na literatura, altos índices de falhas clínicas com as coroas totais de cerâmica. Como alternativa econômica as ligas de ouro, foram introduzidas as ligas de Ni-Cr, Ni-Cr-Be e Cr-Co, com isso houve um incremento nas falhas clínicas de restaurações metalocerâmicas pela diferença na contração térmica entre a liga e porcelana, e em função disso, foram introduzidos no mercado um número significativo de sistemas de reparo de porcelana. Na

tentativa de melhorar as propriedades de resistência da porcelana, foi desenvolvido por Grossman e Adair as cerâmicas fundíveis, que através de um processo térmico produzem uma cristalização suficiente para melhorar a resistência a abrasão e choques térmicos, aumentando a durabilidade com a manutenção de adequadas características de translucidez e polimento. O autor concluiu que o sucesso das restaurações metalocerâmicas depende de ambos os materiais e de sobremaneira da técnica de confecção.

LATTA & BARKMEIER ²¹, em 1994, avaliaram a resistência de união de um cimento resinoso unido a um material para confecção de restaurações indiretas de resina composta através do uso de diferentes tratamentos superficiais do compósito. Foram confeccionados sessenta amostras do compósito Triad (Dentsply International, Trubyte Division, York, Pa) medindo aproximadamente 3 mm de altura por 11 mm de comprimento e 11 mm de largura com auxílio de um molde metálico. Após uma polimerização inicial as amostras foram removidas do molde e polimerizadas em uma unidade de polimerização Triad 2000 (Dentsply International, Trubyte Division). Cada amostra foi polimerizada durante 7 minutos. A superfície dos blocos de resina composta foram preparadas com lixas de granulação 600. As amostras foram divididas em seis grupos de 10 para o tratamento superficial e união ao cimento resinoso. Grupo 1 - nenhum tratamento; Grupo 2 - 20% de ácido hidrofúorídrico (Strip National Keystone, Cherry Hill, N.J.) por sessenta segundos seguidos de lavagem e secagem; Grupo 3 - Foi aplicado bifluoreto de amônio (Dicor Etching Gel, Dentsply International, Trubyte Division) durante 60 segundos seguidos de lavagem e secagem; Grupo 4 - Foi aplicado uma resina fluida (Prisma Universal Bond 3, Dentsply International, Caulk Division) fotopolimerizada por 10 segundos; Grupo 5 - A superfície foi abrasionada com Microetcher (Model Erc, Danville Engineering, Danville, Calif.) com óxido de alumínio de 50 μm com uma pressão de 60 psi; Grupo 6 - A superfície foi abrasionada com Microetcher (Model Erc, Danville Engineering, Danville, Calif.) com óxido de alumínio de 50 μm com uma pressão de 60 psi e em seguida foi aplicado uma resina fluida (Prisma Universal Bond 3). Para o Grupo 7 - foram preparados molares humanos tratados com ácido fosfórico a 37 % durante 60 segundos, seguidos de lavagem e secagem. Cilindros de cimento resinoso (Dicor Light-activated cement with fluoride, Dentsply International, Trubyte Division) foram cimentados as superfícies preparadas nos compósitos e dentes. Os corpos de

prova foram armazenados em água destilada por 24 horas a 37°C. As amostras foram adaptadas em uma máquina de ensaio universal Instron (Model 1123, Instron Corporation, Canton, Mass) e submetidas a uma carga com velocidade de 5 mm por minuto até a ocorrência da fratura. A análise estatística dos resultados não demonstrou diferença estatisticamente significativa entre os grupos 1, 2 e 3, entretanto os grupos 5 e 6 diferiram destes. Não houve diferença significativa entre os grupos 5 e 6 e entre os grupos 4 e 5. O exame das áreas de fratura demonstrou diferenças de padrão. Do grupo 1 ao 4 houve 100% de falhas adesivas entre o cimento e o compósito. O grupo 5 exibiu 50 % de falhas coesivas do compósito, enquanto que para o grupo 6 houve 100% de falha coesiva do compósito. A análise da superfície das amostras de compósito através de microscopia eletrônica de varredura demonstrou para o grupo 1 uma superfície típica do resultado do abrasionamento com lixas de granulação 600. O exame das amostras dos grupos 2 e 3 revelaram que o ataque ácido removeu partículas de vidro deixando cavitações na superfície, os traços abrasivos foram evidentes. O tratamento com óxido de alumínio não apresentou os traços decorrentes do abrasionamento com lixa 600, demonstrando uma grande irregularidade superficial, superior aos demais grupos. Os autores concluíram que o ataque ácido não foi efetivo na produção de altos valores de resistência de união ao cimento resinoso. O microjateamento com óxido de alumínio produziu a superfície mecanicamente mais retentiva e resultou nos maiores valores de resistência de união, aproximando-se dos valores de união do compósito ao esmalte tratado com ácido fosfórico e ainda, que o uso de adesivo associado ao microjateamento resulta em valores maiores de resistência de união do que o microjateamento isoladamente.

Em 1995, AIDA et al.⁰¹, avaliaram a adesão da resina composta a cinco diferentes tratamentos superficiais da porcelana que foi tratada com três diferentes agentes de silanização. Foram confeccionados discos de porcelana com 10 mm de diâmetro por 2 mm de altura com a porcelana Laminabond Porcelain Masking (Shofu Inc. Kyoto, Japão). As amostras foram incluídas em resina acrílica e receberam os seguintes tratamentos: 1 - polimento com papel carbide n. 1000; 2 - após o polimento a superfície foi condicionada com ácido fosfórico durante 60 segundos e lavada por 10 segundos; 3 - polimento, condicionamento ácido como no grupo 2 e limpeza com ultra-som durante 20 minutos; 4 - polimento, condicionamento com ácido fluorídrico por 60 segundos ; 5 - polimento, condicionamento como no grupo 4 e limpeza com ultra som

durante 20 minutos. Em seguida, as amostras foram divididas em subgrupos para o tratamento superficial com um silano experimental e dois comerciais: Porcelain Liner M e Tokuso Ceramic Primer. O silano experimental é uma solução de 2% gamametacrilopropil trimetoxi silano. Após o tratamento com as soluções de silano, as amostras foram unidas a anéis de silicone preenchidos com resina composta. As amostras foram armazenadas em água a 27 C durante 1 dia. O teste de resistência ao cisalhamento foi realizado em uma máquina de ensaio universal com uma velocidade de 2 mm por minuto. O dados obtidos foram submetidos a análise de variância e ao teste de Scheffes. Antes das amostras serem unidas aos cilindros de resina composta a superfície foi avaliada com auxílio de um microscópio eletrônico de varredura. Os componentes dos silanos foram analisados com auxílio de espectroscopia de infravermelho. Nenhuma união foi observada com o silano experimental o que levou a excluir este tratamento. As amostras condicionadas com ácido fluorídrico apresentaram valores significativamente superiores as amostras condicionadas com ácido fosfórico. A aplicação dos silanos e a limpeza com ultra som não demonstrou diferenças significativas nos valores de resistência de união.

PACHECO & GOES ³¹, em 1995, realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação do silano e a influência do condicionamento com ácido fluorídrico a 10% na resistência ao cisalhamento de três sistemas adesivos indicados para reparo de restaurações de porcelana. Foram confeccionados 100 discos de porcelana (Duceram N), divididos em cinco grupos. Cada grupo de vinte amostras foi submetida aos seguintes tratamentos: grupo 1 - Multi Bond Alpha (DFL), grupo 2 - Scotchbond Multi-Usó (3M), grupo 3 - Optibond Multi-Use (KERR), grupos 4 e 5 , Multi Bond Alpha e Scotchbond Multi-Usó, respectivamente, modificados pela introdução do condicionamento com ácido fluorídrico a 10%. Metade das amostras de cada grupo foram tratadas com o agente de silanização indicado pelo fabricante e na outra metade das amostras o silano não foi aplicado. Os materiais foram manipulados unindo os discos de porcelana a cilindros de resina composta com 4 mm de diâmetro por 5 mm de altura. Os corpos de prova foram armazenados por 24 horas a 37°C e 100% de umidade relativa. A seguir, foram submetidos a ensaio de cisalhamento em uma máquina de ensaio Universal (Otto Wolpert Werke, Germany), a uma velocidade de 6mm/minuto. As médias dos resultados obtidos foram: grupo 1 - Com silano = 6,52 MPa, Sem silano = 5,26 MPa, grupo 2 - Com silano = 6,94 MPa, Sem silano = 4,65 MPa, grupo 3 - Com silano = 10,08 MPa, Sem silano = 5,94 MPa, grupo 4 - Com silano = 6,24 MPa, Sem silano = 6,53 MPa e grupo 5 - Com silano = 9,99 MPa, Sem silano = 6,21 MPa. A seguir, os resultados foram submetidos a Análise de Variância e ao Teste de Tukey. Após os testes de

resistência ao cisalhamento a superfície das amostras de porcelana foram examinadas em uma lupa estereoscópica Carl Zeiss (Carl Zeiss do Brasil), com 25 aumentos, determinando um predomínio de fraturas coesivas no interior da porcelana, para os grupo condicionados com ácido fluorídrico. As amostras foram documentadas através de fotomicrografias realizadas com auxílio de um microscópio eletrônico de varredura (ZEISS DS M 960, Germany). Os autores concluíram que: a aplicação dos silanos Scotchprimer Ceramic Primer e Porcelain Repair Primer aumentaram significativamente ($p < 0,05$) a resistência de união da interface porcelana- resina composta; os maiores valores de resistência de união da interface porcelana-resina composta, foram obtidos com a utilização dos agentes de silanização Scotchprimer Ceramic Primer e Porcelain Repair Primer, associados ao condicionamento com ácido fluorídrico a 10 %; a análise morfológico das superfícies de porcelana indicaram um padrão favorável ao imbricamento micromecânico quando utilizados os ácidos Porcelain Etch Gel e Fluor Etchant;

Em 1996, ERDRICH ¹¹, descreveu um produto desenvolvido pela companhia Heraeus Kulzer, denominado Artglass, baseado na combinação de um novo material de carga originário de vidros cerâmicos em uma matriz obtida pela fusão de vidros orgânicos, sendo denominado um polímero de vidro. De acordo com o fabricante o material apresenta uma extensa variedade de aplicações, podendo ser indicado para confecção de inlays, onlays, coroas de jaqueta, laminados, e como cobertura estética em restaurações metálicas convencionais. Tais aplicações são possíveis pelas características de alto grau de polimento do material e dureza e resistência equivalentes aos dentes naturais, o que torna o material capaz de absorver as forças mastigatórias, resultando em um excelente prognóstico de desempenho fisiológico. O alto grau de polimento é possível por as partículas apresentarem um tamanho máximo de 2 micrômetros tendendo a forma esférica. A dureza superficial do polímero está em 380 ± 20 MPa de dureza Vickers, sendo inferior a dureza do esmalte e porcelana, porém superior a dureza do ouro e compósitos. Em relação ao desgaste o Artglass exibe uma abrasão entre 40 e 70 micrômetros após um período equivalente a cinco anos de simulação da mastigação. Este sistema apresenta escala de cores de acordo com o sistema Vita, necessitando de espessuras entre 0,5 e 1,5 mm de material para reprodução ideal das cores. Entretanto as propriedades ideais do Artglass só são obtidas após uma completa e adequada polimerização com uma unidade fotopolimerizadora UniXS baseada em uma luz estroboscópica com uma distribuição do espectro entre 450 e 500 nanômetros, sendo este um fator de crucial importância para resultados satisfatórios de polimerização. Dessa forma, Artglass forma uma nova categoria de materiais que combina os benefícios da porcelana e dos compósitos superando as desvantagens inerentes destes materiais.

TOUATI ⁴¹, em 1996, publicou uma revisão sobre os sistemas restauradores estéticos indiretos para dentes anteriores e posteriores, considerando a evolução histórica destes tratamentos e a indicação e o desempenho clínico dos materiais disponíveis. De acordo com o autor, os materiais cerâmicos apresentam excelente resultado estético, sendo o material de escolha por vantagens como a estabilidade de cor, biocompatibilidade, e capacidade de ser condicionado através do uso do ácido fluorídrico, no entanto, estes materiais apesar da evolução de composição e melhora das propriedades mecânicas, permanecem desvantagens inerentes, como a fragilidade, o preparo cavitário rigoroso, e a necessidade de condições ideais de oclusão. Pois este material não é resiliente, sujeitando os dentes naturais a desgaste excessivo ou ao aparecimento de lesões de abfração e erosão. Em função disso, a técnica indireta de restauração com compósitos surgiu na década de oitenta na Suíça e França. Esta técnica apresentava vantagens como a facilidade de fabricação o baixo custo, a redução de contração do material, a melhora dos contatos proximais e a baixa abrasividade dos compósitos microparticulados. A primeira geração destes sistemas surgiu representada pelas resinas compostas microparticuladas (Dentacolor, Kulzer; Isosit N, Ivoclar; Visiogen, Espe), sendo a resistência flexural destas resinas limitada, variando de 60 a 80 MPa. Isto determinou uma inadequada resistência as forças oclusais, ocasionando fraturas de margens e cúspides, desgaste oclusal e ainda, a ocorrência de alteração de cor. Esta primeira geração apresentou alguma melhora nas propriedades através da introdução do calor e pressão como coadjuvantes na polimerização (Concept, Ivoclar; Inlay Lab, Kulzer) o que reduziu as taxas de falha e aumentou a aceitação. Na década de noventa, surgiram a segunda geração de compósitos de laboratório com significantes melhorias nas propriedades mecânicas. Houve uma modificação de composição, através do acréscimo de partículas minerais (vidros cerâmicos), com um aumento significativo na proporção de carga inorgânica. Com isso, a resistência flexural aumentou para valores entre 120 e 160 MPa (Artglass, Kulzer; Conquest, Jeneric Pentron; Targis, Ivoclar; Z100MP, 3M; BelleGlass HP, Belle de St Claire). Desta forma, estes sistemas chamados de “polímeros de vidro” ou “polyglass” apresentam alto conteúdo de carga inorgânica em peso e volume, propriedades físicas semelhantes as cerâmicas reforçadas, resiliência e alta resistência de união ao metal. Outros sistemas como Vita-Zeta, Vident; Solidex, Shofu; Herculite Lab, Kerr; Tetric Lab, Ivoclar; não são incluídas nesta categoria de materiais em função da composição e por apresentarem baixa resistência flexural. O autor conclui que os “polímeros de vidro” são materiais com características muito promissoras, necessitando de mais avaliações, quanto ao seu comportamento, para que possam se constituir em uma alternativa efetiva para restaurações estéticas.

Em 1997, LEINFELDER ²², descreveu o desenvolvimento dos polímeros restauradores com o objetivo de superar as limitações dos compósitos de uso direto em dentes posteriores e das próprias porcelanas odontológicas. Este artigo, relata que muitos estudos clínicos tem demonstrado uma melhora significativa no desempenho clínico de restaurações indiretas em dentes posteriores. Entretanto, o processo indireto de confecção da restauração, por si só, não melhora a resistência ao desgaste dos compósitos, tendo sido relatado que o aumento das propriedades físico mecânicas pode ser obtido com o aumento do grau de polimerização, através da luz e calor. Novos polímeros restauradores tem sido desenvolvidos, apresentando características de alta resistência ao desgaste, estética, adaptação marginal e possibilidade de fabricação das restaurações sem a necessidade de procedimentos laboratoriais complexos. O Artglass (Heraeus, Kulzer) identificado pelo fabricante como um polímero de vidro, foi introduzido no mercado em 1995 e tem recebido uma grande aceitação por parte dos clínicos, é comumente usado em restaurações de Inlay, Onlay e coroas totais associadas ou não a estruturas metálicas. Através de testes com sistemas de análise computadorizada tem sido observado que o Artglass apresenta uma resistência ao desgaste superior a compósitos de utilização direta como o Charisma (Heraeus, Kulzer), com taxas de desgaste anuais entre 5 e 6 micrometros. Estes estudos laboratoriais tem sido confirmados por trabalhos clínicos em andamento. Esta substancial melhora nas propriedades físico mecânicas podem ser atribuídas, em parte, a incorporação de monômeros multifuncionais e a distribuição das partículas de carga (Silicato de bário). Enquanto que as resinas convencionais contem somente moléculas bifuncionais, a formulação do Artglass é muito mais complexa, incorporando moléculas com quatro ou seis grupos funcionais, tal estrutura propicia a criação de um número muito maior de ligações cruzadas, com um melhor controle da posição dessas ligações na rede de polimerização. A carga inorgânica do Artglass é essencialmente um vidro de bário com tamanho médio de partícula de 0,7 micrometros e uma quantidade moderada de sílica coloidal. O Artglass é polimerizado em uma unidade especial usando uma lâmpada de Xenon (Uni XS, Heraeus, Kulzer) que alterna períodos de emissão de luz com longos períodos sem irradiação. Este fato é proposital, em função do fabricante acreditar que dessa forma haverá uma polimerização com baixa indução de tensões, o que permitirá uma potencialização do grau de polimerização do material. O autor conclui afirmando que apesar destes materiais terem pouco tempo de avaliação clínica eles representam um passo importante na busca de alternativas as restaurações de porcelana.

SCHENEIDER & PACHECO ³⁴, em 1997, realizaram um trabalho com o objetivo de avaliar a resistência de união de reparos na resina composta Z100 (3M) em função do tipo de tratamento superficial realizado no remanescente da restauração. Para tanto, foram

confeccionados 60 amostras de resina composta divididos em 6 grupos e unidos a cilindros plásticos preenchidos com um incremento do mesmo compósito, simulando o reparo. Os grupos foram divididos conforme o tratamento superficial empregado: Grupo 1: condicionamento da superfície com ácido fluorídrico, aplicação de um agente de silanização e adesivo; Grupo 2: aplicação do ácido fluorídrico 10 %, aplicação do adesivo; Grupo 3: aplicação do agente de silanização e do adesivo; Grupo 4 : aplicação do adesivo; Grupo 5: aplicação do ácido fosfórico a 37 %, aplicação do agente de silanização e do adesivo; Grupo 6: Aplicação do ácido fosfórico 37 % e do adesivo. Após a confecção os corpos de prova foram armazenados por 1 semana em água destilada e colocados em estufa com umidade relativa de 100% e temperatura de 37 °C. Decorrido o período de armazenamento os corpos de prova foram submetidos a teste de resistência de união em uma máquina de ensaio universal. Os valores de resistência obtidos foram com o Grupo 1 - 18,04 MPa, com o Grupo 2 - 15,66 MPa, com o Grupo 3 - 20,23 MPa, com o Grupo 4 - 18,01 MPa com o Grupo 5 - 21,36 MPa e com o Grupo 6 - 20,72 MPa. Os resultados foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey a 5% demonstrando não haver diferença estatisticamente significativa entre os grupos 1,3,4,5, e 6, que obtiveram os maiores valores de resistência de união, diferindo significativamente para o grupo 2. Os autores concluíram que a efetividade do silano sobre a resina composta é pouco significativa, sendo possível obter excelentes valores de resistência de união nos reparos de resina composta Z100, sem a necessidade da utilização de silano ou ácido fluorídrico.

PROPOSIÇÃO

5. PROPOSIÇÃO

Os materiais denominados polímero de vidro foram introduzidos no mercado odontológico sem informações concretas à respeito da efetividade de união com os cimentos resinosos. Assim, julgamos válido estudar a resistência de união do polímero de vidro ao cimento resinoso, após o tratamento de superfície deste material, através do jateamento com óxido de alumínio; condicionamento com ácido fosfórico a 32% e condicionamento com ácido fluorídrico a 8%. Além disso, foi avaliado o aspecto morfológico produzido pelos tratamentos, e a influência das seguintes substâncias modificadoras de superfície:

- 1 - Monômero à base de silano;
- 2 - Monômero à base de HEMA ;
- 3 - Monômero indicado para reparo de polímeros de vidro .

MATERIAIS E MÉTODO

6. MATERIAIS E MÉTODO

6.1. MATERIAIS

Foi utilizado neste estudo um sistema composto pela combinação de um material contendo vidros cerâmicos e uma matriz obtida pela fusão de vidros orgânicos, denominada polímero de vidro e indicado para confecção de restaurações indiretas. Um cimento baseado em uma matriz resinosa e partículas de carga inorgânica com mecanismo de polimerização por ativação física através de luz visível e ativação química por um sistema iniciado pela mistura entre uma base e um catalisador. Ainda, um sistema adesivo universal com o seu respectivo agente de silanização, um ativador de superfície de compósitos baseado em HEMA e uma solução monomérica indicada para reparos de polímeros de vidro. Além disso, foi utilizado a associação do sistema adesivo universal e a técnica para produzir microrretenções através de jateamento com óxido de alumínio e usando condicionamento com os ácidos fosfórico e fluorídrico nas concentração de 32% e 8%, respectivamente.

A descrição destes materiais esta apresentada na tabela I.

TABELA I - Descrição dos materiais utilizados na pesquisa.

MATERIAL	NOME COMERCIAL	FABRICANTE
POLÍMERO DE VIDRO	Artglass	HERAEUS, Kulzer - Germany.
SISTEMA DE UNIÃO	All-Bond 2	BISCO, Inc. Itasca IL.
AGENTE DE SILANIZAÇÃO	Porcelain Primer	BISCO, Inc. Itasca IL.
ATIVADOR SUPERFICIAL DE COMPÓSITOS	Composite Activator	BISCO, Inc. Itasca IL.
LÍQUIDO DO ART GLASS	Artglass Liquid	HERAEUS, Kulzer - Germany.
ÁCIDOS	Porcelain Etchant (ácido fluorídrico 8%)	BISCO, Inc. Itasca IL.
	Uni Etch (ácido fosfórico 32%)	BISCO, Inc. Itasca IL.
ÓXIDO DE ALUMINÍO	Aluminum Oxide	BUFFALO DENTAL, Syosset NY.
CIMENTO	Choice Porcelain System cor A3	BISCO, Inc. Itasca IL.

6.2. MÉTODO

6.2.1 Confeção das amostras do Polímero de Vidro

As amostras de polímero de vidro foram confeccionadas pela condensação do material, com auxílio de uma espátula metálica, em uma matriz metálica bipartida rosqueável. A matriz de formato cônico possui 2,5 mm de espessura por 7 mm de diâmetro na região de superfície e 6 mm de diâmetro na região oposta (Figura 1). A seguir, a matriz com as amostras foram posicionadas na plataforma de um forno fotopolimerizador UNI-XS (HERAEUS, Kulzer, GERMANY). O forno foi regulado para um tempo de fotopolimerização de 180 segundos. Decorrido este período as amostras foram removidas do forno e das respectivas matrizes, e novamente fotopolimerizadas por mais 180 segundos. Nesta ação houve o cuidado de posicionar a face da amostra que estava voltada para a parte interna da matriz durante a primeira etapa de fotopolimerização diretamente para a lâmpada do forno fotopolimerizador.



FIGURA 1- Parte inferior (a) e superior (b) da matriz metálica utilizada para a confecção das amostras de polímero de vidro (c).

6.2.2 Preparo das amostras para o ensaio de resistência à tração

Duzentos e quarenta amostras do polímero de vidro previamente confeccionadas como descrito no item 6.2.1 foram incluídas com resina acrílica quimicamente ativada (cor rosa, Clássico, Artigos Odontológicos Ltda, São Paulo, Brasil), em cilindros plásticos com 20 mm de diâmetro externo e 20 mm de altura, deixando a superfície de menor diâmetro da amostra do polímero de vidro voltada para cima e exposta. A amostra foi posicionada com auxílio de uma matriz metálica com um orifício central de 6 mm de diâmetro por 1 mm de profundidade, na qual o polímero de vidro era posicionado e permitia a reprodução da sua localização no centro de cada cilindro de plástico. (Figura 2)

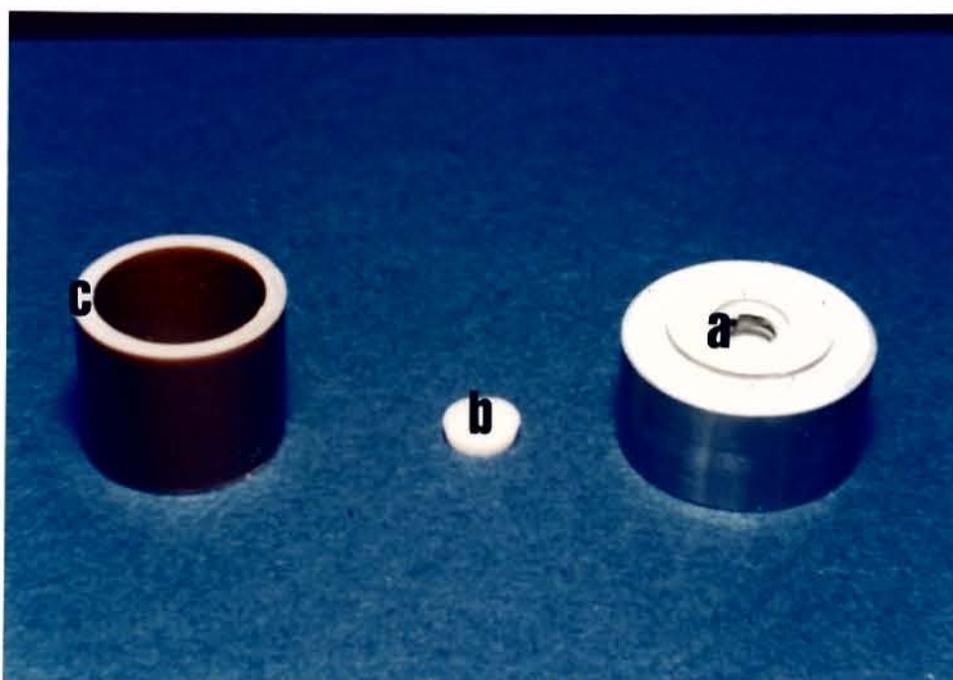


FIGURA 2 - Matriz metálica com orifício central de 6 mm de diâmetro por 1 mm de profundidade (a), onde o polímero de vidro era posicionado (b) permitindo a reprodução da localização da superfície do polímero de vidro no centro de cada cilindro de plástico (c).

Após a polimerização da resina acrílica, o conjunto foi incluído na perfuração central de uma base metálica circular, medindo 20,5 mm de diâmetro interno por 75 mm de diâmetro externo por 29 mm de altura e pesando 500 gramas.

O conjunto era inserido até que a borda superior do cilindro plástico ficasse paralela à superfície da base metálica, expondo a amostra do polímero de vidro incluída em resina acrílica, que era mantida em posição por meio de um parafuso posicionado na face lateral da base metálica.

Em seguida, com auxílio de uma politriz horizontal (APL-2, Arotec, São Paulo, Brasil.) a superfície da amostra de polímero de vidro incluída em resina acrílica recebeu acabamento sob refrigeração, com lixas de papel abrasivo (3M) números 400, 600 e 1000, respectivamente.

A seguir, a amostra de polímero de vidro incluída em resina acrílica foi retirada do suporte metálico e levada a um torno de bancada (TR-600, Riosiliense, Rio do Sul, Santa Catarina.), onde a borda do cilindro de plástico era removida para permitir a remoção de excessos de cimento e impedir a interferência da resina acrílica durante o procedimento técnico de cimentação das amostras de polímero de vidro.

Logo após, as amostras de polímero de vidro eram levadas a uma furadeira de bancada (FG-13, Ferrari, São Carlos, São Paulo.), onde foi realizada uma perfuração lateral no cilindro de plástico, com o auxílio de uma broca de aço rápido com 5 mm de diâmetro, tomando-se o cuidado para que a perfuração ficasse paralela à superfície exposta da amostra de polímero de vidro. Nestas perfurações foram inseridas as traves metálicas para realização dos testes de tração (Figura 3).

Em seguida, as amostras de polímero de vidro incluídas em resina acrílica foram limpas em ultra som com água destilada durante 20 minutos e divididas em doze grupos, conforme o tratamento utilizado (tabela II). Seguiu-se então, com o tratamento da superfície das amostras de polímero de vidro, conforme descrito no item 6.2.3.

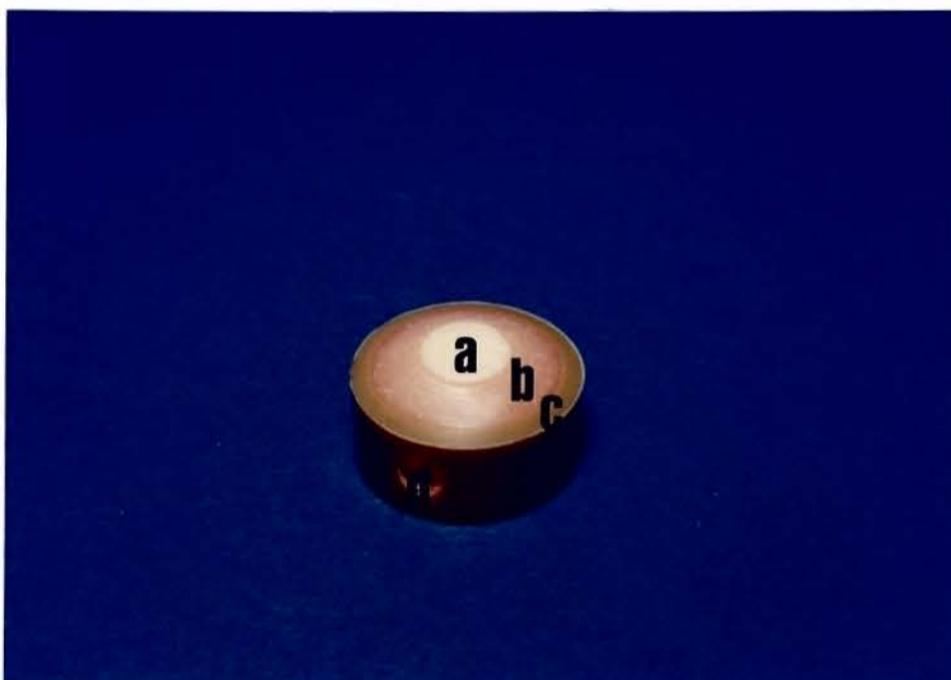


FIGURA 3 - Amostra de polímero de vidro (a) incluída em resina acrílica (b) no tubo de plástico (c) perfurado para a inserção das traves metálicas (d).

TABELA II - Descrição da divisão dos grupos de ensaio utilizados neste estudo.

GRUPO	PREPARO SUPERFICIAL	REPETIÇÃO	TRATAMENTO	ADESIVO	CIMENTO
1		10	Controle		
2	Jateamento Com óxido de alumínio	10	Porcelain Primer	Dentin Enamel Bonding	Choice Porcelain Veneer system
3		10	Composite Activator		
4		10	Líquido do Artglass		
5	Condicionamento com ácido fosfórico 32 %	10	Controle		
6		10	Porcelain Primer	Dentin Enamel Bonding	Choice Porcelain Veneer System
7		10	Composite Activator		
8		10	Líquido do Artglass		
9	Condicionamento com ácido fluorídrico 8 %	10	Controle		
10		10	Porcelain Primer	Dentin Enamel Bonding	Choice Porcelain Veneer System
11		10	Composite Activator		
12		10	Líquido do Artglass		

6.2.3 Manipulação do Sistema de união

6.2.3.1 JATEAMENTO COM ÓXIDO DE ALUMÍNIO

Inicialmente, a superfície de oitenta amostras do polímero de vidro foram preparadas através de jateamento com óxido de alumínio com granulação de 50 μm , durante 5 segundos, utilizando um aparelho Sandblaster Micro Etch (BUFFALO DENTAL, Syosset NY.) regulado sob pressão de 50 libras. Em seguida, a superfície das amostras foi submetida a jatos de ar por 10 segundos.

Para o grupo 1, a superfície das amostras de polímero de vidro foram recobertas com o adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). Em seguida, o procedimento de união entre as amostras de polímero de vidro foi realizado utilizando o cimento resinoso Choice Porcelain Veneer System (Bisco Inc, Itasca IL), manipulado de acordo com as instruções do fabricante. Após a aplicação do cimento, as amostras de polímero de vidro foram unidas aos pares com auxílio de um posicionador plástico medindo 40 mm de altura e 25 mm de diâmetro externo, contendo no centro uma perfuração de 20 mm de diâmetro, onde as amostras do polímero de vidro, previamente incluídas no cilindro de plástico eram inseridas. Nesta etapa, tomava-se o cuidado para manter paralelas as perfurações laterais confeccionadas nos cilindros de plástico. Isto era possível graças a existência de quatro janelas laterais equidistantes no posicionador (Figura 4).

Dessa forma, as amostras eram inseridas no posicionador plástico através das perfurações opostas. Logo após, o conjunto amostras de polímero de vidro, incluídas em resina acrílica, e colocadas no interior do posicionador eram submetidas a uma força de compressão de 500 gramas para uma área de 0,2827 cm^2 , obtendo-se um pressão de cimentação de 1,76 kg/cm^2 que era mantida durante 2 minutos, com auxílio de um aparelho de ar comprimido (Figura 5). Decorrido o tempo de carga, os excessos de cimento eram removidos com auxílio de um pincel e o cimento resinoso era fotopolimerizado através das janelas laterais do posicionador plástico.

A fotopolimerização foi realizada com auxílio de um aparelho Visilux 2 (3M, Dental Products Division St.Paul, MN.) durante 30 segundos, em cada uma das janelas laterais do posicionador plástico, totalizando 120 segundos de exposição à luz visível. A intensidade luminosa do aparelho fotopolimerizador foi previamente aferida com auxílio de um radiômetro que indicou o valor de 680 mw/cm^2 .

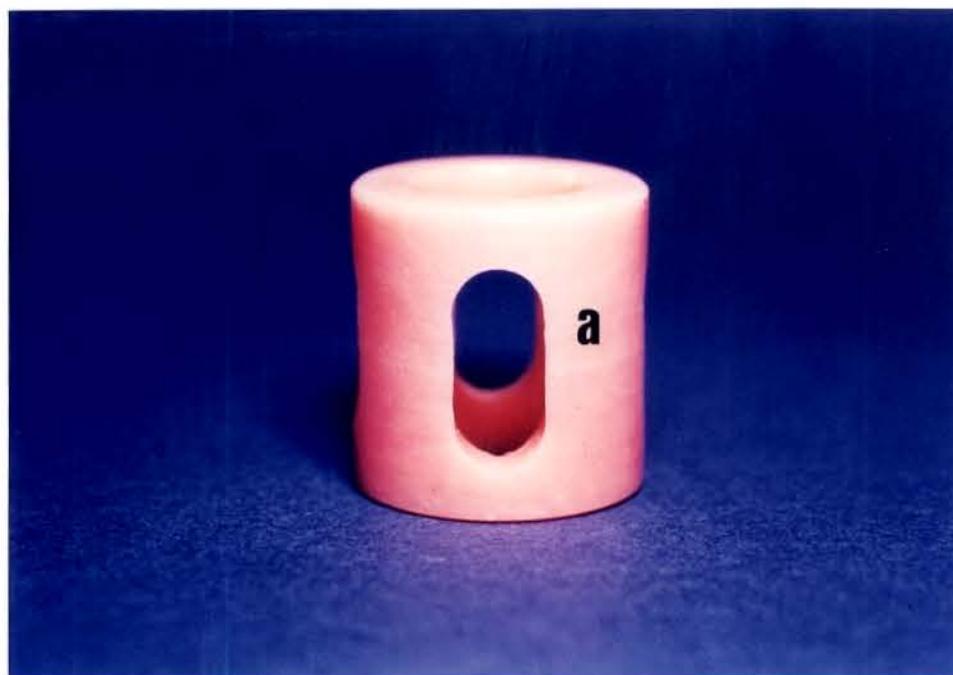


FIGURA 4 - Cilindro plástico utilizado como posicionador durante a cimentação (a).

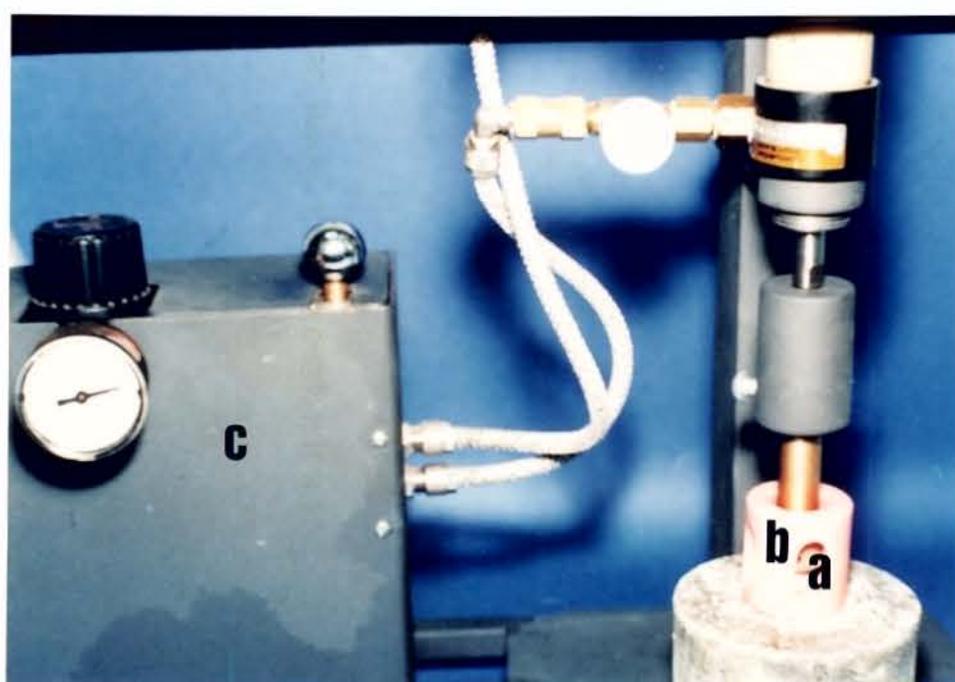


FIGURA 5 - Corpo-de-prova (a) inseridos no posicionador (b) mantidos sob pressão através de um equipamento de ar comprimido (c).

Para o grupo 2, a superfície das amostras do polímero de vidro foi recoberta com o agente de silanização Porcelain Primer, aplicado durante 30 segundos e seco com jato de ar por 10 segundos, seguido pela aplicação do adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1.

Para o grupo 3, a superfície das amostras do polímero de vidro foi recoberta com o modificador de superfície Composite Activator que foi aplicado e seco com jato de ar por 10 segundos, seguido pela aplicação do adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1.

Para o grupo 4, a superfície das amostras do polímero de vidro foi recoberta com o monômero para reparo de polímero de vidro Artglass Liquid que foi aplicado e seco com jato de ar por 10 segundos, seguido pela aplicação do adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1.

6.2.3.2 CONDICIONAMENTO COM ÁCIDO FOSFÓRICO

Oitenta amostras do polímero de vidro Artglass foram condicionadas com o ácido fosfórico a 32% durante 1 minuto, em seguida, as amostras foram lavadas pelo mesmo tempo e secas com jato de ar durante 30 segundos.

Para o grupo 5, a superfície da amostra do polímero de vidro, previamente condicionada, foi recoberta com o adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1 do item 6.2.3.1.

Para o grupo 6, a superfície da amostra do polímero de vidro foi recoberta com o agente de silanização Porcelain Primer, aplicado durante 30 segundos e seco com jato de ar por 10 segundos, seguido pela aplicação do adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1 do item 6.2.3.1.

Para o grupo 7, a superfície da amostra do polímero de vidro foi recoberta com o modificador de superfície Composite Activator que foi aplicado e seco com jato de ar por 10 segundos, seguido pela aplicação do adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1 do item 6.2.3.1.

Para o grupo 8, a superfície da amostra do polímero de vidro foi recoberta com o monômero para reparo de polímero de vidro Artglass Liquid que foi aplicado e seco com jato de ar por 10 segundos, seguido pela aplicação do adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1 do item 6.2.3.1.

6.2.3.3 CONDICIONAMENTO COM ÁCIDO FLUORÍDRICO

Oitenta amostras do polímero de vidro Artglass foram condicionadas com o ácido fluorídrico a 8% durante 2 minutos, lavadas em água pelo mesmo tempo e secas com jato de ar durante 30 segundos.

Para o grupo 9, a superfície da amostra do polímero de vidro, previamente condicionada, foi recoberta com o adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1 do item 6.2.3.1.

Para o grupo 10, a superfície da amostra do polímero de vidro foi recoberta com o agente de silanização Porcelain Primer, durante 30 segundos e seco com jato de ar por 10 segundos, seguido pela aplicação do adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1 do item 6.2.3.1.

Para o grupo 11, a superfície da amostra do polímero de vidro foi recoberta com o modificador de superfície Composite Activator que foi aplicado e seco com jato de ar por 10 segundos, seguido pela aplicação do adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1 do item 6.2.3.1.

Para o grupo 12, na superfície da amostra do polímero de vidro foi aplicado o monômero para reparo de polímero de vidro Artglass Liquid que foi aplicado e seco com jato de ar por 10 segundos, seguido pela aplicação do adesivo Dentin Enamel Bonding (Bisco Inc, Itasca IL). O procedimento de cimentação foi realizado como descrito para o grupo 1 do item 6.2.3.1.

6.2.4 Ciclagem Térmica

Após a confecção dos corpos-de-prova, através da cimentação das amostras de polímero de vidro, como descrito no item 6.2.3, foi realizado o armazenamento em estufa Heraeus (Alemanha) a 37°C , com umidade relativa do ar de 100%, durante 24 horas. Decorrido este período, os corpos de prova foram submetidos a ciclagem térmica, em uma máquina contendo quatro banhos de água, ajustados às temperaturas de 5°C , 37°C e 60°C , e dispostos de forma que sempre antes e após os banhos de 5°C e 60°C os corpos-de-prova fossem imersos a 37°C . O objetivo dos banhos intermediários foi de estabilizar a temperatura e evitar a ocorrência de um choque térmico. O tempo de imersão em cada banho foi estabelecido em 30 segundos. Dessa forma, foram realizados 500 ciclos térmicos (Figura 6).

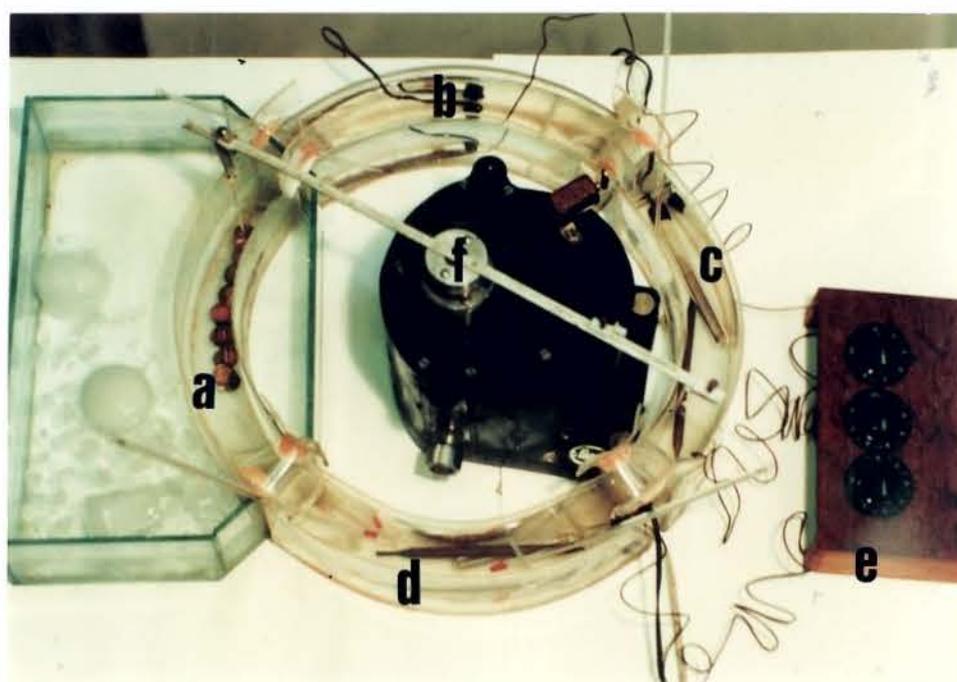


FIGURA 6 - Máquina de ciclagem térmica. (a) banho de água com 5°C , (b) banho de água com 37°C , (c) banho de água com 60°C , (d) banho de água com 37°C , (e) dispositivo para regulagem das temperaturas, (f) motor para movimentação das amostras.

6.2.5 Ensaio de Resistência à Tração

Após a ciclagem térmica os corpos-de-prova foram novamente armazenados em estufa Heraeus (Alemanha) a 37°C, com umidade relativa do ar de 100%, até que completasse o período de 48 horas desde o término da confecção dos corpos-de-prova. Decorrido este período, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração em uma máquina de ensaio universal (Otto Wolpert Werke, Ludyigshafen, Alemanha) a uma velocidade de 6 mm/minuto.

Para isso, os corpos-de-prova foram posicionados na máquina de ensaio com o auxílio de travas metálicas que foram inseridas nas perfurações laterais dos cilindros plásticos e fixadas no mordente superior e inferior da máquina de ensaio, para permitir a realização do esforço de tração (Figura 7). A resistência de união foi calculada com a seguinte fórmula:

$$R = \frac{F}{A}$$

Onde: R é a resistência; F, a força aplicada; e A, a área de união.

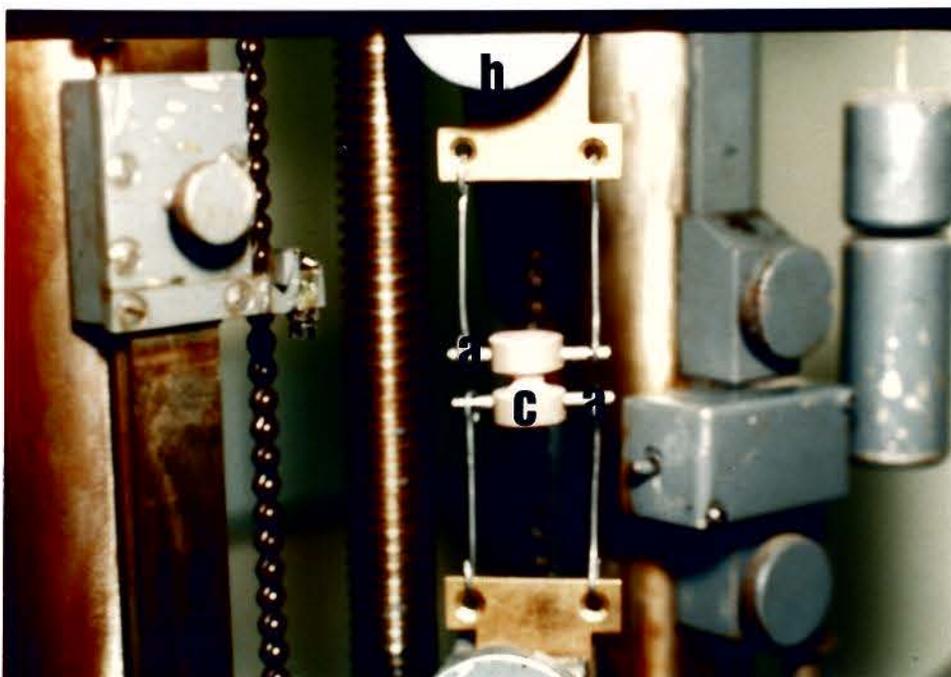


FIGURA 7 - Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de resistência à tração. travas metálicas (a); mordente da máquina de ensaio universal (b); corpo-de-prova (c).

6.2.6 Análise Microscópica

6.2.6.1 Análise por Microscopia Óptica

Após os ensaios de resistência à tração, as superfícies do polímero de vidro foram examinadas com auxílio de uma Lupa Estereoscópica Carl Zeiss (Carl Zeiss do Brasil), em aumentos de 16 vezes, para determinar o padrão de fratura na interface polímero de vidro - cimento resinoso. A fratura foi classificada como adesiva, quando o rompimento da união ocorria na interface polímero de vidro - cimento resinoso e não havia fratura da amostra de polímero de vidro; fratura coesiva, quando a interface polímero de vidro - cimento resinoso permanecia unida, havendo rompimento do polímero de vidro; e, fratura mista, quando a fratura ocorria em parte no polímero de vidro (coesiva) e em parte na interface (adesiva).

6.2.6.2 Análise por Microscopia Eletrônica de Varredura

Foram confeccionadas quatro amostras adicionais do polímero de vidro Artglass como descrito no item 6.2.1 e divididas aleatoriamente em quatro grupos. Cada uma das amostras foi tratada, respectivamente, com o jateamento com óxido de alumínio, condicionamento com ácido fosfórico a 32% durante 1 minuto e condicionamento com ácido fluorídrico a 8% durante 2 minutos. A amostra restante não sofreu nenhum tratamento, sendo considerada como controle. A seguir, as amostras foram revestidas com ligas de ouro - paládio sob alto vácuo (Balzers-SCD 050 sputter coater, Germany) para observação em Microscópio Eletrônico de Varredura (Zeiss DSM 960, Germany) em aumento de 500 vezes.

RESULTADOS

7. RESULTADOS

7.1. Ensaio de Resistência à Tração

Os valores originais obtidos nos ensaios de resistência à tração na união do polímero de vidro - cimento resinoso, com os diferentes grupos, descritos na tabela III, estão dispostos no apêndice (tabelas VIII a XIX).

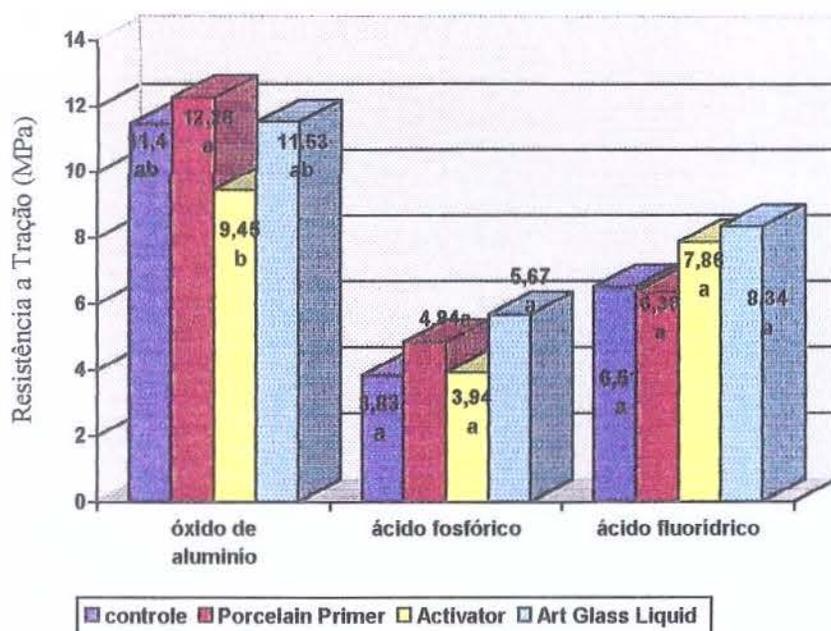
Os valores foram submetidos à análise de variância com esquema fatorial: fator inicial e fator químico e a interação inicial x químico. Constatada a existência de diferença estatisticamente significativa na análise de variância, os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e estão apresentados na tabela III e ilustrados nas figuras 8 a 12.

TABELA III - Médias da resistência à Tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com os diferentes grupos experimentais (MPa).

	Óxido de		Ácido		Ácido	
	Alumínio	D.P.	Fosfórico	D.P.	Fluorídrico	D.P.
Controle	11,46 a AB	0,94	3,83 c A	0,44	6,51 b A	0,81
Porcelain Primer	12,28 a A	0,94	4,84 b A	0,63	6,36 b A	0,71
Activator	9,45 a B	0,67	3,94 b A	0,57	7,86 a A	0,58
Artglass Liquid	11,53 a AB	0,79	5,67 c A	0,65	8,34 b A	0,88

D.M.S. 5% = 1.2317 D.P. = desvio padrão da média

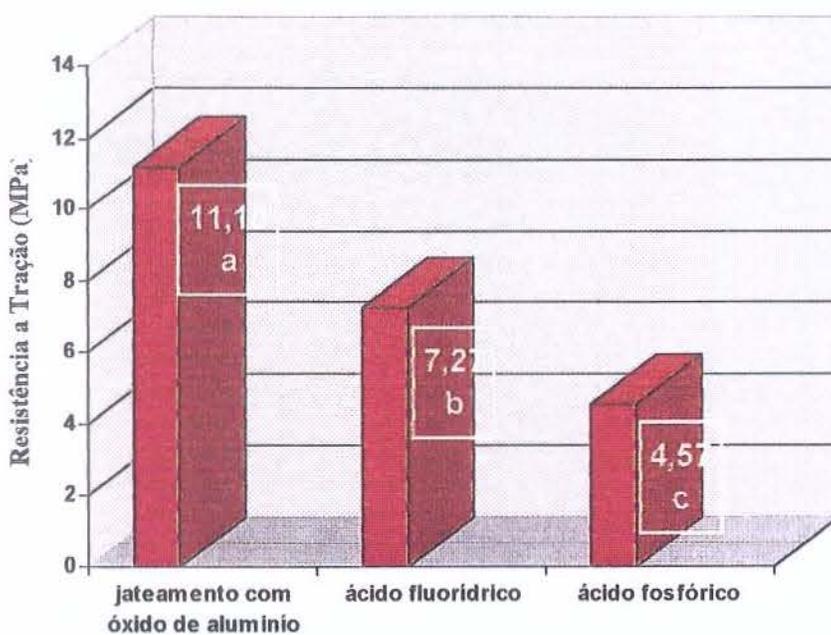
Médias seguidas por letras distintas minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de TUKEY.



Médias seguidas por letras distintas diferem ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

As letras só são válidas para barras unidas graficamente.

FIGURA 8 - Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com os diferentes grupos experimentais



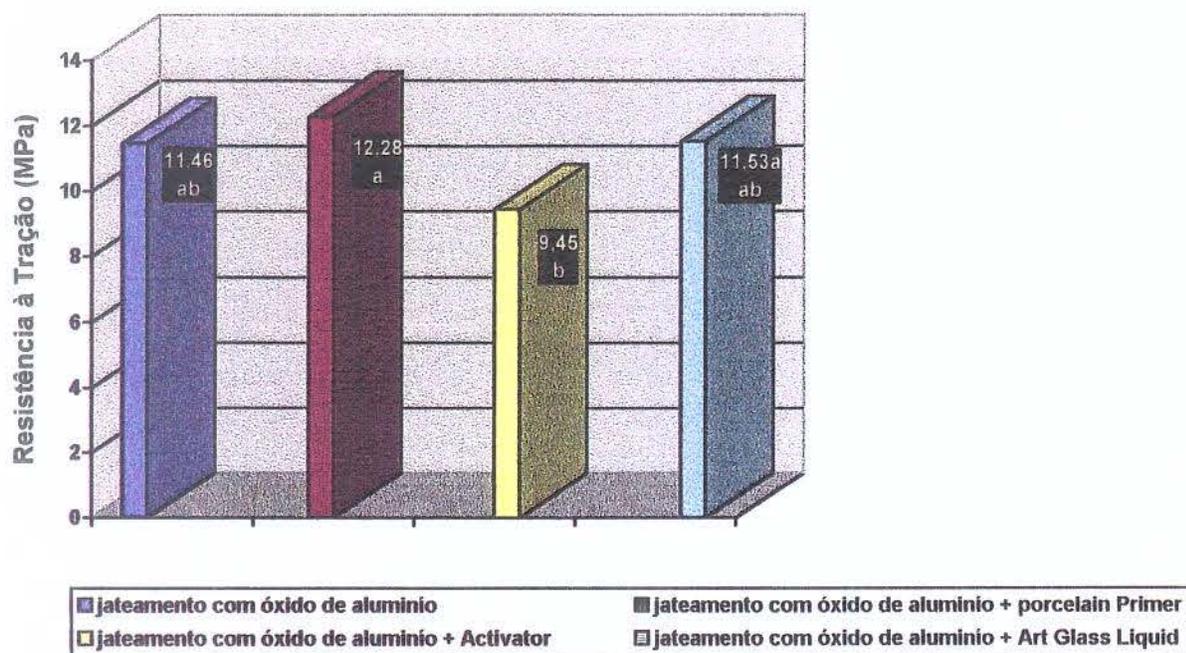
Médias seguidas por letras distintas diferem ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

FIGURA 9 - Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, para os tratamentos indicados, independentemente dos demais tratamentos com os diferentes grupos experimentais.

TABELA IV - Médias da resistência à Tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, obtidas com o jateamento com óxido de alumínio, com os diferentes tratamentos (MPa).

GRUPO	TRATAMENTO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO DA MÉDIA
1	jateamento com óxido de alumínio	11,46 ab	0,94
2	jateamento com óxido de alumínio Porcelain Primer	12,28 a	0,94
3	jateamento com óxido de alumínio Activator	9,45 b	0,67
4	jateamento com óxido de alumínio Artglass Liquid	11,53 ab	0,79

Médias na mesma coluna seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% teste de TUKEY.



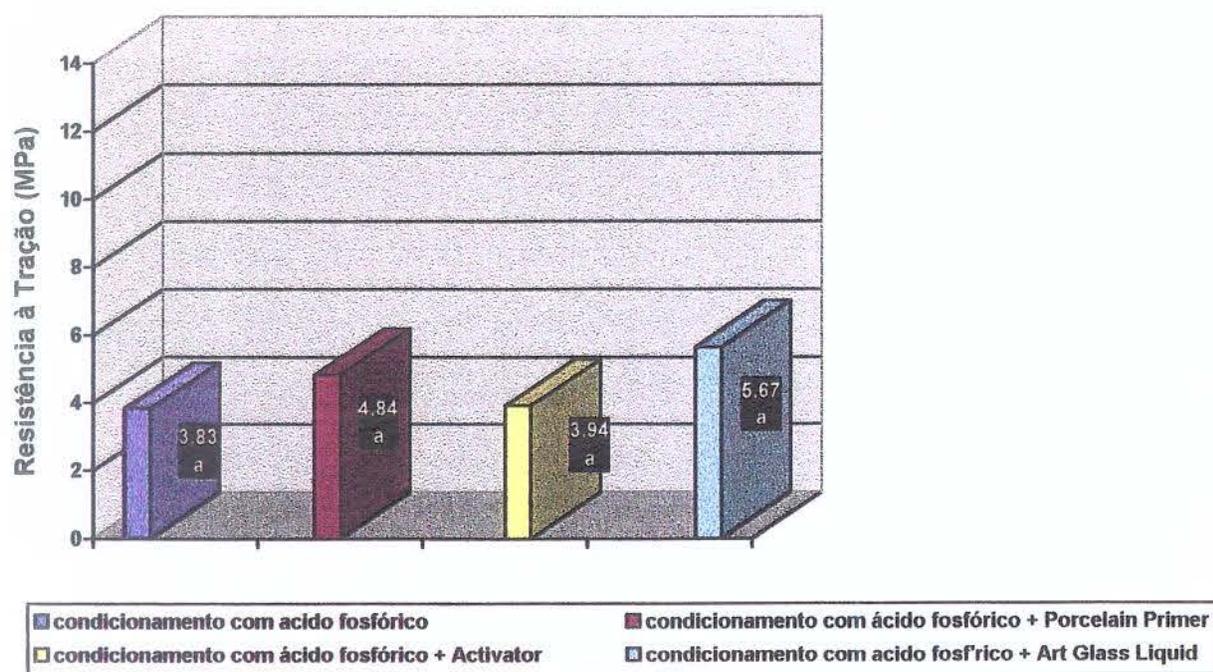
Médias seguidas por letras distintas diferem ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

FIGURA 10 - Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso para os tratamentos indicados.

TABELA V - Médias da resistência à Tração da união polímero de vidro - cimento resinoso, obtidas com o condicionamento com ácido fosfórico, com os diferentes tratamentos (MPa).

GRUPO	TRATAMENTO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO DA MÉDIA
5	Condicionamento com ácido fosfórico	3,83 a	0,44
6	Condicionamento com ácido fosfórico Porcelain Primer	4,84 a	0,63
7	Condicionamento com ácido fosfórico Activator	3,94 a	0,57
8	Condicionamento com ácido fosfórico Artglass Liquid	5,67 a	0,65

Médias na mesma coluna seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% teste de TUKEY.



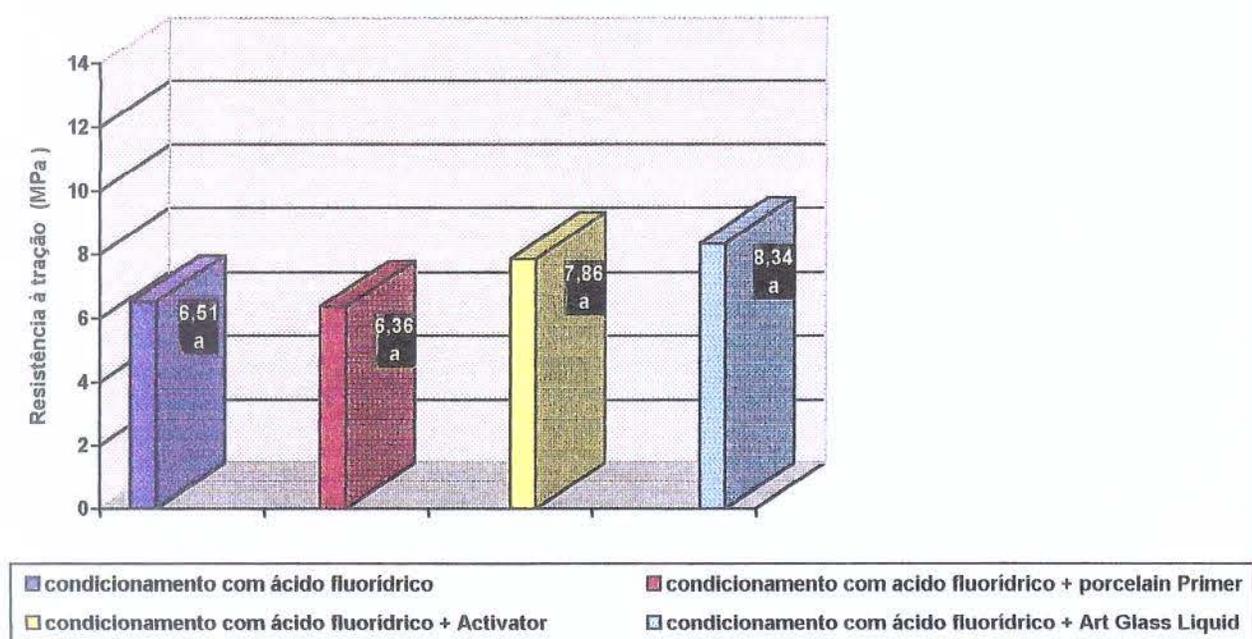
Médias seguidas por letras distintas diferem ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

FIGURA 11 - Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso para os tratamentos indicados.

TABELA VI - Médias da resistência à Tração da união do polímero de vidro - cimento resinoso, obtidas com o condicionamento com ácido fluorídrico, com os diferentes tratamentos (MPa).

GRUPO	TRATAMENTO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO DA MÉDIA
9	Condicionamento com ácido fluorídrico	6,51 a	0,81
10	Condicionamento com ácido fluorídrico Porcelain Primer	6,36 a	0,71
11	Condicionamento com ácido fluorídrico Activator	7,86 a	0,58
12	Condicionamento com ácido fluorídrico Artglass Liquid	8,34 a	0,88

Médias na mesma coluna seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% teste de TUKEY.



Médias seguidas por letras distintas diferem ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

FIGURA 12 - Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração da união do polímero de vidro - cimento resinoso para os tratamentos indicados.

7.2 Análise Microscópica

7.2.1 Microscopia Óptica

Os resultados referentes a avaliação da superfície das amostras de polímero de vidro submetidas ao ensaio de resistência à tração estão apresentados na tabela VII, de acordo com o padrão de fratura observado.

TABELA VII - Padrão de fratura dos corpos-de-prova na interface da união polímero de vidro - cimento resinoso.

GRUPO	TRATAMENTO	ADESIVAS	COESIVAS	MISTAS
1	Óxido de alumínio	-	7	3
2	óxido de alumínio + Porcelain Primer	-	8	2
3	óxido de alumínio + Activator	-	5	5
4	óxido de alumínio + Artglass liquid	-	7	3
5	Ácido fosfórico	10	-	-
6	Ácido fosfórico + Porcelain Primer	8	-	2
7	Ácido fosfórico + Activator	9	-	1
8	Ácido fosfórico + Artglass Liquid	8	1	1
9	Ácido fluorídrico	7	-	3
10	Ácido fluorídrico + Porcelain Primer	6	2	2
11	Ácido fluorídrico + Activator	4	4	2
12	Ácido fluorídrico + Artglass Liquid	2	5	3

7.2.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

O aspecto morfológico das superfícies das amostras de polímero de vidro, após os respectivos tratamentos, estão ilustradas nas fotomicrografias das figuras 13 a 16.

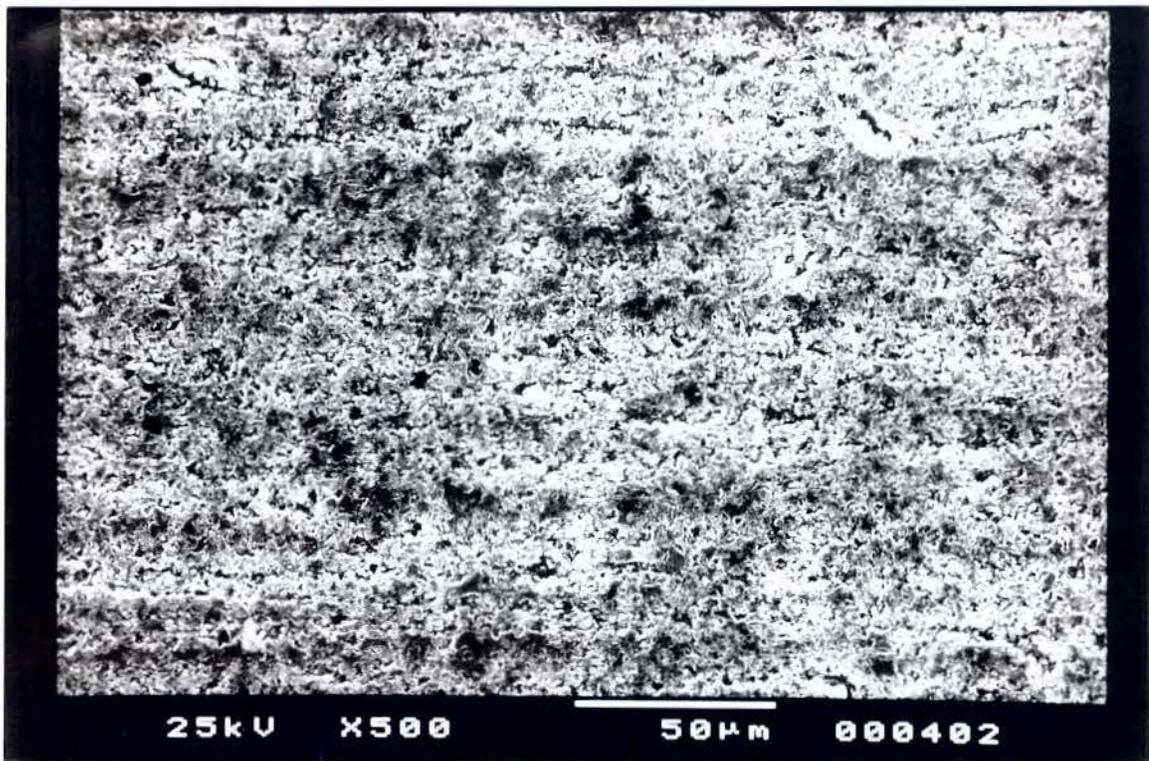


FIGURA13 - Aspecto morfológico da superfície da amostra de polímero de vidro após o acabamento com lixas abrasivas (x500).

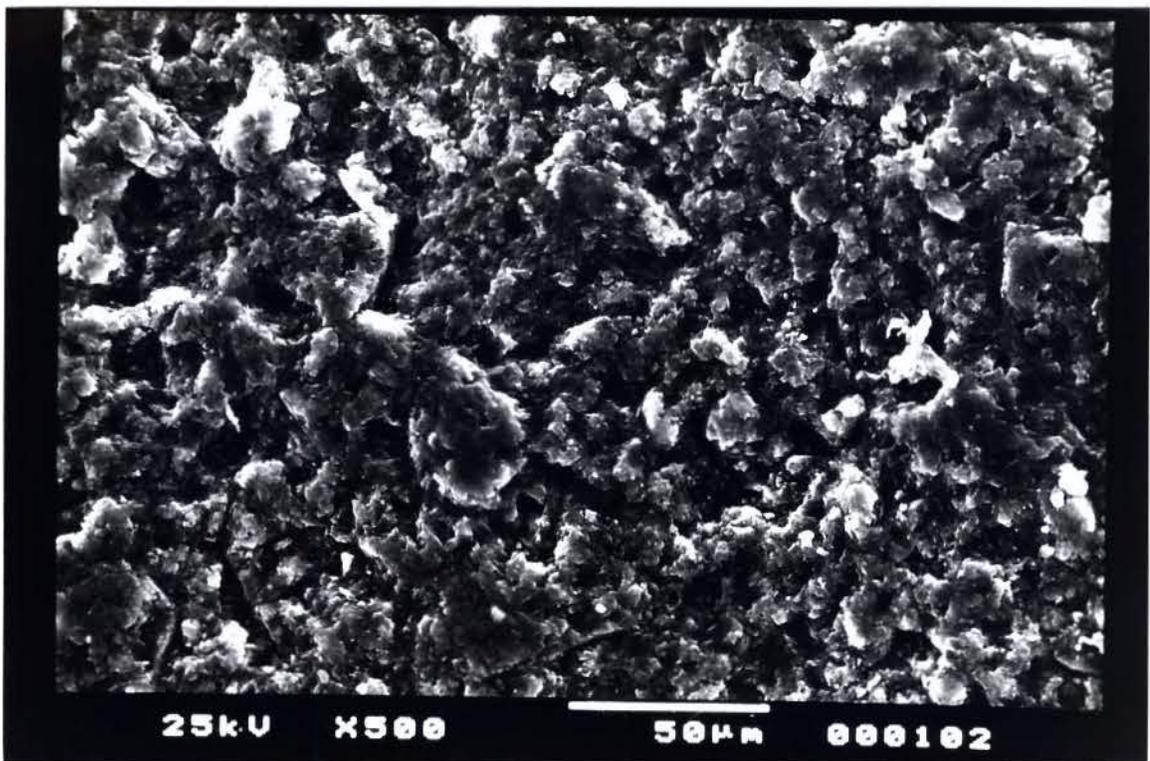


FIGURA 14 - Aspecto morfológico da superfície da amostra do polímero de vidro após o jateamento com óxido de alumínio durante 5 segundos (x500).

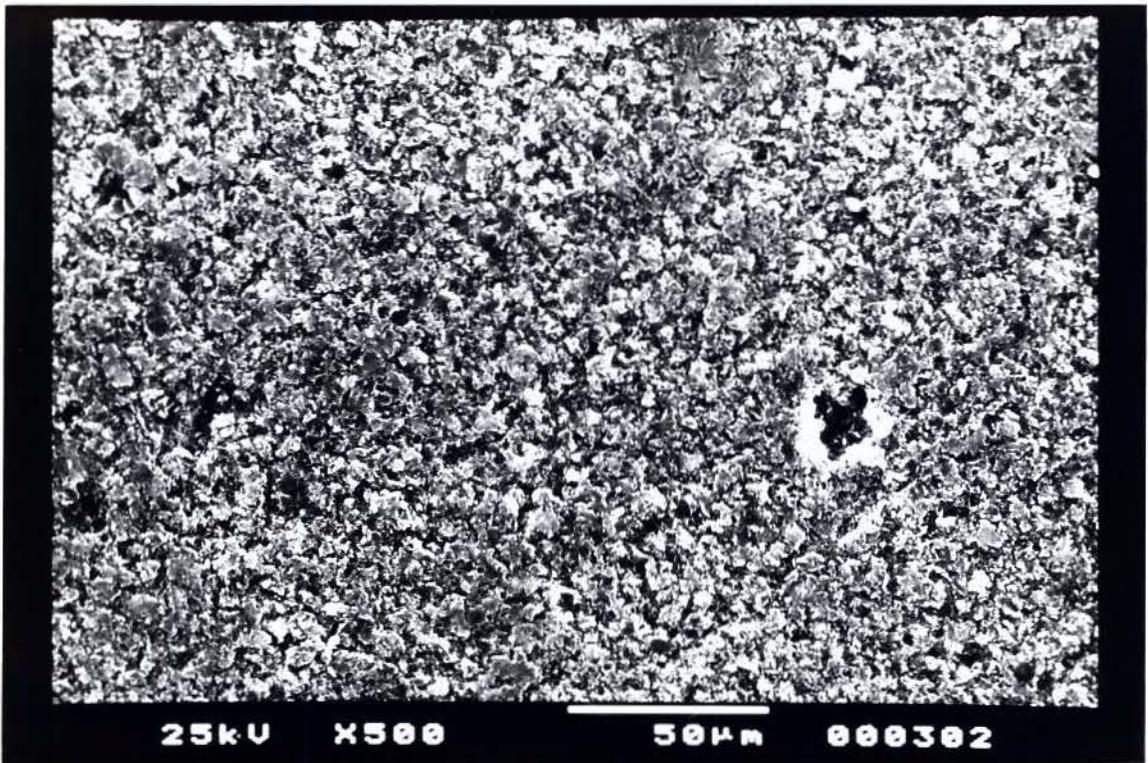


FIGURA 15 - Aspecto morfológico da superfície da amostra do polímero de vidro condicionada durante 1 minuto com o ácido fosfórico a 32% (x 500).

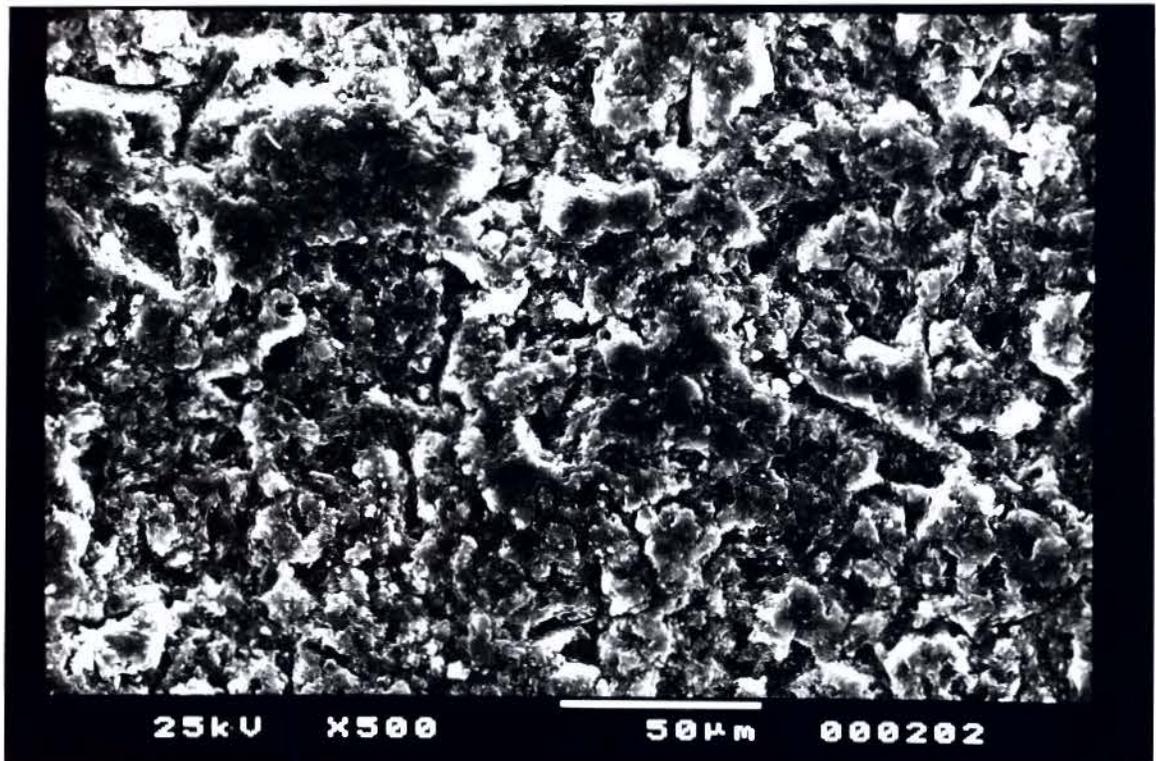


FIGURA 16 - Aspecto morfológico da superfície da amostra do polímero de vidro condicionada durante 2 minutos com o ácido fluorídrico a 8% (x 500).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

8. DISCUSSÃO

A cimentação de restaurações indiretas envolve um grande número de fatores relacionados ao material restaurador utilizado. Entre os fatores devemos considerar a composição do material, a complexidade e efetividade do tratamento da superfície interna da restauração e a dificuldade de manipulação laboratorial ^{1,9,20,34,35}, e ainda, fatores relativos a técnica de preparo mecânico do dente e tratamento da estrutura dental, com o objetivo de obter selamento marginal e retenção da restauração ⁸. Estes parâmetros, necessários ao sucesso clínico do procedimento de união, têm sido usados como forma de avaliação para o desenvolvimento de novos materiais dentários e determinantes na evolução das técnicas restauradoras ^{6,7,13,19}.

O polímero de vidro Artglass, avaliado neste estudo, foi apresentado no comércio como um material alternativo às porcelanas e aos sistemas de resinas compostas tradicionais usadas em restaurações indiretas, por apresentar características físico - mecânicas semelhantes aos tecidos dentais. No entanto, não foram divulgados estudos demonstrando a exequibilidade de procedimentos de tratamento interno do material e sua efetividade no processo de união. Assim, a preocupação em avaliar o tratamento interno da superfície deste material surgiu, em parte, através de relatos clínicos pessoais de diversos profissionais que observaram inadequada retenção nas restaurações confeccionadas com polímero de vidro. Como consequência, comunicaram o deslocamento da restauração. Essa informação é compatível com a fase inicial do experimento, deste trabalho, na qual foi observado uma união insuficiente entre a amostra de polímero de vidro e o cimento resinoso, quando não foi realizado nenhum tratamento na superfície do material.

No entanto, quando foram realizados tratamentos através do jateamento com óxido de alumínio, os valores de resistência de união na interface polímero de vidro - cimento resinoso foram superiores e estatisticamente diferentes em relação aos valores obtidos com os tratamentos efetuados com ácido fosfórico a 32% e ácido fluorídrico a 8%. De acordo com as fotomicrografias ilustradas nas figuras 14 e 15, o condicionamento com o ácido fosfórico apenas produziu uma limpeza da superfície do polímero de vidro, sem promover alteração morfológica significativa que favorecesse a retenção do sistema adesivo associado ao cimento resinoso. No caso do condicionamento promovido pelo ácido fluorídrico, além de limpar a superfície da amostra, houve uma alteração morfológica baseada na dissolução de algumas fases do polímero de vidro, determinando um aspecto retentivo no qual existe predominância de extensas lacunas, que não favoreceram na obtenção de valores de resistência de união similares àqueles obtidos com o jateamento com óxido de alumínio (Tabela III e Figura 9). Por outro lado, o jateamento com óxido de alumínio produziu condições morfológicas com o aspecto de superfície considerado mecanicamente mais retentivo pela formação de irregularidades com distribuição uniforme, o que

resultou nos maiores valores de resistência de união em relação as demais formas de tratamento, e ainda, semelhante aos resultados descritos por SWIFT Jr. et al.³⁹ e LATTA & BARKMEIER²¹. Estes últimos autores também estudaram a resistência de união de um cimento resinoso à superfície de um compósito, indicado para confecção de restaurações indiretas, utilizando jateamento com óxido de alumínio e obtiveram valores de resistência de união próximos aos valores alcançados para o esmalte condicionado com ácido fosfórico.

Além disso, de acordo com SIMONSEN e CALAMIA³⁴, o aumento na área de superfície em função da formação de microporosidades melhora a retenção mecânica do compósito cimentante. A fotomicrografia ilustrada na figura 14 mostra a formação de irregularidades uniformes, aparentemente profundas na superfície do polímero de vidro, produzida pelo jateamento com óxido de alumínio. Isto, provavelmente determinou os maiores valores de resistência de união na interface polímero de vidro - cimento resinoso, conforme descrito na tabela III e ilustrado na figura 9.

Outro fato explicativo dos resultados deste estudo, pode ser observado na análise da tabela VII, na qual o padrão de fratura da interface dos corpos-de-prova do grupo tratado com jateamento com óxido de alumínio apresentou predomínio de fraturas coesivas. Enquanto que para o grupo condicionado com ácido fosfórico ou fluorídrico a predominância observada foi de fraturas adesivas na interface polímero de vidro - cimento resinoso.

Quando a superfície das amostras foram submetidas ao jateamento com óxido de alumínio seguidas pela aplicação do Porcelain Primer, Composite Activator e Artglass Liquid, foi observado um aumento no valor da resistência de união no grupo em que foi utilizado o agente de silanização Porcelain Primer, diferindo estatisticamente do grupo em que foi utilizado o monômero à base de HEMA (Composite Activator). No entanto, o valor não foi estatisticamente diferente quando comparado com o grupo que não recebeu nenhum agente modificador de superfície e aquele que recebeu a aplicação do líquido para reparo Artglass Liquid (Tabela IV).

O Composite Activator é uma substância monomérica baseada em Hidroxi-etil-metacrilato diluída em solventes e indicada para aumentar a reatividade da superfície de compósitos para restaurações indiretas. No entanto, no caso da superfície de polímero de vidro, esta substância pode ter produzido uma interferência no processo de união com o cimento resinoso, provavelmente provocada pela presença de solventes orgânicos na composição do produto. Por outro lado, o uso do silano Porcelain Primer ou do agente para reparos Artglass Liquid, também não produziram aumento estatisticamente significativo na resistência de união da interface polímero de vidro - cimento resinoso, em relação ao grupo que foi submetido apenas ao jateamento com óxido de alumínio.

A explicação deste resultado, em parte, pode ser atribuída a complexidade do processo de silanização, que embora extensamente estudado ^{1,2,4,6,9,12,15,18,20,22,27,31,35,39}, ainda persistem controvérsias em relação ao seu uso. Isto, porque a efetividade deste tratamento pode variar de acordo com a marca comercial do produto ^{30, 31} e com a forma e tempo de armazenagem do silano, devido a sua instabilidade química ^{4, 12, 31}. Além disso, o silano utilizado neste estudo, pode não ter sido capaz de melhorar os valores de resistência de união, em função de que a adesão química desta substância esteja na dependência do substrato ^{12, 34}. Diversos estudos demonstram a efetividade dos agentes de silanização na superfície de porcelanas dentárias ^{15,18,25,29,30,31,39}, no entanto, a efetividade da união sobre a superfície de compósitos indicada para restaurações diretas não tem sido comprovada ³⁴.

No caso das amostras condicionadas com ácido fosfórico a associação com os diferentes tipos de tratamento, Porcelain Primer, Composite Activator ou Artglass Liquid, não produziu valores de resistência de união estatisticamente diferentes em relação ao grupo que não recebeu tratamento (controle) e também, não se apresentaram estatisticamente diferentes entre si. Nestes grupos (5, 6, 7 e 8) o condicionamento com ácido fosfórico foi responsável por uma ação de limpeza residual deixada na superfície da amostra, após o acabamento com lixas. Esta ação modificou a energia de superfície da amostra e propiciou a possibilidade de união das amostras de polímero de vidro com a associação agente adesivo – cimento resinoso. A aplicação dos agentes de tratamento não acrescentou nenhum tipo de efeito na condição morfológica estabelecida pela ação do ácido fosfórico (Tabela V).

A tabela VI e figura 12 demonstraram uma condição semelhante para as amostras que foram condicionadas com o ácido fluorídrico. A aplicação do Porcelain Primer, Activator e do Artglass Liquid não produziu nenhum efeito adicional na superfície do polímero de vidro condicionado com ácido fluorídrico. Assim sendo, os valores de resistência de união para os grupos (10,11 e 12) tratados com estes modificadores de superfície não foram estatisticamente diferentes em relação ao grupo 9 que recebeu apenas o condicionamento com ácido fluorídrico. Assim, apenas a alteração morfológica produzida pelo ácido fluorídrico na superfície do polímero de vidro foi responsável pelo valores de resistência de união nestes grupos que não diferiram estatisticamente entre si.

De acordo com as instruções descritas pelo fabricante, o Artglass Liquid deve ser usado quando houver a necessidade de acréscimos corretivos nas restaurações confeccionadas com o polímero de vidro ou em caso de reparos de restaurações em Artglass utilizando resina composta tradicional. O fabricante informa que este produto tem a capacidade de promover uma camada de dispersão superficial no polímero de vidro, permitindo assim, a união química de um novo incremento do material. Em nosso estudo, o produto foi usado com objetivo de melhorar a união

entre o material e o meio cimentante. Entretanto, de acordo com os resultados obtidos nos testes de resistência de união, esta substância não demonstrou influência significativa.

De forma geral, os resultados deste estudo demonstraram que os agentes utilizados para modificar a superfície do polímero de vidro não produziram qualquer tipo de efeito favorável no aumento da resistência de união. Conforme a tabela III, o grupo 1 que recebeu jateamento com óxido de alumínio apresentou valores superiores e estatisticamente significantes em relação aos grupos 5 e 9 tratados com os ácidos fluorídrico e fosfórico. Nesta mesma condição os valores de resistência de união obtidos para o grupo tratado com ácido fluorídrico foram estatisticamente superiores quando comparados ao grupo tratado com o ácido fosfórico, independente da aplicação das substâncias modificadoras de superfície. A única exceção, está relacionada com os grupos 3 e 11, tratados com óxido de alumínio e ácido fluorídrico, seguidos da aplicação de Activator, cujos os valores de resistência de união não foram estatisticamente diferentes. Isso, provavelmente ocorreu, devido a composição aquosa do Composite Activator que foi muito mais prejudicial no grupo tratado com óxido de alumínio que no grupo tratado com ácido fluorídrico.

Além disso, a análise do padrão de fratura apresentado pelo grupos experimentais demonstraram um predomínio quase absoluto de fraturas adesivas (87,5%) para os grupos tratados com o ácido fosfórico, seguido da aplicação dos agentes modificadores. Enquanto que para os grupos tratados com ácido fluorídrico a predominância de fraturas adesivas foi de 47,5% e aproximadamente 52,5 % de fraturas coesivas e mistas. Ainda dentro desta condição, os grupos tratados pelo jateamento com óxido de alumínio e subsequente aplicação dos agentes modificadores, apresentaram 67,5 % de fraturas coesivas e 32,5% de fraturas mistas. Tendência semelhante a esta foi relatados por Latta & Barkmeier ²¹ em 1994, que demonstraram 100% de falhas adesivas na interface compósito - cimento resinoso, após tratamento com ácido fluorídrico, enquanto que para a aplicação do jateamento com óxido de alumínio houve cerca de 50% de falhas coesivas no compósito.

A efetividade na formação de microrretenções através do jateamento com óxido de alumínio, demonstrada pelos valores de resistência de união, podem ser interpretados como clinicamente satisfatórios, pelo fato de ser observada a predominância de fraturas coesivas do polímero de vidro na interface analisada, após o tratamento com óxido de alumínio. Dessa forma, considerando o estabelecimento da efetividade de união da associação do jateamento com óxido de alumínio e o uso de cimento resinosos em um preparo adequado da estrutura dental, através da associação da técnica do condicionamento ácido e agentes adesivos hidrofílicos, pode se prever, que a união polímero de vidro - cimento resinoso – estrutura dental, poderá apresentar resultados clínicos promissores. No entanto, a longevidade da restauração ficará na dependência da estabilidade desta união no meio bucal.

CONCLUSÃO

9. CONCLUSÃO

Apartir dos resultados obtidos, nos é permitido concluir que:

1. Os valores de resistência de união obtidos através do jateamento com óxido de alumínio foram superiores e estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos. Apenas a aplicação do Composite Activator nas superfícies tratadas com ácido fluorídrico ou jateamento com óxido de alumínio não diferiram estatisticamente entre si;
2. Nos grupos onde foi utilizado o jateamento com óxido de alumínio os maiores valores de resistência de união foram obtidos após a aplicação do Porcelain Primer que diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) do grupo onde foi aplicado o Composite Activator;
3. Nos grupos onde foi utilizado o condicionamento com os ácidos fosfórico ou fluorídrico não houve diferença estatisticamente significativa para a aplicação do Porcelain Primer, Composite Activator ou Artglass Liquid;
4. A análise morfológica das superfícies de polímero de vidro indicaram um padrão mais favorável ao imbricamento micromecânico quando utilizado o jateamento com óxido de alumínio.

SUMMARY

10. SUMMARY

The purpose of this study was to evaluate the influence of different superficial treatment of glass polymeric material Artglass (Heraeus, Kulzer). The effect of the silane agent application (Porcelain Primer - Bisco, Inc., Itasca, IL), a superficial Composite activator mixture (Composite Activator - Bisco, Inc., Itasca, IL) and also the Artglass Liquid was verified in the tensile strength with adhesive system All Bond 2 (Bisco, Inc., Itasca, IL) associated with the resin cement Choice Porcelain Vener System (Bisco, Inc., Itasca, IL). Two hundred and forty samples were made and divided into 12 groups. Each group contained 20 samples submitted to treatments: Group 1 - sandblasting with aluminum oxide ; Group 2 - sandblasting with aluminum oxide and Porcelain Primer application; Group 3 - sandblasting with aluminum oxide and Composite Activator application; Group 4 - sandblasting with aluminum oxide and Artglass liquid application; Group 5 - acid etching with phosphoric acid; Group 6 - acid etching with phosphoric acid and Porcelain Primer application; Group 7 - acid etching with phosphoric acid and Composite Activator application; Group 8 acid etching with phosphoric acid and Artglass Liquid application; Group 9 - acid etching with hydrofluoridric acid; Group 10 - acid etching with hydrofluoridric acid and Porcelain Primer application; Group 11 - acid etching with hydrofluoridric acid and Composite Activator application; Group 12 - acid etching with hydrofluoridric acid and Artglass Liquid application. Following the treatment, the samples were bonded into pairs with the adhesive system and the resin cement, applied according with the manufacturer's instructions. Then, the samples were stored in 37°C with a relative humidity of 100% during 24 hours. Submitted into 500 thermal circles, adjusted to 5°C, 37°C and 60°C, lasting 30 second each. After 48 hours, the samples were submitted to a tensile strength test in a Universal test machine (Otto Wolpert Werke, Germany) with a crosshead speed 6 mm / minute. The average results were : Group 1 - 11,46 MPa; Group 2 - 12,28 MPa; Group 3 - 9,45 MPa; Group 4 - 11,53 MPa; Group 5 - 3,83 MPa; Group 6 - 4,84 MPa; Group 7 - 3,94 MPa; Group 8 - 5,67 MPa; Group 9 - 6,51 MPa; Group 10 - 6,36 MPa; Group 11 - 7,86 MPa; Group 12 - 8,34 MPa. Therefore, the results were submitted to Anova and Tukey Test. Then the samples were examined in a stereoscopic magnifying glass (x16), where it was verified the prevailing of cohesive rupture of the Glass Polymer in the groups treated with aluminum oxide sandblasting. The effect of the superficial treatments was analyzed by a Scanning Electron Microscopy. The results indicated that sandblasting with aluminum oxide

associated with the silane agent attained the biggest value of the bond strength. In groups where the aluminum oxide sandblasting was performed the values presented were higher and statistically significant comparing with the others groups, except the association between hydrofluoridric acid and Composite Activator, which did not differ from group 3. The analysis of the treated surface was made using the Scanning Electron Microscopy and showed a more suitable morphologic pattern to the micromechanic retention produced with aluminum oxide sandblasting.

Key Words: Dental Material. 2.Polimeric Composite. 3.Dental Material Strength.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS *

01. AIDA, M., HAYAKAWA, T., MIZUKAWA, K. Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. J. prosth. Dent., St. Louis, v.73, n.5, p.464-470, May, 1995.
02. AGRA, C.M., GARÓFALO, C., VIEIRA, G.F. Silano - análise da importância deste material na união química entre porcelana e resina composta. Rev. Âmbito Odont., n.3, p.326-331, 1993.
03. ANUSAVICE, K.J. Recent developments in restorative dental ceramics. J. Am. dent. Ass., Chicago, v.124, n.2, p.72-82, Feb., 1993.
04. BAILEY, L.F., BENNET, R.J. DICOR surface treatments for enhanced bonding. J. dent. Res., Chicago, v.67, n.6, p.935-931, June, 1988.
05. BARKMEIER, W.W., COOLEY, R.L. Laboratory evaluation of adhesive systems. Operative Dent., Seattle, p.50-61, July, 1992. [supplement, 5]
06. 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.
07. BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J. dent. Res., Chicago, v.34, n.6, p.849-853, June, 1955.
08. BURKE, F.J.T., WATTS, D.C., WILSON, N.H.F., WILSON, M. A. Current Status and Rationale Composite Inlays and Onlays. Br.dent.J., London, v.170., n.6, p.269-273, Apr., 1991.
09. CALAMIA, J.R., SIMONSEN, R.J. Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain. J. dent. Res., Chicago, v.63, p.179, 1984. [abstr.79]

*De acordo com NBR-6023 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1989.

Abreviaturas de periódicos pelo "World List of Scientific Periodicals".

10. CHAPPELL, R.P. et al. Shear bond strength and scanning electron microscopic observation of four dentinal adhesives. Quintess. int., Berlin, v.21, n.4, p.303-310, Apr. 1990.
11. ERDRICH, A.J. A New Generation of Material For use in Crown and Bridge Applications
Technical product profile: s.n.t. 2 p, 1996.
12. GOES, M.F. Caracterização e tratamento superficial de partículas inorgânicas para uso em compósitos dentais. FAP - fase I/89 - 311.2 Relatório final, março de 1991
13. GWINNETT, A.J., MATSUI, A. A study of enamel adhesives. A physical relationship between enamel and adhesive. Archs oral Biol., London, v.12, 1615-1620, 1967.
14. HANSEN, E.K. Tree-year study of cervical erosions restored with resin and dentin-bonding agent. Acta odont. scand., Oslo, v.47, n.5, p.301-306, Oct. 1989.
15. HAYAKAWA, T., et al. The influence of surface and silane agents on the bond of resin to dental porcelain. Dent. Mater., Washington, v.8, p.238-240, July, 1992
16. HONDRUM, S.O. A review of the strength properties of dental ceramics. J. prosth. Dent., St. Louis, v.67, n.6, p.859-865, June, 1992.
17. KANCA, J.J. Dental adhesion and the All-bond system J. Esthet. Dent., Ontario, v.3, n.4, p.129-132, July/Aug. 1991.
18. IBSEN, R.L., GLACE, W.R., PACROPIS, D.R. Relative bond strengths of several systems for bonding porcelain veneers. J. dent. Res., Chicago, v.66, p.207, 1987 [Abstract 803].
19. JONES, D.W. Development of dental ceramics. Dent. Clinics. North. Am., Philadelphia, v.29, n.4, p.621-645, Oct. 1985.
20. LACY, A.M., et al. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. J. prosth. Dent. St. Louis, v.60, n.3, p.288-291, Sept. 1988.

21. LATTA, M.A. . BARKMEIER, W.W. Bond strength of a resin cement to a cured composite inlay material. J. prosth. Dent. St. Louis, v.72, n.2, p.189-193, Aug. 1994.
22. LEINFELDER, K.F. New developments in Resin Restorative Systems. J. Am. dent. Ass., Chicago, v.128, p.573-581, May. 1997.
23. LU, R., et al. An investigation of the composite resin / porcelain interface. Austr. Dent. J., St. Leonards, v.37, n.1, p.12-19, Feb, 1992.
24. McLEAN, J.W., HUGHES, T.H. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. Br.dent.J., London, v.119, n.6, p.251-267, Sep., 1965.
25. _____, Ceramics in clinical dentistry. Br. dent. J., London, v.164, n.5, p.187-194, Mar, 1988.
26. MORENA, R., et al. Fatigue of dental ceramics in a simulated oral environment. J. dent. Res., Chicago, v.65, n.7, p.993-997, July, 1986.
27. MUNKSGAARD, E.C., ASMUSSEN, E. Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixtures of HEMA and glutaraldehyde. J. dent. Res., Washington, v.63, n.8, p. 1087-1089, Aug. 1984.
28. MYERSON, R.L. Effects of silane bonding of acrylic resins to porcelain on porcelain structure. J. Am. dent. Ass., Chicago, v.78, n.1, p.113-119, Jan. 1969.
29. NAKABAYASHI, N., ASHIZAWA, M., NAKAMURA, M. Identification of a resin-dentin hybrid layer in a vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin. Quintess. int., Berlin, v.23, n.2, p.135-141, Feb. 1991.
30. NEWBURG, R., PARMEIJER, C.H. Composite resins bonded to porcelain with silane solution. J. Am. dent. Ass., Chicago, v.96, n.2, p.288-291, Feb. 1978

31. PACHECO, J.F.M., DEGOES, M.F. **Influência do condicionamento e da aplicação de silano na resistência ao cisalhamento da união porcelana-resina composta.** Piracicaba, São Paulo, 1995, 115ip. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
32. PAFFENBARGER, G.C., SWEENEY, W.T., BOWEN, R.L. Bonding porcelain teeth to acrylic resins denture bases. J. Am. dent. Ass., v.74, n.5, p.1018-1023, Apr, 1967.
33. PHILLIPS, R.W. Skinner's science of dental materials. 9 ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1991. p.215-248.
34. SCHENEIDER, R., PACHECO, J.F.M., **Influência do tratamento superficial na resistência de união de reparos de resina composta.** Piracicaba, São Paulo, 1997, Anais do XXXIII Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Materiais Dentários, 20 a 24 de julho, p.23; Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
35. SIMONSEN, R.J., CALAMIA, J.R. Tensile bond strength of etched porcelain. J. dent. Res., Chicago, v.62, p.297, 1983 [abstract,1154].
36. SORENSEN, J.A., et al. Shear bond strength of composite resin to porcelain. Int. J. prosthodon., Illinois, v.4, n.1, p.17-23, Jan. 1991.
37. STANGEL, I., NATHANSON, D., HSU, C.S. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. J. dent. Res., Chicago, v.66, n.9, p.1460-1465, Sept. 1987.
38. SUH, B.I. All-bond - fourth generation dentin bonding system. J. Esthet. Dent., Ontario, v.3, n.4, p.139-147, July/Aug. 1991.
39. SWIFT, E.J., BRODEUR, C., CVITKO, E., PIRES, J.A.F. Treatment of composite surfaces for indirect bonding. Dent.Mater., Washington, v.8, p.193-196, May, 1992.

40. THOMAS, C.A., et al. Thermocycling, silanization, and tensile bond strength of resin to porcelain. J. dent. Res., Chicago, v.66, p.207, 1987 [Abstract,808].
41. TOUATI, B. The Evolution of Aesthetic Restorative Materials for Inlays and Onlays: A Review. Int. Aesthet Chron., v.8, n.7, p.657-666, 1996.
42. VAN MEERBEEK, B. et al. Morphological Aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. J. dent. Res., Washington v.71, n.8, p.1530-1540, Aug. 1992.

APÊNDICE

12. APÊNDICE

12.1 Valores individuais obtidos nos ensaios de resistência à Tração

TABELA VIII - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o jateamento com óxido de alumínio - GRUPO 1 - (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	Kgf/cm ²	MPa
1	35	123,80	12,13
2	42	148,56	14,55
3	38	134,41	13,17
4	41	145,03	14,21
5	43	152,10	14,90
6	25	88,43	8,66
7	20	70,74	6,93
8	21	74,28	7,27
9	30	106,11	10,39
10	36	127,34	12,47
Média	33,1	117,08	11,46

TABELA IX - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o jateamento com óxido de alumínio e a aplicação do Porcelain Primer - GRUPO 2 - (MPa).

Corpo-de-prova	Kgf	Kgf/cm ²	MPa
1	40	141,44	13,86
2	35	123,80	12,13
3	22	77,82	7,62
4	25	87,10	8,53
5	45	159,17	15,59
6	30	106,11	10,39
7	33	116,73	11,43
8	50	176,86	17,33
9	39	137,95	13,51
10	36	127,34	12,47
Média	35,5	125,43	12,28

TABELA X - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o jateamento com óxido de alumínio e aplicação do Composite Activator - GRUPO 3 - (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	kgf/cm ²	MPa
1	23	81,35	7,98
2	26	91,97	9,01
3	34	120,26	11,78
4	30	106,11	10,39
5	18	63,67	6,23
6	34	120,26	11,78
7	20	70,74	6,93
8	36	127,34	12,47
9	28	99,04	9,70
10	24	84,89	8,31
Média	27,3	96,56	9,45

TABELA XI - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o jateamento com óxido de alumínio e aplicação do Artglass Liquid - GRUPO 4 - (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	kgf/cm ²	MPa
1	36	127,34	12,47
2	32	113,19	11,09
3	24	84,89	8,31
4	44	155,64	15,25
5	30	106,11	10,39
6	22	77,82	7,62
7	28	99,04	9,70
8	38	134,41	13,17
9	40	141,49	13,86
10	31	137,95	13,51
Média	32,5	117,78	11,53

TABELA XII - Valores individuais da resistência à tração da união do polímero de vidro - cimento resinoso com o condicionamento com ácido fosfórico - GRUPO 5 - (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	kgf/cm ²	MPa
1	8	28,29	2,77
2	11	38,91	3,81
3	10	35,37	3,46
4	19	67,20	6,58
5	12	42,44	4,15
6	16	56,59	5,54
7	9	31,83	3,11
8	13	45,98	4,50
9	7	24,76	2,42
10	6	21,22	2,07
Média	11,10	39,25	3,84

TABELA XIII - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do Porcelain Primer - GRUPO 6 - (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	kgf/cm ²	MPa
1	12	42,44	4,15
2	6	21,22	2,07
3	14	49,52	4,85
4	18	63,67	6,23
5	20	70,74	6,93
6	25	88,43	8,66
7	10	35,37	3,46
8	8	28,29	2,77
9	12	42,44	4,15
10	15	53,05	5,19
Média	140	49,51	4,84

TABELA XIV - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do Composite Activator - GRUPO 7 - (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	kgf/cm ²	MPa
1	11	38,91	3,81
2	16	56,59	5,54
3	11	38,91	3,81
4	5	17,68	1,73
5	22	77,82	7,62
6	10	35,37	3,46
7	6	21,22	2,07
8	13	45,98	4,50
9	14	49,52	4,85
10	6	21,22	2,07
Média	11,4	40,32	3,94

TABELA XV - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do Artglass Liquid - GRUPO 8 - (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	kgf/cm ²	MPa
1	17	60,13	5,89
2	8	28,29	2,77
3	29	102,58	10,05
4	18	63,67	6,23
5	21	74,28	7,27
6	12	42,44	4,15
7	16	56,59	5,54
8	18	63,67	6,23
9	15	53,05	5,19
10	10	35,37	3,46
Média	16,4	58,00	5,67

TABELA XVI - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o condicionamento com ácido fluorídrico - GRUPO 9 - (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	kgf/cm ²	MPa
1	14	49,52	4,85
2	10	35,37	3,46
3	19	67,20	6,58
4	12	42,44	4,15
5	25	88,43	8,66
6	15	53,05	5,19
7	16	56,59	5,54
8	35	123,80	12,13
9	18	63,67	6,23
10	24	84,89	8,31
Média	18,8	66,49	6,51

TABELA XVII - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do Porcelain Primer - GRUPO 10 - (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	kgf/cm ²	MPa
1	11	38,91	3,81
2	22	77,82	7,62
3	12	42,44	4,15
4	14	48,52	4,75
5	15	53,05	5,19
6	31	109,65	10,74
7	20	70,74	6,93
8	19	67,20	6,58
9	14	49,52	4,85
10	26	91,97	9,01
Média	18,4	64,98	6,36

TABELA XVIII - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do Composite Activator - GRUPO 11- (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	kgf/cm ²	MPa
1	25	88,43	8,66
2	27	95,50	9,35
3	16	56,59	5,54
4	31	109,65	10,74
5	21	74,28	7,27
6	30	106,11	10,39
7	19	67,20	6,58
8	22	77,82	7,62
9	16	56,59	5,54
10	20	70,74	6,93
Média	22,7	80,29	7,86

TABELA XIX - Valores individuais da resistência à tração da união polímero de vidro - cimento resinoso com o condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação do Artglass Liquid - GRUPO 12- (MPa).

Corpo-de-prova	kgf	kgf/cm ²	MPa
1	13	45,98	4,50
2	34	120,26	11,78
3	15	53,05	5,19
4	25	88,48	8,67
5	31	109,65	10,74
6	19	67,20	6,58
7	38	134,41	13,15
8	20	70,74	6,93
9	22	77,82	7,62
10	24	84,89	8,31
Média	24,1	85,24	8,34

12.2 Análise Estatística

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	INICIAL
B	QUÍMICO

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
INICIAL	2	884.1938710	442.0969355	81.1345	0.00001
QUÍMICO	3	37.4162023	12.4720674	2.2889	0.08125
INI*QUI	6	58.0397981	9.6732997	1.7753	0.11025
RESÍDUO	108	588.4853798	5.4489387		
TOTAL	119	1568.1352511			

MÉDIA GERAL = 7.677834

COEFICIENTE DE VARIACÃO = 30.403 %

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE INICIAL

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5 %	1%
1	1	ÓXIDO	40	11.187250	11.187250	a	A
2	3	FLUORIDR	40	7.270500	7.270500	b	B
3	2	FOSFORIC	40	4.575750	4.575750	c	C

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO

D.M.S. 5 % = 1.23717 - D.M.S. 1 % = 1.54425

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE INICIAL
DENTRO DE CONTROLE DO FATOR QUÍMICO

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5 %	1%
1	1	ÓXIDO	10	11.467999	11.467999	a	A
2	3	FLUORIDR	10	6.510000	6.510000	b	B
3	2	FOSFORIC	10	3.833000	3.833000	c	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE INICIAL
DENTRO DE SILANO DO FATOR QUÍMICO

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5 %	1%
1	1	ÓXIDO	10	12.286001	11.467999	a	A
2	3	FLUORIDR	10	6.363000	6.363000	b	B
3	2	FOSFORIC	10	4.846000	4.846000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE INICIAL
DENTRO DE ACTIVATO DO FATOR QUÍMICO

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5 %	1%
1	1	ÓXIDO	10	9.457999	9.457999	a	A
2	3	FLUORIDR	10	7.862000	7.862000	a	A
3	2	FOSFORIC	10	3.946000	3.946000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE INICIAL
DENTRO DE ART GLAS DO FATOR QUÍMICO

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5 %	1%
1	1	ÓXIDO	10	11.537000	11.537000	a	A
2	3	FLUORIDR	10	8.347000	8.347000	b	B
3	2	FOSFORIC	10	5.678000	5.678000	c	B

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO

D.M.S. 5 % = 2.47434 - D.M.S. 1 % = 3.08850

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE QUÍMICO

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5 %	1%
1	4	ART GLAS	30	8.520667	8.520667	a	A
2	2	SILANO	30	7.831667	7.831667	a	A
3	1	CONTROLE	30	7.270333	7.270333	a	A
4	3	ACTIVATO	30	7.088666	7.088666	a	A

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO

D.M.S. 5 % = 1.56835 - D.M.S. 1 % = 1.90930

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE QUÍMICO
DENTRO DE ÓXIDO DO FATOR INICIAL

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5 %	1%
1	2	ART GLAS	10	12.286001	12.286001	a	A
2	4	SILANO	10	11.537000	11.537000	ab	A
3	1	CONTROLE	10	11.467999	11.467999	ab	A
4	3	ATIVATO	10	9.457999	9.457999	b	A

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE QUÍMICO
DENTRO DE FOSFORIC DO FATOR INICIAL

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5 %	1%
1	4	ART GLAS	10	50678000	50678000	a	A
2	2	SILANO	10	4.846000	4.846000	a	A
3	3	CONTROLE	10	3.946000	3.946000	a	A
4	1	ATIVATO	10	3.833000	3.833000	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE QUÍMICO
DENTRO DE FLUIDR DO FATOR INICIAL

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5 %	1%
1	4	ART GLAS	10	8.347000	8.347000	a	A
2	3	SILANO	10	7.862000	7.862000	a	A
3	1	CONTROLE	10	6.510000	6.510000	a	A
4	2	ACTIVATO	10	6.363000	6.363000	a	A

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO

D.M.S. 5 % = 2.71646 - D.M.S. 1 % = 3.30700

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL ÓXIDO DO FATOR INICIAL E NÍVEL CONTROLE DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	6.930000
VALOR MAX.	14.900000
AMPLITUDE	7.970000
TOTAL	114.680000
MÉDIA	11.468000
VARIÂNCIA	8.933173
D. PADRÃO	2.988842
D. P. MÉDIA	0.945155
COEF. VAR. %	26.062447
COEF. ASSIM.	-0.413600
COEF. CURT.	1.691342
MEDIANA	12.300000
QUARTIL INF	8.660000
QUARTIL SUP	14.210000
IC 5% L.S.	13.604050
IC 5% L.I.	9.331951
IC 1% L.S.	14.539753
IC 1% L.I.	8.396248

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL ÓXIDO DO FATOR INICIAL E NÍVEL SILANO DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	7.620000
VALOR MAX.	17.330000
AMPLITUDE	9.710000
TOTAL	122.860001
MÉDIA	12.286000
VARIÂNCIA	8.955427
D. PADRÃO	2.992562
D. P. MÉDIA	0.946331
COEF. VAR. %	24.357494
COEF. ASSIM.	0.035467
COEF. CURT.	2.249520
MEDIANA	12.300000
QUARTIL INF	10.390000
QUARTIL SUP	13.860000
IC 5% L.S.	14.424709
IC 5% L.I.	10.147291
IC 1% L.S.	15.361577
IC 1% L.I.	9.210424

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL ÓXIDO DO FATOR INICIAL E NÍVEL ACTIVATO DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	6.230000
VALOR MAX.	12.470000
AMPLITUDE	6.240000
TOTAL	94.580002
MÉDIA	9.458000
VARIÂNCIA	4.588505
D. PADRÃO	2.142080
D. P. MÉDIA	0.677385
COEF. VAR. %	22.648336
COEF. ASSIM.	-0.017101
COEF. CURT.	1.742516
MEDIANA	9.355000
QUARTIL INF	7.980000
QUARTIL SUP	11.780000
IC 5% L.S.	10.988891
IC 5% L.I.	7.927110
IC 1% L.S.	11.659502
IC 1% L.I.	7.256498

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL ÓXIDO DO FATOR INICIAL E NÍVEL ART GLAS DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	7.620000
VALOR MAX.	15.250000
AMPLITUDE	7.630000
TOTAL	115.370003
MÉDIA	11.537000
VARIÂNCIA	6.362113
D. PADRÃO	2.522323
D. P. MÉDIA	0.797629
COEF. VAR. %	21.862900
COEF. ASSIM.	-0.181939
COEF. CURT.	1.827646
MEDIANA	11.780001
QUARTIL INF	9.700000
QUARTIL SUP	13.510000
IC 5% L.S.	13.339640
IC 5% L.I.	9.734360
IC 1% L.S.	14.129293
IC 1% L.I.	8.944707

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL FOSFORIC DO FATOR INICIAL E NÍVEL CONTROLE DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	2.070000
VALOR MAX.	6.500000
AMPLITUDE	4.430000
TOTAL	38.330002
MÉDIA	3.833000
VARIÂNCIA	1.941023
D. PADRÃO	1.393206
D. P. MÉDIA	0.440570
COEF. VAR. %	36.347668
COEF. ASSIM.	0.621101
COEF. CURT.	2.441504
MEDIANA	3.635000
QUARTIL INF	2.770000
QUARTIL SUP	4.500000
IC 5% L.S.	4.828689
IC 5% L.I.	2.837311
IC 1% L.S.	5.264854
IC 1% L.I.	2.401146

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL FOSFORIC DO FATOR INICIAL E NÍVEL SILANO DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	2.070000
VALOR MAX.	8.660000
AMPLITUDE	6.590000
TOTAL	48.459999
MÉDIA	4.846000
VARIÂNCIA	3.981026
D. PADRÃO	1.995251
D. P. MÉDIA	0.630954
COEF. VAR. %	41.173153
COEF. ASSIM.	0.494650
COEF. CURT.	2.463651
MEDIANA	4.500000
QUARTIL INF	3.460000
QUARTIL SUP	6.230000
IC 5% L.S.	6.271956
IC 5% L.I.	3.420045
IC 1% L.S.	6.896600
IC 1% L.I.	2.795401

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL FOSFORIC DO FATOR INICIAL E NÍVEL ACTIVATO DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	1.730000
VALOR MAX.	7.620000
AMPLITUDE	5.890000
TOTAL	39.459999
MÉDIA	3.946000
VARIÂNCIA	3.265094
D. PADRÃO	1.806957
D. P. MÉDIA	0.571410
COEF. VAR. %	45.792122
COEF. ASSIM.	0.602394
COEF. CURT.	2.760356
MEDIANA	3.810000
QUARTIL INF	2.070000
QUARTIL SUP	4.850000
IC 5% L.S.	5.237386
IC 5% L.I.	2.654614
IC 1% L.S.	5.803083
IC 1% L.I.	2.088918

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL FOSFORIC DO FATOR INICIAL E NÍVEL ART GLAS DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	2.770000
VALOR MAX.	10.050000
AMPLITUDE	7.280000
TOTAL	56.779999
MÉDIA	5.678000
VARIÂNCIA	4.252351
D. PADRÃO	2.062123
D. P. MÉDIA	0.652101
COEF. VAR. %	36.317768
COEF. ASSIM.	0.651257
COEF. CURT.	3.230687
MEDIANA	5.715000
QUARTIL INF	4.150000
QUARTIL SUP	6.230000
IC 5% L.S.	7.151747
IC 5% L.I.	4.204253
IC 1% L.S.	7.797327
IC 1% L.I.	3.558673

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL FLUORIDR DO FATOR INICIAL E NÍVEL CONTROLE DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	3.460000
VALOR MAX.	12.130000
AMPLITUDE	8.670000
TOTAL	65.099998
MÉDIA	6.510000
VARIÂNCIA	6.649022
D. PADRÃO	2.578570
D. P. MÉDIA	0.815415
COEF. VAR. %	39.609364
COEF. ASSIM.	0.983352
COEF. CURT.	3.235205
MEDIANA	5.885000
QUARTIL INF	4.850000
QUARTIL SUP	8.310000
IC 5% L.S.	8.352839
IC 5% L.I.	4.667162
IC 1% L.S.	9.160100
IC 1% L.I.	3.859900

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL FLUORÍDR DO FATOR INICIAL E NÍVEL SILANO DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	3.810000
VALOR MAX.	10.740000
AMPLITUDE	6.930000
TOTAL	63.630001
MÉDIA	6.363000
VARIÂNCIA	5.088379
D. PADRÃO	2.255744
D. P. MÉDIA	0.713329
COEF. VAR. %	35.450943
COEF. ASSIM.	0.692114
COEF. CURT.	2.379804
MEDIANA	5.885000
QUARTIL INF	4.750000
QUARTIL SUP	7.620000
IC 5% L.S.	7.975423
IC 5% L.I.	4.750877
IC 1% L.S.	8.681318
IC 1% L.I.	4.044682

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL FLUORIDR DO FATOR INICIAL E NÍVEL ACTIVATO DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	5.540000
VALOR MAX.	10.740000
AMPLITUDE	5.200000
TOTAL	78.620003
MÉDIA	7.862000
VARIÂNCIA	3.469908
D. PADRÃO	1.862769
D. P. MÉDIA	0.589059
COEF. VAR. %	23.693321
COEF. ASSIM.	0.283029
COEF. CURT.	1.809554
MEDIANA	7.445000
QUARTIL INF	6.580000
QUARTIL SUP	9.350000
IC 5% L.S.	9.193274
IC 5% L.I.	6.530726
IC 1% L.S.	9.776443
IC 1% L.I.	5.947557

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

ANÁLISE FIXANDO O NÍVEL FLUORIDR DO FATOR INICIAL E NÍVEL ART GLAS DO FATOR QUÍMICO

ESTATÍSTICAS	TRAÇÃO
NUM. OBS.	10
VALOR MIN.	4.500000
VALOR MAX.	13.150000
AMPLITUDE	8.650000
TOTAL	83.470001
MÉDIA	8.347000
VARIÂNCIA	7.901244
D. PADRÃO	2.810915
D. P. MÉDIA	0.888889
COEF. VAR. %	33.675751
COEF. ASSIM.	0.357810
COEF. CURT.	2.049293
MEDIANA	7.965000
QUARTIL INF	6.580000
QUARTIL SUP	10.740000
IC 5% L.S.	10.355890
IC 5% L.I.	6.338110
IC 1% L.S.	11.235891
IC 1% L.I.	5.458109

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL : DOIS FATORES

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	QUIMICO

NÚMERO DE NÍVEIS

FATOR	NÍVEIS
QUIMICO	4

NÚMERO DE REPETIÇÕES DOS TRATAMENTOS = 1

NOME DOS NÍVEIS DO FATOR QUÍMICO

NUM.	NÍVEL
1	CONTROLE
2	SILANO
3	ACTIVATO
4	REPARO

NOME DAS VARIÁVEIS

NUM.	NOME
1	TRAC-MED
2	TRAC-VAR

REG.	A	REP.	TRAC-MED	TRAC-VAR
1	1	1	74.27834	1643.02722
2	2	1	79.97700	1692.12720
3	3	1	72.39200	943.76117
4	4	1	87.01434	121642969