

MARIA FILOMENA ROCHA LIMA HUHTALA

**AVALIAÇÃO LABORATORIAL DA RESISTÊNCIA AO  
CISALHAMENTO DE DISCOS DE PORCELANA E DE UM  
POLÍMERO DE VIDRO CIMENTADOS À DENTINA BOVINA  
COM O EMPREGO DE CIMENTOS ADESIVOS**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia, Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR, pelo Curso de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA, Área de Concentração em ODONTOLOGIA RESTAURADORA.

Orientador: Profa. Titular Maria Amélia Máximo de Araújo

São José dos Campos

1999



10123  
H 875a  
J 1388

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:

RIBEIRO, J. F. et al. *Roteiro para redação de monografias, trabalhos de cursos, dissertações e teses*. São José dos Campos, 1994. 63p.

HUHTALA, M.F.R.L. *Avaliação laboratorial da resistência ao cisalhamento de discos de porcelana e de um polímero de vidro cimentados à dentina bovina com o emprego de cimentos adesivos*. São José dos Campos, 1999. 216p. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

Pauli,  
a você, que me encorajou,  
sempre ao meu lado em todos os momentos,  
meu amor, carinho e agradecimento.

Felipe e Mariane,  
a vocês, meus filhos, minhas  
desculpas pela ausência e meu  
agradecimento pela  
compreensão, e a promessa de  
que teremos, juntos, muitos  
momentos.

Aos meus pais, Elbio e Eney,  
pela luz que representam neste meu caminho, e por  
todo apoio e amor, dedico este trabalho.

À memória de minha sogra,  
Mirja, uma lembrança terna,  
que me trouxe paz ao longo  
desta tarefa.

*Agradecimento Especial*

À Deus que sempre está presente iluminando meus passos e me dando  
forças para ir adiante.

À Profa. Dra . **Maria Amélia Máximo de Araújo**, sempre um exemplo de dedicação a nossa Escola, minha imensa admiração e meu obrigado de coração, pelo apoio constante e incentivo desde o início da minha formação profissional e pela orientação confiante e cuidadosa no decorrer deste trabalho.

À Profa. Dra. **Yasmin Rodarte Carvalho**, pela atenção e disposição em ajudar na análise microscópica deste trabalho.

A **Edson S. Mihahira** e Dr. **Samuel Alves Balieiro**, pela valorosa colaboração na confecção dos cilindros de porcelana e discos de Artglass.

Aos técnicos de laboratório **Michele, Clélia e Ana Lourdes**, pela presteza e boa vontade na elaboração da fase experimental deste trabalho.

Às nossa secretárias **Terezinha e Liliane**, pela disposição e interesse em colaborar na digitação deste trabalho.

À **Elaine Aparecida Silva**, pelo auxílio na revista da literatura através da computação.

À **Angela de Brito Bellini**, pelo auxílio na revisão bibliográfica e final deste trabalho.

Ao Prof. **Ivan Balducci**, pela realização das análises estatísticas deste trabalho.

A todos que, de algum modo, contribuíram para a concretização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 Substrato dentinário .....	19
2.2 Cimentos.....	48
2.2.1 Cimentos de ionômero de vidro para cimentação .....	48
2.2.2 Cimentos resinosos .....	67
2.3 Cimentação .....	79
2.4 Porcelana e resina composta .....	87
3 PROPOSIÇÃO .....	111
4 MATERIAL E MÉTODO .....	112
4.1 Seleção de agentes adesivos e cimentos .....	112
4.1.1 Artglass.....	115
4.1.2 Porcelana .....	117
4.1.3 3M Scotchbond Cimento Resinoso .....	118
4.1.4 Variolink II .....	119
4.1.5 GC Fuji Plus Reinforced Glass Ionomer Cement .....	121
4.1.6 Syntac .....	122
4.1.7 Sistema Adesivo Scotchbond Multi-Use Plus .....	122
4.2 Preparo dos dentes .....	123
4.3 Preparo dos corpos de prova .....	126
4.3.1 Obtenção e padronização da área de adesão .....	126
4.3.2 Obtenção dos discos de porcelana e de resina .....	129

4.3.3 Distribuição dos espécimes e definição das condições experimentais.....	134
4.3.4 Técnica de cimentação.....	136
4.3.5 Teste de resistência ao cisalhamento.....	144
4.3.6 Avaliação em microscopia óptica.....	146
4.3.7 Planejamento estatístico.....	147
5 RESULTADO.....	149
5.1 Resistência ao cisalhamento.....	149
5.2 Análise da fratura.....	167
6 DISCUSSÃO.....	177
7 CONCLUSÃO.....	197
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	199
RESUMO.....	215
<i>ABSTRACT</i> .....	216

## 1 INTRODUÇÃO

É antigo o desejo por um material durável e estético na Odontologia Restauradora. Vários povos e culturas, através dos séculos, têm visto os dentes como uma estrutura do corpo que demonstra: saúde, juventude, beleza e dignidade. Nos últimos anos, a exibição de uma dentição de aspecto natural, sem a visualização das restaurações existentes, tem sido creditada como um símbolo de auto-estima e de *status* sócio-econômico-cultural.

Até recentemente, as opções restauradoras para os dentes posteriores eram simplesmente uma escolha entre o amálgama de prata e incrustações metálicas fundidas. Atualmente, porém, esta escolha passou a ser mais complexa (Donovan & Kahn<sup>34</sup>, 1990; Gomes<sup>43</sup>, 1996; Garone Netto & Burger<sup>40</sup>, 1998). Na última década tem havido uma crescente oferta de materiais restauradores para os dentes posteriores, designados como estéticos por produzirem restaurações da cor dos dentes, e de diversas técnicas para a restauração destes dentes (Donovan & Chee<sup>33</sup>, 1993; Dietschi et al.<sup>30</sup>,

1994; Serra et al.<sup>97</sup>, 1996; Roulet<sup>91</sup>, 1997). O interesse por materiais alternativos tem crescido rapidamente, iniciado pela demanda por uma Odontologia mais estética em conjunto com a preocupação generalizada acerca da toxicidade do mercúrio e da sua ação sobre o meio ambiente (Touati & Aidan<sup>111</sup>, 1997). A fascinação da sociedade pela estética de uma maneira geral e o desejo concomitante de eliminar as restaurações metálicas, suportados por uma propaganda agressiva dos fabricantes de novos materiais restauradores estéticos (Christensen<sup>21</sup>, 1998) têm desencadeado um aumento no seu emprego pelos dentistas. Para tal têm sido utilizadas restaurações diretas em resinas compostas convencionais ou condensáveis, e restaurações indiretas em resinas compostas, em polímeros não convencionais (resinas compostas para laboratório) e em porcelanas (Dietschi et al.<sup>30</sup>, 1994; Wassel et al.<sup>119</sup>, 1995; Roulet<sup>91</sup>, 1997; Touati & Aidan<sup>111</sup>, 1997).

A realização destas restaurações tornou-se possível devido aos conhecimentos adquiridos sobre os mecanismos de adesão à estrutura dental. O conceito de união ao esmalte condicionado para ganho de retenção dos materiais resinosos foi inicialmente introduzido por Buonocore<sup>7</sup>, 1955, e a sua efetividade comprovada laboratorial e

cl clinicamente ao longo dos anos subsequentes. A partir de 1965 as pesquisas se direcionaram para a adesão à dentina (Bowen et al.<sup>6</sup>, 1982). Sabe-se atualmente que os mecanismos de adesão dentinária envolvem: a modificação química da *smear layer* e a união de monômeros resinosos diretamente à esta camada modificada; ou a sua remoção através de ácidos, com união destes monômeros à trama de colágeno exposta na estrutura dental subjacente, dando origem a uma camada mista de dentina e resina, a denominada camada híbrida (Nakabayashi et al.<sup>77</sup>, 1982; Diaz-Arnold et al.<sup>29</sup>, 1990; Heymann & Bayne<sup>49</sup>, 1993; Pashley et al.<sup>84</sup>, 1995). Este conceito tem sido utilizado na fundamentação do emprego das restaurações adesivas.

A Odontologia Estética Adesiva é o resultado não só do avanço dos adesivos para dentina e esmalte, como também do desenvolvimento das resinas compostas. Resinas compostas para restaurações diretas com melhores propriedades físico-mecânicas foram oferecidas e as suas indicações ampliadas, popularizando-se assim o seu uso nos dentes posteriores (Donovan & Chee<sup>33</sup>, 1993; Leinfelder<sup>62</sup>, 1997; Roulet<sup>91</sup>, 1997). A confecção de restaurações diretas em resina composta ainda é um dos procedimentos mais sensíveis com relação ao correto e metuculoso emprego da técnica

restauradora. Mesmo executando-se as restaurações com técnica rigorosa, estas ainda apresentam falhas devido à contração de polimerização destas resinas, diretamente relacionadas ao volume de material empregado, gerando desadaptação marginal. Constata-se também grande dificuldade na obtenção de um adequado contorno proximal destas restaurações (Leinfelder<sup>62</sup>, 1997), contra-indicando-as em regiões de dentes molares, onde, além de ser necessário grande volume de material restaurador para a reconstrução do dente, é imprescindível a obtenção de contatos proximais adequados.

Na tentativa de reduzir estes efeitos da contração de polimerização e de possibilitar a obtenção de restaurações com melhores contornos proximais, foi sugerida para os dentes posteriores, a técnica de restaurações estéticas indiretas (*inlays*) em resinas compostas, porcelanas ou polímeros não convencionais (Reinhardt et al.<sup>88</sup>, 1994; Wassel et al.<sup>119</sup>, 1995; Roulet & Degrange<sup>92</sup>, 1996; Leinfelder<sup>62</sup>, 1997). A indicação desta técnica se deve não só à crescente demanda por resultados clínicos estéticos, como também à possibilidade de reforço da estrutura dental remanescente, devido aos mecanismos de adesão envolvidos (Roulet & Degrange<sup>92</sup>, 1996; Touati & Aidan<sup>111</sup>, 1997; Burke et al.<sup>11</sup>, 1998).

As porcelanas dentais são conhecidas pela sua aparência natural, pela durabilidade e pelas suas propriedades ópticas e químicas (Kelly et al.<sup>54</sup>, 1996). São biocompatíveis e atendem à demanda estética, porém existem preocupações com relação as suas propriedades mecânicas, seu potencial abrasivo e a sua adaptação marginal. As restaurações indiretas em porcelana foram introduzidas há mais de um século, mas devido à sua natureza friável e susceptibilidade à fratura quando não unidas à estrutura dental, não se tornaram populares antes do final da década de oitenta, com o advento de cimentos adesivos (Banks<sup>3</sup>, 1990; Qualtrough et al.<sup>87</sup>, 1990; Kelly et al.<sup>54</sup>, 1996). Estudos *in vitro* têm demonstrado que a adaptação marginal dos *inlays* em porcelana é inferior a dos de ouro (Christensen<sup>21</sup>, 1998), e que esta adaptação pode ainda depender do tipo de porcelana empregada (Van Meerbeek et al.<sup>116</sup>, 1992; Roulet & Degrange<sup>92</sup>, 1996; Small<sup>101</sup>, 1998), da precisão laboratorial (Krejci et al.<sup>57</sup>, 1993) e do período de avaliação após a sua execução (Bergmann et al.<sup>5</sup>, 1991; Molin & Karlsson<sup>74</sup>, 1996; Sjögren et al.<sup>100</sup>, 1998; Van Dijken et al.<sup>115</sup>, 1998). Banks<sup>3</sup>, 1990; Dietschi et al.<sup>31</sup>, 1990 e Lu et al.<sup>64</sup>, 1992, sugeriram em suas pesquisas, que o emprego de uma técnica adesiva na cimentação pode compensar a desadaptação

marginal que os *inlays* em porcelana apresentam e aumentar a habilidade deste material em resistir às cargas mastigatórias. Porém, Molim & Karlsson<sup>74</sup>, 1996, em seus estudos clínicos, com *inlays* em porcelana, demonstraram uma descoloração e alteração das margens em aproximadamente 73% dos casos, após três anos, quando comparados à avaliação clínica inicial, deixando dúvidas acerca do comportamento desse material.

Com o objetivo de compensar as desvantagens apresentadas pelas resinas compostas convencionais e as porcelanas foram introduzidos no mercado polímeros não convencionais, também citados como resinas compostas de segunda geração para restaurações indiretas, indicadas para confecção de *inlays*, *onlays* e coroas totais (Touati & Aidan<sup>111</sup>, 1997). Foram anunciados como materiais estéticos consideravelmente mais resistentes ao desgaste que as resinas convencionais, e como futuros substitutos da porcelana, pela capacidade de absorver melhor os esforços mastigatórios, transmitindo menos tensão às estruturas adjacentes do elemento dental (Leinfelder<sup>62</sup>, 1997; Touati & Aidan<sup>111</sup>, 1997). Disponíveis para o uso clínico à partir de 1995, na literatura ainda são escassos os dados sobre sua união aos cimentos adesivos disponíveis, longevidade

clínica e sobre os procedimentos técnicos envolvidos ( Swift Junior et al.<sup>106</sup>, 1992; Serra et al.<sup>97</sup>, 1996; Rosenstiel et al.<sup>90</sup>, 1998).

Concomitantemente à evolução dos materiais restauradores estéticos para dentes posteriores, surgiu também uma maior variedade de cimentos resinosos com um apelo de melhor compatibilidade estética e de satisfatória união ao esmalte e à dentina através da associação aos adesivos dentinários. Porém estas cimentações adesivas têm sua atuação ótima em presença de esmalte, apresentando deficiências naquelas cavidades com paredes cervicais em dentina (Krejci et al.<sup>57</sup>, 1993; Burke et al.<sup>11</sup>, 1998). Outro material sugerido para cimentação, tem sido o cimento de ionômero de vidro (CIV) (Mount<sup>76</sup>, 1994), principalmente para as cavidades com limites em dentina (Leinfelder<sup>60</sup>, 1993). Os CIV possuem a capacidade de liberar ions flúor (Leinfelder<sup>61</sup>, 1994), são biocompatíveis e interagem com a estrutura dental; contribuindo para a adesão (McCaghren<sup>65</sup>, 1990; Mount<sup>75</sup>, 1991) e para o selamento da cavidade devido a uma alta resistência à microinfiltração (Christensen<sup>20</sup>, 1990; Dionysopoulos et al.<sup>32</sup>, 1996; Dunne et al.<sup>35</sup>, 1996). Johnson et al.<sup>52</sup>, 1993 e Kern et al.<sup>55</sup>, 1996, verificaram inclusive em seus estudos a ausência da indesejada sensibilidade pós-operatória creditada a esses cimentos.

Atualmente são empregados na cimentação os CIV modificados, que contém resina na sua composição e são apresentados como materiais mais resistente (Thonemann et al.<sup>109</sup>, 1995).

A literatura mostra que tanto os sistemas adesivos dentinários em combinação com os cimentos resinosos, quanto os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina (CIVMR) para cimentação, oferecem a possibilidade de unir as restaurações em porcelana ou em polímeros não convencionais aos preparos cavitários dentais, mesmo quando suas margens se encontram em dentina (Thonemann et al.<sup>109</sup>, 1995; Patierno et al.<sup>85</sup>, 1996; Sorensen & Munksgaard<sup>103</sup>, 1996).

Sabemos que o sucesso clínico destas restaurações indiretas está na dependência de uma bem sucedida união entre dente/cimento/restauração. A literatura é pobre em dados acerca do desempenho destes agentes cimentantes a longo prazo. Ainda existem discussões acerca da escolha do agente cimentante, da interação deste com o material restaurador ou com o substrato dental e da durabilidade desta união (Dietschi et al.<sup>31</sup>, 1990; Van Meerbeek et al.<sup>116</sup>, 1992; Milleding et al.<sup>70</sup>, 1995; Serra et al.<sup>97</sup>, 1996).

A união de materiais estéticos adesivos ao esmalte é um procedimento confiável e consagrado, entretanto, à dentina, apesar dos maiores conhecimentos sobre a morfologia dentinária e do avanço tecnológico dos adesivos, ainda é controvertida. A manutenção da unidade dentina/cimento/restauração indireta, e a preservação desta união frente aos estresses bucais, são requisitos fundamentais para a integridade do elemento dental.

Todos estes fatos despertaram nosso interesse em avaliar o desempenho de cimentos recentemente lançados no mercado, em associação a materiais restauradores estéticos para procedimentos indiretos. Somente através de uma maior disponibilidade de dados acerca do desempenho destes novos materiais estéticos e técnicas restauradoras, é que poderemos satisfazer com segurança a demanda dos pacientes por um sorriso harmonioso e estético, e confiarmos no reforço da arquitetura dental prometido por esta técnica adesiva. Sabemos que na ausência de dados clínicos longitudinais, são os dados laboratoriais que nos auxiliam na previsão do desempenho dos diversos materiais na cavidade bucal, e na correta indicação destes materiais.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Para a melhor compreensão dos complexos mecanismos que envolvem a associação dos cimentos resinosos e de ionômero de vidro com a dentina como o substrato, e destes cimentos com materiais como a porcelana e os polímeros de vidro, foi feita uma compilação separadamente de alguns dados acerca do tecido dentinário e da sua interação com os sistemas adesivos; dos cimentos e procedimentos de cimentação; dos materiais; e, das prováveis variáveis que interferem nestes processos. Para tanto, a nossa revisão da literatura foi subdividida nos seguintes tópicos: substrato dentinário, cimentos, cimentação e porcelanas e resinas compostas.

### **2.1 Substrato dentinário**

Buonocore<sup>7</sup>, em 1955, baseou-se na aplicação de dois tipos de soluções ácidas sobre a superfície do esmalte (o ácido oxálico

fosfomolibdico e o ácido fosfórico 85%, *in vitro e in vivo*), na tentativa de promover uma alteração dessa superfície, tornando-a mais reativa. Os resultados mostraram uma significativa melhora na resistência e longevidade da adesão, principalmente com o ácido fosfórico 85%. Concluiu o autor que esse resultado positivo provavelmente se deu graças ao aumento da área de superfície pela ação do ácido, pela exposição de uma superfície mais reativa, e, ainda, pela provável adesão química gerada pela adsorção de grupos fosfato altamente polares.

Bowen et al.<sup>6</sup>, em 1982, desenvolveram um método para aumentar a resistência adesiva à dentina. O oxalato férrico foi utilizado sobre a dentina para proporcionar a dissolução de cristais de fosfato de cálcio. Formaram-se então microporos fisicamente rígidos e quimicamente receptivos a agentes de ligação e resinas compostas, a partir da aplicação de um *primer* à base de NPG-GMA (N-fenilglicina e glicidil metacrilato) ou NTG-GMA [N(p-tolil)glicina e glicidil metacrilato)], dissolvidos em acetona. Os adesivos utilizados foram o PMDM, produto da reação do ácido pirometílico dianidro e 2-hidroxi-etil metacrilato, e o 4-META (4-metacriloxietil trimelitato anidro). Os autores conseguiram, com o método, aumentar

significativamente a adesão à dentina *in vitro*, com os melhores resultados atingindo 13,1MPa.

Nakabayashi et al.<sup>77</sup>, em 1982, estudaram a efetividade do 4-META (4-metacriloxietil trimetacrilato anidro) na adesão ao esmalte e dentina de dentes humanos e bovinos. Áreas planas pré-determinadas de 5mm de diâmetro, foram condicionadas com uma mistura de ácido cítrico 1% e cloreto férrico 1% (1:1), ou ácido cítrico 10% e cloreto férrico 3% (10:3), por 30s, sendo a seguir lavadas. Receberam então a aplicação do sistema 4-META MMA/TBB-O (4-metacriloxietil trimetacrilato anidro; metil metacrilato; tri-n-butil burano oxidado). Após testes de resistência adesiva, os autores concluíram que: a) a solução 10:3 foi efetiva para esmalte e dentina; b) o sistema adesivo empregado, por conter monômeros hidrofóbicos e hidrofílicos, ofereceu a possibilidade de maior penetração desses monômeros nos tecidos duros; c) houve um aumento significativo na resistência adesiva em dentina, devido à penetração dos monômeros nos canalículos dentinários expostos pelo condicionamento ácido, como também na dentina peri e inter-tubular.

Nakamichi et al.<sup>78</sup>, em 1983, compararam a força de adesão ao dente bovino, à obtida para dentes humanos, usando três

cimentos de poliacarboxilato, um CIV para cimentação e um cimento fosfato de zinco. As superfícies vestibulares dos dentes foram planificadas, e o experimento realizado em esmalte, dentina superficial (1,4 a 2,1mm) e dentina profunda (0,2 a 0,9mm). Matrizes cilíndricas foram adaptadas sobre a superfície dos dentes, e dentro destas matrizes foi colocado um dos materiais estudados. Os espécimes foram estocados a 37°C, por uma semana, antes de serem testados em uma máquina de tração. A adesão à camada superficial do esmalte e da dentina não apresentou diferença significativa entre os dois substratos, apesar dos valores obtidos serem sempre ligeiramente menores para o dente bovino. Constataram que a adesão à dentina bovina decrescia consideravelmente com o aumento da profundidade.

Aboush & Jenkins<sup>1</sup>, em 1984, investigaram a influência de diferentes tipos de dentes e superfícies dentárias na resistência adesiva do cimento de ionômero de vidro Chem Fil (A.D. International). Superfícies dentinárias vestibulares e oclusais de molares e premolares, e vestibulares de incisivos, foram expostas através de lixas de papel de granulação 600. Sobre estas, após condicionamento, foi aplicado o cimento de ionômero de vidro. As amostras foram armazenadas em água a 37°C por 24 horas, e então

testadas quanto à resistência adesiva. A dentina oclusal de molares que recebeu o ionômero do lote AA/AB(81/07) apresentou resistência de 5,6MPa e a do lote BJ(82/10), 4,4MPa, diferença esta considerada significativa ( $p < 0,001$ ). A resistência da dentina vestibular de incisivos (6,6MPa) foi significativamente maior ( $p < 0,001$ ) do que a vestibular dos premolares (2,6MPa) e molares (3,0MPa). A resistência adesiva da superfície dentinária vestibular de pré e molares foi significativamente menor ( $p < 0,001$ ) do que a oclusal dos mesmos dentes.

Em 1988, Saunders<sup>95</sup>, determinou em seu estudo, a resistência ao cisalhamento de quatro adesivos dentinários, à dentina humana e bovina. Os agentes adesivos foram empregados para unir uma resina composta fotopolimerizável, a dentes humanos e bovinos. A resistência ao cisalhamento foi determinada através de um teste hidráulico, a uma velocidade o mais próxima possível da velocidade de mastigação. Diferenças estatísticas significantes foram encontradas para os diferentes adesivos dentinários, porém não foram encontradas diferenças nas resistências adesivas entre os substratos dentinários testados, humano e bovino.

Em 1990, Chappell et al.<sup>18</sup>, realizaram um estudo, para avaliar a resistência ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos dentinários, observando o tipo de fratura em microscopia eletrônica de varredura. Para o estudo, foram utilizados terceiros molares humanos não irrompidos, estocados em solução salina. Após a exposição da dentina, os seguintes sistemas adesivos foram aplicados: Gluma (Columbus Dent.), Dentin Adhesit (Vivadent Inc.), Scotchbond 2 (3M Dental Products) e Tenure (Dent-Mat. Corp). Foram estocados por 72h em solução salina a 37°C e submetidos aos testes de cisalhamento, em máquina Instron Universal, com velocidade de 0,5mm/min. A avaliação microscópica revelou fraturas adesivas para o Gluma, Dentin Adhesit e Tenure e fraturas coesivas e mistas para o Scotchbond 2. Concluíram os autores, que, o único sistema capaz de resistir às forças de contração tridimensionais, que atingem 20,5MPa em média, foi o Scotchbond 2, cuja resistência adesiva foi em média 22,9MPa.

Diaz-Arnold et al.<sup>29</sup>, em 1990, realizaram uma revisão dos estudos sobre adesivos dentinários, *in vitro*, na tentativa de alertar os pesquisadores, para a imensa variação metodológica empregada nas pesquisas, o que poderia explicar o amplo coeficiente de variação dos

resultados. Concluíram os autores, que uma padronização dos testes laboratoriais é necessária, quanto ao tipo de substrato usado (dente humano ou bovino), tempo pós-extração e soluções de estocagem. Os autores sugeriram, a necessidade de se encontrarem métodos seguros de esterilização, dos dentes empregados nos estudos, que não comprometam os resultados dos testes de adesão.

A proposta do estudo realizado por Retief et al.<sup>89</sup>, em 1990, foi de comparar a dentina humana com a dentina bovina, para a verificação da possível utilização da última, nos testes laboratoriais de resistência e microinfiltração. Foram comparados molares humanos com incisivos bovinos, seguindo os procedimentos convencionais para os testes laboratoriais. Os autores obtiveram uma diferença significativa quanto à resistência adesiva do Scotchbond 2/Silux (3M) em dentina humana ( $6,2 \pm 2,9$ MPa) e bovina ( $4,4 \pm 1,2$ MPa). A microinfiltração foi significativamente menor para a dentina humana. Concluíram os autores, que, a dentina bovina não deve ser indicada como substituto para a dentina humana.

Carracho et al.<sup>14</sup>, em 1991, investigaram os efeitos do tempo de estocagem e termociclagem, na resistência adesiva de adesivos dentinários. Realizaram um estudo, *in vitro*, com três

sistemas disponíveis no mercado: Mirage Bond (Chameleon Dental Products), Scotchbond 2 e Scotchbond Dual Cure (3M Dental Products). Após o desgaste do esmalte oclusal, com pontas diamantadas, e da exposição dentinária, uma *smear layer* foi criada com lixa d'água de granulação 320, seguida da aplicação dos sistemas adesivos e resinas compostas, através de uma matriz padronizada. Incubados a 37°C, em solução salina, por 60-72h e um mês, metade das amostras foi termociclada e submetida aos testes de resistência ao cisalhamento, em máquina Instron, com velocidade 0,5mm/min. A outra metade das amostras não foi termociclada. Os melhores resultados, foram obtidos com o Mirage Bond, seguido do Scotchbond 2 e do Scotchbond Dual Cure. A termociclagem afetou significativamente a resistência adesiva do Scotchbond 2 e Dual, porém não afetou a resistência adesiva do Mirage Bond e o tempo de estocagem não afetou a resistência adesiva do Scotchbond 2 e Dual, mas aumentou a resistência adesiva do Mirage Bond. Concluíram os autores, que, provavelmente, os menores valores de resistência adesiva, pela termociclagem, para o Scotchbond 2 e Dual, tenha se dado pela solubilização da *smear layer*, não removida por esses dois sistemas. Já o Mirage Bond teve sua resistência aumentada pelo tempo

e pela ciclagem, provavelmente, devido a um melhor preparo da superfície dentinária e à absorção de água, que poderá ter compensado a contração de polimerização.

Barkmeier & Cooley<sup>4</sup>, em 1992, fizeram um balanço da evolução dos sistemas adesivos para esmalte e dentina. No estudo, os autores observaram a importância dos testes laboratoriais de resistência adesiva e microinfiltração, no sentido de preverem o comportamento clínico desses sistemas, principalmente enquanto o tempo de acompanhamento clínico não foi suficiente para fornecer dados concretos. Concluíram, os autores, que os sistemas adesivos têm evolução muito rápida, daí a necessidade dos testes laboratoriais. Porém, os estudos clínicos, são essenciais para o acompanhamento a longo prazo.

Fowler et al.<sup>38</sup>, em 1992, propuseram-se a estudar a significância de variáveis associadas aos testes de resistência adesiva, a fim de se obterem resultados mais precisos, através de uma metodologia padronizada. Avaliaram: testes de tração x testes de cisalhamento, aparatologia técnica, facilidade de trabalho e precisão; dentes humanos x dentes bovinos. As amostras foram estocadas em formol 10%, sendo testados esmalte e dentina da superfície oclusal de

molares humanos e superfície vestibular de incisivos bovinos. Foram aplicados a estas superfícies, o Scotchbond 2 (3M Dental Products) e os cimentos de ionômero de vidro Ketac-Fil (ESPE-Premier) e Vitrebond (3M Dental Products). As fraturas foram observadas em microscopia óptica. Concluíram os autores, através dos resultados obtidos, que nenhuma variável apresentou diferenças estatisticamente significantes. Porém, o teste de cisalhamento se apresentou como método mais eficazmente controlado e de maior facilidade técnica, em comparação com o teste de tração, onde o posicionamento e alinhamento dos espécimes são muito dificultados. Foi notada uma variação no tipo de fratura (adesiva, coesiva ou mista) entre os testes de tração e cisalhamento.

Van Meerbeek et al.<sup>116</sup>, em 1992, publicaram uma revisão de literatura, envolvendo fatores que afetam a adesão aos tecidos mineralizados. Dentre esses fatores, está relacionada a constituição do tecido dentinário, composto de 70% de hidroxiapatita, 18% de material orgânico (colágeno) e 12% de água em peso. A dentina apresenta ainda muitos túbulos que aumentam de diâmetro e de número à medida que se aproximam da polpa. Na dentina superficial, 96% da área é ocupada pela dentina inter-tubular, 3% pela dentina

peri-tubular e apenas 1% pelo fluido dentinário. Próximo à polpa, essa situação se inverte, sendo que a dentina peri-tubular passa a ocupar 66% dessa área, a dentina inter-tubular 12%, e, o fluido dentinário 22%. Concluíram os autores que, frente à essa composição e estrutura peculiares, não seria possível uma união micromecânica nos mesmos padrões que a encontrada para o esmalte.

Davidson et al.<sup>25</sup>, em 1993, realizaram um estudo para comparar, *in vitro*, a resistência ao cisalhamento de uma série de sistemas adesivos, com formulações essencialmente diferentes, incluindo o CIV, aplicados sobre a dentina, com e sem pressão hidrostática tubular. Especial atenção foi dada à idade e às condições de estocagem das amostras, antes e após a aplicação dos sistemas adesivos. Para mimetizar as condições clínicas, a termociclagem foi introduzida como forma de estresse. Os espécimes foram testados, portanto, com e sem pressão hidrostática tubular e com e sem termociclagem, em máquina Instron, a uma velocidade de 0,5mm/min. Concluíram os autores, a partir dos resultados obtidos, que: a) a permanência da *smear layer* não previne o efeito negativo da água nos túbulos, nos sistemas adesivos hidrofílicos; b) a remoção da *smear layer* tem um efeito positivo na durabilidade da adesão; c) a

termociclagem afeta negativamente a resistência dos adesivos que deixam a *smear layer* intacta.

Eick et al.<sup>37</sup>, em 1993, realizaram a terceira parte de uma experimentação, iniciada em 1991, em que compararam, em microscopia eletrônica de varredura e de transmissão, a Categoria III de adesivos dentinários, após teste de resistência ao cisalhamento. Os adesivos utilizados foram o Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products) e o Superbond (Sun Medical). O Prisma Universal Bond 3 (Caulk-Dentsply), com características de adesivos das Categorias I e II, foi usado para comparação. A superfície oclusal de molares humanos, livres de cáries, foi desgastada com brocas diamantadas até a exposição da dentina, recebendo em seguida, os sistemas adesivos. Os resultados de resistência ao cisalhamento foram: Scotchbond Multi-Purpose (25,0MPa), Superbond (22,9MPa) e Prisma Universal Bond 3 (11,2MPa). As análises microscópicas mostraram que as fraturas foram praticamente coesivas, de dentina ou resina, para os dois adesivos que apresentaram elevados valores de resistência. Esses resultados foram atribuídos a uma combinação de fatores, que incluem, efetiva penetração e umedecimento da superfície da dentina

preparada, assim como a tendência em se formar o entrelaçamento de fibras colágenas e adesivo (camada híbrida).

Em 1993, Olsson et al.<sup>81</sup> estudaram, através de microscopia eletrônica de varredura, a estrutura da dentina em três diferentes níveis: superficial, central e profundo, tanto na face oclusal quanto na face vestibular de molares humanos, estocados em solução salina 0,9%. Os autores obtiveram três discos de dentina de cada face, nos três diferentes níveis de profundidade. Através da microscopia eletrônica de varredura, os discos mostraram um aumento no número e no tamanho dos túbulos, com o aumento da profundidade. Os discos da face oclusal, mostraram, em geral, maior número e porcentagem por área de túbulos abertos, do que os correspondentes da face vestibular, e, também, uma maior variação no número e tamanho destes túbulos, variação esta que aumentava com a profundidade. Concluíram os autores que, devido a menor variação no padrão dos túbulos, a dentina da face vestibular de molares, ofereceu melhores condições de padronização das mensurações, nos testes de resistência.

Ainda em 1993, Öilo & Austrheim<sup>80</sup> compararam a efetividade de dois teste de resistência adesiva (tensão e cisalhamento) e duas condições de estocagem (com e sem termociclagem). Para o

estudo, foram utilizados molares recém-extraídos, estocados por uma semana em solução de cloramina 1% e, posteriormente, em água destilada em refrigerador. Após a exposição dentinária, quatro sistemas adesivos foram empregados, sendo que o tratamento da superfície da dentina, seguiu as recomendações dos fabricantes. Foram empregados dois sistemas mais antigos: O Gluma (Bayer) e o Scotchbond 2 (3M Dental Products), e, dois mais recentes: o Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products) e o Syntac(Vivadent). Após armazenamento durante 24h, termociclados ou não, os corpos de prova foram submetidos aos testes laboratoriais. Os resultados mostraram que ambos os testes, tensão e cisalhamento, são igualmente efetivos para testes de resistência adesiva, não havendo diferenças estatisticamente significantes entre eles. Porém, a ciclagem térmica mostrou influência significativa, aumentando a resistência dos sistemas adesivos atuais.

Pashley et al.<sup>83</sup>, em 1993, realizaram um trabalho cuja proposta foi comparar a subestrutura da dentina fraturada coberta com *smear layer*, antes e depois do condicionamento ácido, em microscopia eletrônica de varredura de alta resolução, para identificar porosidades, na superfície da dentina, que permitissem a infiltração da

7/13/98

resina durante a adesão. Fragmentos retangulares de dentina, obtidos por ação de brocas e discos de diamante, proporcionaram a formação de quatro grupos com oito metades de dentina, onde uma seria tratada e a outra seria o controle. No grupo I, a dentina foi fraturada e condicionada com ácido; no grupo II, fraturada, condicionada e seca com ar; no grupo III, foi produzida a *smear layer* em seguida condicionada com ácido; no grupo IV, foi produzida a *smear layer*, condicionada e seca com ar. Concluíram os autores que, nos sistemas adesivos atuais, a remoção da *smear layer* oferece a possibilidade de penetração da resina em ambos, túbulos e dentina intertubular. A infiltração da resina na dentina intertubular pode somente ocorrer, se a fase mineral da dentina for removida por condicionamento, sem que esta, contudo, promova o colapso do colágeno remanescente. Os canais para infiltração da resina são espaços perifibrilares ao redor das fibras colágenas da dentina, criados pela remoção seletiva dos cristais de apatita por ácidos. Porém, mais pesquisas são ainda necessárias para reconhecimento desses canais e da qualidade e duração da adesão.

Plasmans et al.<sup>86</sup>, em 1993, consideraram que o sucesso de um procedimento adesivo pode ser influenciado pela umidade

intrínseca e extrínseca. Com o estudo por eles desenvolvido, pretenderam investigar, *in vitro*, a sensibilidade da adesão à dentina à umidade presente no ar, quando empregado alguns sistemas adesivos disponíveis no mercado. Os sistemas foram testados em molares humanos, em condições de temperatura/umidade de 25<sup>o</sup>C/40% e 35<sup>o</sup>C/95%. Em condições de alta taxa de umidade foram encontradas diferenças entre os materiais; com valores muito baixos (< 3MPa) para Gluma 2000, Denthesive e Syntac; enquanto que os valores médios para o Scotchbond foram significativamente altos (12MPa). Os autores puderam, portanto, concluir que, de um modo geral os sistemas adesivos são altamente sensíveis à umidade extrínseca da dentina, resultando em baixos valores de adesão para altas taxas de umidade relativa.

Takemori et al.<sup>107</sup>, em 1993 avaliaram os fatores que poderiam afetar a resistência adesiva nos testes experimentais de sistemas de adesão à dentina. Realizaram um estudo, onde cinco desses fatores foram examinados: embutimento ou não dos espécimes em resina epóxica; espessura dos espécimes; velocidade durante as mensurações; tempo de estocagem e profundidade do substrato dentinário. O primeiro teste feito foi o embutimento ou não em resina

epóxica. Como não houve diferenças estatisticamente significantes na resistência adesiva (18,5 e 16,9MPa respectivamente), todos os espécimes foram embutidos para os testes seguintes. O sistema adesivo empregado foi o Clearfil New Bond (Kuraray) combinado à resina Sílux Plus (3M Dental Products). Os tempos de estocagem utilizados foram: 10min, 3h, 6h, 12h e 24h. As velocidades dos testes foram; 0,5; 1,0; 3,0 e 5,0mm/min. As espessuras dos espécimes foram de 1,0; 3,0; 5,0 e 10,0mm. Os resultados mostraram que nenhum dos fatores apresentou diferenças estatisticamente significantes, com exceção da espessura dos espécimes que, ao redor de 1mm, apresentaram resistência adesiva bem menor que o controle com 10mm (6,3MPa e 18,5MPa, respectivamente). Esta diferença, provavelmente, deveu-se ao aumento do número de canalículos e à presença de umidade, determinados pela maior proximidade pulpar, daí a importância da padronização da profundidade de dentina para os testes de resistência.

Em 1994, Burrow et al.<sup>12</sup>, desenvolveram um estudo, para investigar, qual a influência que a idade e a profundidade dentinária poderiam exercer, sobre a resistência à tração de três sistemas adesivos. Foram preparados discos de dentina de molares humanos,

que foram divididos em: novo (dentes de pacientes com idade inferior à trinta anos) e velho (de pacientes com mais de cinquenta anos), e superficial (logo abaixo do esmalte) e profundo. Os sistemas adesivos testados foram: Scotchbond Multi-Useo (3M Dental Products), Supebond D-liner (Sun Medical Co.) e o Liner Bond II (Kuraray Co.) Além destes testes, verificaram também a variação estrutural da camada de dentina impregnada por resina (camada híbrida). Para os testes de tração, demarcou-se uma área de 3mm de dentina, onde os sistema adesivos foram aplicados, seguido de uma camada de resina composta. Os resultados mostraram que a resistência à tração acima de 10MPa, foi obtida para todos os materiais. Após a análise estatística, efeitos na resistência à tração podiam ser atribuídos à idade ou profundidade dentinária, apenas para o Superbond D-liner. Para todos os outros grupos, as comparações falharam em mostrar qualquer variação entre a idade e profundidade dentinárias. Entretanto, espécimes unidos à dentina profunda, mostraram valores levemente menores. Em análise em MEV, o Scotchbond MP e o Superbond, apresentaram uma camada de dentina impregnada por resina, mais espessa. Os autores concluíram que, a idade e a profundidade, podem

não ter uma influência tão grande na resistência adesiva destes novos sistemas adesivos

Gonçalves<sup>44</sup>, em 1994, realizou testes de resistência ao cisalhamento, para determinar, se os mais recentes sistemas adesivos denominados como multi-uso, poderiam ser utilizados, associados a diferentes marcas comerciais de resina composta. Setenta e dois corpos de prova foram confeccionados, utilizando-se dentes premolares humanos íntegros, embutidos em resina acrílica. A dentina foi exposta, e tratada com lixas d'água. Os corpos de prova foram divididos em três grupos: grupo 1 - Scotchbond Multi-Purpose (3M), grupo 2 - Optibond Light Cure (Kerr) e grupo 3 - Optibond Dual Cure (Kerr). Todos os grupos foram subdivididos em sub-grupos, nos quais foram inseridas as resinas compostas: a) Z100 (3M do Brasil), b) Prisma APH (Dentsply) e c) Herculite XRV(Kerr). Os corpos de prova foram submetidos à ciclagem térmica e, após 24 horas de armazenamento em água destilada 37°C, aos testes de resistência ao cisalhamento em máquina Instron, seguidos de análise em estereomicroscópio, para avaliar o tipo de fratura. A aplicação do modelo estatístico de análise de variância permitiu a constatação de que o fator Adesivo apresentou um valor significativo ( $p < 0,05$ ),

independente do fator Resina, tendo o adesivo Optibond Light Cure propiciado a maior resistência média ao cisalhamento (15,446MPa), seguido do Scotchbond Multi-Purpose (13,340MPa) e do Optibond Dual Cure (10,019MPa). Concluiu o autor que, o adesivo Optibond Light Cure apresentou a melhor resistência adesiva e que existe diferença na interação adesivo-resina.

Gwinet<sup>46</sup>, em 1994, através do emprego de um novo método, testou a resistência coesiva da dentina, para poder comparar os valores obtidos, com os valores de resistência ao cisalhamento dos sistemas adesivos comercialmente disponíveis. O método empregado aplicou uma força de cisalhamento a uma coluna circular padrão de dentina, que foi preparada, com o auxílio de uma ponta diamantada, contígua a terceiros molares. Os testes foram realizados em máquina de ensaios Instron. Os valores médios de resistência coesiva da dentina encontrados no teste de cisalhamento foram de  $36,18 \pm 6,81$ MPa.

Sano et al.<sup>94</sup>, em 1994, realizaram um estudo para avaliar o grau de contribuição da matriz dentinária desmineralizada (colágeno) para a resistência da dentina humana e bovina. Utilizando cortes de dentina, através do teste de microtensão, os autores encontraram uma resistência de 104MPa para a dentina mineralizada

humana, na porção coronária, 91MPa para a dentina bovina coronária e 129MPa para a dentina bovina radicular. O módulo de elasticidade da dentina humana e bovina mineralizada variou entre 13 e 15MPa. Em dentina desmineralizada, o módulo de elasticidade passou a ser 26 a 32MPa. Tais resultados indicaram que o colágeno contribuiu com 30% na resistência da dentina mineralizada.

DeHoff et al.<sup>27</sup>, em 1995, utilizaram análise de elemento finito, para fazer um modelo do teste de cisalhamento e avaliar os efeitos dos valores, espessura do agente adesivo e condições de aplicação da carga, na distribuição do estresse na dentina adjacente à interface agente de união/dentina. Todos os cálculos foram com o programa de elemento finito ANSYS. O teste de resistência ao cisalhamento foi simulado como um cilindro de resina composta unido a um substrato cilíndrico de dentina. Os resultados sugeriram que o estresse máximo durante a aplicação da força de cisalhamento ocorre geralmente aproximadamente 0,3mm abaixo do local de aplicação da carga, e a medida que a carga se distancia da interface o estresse na dentina diminui. Segundo a opinião dos autores, nem a análise por elemento finito, nem os testes experimentais de resistência ao cisalhamento, necessariamente proporcionarão informações úteis

quanto ao potencial de susceptibilidade dos sistemas adesivos à fraturas clínicas, pois estas ocorrem após ciclos de aplicação de uma carga e não após a aplicação de uma carga constante e progressiva. Os dados dos testes de cisalhamento tradicionais, deveriam se restringir, às comparações dos efeitos relativos das propriedades dos materiais, sua microestrutura e as condições que podem melhorar a resistência à fratura, não devendo ser utilizados para fazer inferências clínicas quanto à susceptibilidade à fratura.

Miyazaki et al.<sup>73</sup>, 1995, verificaram a influência, da adição de carga a adesivos dentinários, na resistência ao cisalhamento, à dentina bovina. Selecionaram adesivos experimentais fotoativados com diversos tipos de partículas de carga. Estes adesivos foram aplicados sobre a dentina da superfície vestibular de incisivos bovinos, seguido de um material restaurador, a resina composta Lite Fill II. Os espécimes foram estocados em água a 37°C por 24h e testados em máquina para ensaios mecânicos de cisalhamento, a 1,0mm/min. Os autores verificaram que o conteúdo de carga do adesivo, afetou a resistência ao cisalhamento, com valores máximos para os adesivos com 10% de carga e bem menores para aqueles com conteúdo de carga maior que 30%.

Pashley et al.<sup>84</sup>, em 1995, publicaram um estudo, no qual discutiram inúmeras variáveis, tais como: o substrato para a adesão, a estocagem dos espécimes, a técnica de uso do *primer*, condicionamento e adesivo, a pressão do fluido pulpar simulado, os métodos de teste (cisalhamento, tração e microtensão), o modo de fratura e a estabilidade da adesão. Os autores acreditam que os trabalhos atuais, mostram o desenvolvimento dos sistemas adesivos. Estes apresentam resultados de resistência adesiva à dentina da ordem de 20-30MPa, quase sempre com fratura coesiva do substrato. Acreditam, porém, que esses resultados não refletem a realidade, já que a resistência intrínseca da dentina é três vezes maior que esses valores, além do que, o que realmente interessa, é a resistência da interface de adesão. Logo, propuseram a mudança do método de teste de cisalhamento para a microtensão, que oferece maiores vantagens e fidelidade dos resultados, apesar da dificuldade técnica e aparelhagem especializada e sofisticada.

Swift Junior et al.<sup>105</sup>, em 1995, relataram sobre o estado atual dos sistemas adesivos. O trabalho faz uma revisão histórica dos mecanismos de ação dos sistemas adesivos e dos problemas encontrados para garantir uma perfeita adesão ao tecido dentinário. Os

autores discutem: a relevância dos estudos *in vitro*, sugerindo que tais estudos são trabalhosos e detalhados, porém não refletem, na maioria das vezes, as condições clínicas. Como exemplo, os autores citaram: a microinfiltração testada com corantes, que apresentam moléculas bem menores do que as bactérias (o que sugere que a microinfiltração seja menor *in vivo* que *in vitro*), a ciclagem térmica, condições de estocagem, profundidade da dentina, aspereza superficial e a não simulação da pressão pulpar; e fatores clínicos que afetam a adesão com ênfase para a dentina esclerosada, módulo de elasticidade, *stress* de contração de polimerização das resinas e forças oclusais. Relataram, ainda, novas aplicações dos sistemas adesivos na dessensibilização da dentina.

Em 1996, Camps et al.<sup>13</sup>, conduziram um estudo para comparar a microinfiltração de dois adesivos dentinários em terceiros molares recém-extraídos (usados no máximo 2h após extração), criopreservados (em nitrogênio líquido à  $-180^{\circ}\text{C}$ ) ou estocados em água contendo 0,5% de cloramina, à  $4^{\circ}\text{C}$ . Foram feitos preparos de classe V nas superfícies vestibular e lingual destes dentes, que foram restaurados ou com Scotchbond Multi-Use Plus e Z100 (3M Dental Products) ou com Gluma 2000 e Pekafill (Bayer Dental). Após serem

termociclados, foram corados com nitrato de prata e a penetração do corante avaliada em microscópio ótico. Exames em MEV e em EDX (Energy Dispersive X) foram realizados para avaliar o padrão de infiltração. Os resultados obtidos foram estatisticamente analisados e demonstraram que, a criopreservação por 13 semanas ou a estocagem em refrigerador por 12 dias, não produziram mudanças no padrão de microinfiltração. Não foram encontradas correlações entre mudanças na microinfiltração e tempo de estocagem. Os espécimes preparados com ambos os sistemas adesivos demonstraram os mesmos padrões de comportamento. Os autores concluíram que, nem a criopreservação nem a estocagem em refrigerador, pelos tempos determinados neste estudo, afetaram a microinfiltração.

Silva et al.<sup>98</sup>, em 1996, compararam a resistência adesiva do Prisma Universal Bond 3 (Dentsply) ao esmalte e à dentina de dentes humanos, bovinos e suínos. Foram utilizados premolares humanos, incisivos bovinos e molares suínos que, após extração, permaneceram em solução fisiológica 0,09%, com 0,05% de timol até o momento de uso. Após o desgaste para a planificação da área a ser testada com lixas de granulação 180, 400 e 600, os dentes receberam o sistema adesivo, seguido da aplicação da resina composta APH.

Também foram observados dois períodos de armazenamento (24h e sete dias). A partir dos resultados obtidos, os autores concluíram que, não houve diferença significativa entre a resistência adesiva do esmalte humano e bovino, porém ambos mostraram diferença significativa com relação ao esmalte suíno; a resistência adesiva à dentina humana, bovina e suína não apresentou diferenças significativas,

Tonami et al.<sup>110</sup>, em 1996, avaliaram os efeitos das condições de estocagem sobre a resistência ao cisalhamento da dentina bovina. Sessenta incisivos bovinos foram extraídos imediatamente após o abate do animal e divididos em grupos: controle (8h após extração); uma semana de armazenamento em freezer; quatro semanas de armazenamento em freezer; 45min em água fervente. Os testes de resistência foram realizados em máquina Instron e os resultados expressos em MPa. Não houve diferença significativa entre o grupo controle, freezer uma semana e freezer quatro semanas (77, 78 e 79MPa, respectivamente). Porém, houve queda na resistência da dentina quando do armazenamento em água em ebulição (70MPa). O armazenamento em freezer pode ser indicado para manter a

integridade do tecido dentinário bovino, previamente aos testes *in vitro*.

Watanabe et al.<sup>120</sup> realizaram um estudo, em 1996, utilizando terceiros molares humanos para avaliar os efeitos da orientação dos túbulos, na resistência ao cisalhamento da dentina. Várias secções foram obtidas de diferentes áreas (central e cuspídea). Os resultados mostraram que a resistência da dentina ao cisalhamento gira em torno de 50-100MPa e difere conforme a região avaliada, dependendo da orientação dos túbulos. Observaram, ainda, que tal resistência é maior, do que normalmente a literatura relata, durante os testes adesivos. Sugeriram que tal fato, provavelmente, ocorra pela concentração de estresse na dentina durante os testes de cisalhamento convencionais.

Em 1997, Chan et al.<sup>16</sup>, avaliaram a resistência ao cisalhamento da união resina/dentina bovina após 24h e 180 dias de armazenamento, quando esta dentina foi submetida à várias diluições de soluções aquosas de ácido fosfórico e maleico. Foram preparadas superfícies dentinárias em quarenta incisivos bovinos, que haviam sido estocados em água destilada à 4<sup>o</sup>C por três meses e embutidos em resina acrílica de rápida polimerização, utilizando-se lixa de

granulação 180, 320 e 600, sob constante irrigação com água. Os dentes foram divididos em grupos de dez dentes cada e a dentina exposta foi tratada com uma das várias diluições dos ácidos fosfórico e maleico. Empregando-se o sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus e a técnica da dentina úmida, a dentina previamente delimitada, foi tratada, e sobre esta dentina, confeccionado um cilindro de resina composta, Z100 (3M Dental Products). Os espécimes foram estocados em água destilada a 37<sup>o</sup>C por 24h e 180 dias, antes de serem testados em máquina de ensaios mecânicos Instron. Os resultados obtidos, nos testes de resistência ao cisalhamento, mostraram que ácidos de menor concentração podem ser empregados para a obtenção de altos valores de resistência adesiva, e que com o ácido maleico, maiores valores são obtidos após 180 dias.

Demarco et al.<sup>28</sup>, em 1997, verificaram que a união dos adesivos dentinários têm sido aumentada com o desenvolvimento de cada nova geração, e que pouca importância têm sido dada à resistência coesiva da dentina, achando portanto oportuno avaliarem esta resistência. Selecionaram 17 caninos humanos hígidos, os quais tinham sido extraídos há mais de um ano. Estes dentes foram desgastados até a obtenção de segmentos de dentina, de formato

retangular, com tamanho aproximado de 2x2mm. Estes foram incluídos em resina acrílica, e submetidos ao teste de cisalhamento em máquina de ensaios universais Wolpert, com velocidade de 0,5mm/min. A resistência coesiva média da dentina no teste de cisalhamento foi de 33,95 ( $\pm$  9,72) MPa. O tipo de fratura foi observado em um aumento de 40x. Foi realizada também uma análise com elemento finito, para observar a distribuição do estresse, relacionada com o teste de cisalhamento. Os autores constataram que, o padrão de fratura encontrado foi compatível com o tipo de teste executado e com a distribuição do estresse.

## 2.2 Cimentos

São vários os cimentos disponíveis atualmente. Portanto faremos uma revisão sobre suas respectivas origens, propriedades físico-mecânicas e vantagens .

### 2.2.1 Cimentos de ionômero de vidro para cimentação

A criação do cimento de ionômero de vidro (CIV), se deu em 1969, e foi apresentado à comunidade científica em 1971, por Wilson & Kent<sup>\*</sup>. Esta criação resultou diretamente de estudos básicos sobre o cimento de silicato, e da união deste ao cimento de poliacarboxilato. O cimento de ionômero de vidro tem sido descrito como um híbrido dos cimentos de silicato e poliacarboxilato, tendo consigo atributos de ambos os cimentos, como: habilidade de liberar flúor vinda do cimento de silicato e a capacidade de aderir às

---

<sup>\*</sup> WILSON, A.D. , KENT, B.E. The glass-ionomer cement: a new translucent dental filling material. *J. Appl. Chem. Biotechnol.*, v.21, p.313, 1971 apud WILSON, A.D., McLEAN, I.W. *Glass-ionomer cement*. Chicago: Quintessence, 1988.

estruturas dentais e biocompatibilidade similares as do cimento de poliacarboxilato.

À partir de então as pesquisas sobre este material tiveram o seu início, e o seu mecanismo de união ao dente foi investigado por vários autores. O grande avanço nas descobertas acerca das propriedades dos CIV, estabeleceram seu mecanismo de ação e propriedades intrínsecas. Wilson et al.<sup>122</sup>, em 1988, publicaram um livro sobre este cimento, onde o descreveram como um material com propriedades únicas. Ele não é um polímero, mas se polimeriza através de geleificação, como o resultado da reação química entre um ácido e uma base. Atestaram que os cimentos de ionômero de vidro têm translucidez comparada a da porcelana, aderem-se ao dente e têm propriedades biológicas favoráveis, sendo utilizados em vários procedimentos clínicos: como material restaurador, principalmente de lesões de Classe V, como material de base e forramento, como material cimentante, e, como material de preenchimento e de reforço da estrutura dental.

Christensen<sup>20</sup>, em 1990, acreditava que os CIV, podiam ser considerados agentes cimentantes efetivos para próteses fixas, quando manipulados e usados adequadamente e em situações clínicas

corretas. Os autores citaram que as vantagens de se utilizar o CIV como agente cimentante eram: atividade cariostática, características de expansão - contração semelhantes às dos tecidos dentais, união à estrutura dental e baixa solubilidade nos fluidos bucais.

McCaghren et al.<sup>65</sup>, em 1990, determinaram a resistência ao cisalhamento de um CIV fotopolimerizável, o Vitrabond (3M Dental Products) ao esmalte e dentina de molares e caninos humanos extraídos. Os sítios em esmalte e dentina foram preparados e tinham diâmetro de 3mm; onde o CIV foi aplicado, fotopolimerizado por 30s e recebeu uma aplicação do adesivo Scotchbond 2 (3M). Os espécimes foram testados após 15min, após 24h, e após quatro semanas. A estocagem foi em água a 37°C, com e sem termociclagem. Os resultados obtidos com teste de cisalhamento, em máquina de ensaios Instron, foram de obtenção de uma força de união ao esmalte maior que à dentina. A termociclagem e a duração da estocagem, não afetaram os valores de resistência ao cisalhamento dos espécimes, porém, após os 15min iniciais, foram apresentados baixos valores de adesão. Acreditaram os autores, que isso se deveu ao fato da reação de presa ainda não ter se completado. Em uma análise em M.E.V., as

fraturas ocorreram na interface cimento/ esmalte e cimento/dentina ou na camada do CIV.

De acordo com Smith<sup>102</sup>, em 1990, dos quatro tipos de CIV existentes, o mais recente é o modificado por resina, que foi definido como material híbrido, com um mecanismo de presa duplo, que envolve não só uma reação ácido-básica própria dos CIV, mas também uma reação de polimerização semelhante à das resinas compostas. Este cimento inclui em sua constituição matéria orgânica tipo HEMA (2 hidroxi-etil- metacrilato), podendo também conter BIS-GMA (bi-glicidil metacrilato).

Mitra<sup>72</sup>, em 1991, avaliou a adesão à dentina e as propriedades físicas de CIV fotopolimerizáveis, utilizados como forradores e base. Em um experimento, dentes bovinos foram desgastados com discos de lixa de granulações sequenciais, expondo a superfície de dentina, e, restaurados com o CIV convencional 3M Glass Ionomer (3M Dental Prod.) e o CIV fotopolimerizável Vitrabond (3M Dental Prod.). Após realizada a restauração, os espécimes foram mantidos por uma hora, em umidade relativa de 98% a 37°C, sendo depois armazenados em água, à mesma temperatura, por 24h. Após termociclagem, os espécimes foram submetidos ao teste de

resistência ao cisalhamento em aparelho Instron. A força de união do CIV Vitrabond mostrou-se superior à do cimento convencional, sendo da ordem de 12MPa em média.

Mount<sup>75</sup>, pesquisou sobre a atuação clínica dos CIV, e publicou em 1991, um relato sobre observações ao longo de cinco anos do desempenho clínico de duas versões de CIV, o Ketac Fil (ESPE/Premier) em uma restauração de Classe V, e o Ketac Silver (ESPE/Premier) em uma restauração de Classe II. Estas restaurações foram realizadas em diferentes pacientes e foram mantidas em condições clínicas normais, por dois e cinco anos respectivamente. Após este período, como parte do programa de reabilitação oral destes pacientes, estes dentes foram extraídos e observados ao M.E.V. O exame confirmou o que diversas investigações laboratoriais já sugeriam: a adesão entre CIV e dentina e/ou esmalte, resulta do desenvolvimento de uma camada intermediária rica em íons. Camada esta, que na opinião do autor, é de suma importância para a retenção do material e a prevenção da microinfiltração.

Curtis et al.<sup>23</sup>, em 1993, investigaram a erosão precoce de um CIV usado na cimentação de coroas totais. Cinquenta molares humanos, que tinham sido estocados em solução de azida sódica

0,2%, foram preparados para receberem coroas totais com término em esmalte e cimento. Estas coroas foram cimentadas com o CIV Ketac Cem (Espe-Premier), sendo que no processo de cimentação, o excesso de cimento foi deixado intacto até o seu endurecimento ou removido imediatamente. Os espécimes foram estocados em um meio substituto de saliva, por 48 horas, termociclados (quinhentos ciclos) em fucsina básica 0,5% e retornados ao meio de estocagem por 24 horas. Após este período foram seccionados e as margens analisadas em estereomicroscópio. Os resultados mostraram que a manutenção do excesso de cimento por 10min após a cimentação, previne a erosão do cimento em um ambiente úmido. A aplicação de uma camada de resina sem carga não é necessária após a remoção dos excessos do cimento, se aguardado este período de 10min.

Johnson et al.<sup>52</sup>, em 1993, através de um estudo clínico controlado, avaliaram a existência e a manutenção de sensibilidade pós cimentação de coroas cimentadas com CIV e com cimento fosfato de zinco. Dez dentistas foram selecionados, os quais realizaram 101 coroas, que foram cimentadas com cimento fosfato e 113 coroas com CIV. Os pacientes desconheciam o tipo de cimento empregado, e foram avaliados, após duas semanas, e após três meses. As avaliações

demonstraram que, ocorreram significativamente mais relatos de sensibilidade pós cimentação com o cimento fosfato que com o CIV, após duas semanas, porém, após três meses, não houve diferença entre os dois grupos.

Em 1993, Leinfelder<sup>60</sup>, preocupou-se em analisar o desenvolvimento clínico dos CIV até então disponíveis para uso clínico. Relatou que, designado como material estético, o primeiro CIV foi inicialmente inaceitável pela sua não adesividade e aparência esbranquiçada. Esforços contínuos, no entanto, foram realizados pelos pesquisadores, e atualmente suas propriedades já encontram-se amplamente melhoradas, sendo que suas indicações abrangem uma série de procedimentos clínicos, como: material para cimentação, restauração, forramentos e/ou base. Constatou também, que, o maior desenvolvimento associado aos CIV foi a introdução dos sistemas fotopolimerizáveis; que são associações de ionômero de vidro e resina, sendo o Vitrebond (3M) o primeiro sistema fotoativado a ser introduzido entre os dentistas. Comparou os sistemas fotoativados com os quimicamente ativados, concluindo que estes novos sistemas oferecem vantagens como: redução ou eliminação de microinfiltração; substancial liberação de íons flúor; união química com a dentina,

tempo de trabalho controlável, compatibilidade pulpar; cor equivalente à da dentina; facilidade no manuseio e inserção, e redução na sensibilidade pós-operatória, particularmente com as resinas compostas.

Em uma outra análise divulgada em 1994, Leinfelder<sup>61</sup>, avaliou a mudança em alguns procedimentos da Dentística Restauradora, como a utilização de forramentos e bases sob restaurações. Relatou que as bases têm sido tradicionalmente indicadas sob restaurações de amálgama, particularmente quando houver remoção de dentina, durante o processo de preparo cavitário. E em situações onde há a necessidade de utilização de bases, o cimento de ionômero de vidro é sem dúvida a melhor escolha; devido a sua habilidade de liberar flúor. Comentou, que durante várias semanas a concentração de íon flúor de 35 ppm penetra a superfície dentinária em até 50 microns, tornando estes cimentos efetivos na prevenção ou inibição da microinfiltração. Considerou que os sistemas fotoativados têm um coeficiente de expansão térmica ligeiramente maior que os sistemas quimicamente ativados, fazendo com que a sua resistência à microinfiltração, seja menor. Porém, o autor duvidava se isso levaria a alterações clinicamente significantes.

McLean et al.<sup>67</sup>, em 1994, propuseram uma nomenclatura para os CIV e os materiais a estes relacionados. Sugerem que sejam denominados de CIV aqueles materiais que geleificam devido à reação ácido-base. Aqueles cujo endurecimento se baseia em reações parcialmente ácido-base e parcialmente via fotopolimerização deveriam ser denominados CIV modificados por resina (CIVMR). Aqueles materiais que possuem em sua composição os ingredientes corretos, mas que porém não se polimerizam na ausência de luz, deveriam ser denominados resinas poli-ácido modificadas. Que o termo CIV deveria ser exclusivamente reservado para aqueles materiais que consistem de um vidro decomposto por ácido e um ácido solúvel em água que reage através de uma reação de neutralização.

No mesmo ano, 1994, Mount<sup>76</sup> fez um balanço do desenvolvimento dos CIV ao longo do tempo, bem como das suas propriedades intrínsecas. Explicou o mecanismo de reação do CIV com a estrutura dental, como sendo baseado em uma reação ácido/base, onde o ácido ataca a superfície das partículas de pó, liberando íons; criando uma adesão entre o pó e o líquido, baseada na difusão iônica. Mecanismo similar ocorre na adesão à superfície do

dente, onde acontece um deslocamento de íons fosfato pelo ataque do ácido polialquênóico. Cada íon fosfato se une a um íon cálcio para manter seu balanço eletrolítico na interface, resultando assim no desenvolvimento de uma camada enriquecida por íons entre o CIV e o dente. Também relatou que esta união é de considerável resistência, e que apesar dos íons fluor também serem liberados durante a reação ácido/base, não são parte essencial da formação da matriz, estando livres para entrar e sair do cimento. O autor comentou, que muitos resultados de pesquisas com CIV, podem atestar valores de adesão baixos, por não se ter realizado uma correta proporção pó/líquido e por não se ter respeitado a dinâmica do processo de geleificação, pois os CIV não deveriam ser testados antes de sete dias, que é o tempo requerido para que atinjam propriedades físicas razoáveis. O autor mencionou também, que a utilização do ácido poliacrílico no preparo da dentina antes da colocação do CIV é benéfica, pois este ácido tem dupla ação, ou seja, remove a *smear layer* e contaminações superficiais, ao mesmo tempo que altera a energia da superfície, expondo uma superfície dental desmineralizada favorável à difusão do ácido do CIV e às trocas iônicas.

Ten Cate & Van Duinen<sup>108</sup>, em 1995, procuraram determinar se as restaurações de CIV poderiam contribuir para a remineralização de cáries em dentina. Foram feitos pequenos preparos circulares em discos de dentina bovina que apresentavam lesões incipientes de cárie. Os preparos foram preenchidos com amálgama ou com resina composta (controles) ou com CIV. Os espécimes possuíam portanto uma restauração próxima a uma lesão de cárie na dentina. Estes foram então colocados bilateralmente na superfície vestibular de próteses parciais removíveis, que foram usadas por voluntários por um período experimental de 12 semanas, após o qual os espécimes foram seccionados e analisados por microradiografia. Todos os espécimes com restauração de CIV apresentaram hipermineralização do tecido dental adjacente. As lesões de cárie tinha remineralizado, mesmo em condições de grande formação de placa. Em contraste, os espécimes com amálgama ou resina composta apresentavam desmineralização mais extensa. Este estudo demonstra o potencial significativo de remineralização exercido pelos CIV.

Thonemann et al.<sup>109</sup>, em 1995, compararam, *in vitro*, a integridade de restaurações em cerâmica cimentadas à dentina, com restaurações cujas margens se encontravam completamente em

esmalte. Foram preparadas 42 cavidades Classe II em molares humanos extraídos, incluídos em metilmetacrilato, e estocados em solução salina 0,9% por uma semana, antes de receberem as restaurações em cerâmica. Destas cavidades, 36 se estenderam além da junção cimento/esmalte, e seis foram totalmente circundadas por esmalte. As restaurações cerâmicas foram cimentadas com quatro tipos de CIV modificados por resina (Photac Fil, Photac Bond, ESPE; Dyract, De Trey Dentsply; Fuji LC, GC Corp.; e Vitremer, 3M) e com a combinação adesivo/cimento resinoso (Syntac/Dual Cement, Vivadent), e comparados a um cimento resinoso convencional (Vita Cerec Duo Cement, Vita). Os espécimes foram estocados em solução salina por 24h e submetidos à ciclagem térmica (cinco mil ciclos) e estresse mecânico simultaneamente. Foram expostos à solução corante (fucsina básica 0,5%) e avaliados quanto à penetração do corante e adaptação marginal. Os resultados demonstraram que a combinação adesivo/cimento resinoso proporcionou um selamento marginal em dentina semelhante ao obtido com os procedimentos convencionais em esmalte. Quando empregados três dos CIV modificados por resina (Dyract, Fuji II LC e Vitremer), os resultados foram semelhantes aos obtidos para os adesivos e o método convencional. Os autores

concluíram que os CIV modificados por resina para cimentação, podem ser usados como uma alternativa aos adesivos dentinários, quando as margens das restaurações cerâmicas estiverem em dentina.

Dionysopoulos et al.<sup>32</sup>, 1996 propuseram um estudo para avaliar o efeito de bases de CIV na inibição de cárie secundária, quando este ionômero era colocado sob restauração de amálgama ou de resina composta. Para tal foram confeccionados preparos de Classe V em premolares extraídos, que receberam como forramento: verniz, ou CIV convencional, ou CIV fotopolimerizável, ou estes CIV associados a adesivo dentinário. Em alguns espécimes o CIV se estendeu até 0,3mm da margem de esmalte. Os dentes foram termociclados e as cáries artificiais foram criadas usando em gel ácido. Os resultados demonstraram que as cáries recorrentes artificiais podem ser reduzidas significativamente com uma base de CIV sob as restaurações de amálgama. E nas restaurações em resina onde o CIV se estendeu até 0,3mm do cavo superficial, houve também redução significativa das cáries artificiais.

Dunne et al.<sup>35</sup>, em 1996 decidiram comparar a inibição de cárie *in vitro*, proporcionada por um CIV modificado e um CIV convencional. Foram preparadas cavidades de Cl. V na junção

cimento/esmalte de molares humanos extraídos, que foram restaurados com Fuji II LC e Chenfil II de acordo com as instruções dos fabricantes. As restaurações foram devidamente protegidas com verniz e mantidas em ambiente úmido por 24h, após as quais receberam acabamento. Os dentes foram então estocados no mesmo tipo de ambiente por sete dias após os quais foram submersos em um gel ácido por 14 dias, seccionados (100 $\mu$ m), polidos e examinados em microscopia óptica. Os autores puderam assim observar que o Fuji II LC se mostrou mais resistente ao ácido e que ambos os materiais inibiram cárie *in vitro*.

Dupuis et al.<sup>36</sup>, em 1996 observaram os efeitos de diferentes condições de estocagem sobre a superfície e na profundidade de CIV para cimentação através da mensuração da microdureza. Esta investigação pretendeu também dar algumas indicações quanto à durabilidade do cimento e a sua qualidade sob coroas protéticas. Foi usado o CIV PR-Scell (Shofu Dental Corp.), que foi colocado em um molde cilíndrico (12mm/6mm), estocado à 37<sup>o</sup>C, em 80% de umidade e em condições de ausência de umidade, por até 1000 horas, antes do teste de dureza Vickers. A estocagem em água destilada produziu um amolecimento da superfície, mas a dureza

aumentou progressivamente com a profundidade. Constataram que o cimento é vulnerável à umidade em uma profundidade de 600 $\mu$ m, e que as fendas marginais envolvem uma média de 40 a 80 $\mu$ m, quando o cimento nas margens das coroas está sempre destruído.

Em 1996, Fritz et al.<sup>39</sup>, realizaram um estudo designado para investigar o efeito da estocagem em água na união ao esmalte e dentina de quatro cimentos de ionômero de vidro modificados por resina: Dyract (De Trey Dentsply), Fuji II LC (GC Dental Corp.), Photac Fil (ESPE) e Vitremer (3M Dental Products); de um cimento de ionômero de vidro convencional (Ketac Fil, ESPE); e, de um sistema de resina composta (Pekafil/Gluma, Bayer). Para a determinação desta possível alteração, molares humanos foram embutidos em resina epóxica e tiveram as superfícies de esmalte e dentina expostas. Sobre estas superfícies foram polimerizados cilindros de cada um dos materiais. Foram feitos testes de resistência ao cisalhamento de cada material após períodos de estocagem de 24h, uma semana, um mês, três meses e seis meses. Os resultados foram submetidos à análise estatística e os locais de fratura analisados em microscopia ótica. Os valores médios de resistência ao cisalhamento encontrados para o esmalte nas diversas condições experimentais

foram: para o Dyract, Photac Fil e Pekafill, de  $5,2 \pm 1,3$ ,  $9,9 \pm 1,6$  e  $17,0 \pm 2,3$ MPa, independentemente do tempo de estocagem. Para o Ketac Fil, a média entre 1 semana e seis meses foi de  $4,5 \pm 1,7$ MPa. Para o Fuji II LC, entre 24h e três meses o valor médio encontrado foi de  $10,3 \pm 3,9$ MPa, e após seis meses foi de  $19,8 \pm 4,4$ MPa, sendo que este comportamento também foi observado para o Vitremer, que teve seus valores aumentados progressivamente com o tempo de estocagem ( de  $2,4 \pm 0,8$  iniciais para  $13,8 \pm 4,3$ MPa após seis meses). A adesão à dentina ao longo dos seis meses não foi afetada para o Dyract (13,0MPa), Fuji II LC (12,7MPa) e Pekafill (14,6MPa). A maioria dos espécimes exibiram fratura coesiva do material restaurador. Fraturas adesivas foram exibidas somente pelo Vitremer, à dentina. Os autores, baseados nestes dados, puderam concluir que a estocagem pelos períodos avaliados, não teve efeito adverso na eficácia da união dos cimentos de ionômero de vidro modificado por resina ao esmalte e dentina.

Li et al.<sup>63</sup>, em 1996, estudaram a resistência flexural de três cimentos de ionômero de vidro modificados por resina (Vitremer, Photac Fil, Fuji II LC) e de um cimento convencional (Ketac Bond) e a sua resistência adesiva às resinas compostas (Heliomolar e Z100),

através de testes de cisalhamento. Os autores verificaram que a força da união entre a resina composta e os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina foram dependentes do modo de polimerização. Os CIV modificados por resina, se uniram significativamente mais às resinas compostas pré-polimerizadas, que as resinas se uniram aos CIV pré-polimerizados. Estas resinas só se aderiram aos CIV convencionais, após o condicionamento da superfície destes. Os autores concluíram que a resistência flexural dos CIV modificados por resina aumentou consideravelmente, quando comparados aos CIV convencionais, mas ainda é bem menor que a resistência apresentada pelas resinas compostas.

Gladys et al.<sup>42</sup>, em 1997, realizaram um estudo comparativo das características físico-mecânicas de oito destes novos materiais restauradores híbridos, comparando-as com as de dois CIV convencionais e com as de duas resinas compostas. Dentre os parâmetros selecionados, os autores observaram que os materiais restauradores híbridos mostram uma grande diversidade em suas propriedades físicas e características mecânicas. Eles excedem os CIV em resistência à fratura e à fadiga, porém são inferiores às resinas compostas em características primárias dos materiais restauradores. A

grande diversidade entre as marcas comerciais sugere que ainda não se alcançou a composição ótima destes materiais. Várias propriedades precisam ser melhoradas. Materiais como Dyract e Variglass (Dentsply), estão mais próximos das propriedades das resinas compostas e são portanto reconhecidos como resinas compostas poliácido-modificadas. Já o Fuji II LC (GC Corp.), o Vitremer (3M) e o Photac-Fil (ESPE) são verdadeiros CIV modificados por resina, estando suas propriedades mais próximas das dos CIV convencionais.

Em 1997, Park & Kim<sup>82</sup>, estudaram o efeito anti-cariogênico do flúor presente em: *primers*, agentes adesivos, resinas compostas e CIV, no esmalte. Utilizaram 25 dentes extraídos, livres de qualquer alteração na superfície do esmalte. Estes dentes receberam o preparo cavitários nas superfícies vestibular e lingual. Após limpeza da cavidade e condicionamento do esmalte adjacente, os dentes foram divididos em cinco grupos que receberam as seguintes restaurações: sistema adesivo, ART Bond e resina Brilliant Enamel; Optibond e herculite XRV; Syntac e Tetric; Scotchbond MUP e Z100 e um CIV modificado por resina, o Fuji II LC. Todas as superfícies dos dentes, exceto 2mm da zona adjacente à restauração foram cobertas com esmalte, e os dentes colocados em solução para iniciar o

desenvolvimento de cárie. Os dentes foram seccionados e observados em microscópio de polarização. Os resultados obtidos com estas observações mostraram que o flúor presente no primer (ART Bond), no adesivo (Optibond) e na resina composta (Tetric), não foi capaz de prevenir o desenvolvimento de cárie ao redor da restauração, enquanto que o flúor presente no CIV, preveniu o estágio inicial de desenvolvimento da lesão.

Em 1997, Vallittu & Forss<sup>114</sup>, compararam a união CIV convencional com a união obtida com um CIV modificado por resina, a discos de porcelana. A superfície destes discos foi deixada sem tratamento ou tratada com um primer para porcelana ou com uma solução de gamametacriloxi- propiltrimetixisilano (MPS) tratada termicamente. A resistência da união foi obtida através de um teste modificado de três pontos de aplicação de carga. As faces fraturadas foram observadas em MEV. A adesão mais efetiva foi obtida quando a porcelana foi tratada com o sistema MPS, apesar que o tratamento com o primer comercial apresentou uma resistência adesiva levemente menor. A pior adesão se deu nas porcelanas que não receberam tratamento. A predominância foi de fraturas coesivas para a interação CIV modificados por resina/porcelana tratada.

### 2.2.2 Cimentos resinosos

Bergman et al.<sup>5</sup>, em 1991, investigaram a efetividade de um gel de glicerina na prevenção da formação de uma camada de resina inibida por oxigênio, em *inlays* cerâmicos cimentados adesivamente com resina composta, pois sabe-se que a presença de oxigênio previne a polimerização da camada superficial das resinas compostas. Dezesesseis *inlays* de cerâmica foram cimentados adesivamente com e sem a aplicação do gel de glicerina nas margens da restauração, antes da polimerização do cimento resinoso. Foram obtidas réplicas das restaurações antes e após a aplicação da glicerina, que foram analisadas quantitativamente através de computador em MEV. A análise estatística mostrou diferenças significantes na polimerização com e sem o gel de glicerina. As margens dos *inlays* mostraram uma melhor adaptação marginal quando polimerizadas em presença da glicerina, sugerindo que o oxigênio influencia na inibição da polimerização.

Hasegawa et al.<sup>47</sup>, em 1991, conduziram um estudo para determinar a extensão da polimerização de três cimentos resinosos duais (Dual cement, Vivadent; Dicor light activated cement, Dentsply;

e, Duo cement, Coltene), sobre *inlays* de resina composta, e a influência da colocação de cunhas interproximais refletivas na polimerização do cimento na região proximal. Os graus de dureza foram determinados, colocando-se os cimentos diretamente em contato com a fonte de luz. Molares humanos receberam preparos proximais com limite abaixo da junção cimento/esmalte. Os *inlays* de resina composta (P-50) foram cimentados com um dos três cimentos, com pressão uniforme de 1Kg, e, a cunha refletiva utilizada em metade dos espécimes. Os tempos de exposição à luz foram os recomendados pelos fabricantes. Ao ser testada a dureza destes cimentos; em três regiões da parede gengival, no cavo superficial e no meio e base da parede axial, os autores verificaram que nenhum deles tinha endurecido completamente após 24h, quando os tempos de exposição recomendados pelos fabricantes tinham sido empregados ou sido excedidos. O componente químico dos cimentos não foi capaz de polimerizá-los completamente quando a fonte de luz ficava atenuada ou pelo dente ou pela restauração. A cunha refletiva teve pouco efeito no endurecimento do cimento.

White<sup>121</sup>, em 1993 comparou e discutiu as características e as propriedades dos cimentos adesivos e os à base de CIV com as do

cimento fosfato, além de revisar as propriedades requeridas para os agentes cimentantes. Com relação à resistência e ao grau de solubilidade, os CIV modificados por resina e os cimentos resinosos são superiores ao fosfato. A espessura do filme de cimentação é maior para as resinas que para o CIV ou o fosfato. O tempo de trabalho é menor para as resinas, pois estas iniciam a sua polimerização assim que são misturadas. Com relação à microinfiltração, os cimentos ionoméricos e os resinosos parecem diminuí-la consideravelmente. Os autores concluem que os cimentos adesivos, os a base de CIV, os CIV modificados por resina ou as resinas compostas associadas aos adesivos dentinários, podem promover melhorias clínicas, mas são definitivamente mais sensíveis à técnica que o fosfato.

Latta & Barkmeier<sup>59</sup>, em 1994, avaliaram a resistência ao cisalhamento de um cimento resinoso unido a uma resina composta para restaurações indiretas previamente polimerizada, cuja superfície para cimentação recebeu diversos tratamentos: (a) ácido fluorídrico/60s; (b) bifluoreto de amônia/60s; (c) resina adesiva, (d) microabrasão com jato de óxido de alumínio e (e) microabrasão com óxido de alumínio e resina. Foram confeccionados sessenta retângulos de uma resina para *inlays*, que receberam um dos tratamentos acima

citados e foram cimentados em superfícies planas em esmalte com um cimento resinoso dual. Os espécimes foram submetidos ao ensaio mecânico de cisalhamento e à análise em MEV para examinar a morfologia da superfície de resina ante e após o tratamento. Os resultados indicaram que a microabrasão melhorou a adesão do cimento, evidenciando em MEV uma superfície irregular.

Sim et al.<sup>99</sup>, em 1994, conduziram uma investigação sobre o efeito da sistema adesivo na microinfiltração de veneers de porcelana, cimentadas em dentina. Empregaram quarenta premolares humanos, cujas faces vestibular e lingual foram preparadas com término em cimento, sendo cada uma designada para um dos seis grupos de diferentes adesivos. Sobre a área designada para a adesão, foi cimentada a porcelana, previamente tratada com ácido e silano, com o cimento resinoso fotopolimerizável, Porcelite (Kerr). Os espécimes foram termociclados e a infiltração marginal avaliada mediante a penetração do corante a base de nitrato de prata. Após secção dos dentes a extensão da microinfiltração foi medida, e os valores analisados estatisticamente. Os resultados demonstraram que a infiltração foi maior na região cervical dos preparos, e que os adesivos

dentinários não foram capazes de reduzir a infiltração em veneers de porcelana cimentadas em margens em dentina.

Darr & Jacobsen<sup>24</sup>, em 1995, determinaram a eficiência e o grau de polimerização dos agentes para cimentação resinosos, quando polimerizados de acordo com as instruções dos fabricantes e com uma fonte de luz apropriada, e em condições onde a luz foi excluída e a polimerização baseada somente na reação química do produto. A medida da dureza foi utilizada com meio de avaliação da conversão do cimento. Os resultados indicaram que houve um rápido aumento em dureza imediatamente após a fotopolimerização, seguido de um aumento progressivo ao longo das 24h seguintes. Os espécimes não fotopolimerizados exibiram um aumento progressivo de dureza nas 24h, mas eram muito moles para serem testados após os 30min. iniciais. Os resultados sugerem que a formulação dos cimentos duais é um balanço entre altos níveis de conversão e a instabilidade de cor devido à degradação da amina, que é colocada em concentrações maiores pelos fabricantes, na tentativa de aumentar a polimerização do cimento em áreas de dificuldade de penetração de luz. Clinicamente podem haver áreas em regiões mais profundas da cavidade com pobre desempenho de polimerização.

Em 1995, Kitasako et al.<sup>56</sup> compararam os testes de resistência à tração e ao cisalhamento de cinco cimentos resinosos. Para avaliar os cimentos e os dois tipos de teste, empregaram discos de resina composta cimentadas ao esmalte e à dentina bovinos. Os dentes foram estocados em freezer antes de terem superfícies planas preparadas com lixa de granulação 1000. Sobre estas superfícies foram cimentados discos de resina composta, seguindo-se as instruções do fabricante de cada cimento empregado. Os testes de resistência mecânica foram realizados 24 horas após a cimentação e o tipo de fratura classificado visualmente e em MEV. Os resultados indicaram diferenças significantes entre os dois tipos de testes, para todos os cimentos quando a cimentação foi feita em esmalte, e para três cimentos quando em dentina. Os resultados do teste de cisalhamento foram sempre maiores. O tipo de fratura variou pouco na classificação visual, porém a morfologia apresentou diferenças consideráveis ao MEV.

McComb<sup>66</sup>, em 1996, relacionou as classes, os critérios e a técnica para emprego de cimentos adesivos. Citou que CIV convencionais lixiviam fluoretos e têm propriedades adesivas. Os CIV modificados por resina recentemente introduzidos têm uma resistência

adicional à dissolução e melhores atributos físicos e biológicos. Já os cimentos resinosos são mais difíceis de usar, mas têm capacidade adesiva substancialmente aumentada e são necessários para as restaurações em cerâmica. Além de descrever as propriedades pertinentes a cada classe de cimento, a autora fez também recomendações quanto ao uso clínico deles.

Patierno et al.<sup>85</sup>, em 1996, avaliaram a resistência adesiva de resina composta, à superfície interna cervical de dentina bovina, usando uma técnica direta e uma indireta, bem como, os períodos de estocagem de 24h e sete dias. Os canais radiculares foram alargados de forma padronizada, tratados com sistema adesivo e completos, com cimento dual e resina composta por técnica incremental (direta), ou com resina composta pré-polimerizada - tipo *inlay* (indireta). A resistência adesiva foi maior para o grupo realizado com técnica indireta ( $8,5\pm 2,7\text{MPa}$ ) do que para aquele com técnica direta ( $5,0\pm 1,9\text{MPa}$ ). A M.E.V. revelou que a técnica indireta forneceu maior densidade e comprimento dos *tags* de resina. Concluíram os autores que a técnica indireta promoveu um aumento na retenção de resinas compostas em dentes tratados endodonticamente.

O objetivo de Sorensen & Munksgaard<sup>103</sup>, em 1996, foi determinar a extensão da redução ou mesmo a eliminação das fendas na interface dentina/cimento/porcelana causada por diferentes sistemas de adesivos dentinários (DBAs). Superfícies planas foram preparadas em molares humanos até a exposição da dentina. Sobre estas superfícies foram feitos preparos cilíndricos, onde foram cimentadas as restaurações de porcelana. A superfície destas restaurações foi previamente tratada com ácido hidrófluorídrico (3min), lavadas, secas, acidificadas com ácido fosfórico e silanizadas. Para cada grupo de seis dentes foi aplicado um DBA na dentina e empregado um cimento dual. Após estocagem em água por três dias, os espécimes foram seccionados e observados em microscópio (800x). A espessura da linha de cimentação, assim como a presença, localização e extensão das fendas foram determinadas. Não foram observadas fendas entre o cimento e a porcelana. Os resultados indicaram que nenhum DBA foi capaz de eliminar as fendas causadas pela contração de polimerização, entre o cimento e a dentina.

Guzman et al.<sup>45</sup>, em 1997, investigaram o efeito da fenda marginal, do cimento e do material restaurador na resistência ao desgaste dos cimentos, onde carga oclusal está presente. Três tipos de

cimentos resinosos e um CIV modificado por resina foram utilizados com *inlays* em porcelana e em resina composta. Dentes bovinos, abrasão com escova dental e fendas marginais pré-determinadas de 240, 150 e 60 $\mu$ m foram as condições experimentais estudadas. Com relação aos cimentos, o desgaste vertical aumentou linearmente com o tamanho da fenda, independentemente do cimento empregado. O CIV modificado mostrou o menor desgaste para todas as variáveis consideradas.

Chang et al.<sup>17</sup>, em 1998, verificaram que os cimentos duais têm sido usados com as restaurações de porcelana mas que a resistência à tração destes materiais ainda não foi completamente pesquisada. Com isso decidiram comparar a resistência à tração entre a cerâmica Dicor e o esmalte, quando utilizados quatro cimentos de dupla polimerização (dual): Twinlook, Optec Dual-Cure Luting Cement, Clearfil CR Inlay e Dual Cement. Cones de cerâmica foram cimentados ao esmalte de 32 dentes anteriores recém-extraídos com um dos quatro tipos de cimento. Após a cimentação os espécimes foram imersos em água 37<sup>0</sup>C por 24h, termociclados (mil ciclos completos) e a seguir testados em tração em máquina de ensaios Instron . Os resultados mostraram os maiores valores de resistência à

tração para o cimento Clearfil CR Inlay (18,4MPa) , com os demais cimentos variando entre 14 e 18MPa. As fraturas foram adesivas na interface cerâmica/cimento.

Em 1998, Christensen<sup>22</sup>, analisou os tipos de cimento resinosos disponíveis para a cimentação de coroas de porcelana, considerando que a maioria destes cimentos são versões mais fluidas e finas das resinas compostas para restaurações. Estes cimentos são insolúveis nos fluidos bucais e se unem bem à estrutura dental, à porcelana e aos polímeros. Classificou os em de auto, foto e dupla polimerização. Colocou que as pesquisas mostram que os cimentos resinosos de dupla polimerização não atingidos pela luz, nunca são completamente polimerizados como os auto polimerizáveis, não devendo ser utilizados em regiões nas quais a luz é incapaz de atingir. Como características negativas destes cimentos citou a ocorrência da uma camada externa de inibição da polimerização pelo oxigênio, acrescentando que agentes inibidores do oxigênio devem ser usados nos limites das restaurações.

Em 1998, Milleding et al.<sup>71</sup>, verificaram as mudanças na microdureza e na rugosidade de superfície de cimentos resinosos duas após a estocagem em água por diferentes períodos. Trabalharam com

o cimento Variolink (Vivadent), com alta e baixa viscosidades, que foram estocados secos ou em água por um a sessenta dias. As medidas de microdureza e de rugosidade foram feitas após um, sete e sessenta dias de estocagem. Verificaram que, apesar das interações complicarem a interpretação dos resultados encontrados, os espécimes estocados em água apresentaram uma microdureza significativamente menor que a apresentada pelos espécimes estocados secos, em todos os intervalos de tempo observados. Os espécimes confeccionados com o cimento de alta dureza apresentaram uma microdureza maior quando comparados aos de baixa dureza. Verificaram também um aumento nesta microdureza, exceto para o cimento de baixa viscosidade, após os sessenta dias, o que foi atribuído aos efeitos do processo químico de pós-polimerização. A análise profilométrica revelou um aumento na rugosidade de superfície destes cimentos com o passar do tempo, o que foi atribuído a uma possível deterioração da superfície da matriz resinosa.

Sjögren et al.<sup>100</sup>, em 1998, publicaram uma avaliação clínica longitudinal de cinco anos de *inlays* cerâmicos, cimentados com cimentos resinosos de polimerização dual e química. Foram feitas 62 *inlays* classe II, que foram cimentadas em 27 pacientes com os

cimentos, Vita Cerec Duo Cement (Coltene) representando o cimento dual; e Cavex Clearfil F2 (Cavex), como o quimicamente ativado. Após cinco anos 85% das restaurações foram consideradas satisfatórias. Durante este período três *inlays* necessitaram ser repostas, sendo todas do grupo do cimento dual. Integridade de margem excelente foi atribuída à 61% dos *inlays* cimentados com o cimento quimicamente ativado e à 52% dos cimentados com o cimento dual, porém a diferença entre estes dois cimentos não foi considerada estatisticamente significativa.

Saboia et al.<sup>93</sup>, em 1999, avaliaram a formação de *tags* em dentina em função da polimerização do adesivo. Para isso, terceiros molares inclusos e recém-extraídos foram desgastados em sua superfície oclusal até se atingir dentina. Foram obtidos discos de dentina, que foram seccionados no sentido vestibulo-lingual. Em cada fragmento foi cimentado um cilindro de resina, pré-polimerizado, utilizando-se duas técnicas distintas: adesivo polimerizado antes da cimentação e adesivo polimerizado junto com o cimento resinoso. O objetivo foi o de avaliar se a polimerização prévia do adesivo tinha influência na formação dos *tags* em dentina. Os autores verificaram que se formaram *tags* menores, quando o adesivo foi polimerizado

antes do cimento. Concluíram que isso provavelmente se deveu à formação de uma barreira de adesivo pré-polimerizado, que poderia anular as forças hidráulicas desenvolvidas durante a cimentação.

### 3.3 Cimentação

Em 1991, Davidson et al.<sup>26</sup>, monitoraram o desenvolvimento de estresse de contração de polimerização em um cimento de ionômero de vidro (Fuji I, GC Corp.) e um de BIS-GMA (Panavia EX, Kuraray Co.) para a cimentação adesiva com película de cimentação variando de 30 à 200 $\mu$ m. Foram confeccionados discos de ambos os cimentos, para a verificação da contração de polimerização destes cimentos, e a sua adesão à dentina foi também medida. Todas as regiões fraturadas foram observadas em estereomicroscópio. A natureza e magnitude do desenvolvimento do estresse dependeu grandemente da formulação e da espessura da película de cimentação. Quanto mais espessa esta película, mais rápido foi o desenvolvimento do estresse no CIV e mais lento no cimento resinoso. Os autores concluíram que o estresse tem efeito deletério na união coesiva do CIV e na união adesiva do cimento resinoso.

Em 1991, Van Noort et al.<sup>117</sup>, estudaram a influência da geometria interfacial na resistência adesiva da dentina, devido a modificações no estresse localizado na interface adesivo/dentina. A resistência à tração dos espécimes com e sem pequeno excesso de adesivo, foi medida e comparada com a distribuição do estresse na interface adesiva, através de análise por elemento finito. Os resultados mostraram que quando o adesivo ficou restrito à interface, a resistência à tração foi da ordem de 3,10MPa, a qual aumentou para 6,9MPa quando um pequeno excesso de adesivo estava presente. Os autores concluíram que a extensão do adesivo além dos limites da interface, resultarão em valores altos de resistência adesiva artificiais.

Swift Junior et al.<sup>106</sup>, em 1992, avaliaram a união de resina composta polimerizada extra-bucalmente, ao esmalte após tratamento de sua superfície interna com ácido fluorídrico, microabrasão com jato de óxido de alumínio ou silanização; e a combinação das três técnicas. Os melhores resultados obtidos foram com a microabrasão seguida de silanização. O condicionamento com ácido hidrófluorídrico diminuiu a resistência obtida previamente com a microabrasão. Os piores resultados foram encontrados para o ácido

hidrofluorídrico sozinho, com fraturas adesivas entre a resina composta indireta e o cimento resinoso.

Tratamento da superfície de união também foi objeto de estudo de Suliman et al.<sup>104</sup>, em 1993. Os autores avaliaram reparos em porcelana com o emprego de vários tratamentos de superfície e resinas adesivas hidrofílicas. Foram confeccionados sessenta botões de cerâmica (1cm/0,5cm), que receberam polimento com lixas 400 e 600 antes de sua inclusão em um anel com gesso pedra. As superfícies da porcelana receberam tratamentos com: abrasão com ar, asperização com ponta diamantada, condicionamento com ácido fluorídrico 9,6%, e uma combinação dos dois últimos métodos. Um agente silano foi então aplicado sobre a superfície da porcelana, e um dos seguintes sistemas adesivos empregados antes da resina composta: All-Bond 2 (Bisco), Amalgambond (Parkell) e Clearfil Porcelain Bond (Kuraray). Testes de resistência ao cisalhamento foram aplicados em uma máquina de testes universal. O tratamento de superfície da porcelana considerado mais efetivo, foi a combinação da asperização com ponta diamantada e o condicionamento com ácido fluorídrico, mas que não foi significativamente diferente dos demais tratamentos.

Al-Fawaz et al.<sup>2</sup>, em 1993, examinaram a hipótese de que os componentes dos cimentos de coroas sejam forçados através da dentina condicionada durante a cimentação. Para a comprovação desta hipótese, selecionaram 13 terceiros molares humanos recém-extraídos para receberem preparos para coroas totais. As raízes foram removidas para permitir a irrigação do canal e câmara pulpar com solução salina antes, durante, e após a cimentação da coroa com cimento resinoso e adesivo dentinário. Amostras da solução salina foram coletadas e analisadas através de cromatografia de alta resolução para identificar e quantificar os componentes da resina que tivessem atingido a câmara pulpar. Os achados demonstraram que dois componentes do sistema adesivo/cimento foram identificados no espaço pulpar imediatamente após a cimentação, que foram: 2,2-bis[4-(2-hidroxi-3-metacriloyloxi)propoxi]fenil]propano. A quantidade destes componentes no espaço pulpar diminuiu quando o agente de união foi polimerizado antes da cimentação da coroa. Portanto, os resultados deste estudo suportam a hipótese de que os componentes dos sistema adesivos podem fluir através da dos canalículos da dentina condicionada durante a cimentação de coroas protéticas.

Wilson<sup>123</sup>, em 1993, usou um aparelho projetado para simular a cimentação com cimento fosfato de zinco. O espaço entre o modelo e a coroa foi variado, assim como a força de cimentação. O autor verificou que com o aumento da força de cimentação houve um aumento na deformação da coroa e um decréscimo no tempo de assentamento. A combinação de um aumento no espaço do cimento e uma baixa força de assentamento permitem adaptação rápida e completa, com pouca deformação.

Scherrer et al.<sup>96</sup>, em 1994, pretenderam avaliar a questão da interferência da espessura do filme de cimento na resistência compressiva de coroas totalmente cerâmicas. Foram confeccionados blocos de cerâmica e de resina composta (12,5/12,5/2cm) que foram cimentados entre si com: cimento fosfato de zinco e cimento resinoso. A espessura do filme de cimento variou entre 25 $\mu$ m e 300 $\mu$ m. Estas variações foram obtidas através de alterações na espessura ou quantidade de cimento e na pressão exercida sobre o conjunto no ato da cimentação. Através de uma máquina universal de testes foram aplicadas cargas compressivas, utilizando-se para tal uma bola de aço posicionada no centro do bloco de cerâmica cimentado. Os resultados mostraram que o efeito da espessura do filme de cimento na

resistência à fratura de restaurações cerâmicas pode ser desconsiderado se esta espessura permanecer abaixo de  $300\mu\text{m}$ . na superfície oclusal. A resistência à fratura quando empregado o cimento resinoso foi 75% maior que quando empregado o cimento fosfato de zinco.

Nikaido et al.<sup>79</sup>, em 1996, testaram o efeito da abrasão a ar com óxido de alumínio e pérolas de vidro, no esmalte e dentina, quando posteriormente a este substrato foi unida resina composta. Para este propósito superfícies planas foram confeccionadas em dentes bovinos em esmalte e dentina. O teste mecânico empregado foi o de tração e observações em MEV das superfícies abrasionadas foram realizadas, assim como das superfícies fraturadas e das interfaces dos espécimes. Os autores observaram que a abrasão faz decrescer a adesão ao esmalte, porém este decréscimo não se observou na dentina.

A proposta deste estudo feito por Wilson<sup>124</sup>, em 1996, foi a de determinar o efeito de várias forças de cimentação, da criação de um canal de escape para o cimento e do tipo de cimento na adaptação marginal de coroas totais. Um espaço padrão para o cimento foi determinado em  $40\mu\text{m}$  e foi criado entre uma coroa de ouro e um modelo de aço inoxidável. Uma abertura oclusal para escape do

cimento, que podia ser aberta e fechada fio acrescentada. A elevação ou desadaptação da coroa foi medida após a cimentação das peças entre si com CIV para cimentação. Os autores puderam concluir que a força requerida para permitir um assentamento máximo de coroas fundidas parece ser dependente do tipo de cimento utilizado.

Hummel et al.<sup>51</sup>, em 1997, conduziram um estudo para comparar os efeitos da combinação de ácido fosfórico e fluorídrico com o da microabrasão no tratamento pré-cimentação. Nove espécimes de resina composta foram preparados para simular as restaurações indiretas polimerizadas pelo calor. A superfície destes espécimes foram tratadas com um dos agentes citados. Cimentos resinosos foram usados para cimentar discos da resina P50, cuja superfície havia sido tratada com ácido fosfórico. Os espécimes foram estocados por quatro semanas e o teste de resistência ao cisalhamento realizado. Os resultados encontrados mostraram que os tratamentos prévios em estudo não alteraram a força de união entre os materiais. As resinas híbridas apresentaram maior força de adesão com o condicionamento com ácido fosfórico. As conclusões obtidas foram que o condicionamento das superfícies das resinas com ácido fluorídrico tem um efeito deletério sobre as mesmas.

Em 1997, Versluis et al.<sup>118</sup>, discutiram a veracidade dos testes adesivos com fraturas coesivas de dentina. Testaram a hipótese de que altos níveis de estresse iniciam trincas na dentina, deixando a interface da adesão sem ser testada, através de um programa de elemento finito. Todas as variáveis familiares na adesão à dentina foram incluídas na simulação. Em paralelo, um teste experimental de adesão dentinária foi realizado, e as superfícies fraturadas observadas em MEV, para determinar o modo de fratura. A simulação confirmou a hipótese testada e que a fratura coesiva de dentina era parcialmente devido à biomecânica do teste e não significava necessariamente um alto valor de resistência adesiva.

Troedson & Dérand<sup>112</sup>, em 1998, realizaram um estudo de elemento finito, para investigar o estresse desenvolvido pelo cisalhamento na camada de resina composta e do esmalte sob veneers de porcelana. O estresse máximo de cisalhamento foi calculado em várias condições, considerando o ângulo de aplicação da carga, a extensão da laminação e o formato cervical. Os resultados do estudo foram que o estresse máximo desenvolvido no cisalhamento não ultrapassou o da desunião, mas grandes diferenças foram encontradas para os diferentes ângulos de aplicação da carga. A magnitude do

estresse de cisalhamento aumentou com o ângulo de aplicação da carga, sendo maior quando esta foi aplicada em um ângulo de 30°. Em situações clínicas, onde a borda incisal recebe carga em uma direção desfavorável durante a mastigação, existe um risco de fratura devido à sobrecarga. Verificaram também que o estresse na camada de cimento, se concentrava em determinadas regiões, principalmente no término cervical.

#### **2.4 Porcelana e resina composta**

Nos ateremos aqui a tecer comentários sobre os relatos da literatura acerca destas restaurações estéticas.

Dietschi et al.<sup>31</sup>, em 1990, verificaram a resistência à fratura de *inlays* em porcelana. Molares humanos extraídos foram restaurados com diferentes tipos de porcelana e cimentados com CIV e cimento resinoso. Forças de compressão foram aplicadas aos espécimes até que se fraturassem e a micromorfologia das superfícies fraturadas foi estudada. Os *inlays* confeccionados com Vitadur N com óxido de alumínio e cimentados com cimento resinoso demonstraram

a ser a combinação mais resistente, mas esta ainda foi considerada baixa quando comparada à resistência do dente intacto. A extensão da fratura aumentou com a resistência do dente. As observações em MEV, confirmaram a efetividade da adesão entre a resina composta e a superfície condicionada da porcelana e a ausência de suficiente interação micromecânica entre a porcelana e o CIV.

Donovan & Kahn<sup>34</sup>, em 1990, avaliaram as opções para as restaurações em dentes posteriores, discutindo principalmente as vantagens e desvantagens das novas alternativas estéticas, sobre as mais tradicionais. As restaurações indiretas em resina composta envolvem resinas híbridas ou de micropartículas com alto teor de carga, que são polimerizadas sob a ação do calor, melhorando assim seu potencial de desgaste. As suas vantagens sobre as resinas compostas executadas diretamente na cavidade bucal, são; estética, boa integridade marginal, melhor contorno próxima e ausência dos efeitos deletérios da contração de polimerização. Segundo os autores as desvantagens desta técnica residem na falta de documentação sobre o selamento marginal na região cervical e o maior custo clínico. Com relação às restaurações de porcelana, as vantagens residem na ótima condição estética e de desgaste. Já as desvantagens se manifestam no

potencial de fratura, na dificuldade técnica de confecção de restaurações bem adaptadas, e na ausência de documentos acerca do selamento cervical e desempenho clínico a longo prazo. A grande vantagem destas restaurações está no potencial de reforço do complexo dente/restauração.

Lu et al.<sup>64</sup>, em 1992, investigaram a interface resina composta/porcelana, quando discos de porcelana e resina cimentados entre si foram submetidos a testes de cisalhamento. As superfícies de porcelana foram tratadas com ácido hidrófluorídrico e/ou um dos agentes silano, e um dos dois tipos de cimento resinoso foi usado (Porcelite, Kerr e Silux diluída com uma gota de Scotchbond, 3M). Os resultados mostraram que após sete dias de estocagem, a força de união entre os espécimes que tinham recebido tratamento da superfície da porcelana, era maior que a força coesiva da própria porcelana. A resina diluída apresentou desempenho igual ao do cimento comercial, e o silano teve influência significativa na adesão.

Van Meerbeek et al.<sup>116</sup>, em 1992, investigaram a qualidade da margem de quatro sistemas de restaurações indiretas da cor do dente, usando análise de margem computadorizada quantitativa. Foram confeccionadas 32 restaurações Classe II em

premolares, feitas com diferentes tipos de materiais: Sistema Cerec (Siemens), o Dicor MGC (Vita) e o sistema indireto para *inlays* P-50 (3M). Cada restauração foi cimentada com seu respectivo agente de cimentação. Para a cimentação, as superfícies das porcelanas foram tratadas com ácido fluorídrico e silanizadas e as de dentais com ácido fosfórico 37% e sistema adesivo. No ato da cimentação, as restaurações foram mantidas em posição sob uma força moderada. A análise das margens foi feita imediatamente e após seis meses, através de modelos analisados em MEV. Os resultados mostraram que os *inlays* mostraram boa adaptação inicial, mas que após seis meses em função todos os cimentos apresentaram severo desgaste.

Donovan & Chee<sup>33</sup>, em 1993, discutiram as vantagens e desvantagens das porcelanas cimentadas adesivamente. Citam que as porcelanas devem ser empregadas em casos cuidadosamente selecionados, pois tem pobre resistência à compressão, e pode fraturar se a sua espessura não for adequada. Apesar de existir um excelente potencial na obtenção de um selamento marginal, isto está na dependência de interações complexas de um número de materiais e substratos, os quais ainda não são totalmente compreendidos. A adaptação destas restaurações tem um papel importante, pois a sua

precisão limita a espessura do agente cimentante, que pode em determinados locais como dentina, cimento, ou esmalte aprismático, superar a força de união criada entre estes cimentos e a estrutura dentária.

Em um outro estudo Krejci et al.<sup>57</sup>, em 1993, compararam a adaptação de restaurações em porcelana feitas através do sistema CAD/CAM (CEREC<Vita) e em laboratório protético (Dicor e Dicor MGC). Seis preparos padrão MOD, com uma margem cervical em dentina e a outra em esmalte foram feitos para cada tipo de *inlay*. A porcelana foi tratada com ácido fluorídrico e/ou fosfórico e silanizada; enquanto que os preparos receberam uma fina camada de adesivo e um cimento resinoso dual (Dentsply). Os dentes restaurados foram submetidos a cargas oclusais cíclicas, ciclagem térmica, abrsão por escova e pasta dental e degradação química *in vitro*. As condições experimentais simularam desempenho clínico por 0, 5, 1, 2, 7 e 5 anos. A adaptação marginal foi quantificada ao longo de todas as margens das restaurações. Os resultados obtidos pelos autores mostravam uma excelente adaptação marginal em esmalte para todos os grupos. Após as simulações de estresse físico, mecânico e térmico,

discrepâncias marginais foram encontradas para todos os grupos, com uma grande porcentagem de fendas marginais cervicais.

Burke & Watts<sup>8</sup>, em 1994, verificaram a resistência à fratura de dentes restaurados com coroas totais de porcelana. Selecionaram trinta premolares, que foram divididos em três grupos; dois dos quais receberam preparos para coroas totais com angulações diferentes, e o terceiro formou o grupo controle. Nestes dentes preparados foram a cimentadas coroas totais de porcelana com o cimento resinoso fotoativado Mirage FLC (Chameleon Dental). Os testes de resistência à fratura foram realizados em máquina universal de testes, com a aplicação de carga de compressão à velocidade de 1mm/min. Os valores médios de resistência à fratura encontrados foram de 0,77 kN (6<sup>0</sup>) e 0,71kN (8<sup>0</sup>) para os dentes com as coroas de porcelana cimentadas e de 0,97 kN para o grupo controle. A análise estatística demonstrou não haver diferença significativa entre o grupo com preparos com ângulo de 6<sup>0</sup> e os dentes íntegros, quanto à resistência destes à compressão.

Höglund Albert et al.<sup>50</sup>, em 1994, consideraram ser os *inlays* cerâmicos uma alternativa para as resinas composta diretas nos dentes posteriores devido à contração de polimerização ocorrida

quando estes materiais são empregados. Acreditam que uma fina camada de cimento reduziria a contração e resultaria provavelmente em uma melhor adaptação marginal acompanhada de menor infiltração. Testaram, portanto, 118 *inlays* de porcelana feldspática (Mirage, Chameleon Dental Products), que foram colocadas em cavidades classe II de premolares e molares. Cada paciente recebeu de dois a quatro *inlays*, cimentadas metade com um cimento resinoso dual (Mirage), e a outra metade com um cimento de ionômero de vidro (Fuji I). A maioria das margens proximais cervicais estavam localizadas subgengivalmente. Durante um período de três anos estes *inlays* foram examinados, sendo 11 consideradas com não aceitáveis: dois no grupo do cimento resinoso e nove no grupo do cimento de ionômero de vidro, das quais quatro se perderam e cinco se fraturaram parcialmente deixando o cimento sobre a superfície do dente. Os autores concluíram que são necessários períodos maiores de avaliação da capacidade de selamento promovida pelos cimentos resinosos duais, pois estes cimentos apresentam limitações, não polimerizando completamente só pelos meios químicos. O efeito da fonte de luz alcança uma certa profundidade, o que não pode ser compensado por um aumento no tempo de exposição à luz do fotopolimerizador.

Sugeriram também que o uso de cimentos resinosos autopolimerizáveis ou talvez o laser possam sobrepor esta restrição na profundidade de polimerização, e que o uso destes cimentos levaria também a uma redução na contração de polimerização, resultando em melhor adaptação marginal.

O objetivo do estudo desenvolvido por Reinhardt et al.<sup>88</sup>, em 1994, foi o de comparar as propriedades mecânicas específicas de cinco tipos de resina composta processadas em laboratório e indicadas para uso em dentes posteriores. Em uma primeira etapa dez espécimes de cada tipo de resina foram confeccionados e testados quanto à resistência à flexão. Determinou-se a dureza Knoop e o módulo de elasticidade. Os autores verificaram diferenças significantes com relação aos quesitos avaliados, sendo os índices maiores para os produtos com maior quantidade de carga.

Burke et al.<sup>10</sup>, em 1995, trataram de coroa puras de porcelana aderidas à dentina através de cimentos resinosos de dupla polimerização. Os autores citaram que a restauração final resulta de um sinergismo da união de várias partes que compõem o conjunto: o dente, a restauração de porcelana condicionada e o cimento resinoso. Estas restaurações em porcelana aderidas à dentina têm boa

compatibilidade com o tecido gengival e um potencial para serem usadas em preparos conservadores. Dentre as contra-indicações, estão: margens subgengivais, interferências oclusais extremas e substrato dentário insuficiente para a adesão. Entretanto os autores, ainda consideram que a longevidade destas restaurações é desconhecida, devido à ausência de dados clínicos de longa data.

Gladys et al.<sup>41</sup>, em 1995, avaliaram a qualidade marginal de *inlays* realizados com materiais da cor dos dentes, após três anos em uso, submetendo-os à análise marginal semiquantitativa em MEV. Os dentes selecionados para receberem as restaurações foram divididos em quatro grupos; dos quais, três grupos receberam *inlays* de três tipos diferentes de porcelana e um grupo de uma resina composta indireta experimental. Cada grupo de *inlays* foi cimentado com um tipo diferente de cimento resinoso dual ( Dicor MG Luting Composite, Microfill Pontic C, Cerec-Coltène Duo Cement experimental e 3M Luting Composite experimental) . A avaliação clínica foi feita por dois profissionais com espelho e explorador e modelos foram confeccionados para avaliação da interface dente/*inlay* em MEV. Os resultados das observações demonstraram que após três anos estas restaurações estavam clinicamente aceitáveis. Em MEV foi

verificado um alto índice de discrepância marginal, sugerindo que os cimentos sofreram desgaste. Os autores concluíram que os materiais estudados tiveram um comportamento clínico semelhante e que o desgaste dos cimentos resinosos é importante e presente em todos os cimentos utilizados.

Michelini et al.<sup>69</sup>, em 1995, realizaram um estudo, *in vitro*, para comparar a resistência à tração de *inlays* em ouro e em porcelana, confeccionados em cavidades standard, preparadas em terceiros molares. Para a cimentação destes *inlays* foram empregados três cimentos: fosfato de zinco, CIV, e resinoso. Os *inlays* em ouro foram cimentados com o cimento fosfato de zinco ou com o CIV para cimentação (Aqua Cem, Dentsply); e os *inlays* de porcelana foram cimentados com o CIV ou com o cimento resinoso (Dicor LAC). Os *inlays* em ouro não receberam nenhum tratamento quando cimentados com cimento fosfato e foram jateados e receberam a aplicação de uma camada de óxido de alumínio, quando cimentados com o CIV. O tratamento recebido pelos *inlays* de porcelana foi a aplicação de ácido e silano quando cimentados com o cimento resinoso, e nenhum tratamento quando cimentados com o CIV. A análise estatística dos resultados dos testes de tração mostrou que não houveram diferenças

significantes quando o cimento empregado foi o fosfato de zinco ou o CIV, porém a porcelana cimentada com o cimento resinoso apresentou resistência à tração duas ou três vezes maior que a oferecida pelos *inlays* de ouro.

Milleding et al.<sup>70</sup>, em 1995, através de questionários, avaliaram a frequência e o caráter das complicações relacionadas com as restaurações em porcelana. A maioria dos profissionais realizava entre uma e dez restaurações por mês, usando diversos tipos de porcelana. Oitenta e cinco por cento (85%) dos dentistas observaram complicações relacionadas com estas restaurações, das quais a sensibilidade pós cimentação era a mais frequente (15%), porém de natureza transitória.

Em 1995, Wassel et al.<sup>119</sup>, acompanharam durante três anos o desempenho de 71 pares de restaurações em resina composta híbrida direta e indireta. As avaliações semestrais demonstraram um desgaste significativamente menor para as restaurações indiretas. Entretanto, segundo os autores, a colocação de uma restauração indireta necessitou de um maior tempo de trabalho e apresentou sensibilidade pós operatória semelhante às restaurações convencionais. O contorno oclusal e proximal foi facilitado nas restaurações indiretas. O autores

concluíram que o desempenho das restaurações diretas e indiretas, mostrou pequenas diferenças após três anos.

Kupiec et al.<sup>58</sup>, em 1996, avaliaram em um estudo laboratorial, vários tratamentos de superfície da porcelana associados ao emprego do sistema adesivo ProBond. Foram utilizados três procedimentos diferentes para o preparo da porcelana: (a) jato de óxido de alumínio (50 $\mu$ m); (b) ácido hidrofúorídrico 8%; (c) jato de óxido de alumínio e ácido hidrofúorídrico. Um total de 480 disco de porcelana foram então divididos em oito grupo de sessenta espécimes cada, onde foram aplicados um ou mais componetes do sistema adesivo (silano, *primer* e adesivo, juntos ou alternadamente), após terem sido subdivididos em grupos de 20, que receberam um dos três tratamentos. A resina composta Prisma TPH (Caulk/Dentsply) foi então unida a estas superfícies. A resistência ao cisalhamento foi determinada com um máquina de teste Instron, após estocagem em água à 37<sup>0</sup>C, por 24h, e após três meses com termociclagem. Os resultados indicaram que a melhor combinação foi a do jato de óxido de alumínio associado à aplicação do ácido hidrofúorídrico. Este estudo também indicou que a silanização da porcelana é crítica no desenvolvimento de uma adesão adequada à resina composta.

Uma avaliação do desempenho clínico de 145 restaurações em cerâmica (Optec), por três anos, foi realizada por Molin & Karsson<sup>74</sup>, em 1996. Estas restaurações foram colocadas em indivíduos de ambos os sexos, em dente molares e premolares, sendo 12 Classe I e 135 Classe II. Todas foram cimentadas com cimento resinoso de dupla cura. Em uma média de 26,4 meses, 18 restaurações Classe II se fraturaram. A maior diferença encontrada entre as avaliações iniciais e final, foi na adaptação das margens. Evidência de desadaptação ao longo das margens aumentou em 50% entre as duas avaliações, e uma aparente descoloração da margem entre a estrutura dental e a restauração foi observada em 73% dos casos no segundo exame, comparado à 7% no primeiro. Porém nenhuma das restaurações apresentou-se inaceitável quanto à integridade marginal.

Em 1996, Serra et al.<sup>97</sup>, avaliaram o desempenho das incrustações de compósitos, ou seja, as restaurações polimerizadas extra-oralmente, através de luz e/ou calor e cimentadas com cimentos adesivos. Os preparos cavitários para estas restaurações, apesar de serem determinados por alguns princípios, ainda não têm sido tão estudados quanto os preparos para as restaurações diretas de resina composta. Os autores contra indicam estas restaurações para cavidades

com término cervical abaixo da junção cimento/esmalte, pela possível falha no selamento marginal, devido à diferença entre o coeficiente de expansão térmica deste material e o dente. Estas restaurações são cimentadas com cimentos resinosos de dupla polimerização. Entretanto, narram que ao contrário da resina composta usada na incrustação, os cimentos resinosos não se polimerizam totalmente, o que pode levar a um desgaste desta material e valamento das margens.

Leinfelder<sup>62</sup>, em 1997, discutiu os avanços no desenvolvimento de polímeros que possam substituir os materiais cerâmicos das restaurações das superfícies oclusais, e a possibilidade de substituição do amálgama, baseado nesta nova tecnologia. Dentro desse grupo o autor cita o Artglass (Kulzer), como um polímero dental não convencional, disponível no mercado desde 1995. É geralmente empregado em *inlays/onlays*, e mais resistente ao desgaste que as resinas compostas convencionais.

Menezes & Muench<sup>68</sup>, em 1997, determinaram o número de radicais livres de resinas compostas, por meio de ressonância paramagnética eletrônica, e sua correlação com a microdureza Knoop. Utilizaram as cores A2 e B2 da resina Z100 (3M); XL e U da Silux (3M); e 20 e 30 da Heliomolar RO (Vivadent). Todas as amostras

tinham 2,5 de diâmetro e 2,0 de altura. Para os ensaios de radicais livres as resinas foram ativadas com intensidades de luz de 110, 180, 300 e 580 mW/cm<sup>2</sup> durante tempos de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, e 90 s. Para determinar a dureza das amostras, nos lados da frente e dos fundos, nas idades de 5min, 1h, um dia, uma semana e um mês, usou-se somente as cores mais claras com intensidades de 110 e 300 mW/cm<sup>2</sup> e tempos de 20, 40, 60 e 80s. As análises de variância dos números de radicais livres mostram significâncias para cor, intensidade e tempo com todos os materiais. Foram feitas correlações para lados e idade e não encontrou-se significância para a Z100, mas para as resinas Silux e Heliomolar. Os autores concluíram, que no que se refere à dureza, uma resina rica em radicais livres é menos sensível às variações de intensidade e tempo de ativação. A polimerização continua até pelo menos trinta dias após cessado o estímulo luminoso.

Touati & Aidan<sup>111</sup>, em 1997, publicaram uma avaliação das resinas compostas para restaurações indiretas, avaliando suas propriedades físico-mecânicas. Comentaram que atualmente contamos com resinas para laboratório de segunda geração, como o Artglass (Kulzer), assim denominadas pela sua composição; pois são resinas compostas microhíbridas, com alta densidade de partículas de carga de

cerâmica, sendo por isso denominadas de polímeros cerâmicos ou de vidro. São indicadas para a restaurações indiretas estéticas, promovendo um bom padrão estético e apresentando uma resistência flexural (120-150MPa) maior que a da porcelana feldspática (65MPa), com a vantagem de serem mais resilientes. Porém, na opinião dos autores, este material se mostra promissor, mas ainda é necessária a comprovação de um bom desempenho por longos na cavidade bucal.

Uno et al.<sup>113</sup>, em 1997, realizaram um estudo laboratorial com a proposta de investigar a resistência da união de quarenta discos de porcelana ao esmalte e dentina, com o adesivo dentinário Gluma CPS (Bayer) e o cimento resinoso Variolink (Ivoclar), e de estudar a capacidade de selamento de laminados de porcelana retidos adesivamente, confeccionados em dentes extraídos. Os discos de porcelana previamente condicionados e tratados com agente silano, foram cimentados em superfícies planas de esmalte e dentina, preparadas em premolares e molares. Durante o procedimento de cimentação estes discos foram estabilizados para manter uma camada de cimento de 100µm. Imediatamente após a fotopolimerização do cimento, vinte espécimes, dez deles em esmalte e dez em dentina, foram imersos em água à 37<sup>0</sup>C por 24h e testados quanto a resistência

da união às forças de cisalhamento, enquanto que outros vinte espécimes foram submetidos a 1500 ciclos térmicos antes de serem testados. Os dados obtidos com valores médios de resistência ao cisalhamento após termociclagem de 23,7MPa ao esmalte e de 13,5MPa à dentina, foram estatisticamente avaliados e o modo de fratura analisado em estereomicroscópio. Os resultados permitiram concluir que a termociclagem não afetou a resistência da união ao esmalte ou à dentina; e que após a termociclagem predominou a fratura coesiva do cimento, enquanto que antes as fraturas foram preferencialmente do tipo mista.

Em um estudo complementar, Burke & Watts<sup>9</sup>, em 1998, investigaram o efeito de diferentes combinações de adesivos e sistemas de cimentação na resistência à fratura de coroas totais de porcelana cimentadas em dentina. Para tal, selecionaram cinco grupos de dez dentes premolares cada, nos quais foram confeccionados preparos padronizados. Estes foram moldados e coroas totais em porcelana (Mirage Porcelain, Chameleon Dental) confeccionadas sobre os modelos de referência. A face interna dessa coroas foi condicionada com ácido hidrófluorídrico, e as coroas cimentadas com uma das seguintes combinações de adesivos dentinários e cimentos

resinosos: grupo A, Mirage ABC e Mirage FLC; grupo B, material de cimentação Metabond; grupo C, All-Bond 2 e Duo-link; grupo D, Scotchbond MP Plus e 3M Indirect Porcelain Bonding; e, grupo E, All-Bond 2 e 3M Indirect Porcelain Bonding. Para todos os corpos de prova, os excessos de cimento foram removidos com pequenas esponjas. Nos grupos A, B, C e E o cimento foi fotopolimerizado por 40s, em todas as direções, mesial, distal, lingual, vestibular e oclusal. Foram então armazenados em água, à temperatura ambiente por 24h, antes do teste de compressão em máquina de testes universal, à uma velocidade de 1mm/min. Os resultados demonstraram que a resistência à fratura dos dentes restaurados com as coroas de porcelana, cimentadas em dentina, em laboratório, foi dependente do adesivo dentinário e do cimento utilizado. Os valores médios de resistência à fratura para os grupos A, B e C (0,77, 0,81, 0,71kN) foram estatisticamente inferiores ao dos grupos D e E (1,24 e 1,03 kN). Os autores indicam que mais trabalhos sejam realizados com o intuito de elucidar a influência dos adesivos e dos cimentos na resistência à fratura.

Em 1998, Burke et al.<sup>11</sup>, descreveram o estatus atual das coroas cerâmicas aderidas à dentina. Mostrando que a vantagem

destas coroas estão no fato de que além de promoverem ótima estética e serem resistentes à fratura, podem ser usadas em situações de grande perda de tecido dental, pois o elemento essencial desta técnica é a possibilidade de união entre a superfície da cerâmica condicionada e silanizada, um agente cimentante dual, um sistema adesivo e a estrutura dental. Porém os autores concluíram que estes são apenas dados promissores, e que mais estudos acerca do desempenho deste procedimento são necessários.

Chadwick et al.<sup>15</sup>, em 1998, com o intuito de auxiliar na seleção de materiais pelo clínico, procuraram determinar e comparar a força de resistência ao cisalhamento entre uma resina composta fotoativada (Prisma TPH, Dentsply) e uma porcelana dental (Matchmaker Porcelain) quando empregado um dos três seguintes sistemas adesivos: Scotchbond Multi-Use Plus (SMP), One-Step (OS) e Dentastic (D). Foram fabricados vinte discos de porcelana para cada sistema adesivo. Estes discos tiveram uma de suas faces preparada para receber a resina composta, recebendo jato de óxido de alumínio (150 $\mu$ m), e um dos sistema adesivos conforme indicação do fabricante. Após uma semana de estocagem em água destilada à 37<sup>o</sup>C, os espécimes foram testados quanto à resistência oferecida ao

cisalhamento, em máquina universal de testes, à velocidade de 5mm/min. Apesar da média dos valores de resistência adesiva diferirem significativamente entre si e o valor atribuído ao SBMP ter sido estatisticamente menor que os dos outros dois sistemas adesivos empregados, a maioria das fraturas observadas fora coesivas da porcelana, sugerindo assim que o teste foi mais uma reflexão da qualidade da porcelana que da união propriamente dita. Os autores concluíram que o teste de resistência ao cisalhamento empregado neste estudo, em em outros estudos, não refletem a resistência ao cisalhamento na interface porcelana/resina composta e que um teste mais significativo deveria ser desenvolvido.

Chen et al.<sup>19</sup>, em 1998, avaliaram o efeito do condicionamento e silanização na resistência da união de uma resina composta (Clearfil APX) à porcelana feldspática (VMK68). Foram empregados dois ácidos hidrófluídricos (2,5% e 5%) e sete tempos diferentes de condicionamento da porcelana (0, 30, 60, 90, 120 150 e 180s), em 280 discos de porcelana. Um agente adesivo contendo silano autopolimerizável (Clearfil Porcelain Bond) foi aplicado nas superfícies tanto da porcelana condicionada quanto da não condicionada, seguido da confecção sobre estas superfícies de um

cilindro da resina composta selecionada. Após 30min, os espécimes foram estocados em água à 37°C por 24h, e a seguir testados em máquina universal de testes. Os padrões obtidos de condicionamento foram observados em MEV. As micrografias revelaram padrões mais intensos de condicionamento com o aumento do tempo. Os resultados do teste de cisalhamento mostraram que a força de união da resina composta à porcelana não condicionada foi muito baixa, e que o condicionamento da porcelana por mais de 30s aumentou significativamente a resistência adesiva. A aplicação do silano foi efetiva e crítica na melhora da força de união. Os autores concluíram que o emprego do agente de silanização após o condicionamento da superfície da porcelana com ácido hidrófluorídrico por 30s ou mais, consiste no método mais adequado de se obter uma adesão confiável da resina composta à este material.

Hayashi et al.<sup>48</sup>, em 1998, avaliaram a qualidade de restaurações de porcelana feldspática (G-Gera Cosmotech II, GC Corp.), realizadas em 49 classes I (11) e II (38) de premolares e molares, após seis anos, *in vivo*. Para tal foram realizadas avaliações periódicas após um, dois, quatro e seis anos e feitos moldes e modelos das restaurações, que foram observados em MEV, analisando-se a

qualidade das suas margens, e o seu desgaste. Foi observado um índice de manutenção das restaurações por seis anos, de 92%; entretanto fratura marginal foi detectada em 13% das restaurações e descoloração marginal em 23%. Na análise em MEV, foram encontradas microfraturas marginais em 49%, desgaste em 19% e desgaste do cimento resinoso ao longo das margens em 36%, após os seis anos. Os autores concluíram que estes *inlays* após o acompanhamento clínico por seis anos, são estéticos, duráveis e clinicamente aceitáveis. No entanto, sugeriram uma monitorização mais longa devido à degradação marginal e às fraturas micro e macroscópicas encontradas.

Kamada et al.<sup>53</sup>, em 1998, avaliaram o efeito de vários tratamentos da superfície de uma cerâmica (Cerec 2), na resistência adesiva de quatro cimentos resinosos. Discos cerâmicos foram divididos em grupos que receberam como tratamentos: lixa abrasiva 600 (controle); condicionamento com ácido fosfórico; aplicação de um agente silano; e, condicionamento com o ácido, seguido da aplicação do silano. Estes discos foram então cimentados com um dos quatro cimentos resinosos; Super-Bond C&B, Panavia 21, Clapearl e Vita Cerec Duo Cement, com o auxílio de um aparelho que os

mantinha em uma posição fixa durante a cimentação, criando assim uma espessura padrão de cimento de aproximadamente 50µm. Metade dos espécimes foram armazenados em água e a outra metade foi térmicamente ciclada antes da realização dos ensaios mecânicos de cisalhamento. Os resultados demonstraram que a resistência adesiva foi melhorada com o tratamento da cerâmica com ácido e silano, independentemente dos vinte mil ciclos térmicos aplicados e do cimento empregado. Após a termociclagem, todos os discos que receberam este tratamento, com exceção dos cimentados com Super-Bond C&B, apresentaram fratura coesiva da cerâmica.

Em 1998, Van Dijken et al.<sup>115</sup>, publicaram também o resultado do acompanhamento clínico por seis anos de 118 inlays de uma porcelana feldspática (Mirage, Chameleon Dental Products), que haviam sido cimentadas com um cimento resinoso dual (Mirage dual composite resin) e com um CIV (Fuji I). Das 115 restaurações avaliadas após seis anos, 12% do grupo cimentado com o cimento resinoso e 26% do grupo cimentado com o CIV, foram considerados fracassos. A principal razão em ambos os grupos foi a fratura parcial ou a perda total da restauração. Os autores puderam concluir, após esta avaliação longitudinal, que um índice progressivamente maior de

fracassos foram observados após o período de seis anos, principalmente no grupo cimentado com o CIV.

### **3 PROPOSIÇÃO**

Avaliar e comparar a resistência adesiva proporcionada por dois cimentos resinosos e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina, empregados na cimentação de discos de porcelana e de um polímero de vidro, à dentina bovina, quando submetidos a ensaios mecânicos de cisalhamento, efetuados após estocagem por 24 horas e seis meses.

## **4 MATERIAL E MÉTODO**

### **4.1 Seleção dos agentes adesivos e cimentos**

Neste experimento, foram utilizados discos de um polímero de vidro, o Artglass (Kulzer) e de uma cerâmica, a Fortune (Williams). Para a cimentação destes discos foram empregados os seguintes cimentos: Variolink II (Vivadent Ets., Schaan, Liechtenstein), 3M Scotchbond Cimento Resinoso (3M Dental Products, USA) e G C Fuji Plus (G C Corporation, Tokio, Japan). Aos cimentos resinosos foram associados os respectivos sistemas adesivos: Syntac (Vivadent) e Scotchbond Multi-Usó Plus (3M Dental Products). Os lotes e fabricantes destes materiais estão listados no Quadro 1, e as composições químicas no Quadro 2.

Quadro 1 - Materiais empregados, respectivos lotes e fabricantes

Material	Lote	Fabricante
Artglass (AG) – polímero de vidro	-----	Kulzer
Fortune (F) – porcelana	-----	Williams
3M Scotchbond Cimento Resinoso (CR) – cimento resinoso dual	19960506	3M
Variolink II (VK) – cimento resinoso dual	907352	Vivadent
GC Fuji Plus (FP) – cimento de ionômero de vidro modificado por resina para cimentação	250671	GC Corp.
Scotchbond Multi-Use Plus (SBMP) - sistema adesivo	19951006	3M
Syntac (SY) – sistema adesivo	907352	Vivadent

Quadro 2 - Composição química dos materiais restauradores, cimentos e sistemas adesivos empregados

<p><b>ARTGLASS (AG) - KULZER</b>          Polímero de vidro fotopolimerizável em unidade de luz especial          25% de vidro orgânico – (<i>Vitroid</i>)          75% de carga inorgânica - ácido silício, cristais de bário e alumínio e componentes reativos</p>
<p><b>FORTUNE (F) – WILLIAMS</b>          Porcelana tradicional ou feldspática          pó: caolin, feldspato e quartzo          líquido: água, amido e açúcar          queima: forno à vácuo – 4min. - 600/900°C</p>
<p><b>3M SCOTCHBOND CIMENTO RESINOSO (CR) - 3M</b>          cimento resinoso dual          resina: bisfenol-A-glicidil eter dimetacrilato (BIS-GMA) e trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA)          carga inorgânica: zircônia/silica (78,5%)</p>
<p><b>SISTEMA VARIOLINK II (VK) - VIVADENT</b>          cimento resinoso dual com flúor          resina: bisfenol-A-diglicil eter dimetacrilato (BIS-GMA), uretano dimetacrilato (UDMA) e trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA)          carga inorgânica: vidro de bário silanizado          itérbiotrifluoreto</p>
<p><b>GC FUJI PLUS (GC) - GC COORP.</b>          Cimento de ionômero de vidro modificado por resina polimerizado quimicamente          pó: vidro de alumínio/silicato          líquido: ácido poliacrílico, 2-hidroxiethylmetacrilato, di-2-metacriloxietil-2, 2,4,trimetil hexametileno dicarbamato e ácido tartárico</p>
<p><b>SISTEMA ADESIVO DENTAL SCOTCHBOND MULTI-USO PLUS (SBMP) – 3M</b>          primer: 2-hidroxiethylmetacrilato (HEMA) + co-polímero do ácido polialcenoico          adesivo: bisfenol-A-diglicil eter dimetacrilato (BIS-GMA) +2-hidroxiethylmetacrilato (HEMA)</p>
<p><b>SYNTAC (SC) – VIVADENT</b>          primer: trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA) e ácido maleico em solução aquosa de acetona          adesivo: polietilenoglicoldimetacrilato e glutaraldeído em solução aquosa à 50%</p>

#### 4.1.1 Artglass

Este material é descrito pelo fabricante como um polímero 100% de vidro; uma combinação de vidro orgânico (25%) e inorgânico (75%). A parte inorgânica está formada pelos seguintes componentes:

- a) ácido sílico especial microdistribuído, para promover uma alta densidade e uma boa consistência;
- b) microcristais de bário e alumínio, esféricos, com tamanho médio de 0,7  $\mu\text{m}$  e sempre de tamanho inferior à 2  $\mu\text{m}$ ;
- c) componentes reativos.

Esta composição do vidro inorgânico do AG está associada a uma tecnologia de ponta no processamento do material, que segundo seu fabricante, seria baseada em um ajuste exato entre o fotoiniciador e os componentes reativos, e em uma melhor união entre a carga e estes componentes. É no vidro inorgânico, no entanto, que o fabricante diz estar a verdadeira diferença entre o AG e as resinas compostas. Enquanto as resinas aglutinam seus componentes inorgânicos mediante uma matriz orgânica (BIS-GMA), o AG

emprega para este fim um vidro orgânico denominado *VITROID*. A diferença se encontra no fato de que o BIS-GMA é uma matriz bifuncional, o que limita o número de ligações que pode efetuar, gerando assim uma estrutura com baixa densidade de união. O vidro empregado pelo AG é multifuncional, o que permite a realização de um maior número de ligações, gerando assim uma estrutura com alta densidade de união, igual a que se obtém nos cristais naturais. Esta capacidade de união do *VITROID*, confere ao AG uma série de propriedades inexistentes nas resinas compostas; como maior resistência e estabilidade de cor.

É indicado para *inlays*, *onlays*, coroas totais e *veneers*, e próteses parciais fixas. Pode ser aplicado sobre metal, e em algumas situações ser fabricado sem a interposição de metal. É descrito pelo fabricante, como sendo 50% mais resistente para o uso em dentes posteriores que a resina composta convencional, e apresentar alta capacidade de polimento, dificultando assim a adesão de placa bacteriana. A sua confecção é sobre um modelo de referência e a sua fotopolimerização feita em uma unidade de fotoativação Unixs (Kulzer). Este aparelho contém em seu interior oito lâmpadas estroboscópicas de xenônio que emitem alta intensidade de luz, em

várias direções, com comprimento de ondas entre 350 e 550nm (Garone Netto & Burger<sup>40</sup>,1998). A luz é emitida por 20ms, permanecendo apagada por 80ms. De acordo com o fabricante, este intervalo de ausência de luz permite que as ligações cruzadas ocorram em maior quantidade, promovendo uma polimerização mais completa.

#### 4.1.2 Porcelana

A porcelana empregada foi uma tradicional ou feldspática, indicada para *inlays*, *onlays* e facetas laminadas. A porcelana tradicional é representada por uma estrutura vítrea composta basicamente por três minerais: caolin, feldspato e quartzo. O caolin é um silicato de alumínio hidratado e atua como um aglutinante, melhorando a modelagem da porcelana ainda não queimada. O quartzo é a forma cristalina da sílica, a base das porcelanas e promove reforço à estrutura cerâmica. O feldspato é uma mistura de potássio/silicato de alumínio, funde durante a queima, sendo responsável pela união dos componentes em uma massa sólida. Esta porcelana se apresenta na forma de um pó e um líquido que consiste

basicamente de água, amido e açúcar, e que tem como função molhar o pó cerâmico, facilitando a manipulação, aplicação e condensação da porcelana (Garone Neto & Burger<sup>40</sup>, 1998).

Segundo o fabricante, esta é uma porcelana com matriz reforçada, com resistência à flexão de 135 MPa, superior às porcelanas similares de outras marcas. Esta resistência é decorrente da sua formulação, pois durante a queima das partículas, ocorre uma distribuição uniforme dos cristais, reforçando a matriz de vidro e impedindo assim a formação de fraturas na porcelana. A sua queima é feita de 600 a 900°C, em forno a vácuo para porcelana, por um período de 4 min, seguida de resfriamento gradual e progressivo.

#### 4.1.3 3M Scotchbond Cimento Resinoso

É um material à base de metacrilato, desenvolvido para ser usado na cimentação de: *inlays*, *onlays*, coroas, pontes ou facetas fabricadas em porcelanas, metal ou compósito. É radiopaco, de dupla polimerização (dual), constituído por duas pastas (A e B), que devem

ser misturadas em quantidades iguais em peso. É utilizado com o Sistema Adesivo Dental Scotchbond Multi-Usó Plus.

A porção resinosa é composta de BIS-GMA e TEGDMA. A carga inorgânica de Zircônia/Sílica é utilizada para aumentar a radiopacidade, resistência ao desgaste e melhorar as propriedades físicas.

A pasta A possui 77% em peso de carga inorgânica, amina e o catalisador fotopolimerizável do sistema. Irá polimerizar-se quando exposta à luz visível, sendo que a amina também reage com o peróxido da Pasta B para fornecer a reação autopolimerizável.

A pasta B possui 80% em peso de carga inorgânica e pigmentos. Contém também a porção do peróxido da reação autopolimerizável.

#### 4.1.4 Variolink II

O sistema Variolink II é indicado na cimentação adesiva de porcelanas, compósitos e cerômeros. Se apresenta na forma de duas pastas: uma pasta base e uma catalizadora. Estas pastas possuem na

sua composição: UDMA, TEGDMA, carga de Bário silanizado, Itérbio fluoreto, óxidos mistos, sílica, catalizadores, estabilizantes, e pigmentos. Fazem parte do conjunto para cimentação: a) o sistema adesivo Syntac; b) um componente adesivo a base de silano que efetua a união química do cimento com porcelanas, o Monobond-S; c) uma resina sem carga usada como agente de união em superfícies condicionadas, o Heliobond; d) um gel a base de ácido ortofosfórico 37%, o Email Preparator GS; e) pastas a base de glicerina, solúveis em água, em cores coordenadas com as do cimento, empregadas nos procedimentos de prova estética das restaurações, o Variolink II Try-In Pastes; e, f) um gel neutro de glicerina, usado para proteger a camada externa do cimento e evitar a inibição da sua polimerização por oxigênio. É um sistema de cimentação que pode ser empregado com a técnica dual ou apenas com a de fotopolimerização, quando somente a pasta B for utilizada. A pasta B possui cinco opções de cores e a pasta catalisadora dois tipos de viscosidade. As pastas catalisadoras de baixa viscosidade são recomendadas para a cimentação de próteses unitárias e parciais; enquanto que as de alta viscosidade são para *inlays/onlays* e facetas. Segundo o fabricante este cimento apresenta alta resistência à abrasão, excelente radiopacidade e

boas propriedades ópticas, além de promover contínua liberação de flúor.

#### 4.1.5 GC Fuji Plus Reinforced Glass Ionomer Cement

É considerado uma versão reforçada ou híbrida do cimento de ionômero de vidro restaurador. Apresenta uma matriz resinosa incorporada à massa do cimento, sendo portanto também denominado de cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR). É composto de um pó de vidro de alumínio/silicato e um líquido que contém em sua composição ácido poliacrílico, 2-hidroxietilmetacrilato, di-2-metacriloxietil-2,2,4,trimetil hexametileno dicarbamato e ácido tartárico. Estes são misturados na proporção de três gotas do líquido para uma porção de pó. É um material quimicamente ativado. Quando da mistura do pó e do líquido, ocorrem duas reações: uma ácido-base do ionômero de vidro, responsável pela liberação de flúor, e outra, autopolimerizável por oxirredução, envolvendo os grupos metacrilato. Como contém ácido poliacrílico e HEMA são materiais adesivos hidrofílicos. Utiliza um condicionador

composto de ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 2% (10:2). Está indicado, segundo o fabricante, para a cimentação de peças metálicas, porcelanas e resinas compostas.

#### 4.1.6 Syntac

É um sistema adesivo para esmalte e dentina composto de: a) um *primer*, a base de TEGDMA e ácido maleico em solução aquosa de acetona; b) um adesivo, a base de polietilenoglicoldimetacrilato e glutaraldeído em solução aquosa à 50%; c) uma resina fluida sem carga, o Heliobond, para completar a ação adesiva do sistema.

#### 4.1.7 Sistema adesivo Scotchbond Multi-Usó Plus

Este sistema adesivo apresenta os seguintes componentes: a) condicionador ácido a base de ácido fosfórico 37%; b) um *primer*, que consiste de uma solução aquosa de HEMA; c) um ativador, que

reage com o *primer*, facilitando a polimerização nos procedimentos onde seja necessário auto ou dupla polimerização; d) um catalizador, à base de HEMA e BIS-GMA, indicado para ser aplicado nos procedimentos de cimentação; e) um adesivo, que consiste de uma resina fotopolimerizável composta de BIS-GMA e HEMA.

#### **4.2 Preparo dos dentes**

(Projeto de pesquisa submetido e aprovado pela Comissão de Ética da FOSJC-UNESP)

Foram selecionados 144 incisivos inferiores de bovinos, de aproximadamente três anos de idade, íntegros e irrompidos. Os dentes foram extraídos imediatamente após o abate dos animais, limpos (Figural), imersos em água destilada e congelados em freezer  $-18^{\circ}\text{C}$  até a sua utilização, que ocorreu em um período máximo de 28 dias (Nakabayashi et al.<sup>77</sup>, 1982; Tonami et al.<sup>110</sup>, 1996).

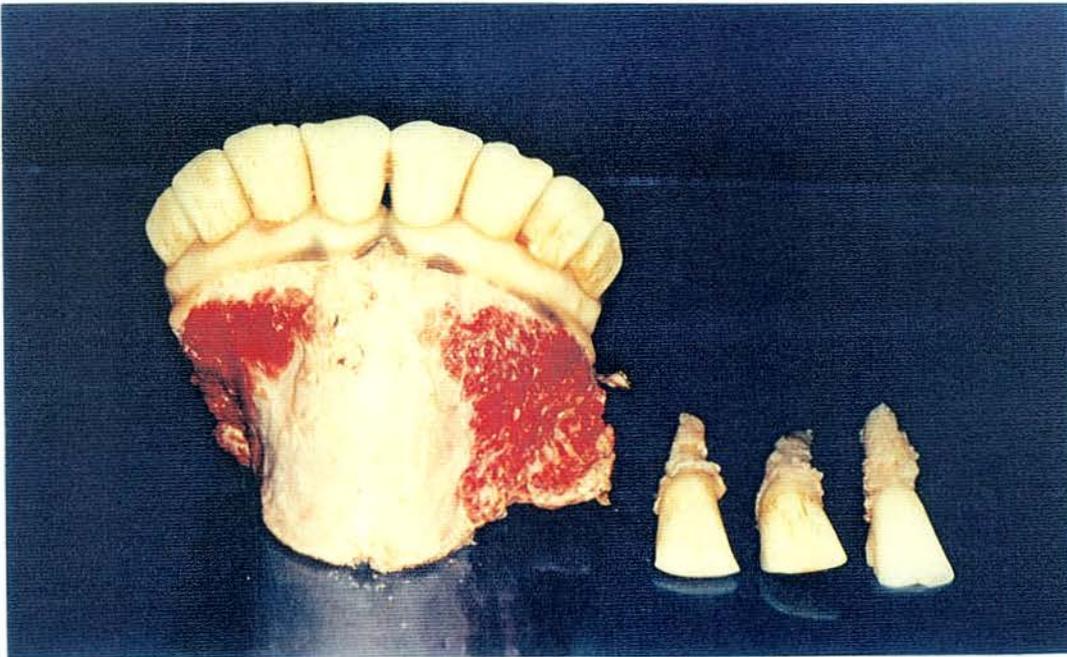


FIGURA 1 - Dentes bovinos imediatamente após o abate.

A superfície vestibular destes dentes foi selecionada para receber a cimentação dos discos de AG e F. Para que este procedimento pudesse ser realizado foi necessário o preparo e adequação dos incisivos bovinos. Inicialmente, suas raízes foram desgastadas até o terço cervical, em um recortador de gesso, para se adequarem a uma padronização pré-determinada dos corpos de prova, ao tamanho compatível com o requerido para a adaptação na base metálica, da máquina de ensaios mecânicos posteriormente empregada.

A seguir, com o auxílio de uma ponta diamantada esférica, foi feita uma abertura na face lingual destes dentes, na região do cíngulo, até a exposição da câmara pulpar. As polpas dos dentes foram então removidas, pela abertura coronária e orifício radicular, com o auxílio de curetas e de instrumentos endodônticos. Em seguida, a câmara pulpar e conduto radicular foram lavados cuidadosamente com água destilada, secos e vedados com guta-percha e cera pegajosa; para assim, criar uma barreira mecânica e evitar a penetração de resina acrílica, durante o subsequente processo de embutimento destes dentes.

Este embutimento foi feito em uma matriz retangular confeccionada em silicona pesada (Rodhorsil - Clássico Artigos Odontológicos - Ind. Bras.), retangular, com tamanho padronizado de: 4cm de comprimento, por 2cm de largura e com 1cm de profundidade. Os dentes previamente preparados foram posicionados nestas matrizes, com a face lingual apoiada na sua base e a face vestibular dos mesmos acima da superfície da matriz de silicona. Tomou-se o cuidado de manter esta superfície vestibular paralela ao plano horizontal, durante todo o processo de inclusão destes dentes em resina acrílica incolor de rápida polimerização (Clássico Artigos

Odontológicos - Ind. Bras.), que era vertida na cavidade da matriz contendo o dente. Após este procedimento os dentes foram imersos em água, para assim reduzir a temperatura da reação exotérmica de polimerização (Miyazaki et al.<sup>73</sup>,1995).

### **4.3 Preparo dos corpos de prova**

#### **4.3.1 Obtenção e padronização da área de adesão**

Superfícies dentinárias planas foram obtidas através do desgaste da face vestibular dos dentes contidos nos blocos acrílicos, com o emprego de lixa d'água de carbetto de silício de granulação 80 (3M do Brasil), montada em recortador de gesso (Kohl Baco S. -Ind. Bras.), sob constante refrigeração de água. O desgaste foi realizado, até que uma área de aproximadamente 6mm de diâmetro de dentina ficasse exposta (Figura 2).

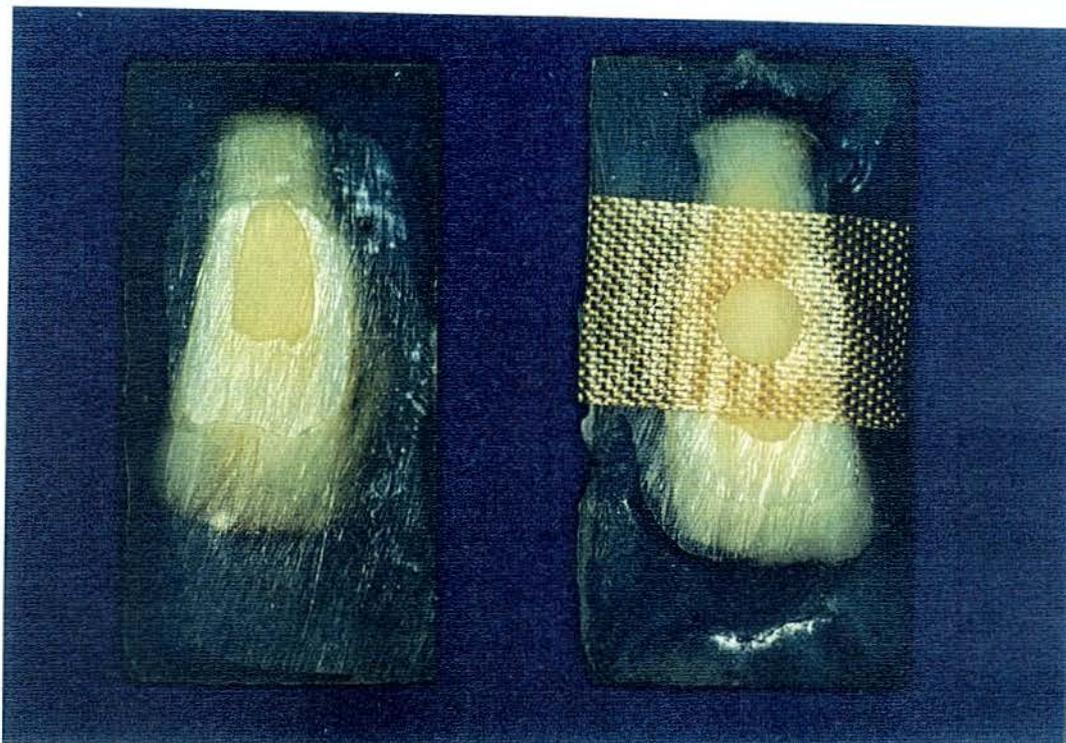


FIGURA 2 - Exposição e delimitação da área de dentina para adesão.

A abertura da câmara pulpar, previamente preenchida com guta-percha, durante o embutimento dos dentes, foi desobstruída, para que pudéssemos medir a espessura da dentina, com o auxílio de um espessímetro (Otto-Arminger & Cia Ltda RS, Brasil). Durante o desgaste da face vestibular dos dentes, foi executada a mensuração com o espessímetro, da camada de dentina remanescente. Após este desgaste e a ação das lixas de acabamento, deveríamos atingir uma espessura pré-determinada entre 1,8 e 2,0mm de dentina. Este

procedimento padronizou a profundidade dentinária da área de adesão em dentina superficial (Nakamichi et al.<sup>78</sup>,1983). Aqueles espécimens cuja dentina se apresentava com medida inferior a esta espessura, eram descartados (Figura 3).

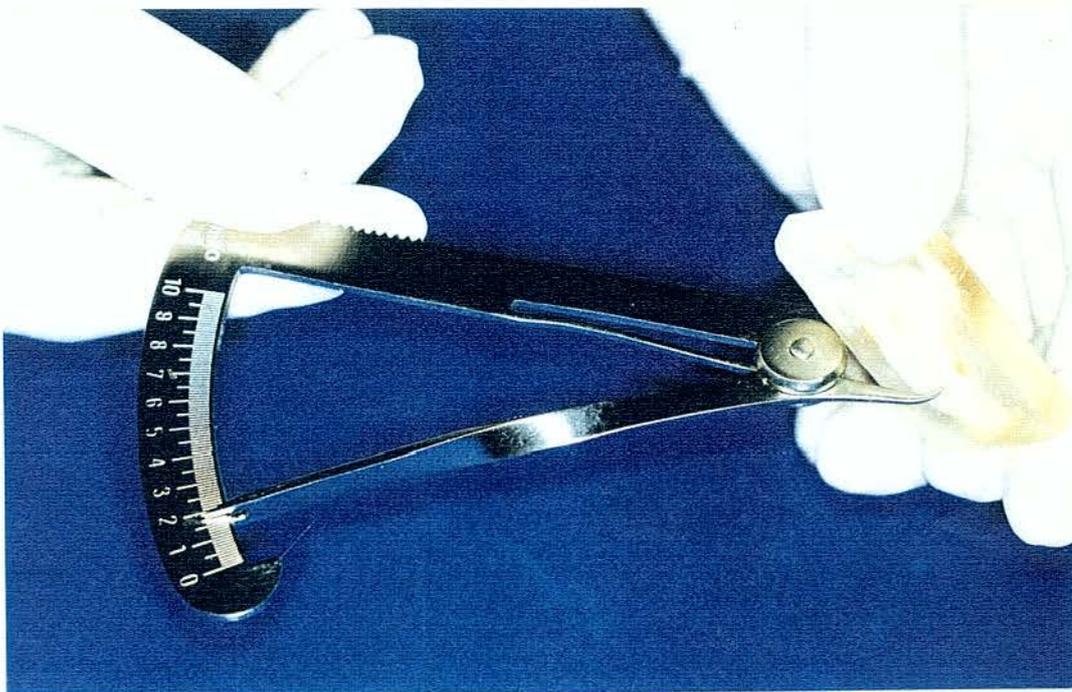


FIGURA 3 - Medida da espessura dentinária.

O acabamento final, com planificação e alisamento das superfícies dentinárias foi dado com lixas d'água de granulação 240, 400 e 600 (3M do Brasil), sempre com água, para que resultasse em

uma *smear layer* uniforme sobre a superfície da dentina (Pashley et al.<sup>84</sup>, 1995).

A superfície dentinária foi então limpa, com pedra pomes e água, com o auxílio de escova de Robinson, montada em micromotor de baixa velocidade, por 10s, para a remoção de possíveis detritos, e com Tergensol (Inodon - Ind. Brasileira), para a eliminação de resíduos oleosos provenientes do micromotor. Após este processo, as superfícies foram lavadas com jato de ar-água por 10 s, seguido de secagem com jatos de ar por 5s .

A superfície de dentina foi delimitada com o auxílio de fita adesiva de teflon (3M) com perfuração padronizada de 5 mm de diâmetro, designada para demarcar a área de cimentação dos discos de AG e F (Figura 2).

#### 4.3.2. Obtenção dos discos de porcelana e de resina

Discos de tamanho padronizados de porcelana com 3 mm de altura por 5 mm de diâmetro, foram obtidos à partir da usinagem em torno mecânico industrial de precisão (IMOR 245, ROMI - Ind.

Bras.) de bastões de porcelana de 20mm de comprimento por aproximadamente 10mm de diâmetro (Figura 4). Estes bastões foram feitos através de um molde em teflon nestas dimensões acima citadas, no qual a porcelana foi fundida em forno a vácuo automático e programável (Phoenix, Ind. Bras.).

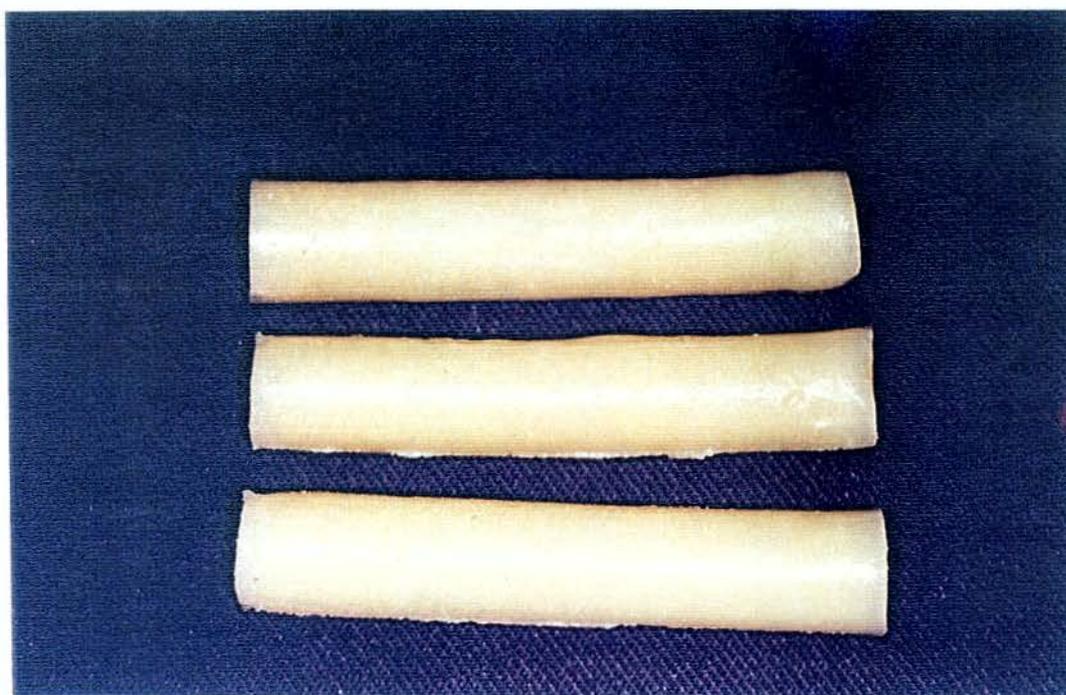


FIGURA 4 - Bastões de porcelana.

Para a padronização do tamanho destes discos de porcelana, os bastões foram inicialmente torneados em um diâmetro

de 5mm (Figura 5). Estes bastões com os 5mm requeridos de diâmetro, foram então, seccionados transversalmente, em quatro partes, com discos diamantados, montados em motor de baixa rotação. Empregando-se o mesmo torno mecânico, as faces destes segmentos dos bastões de porcelana, foram tornadas planas e paralelas, e o seu tamanho reduzido até a altura preestabelecida de 3mm.

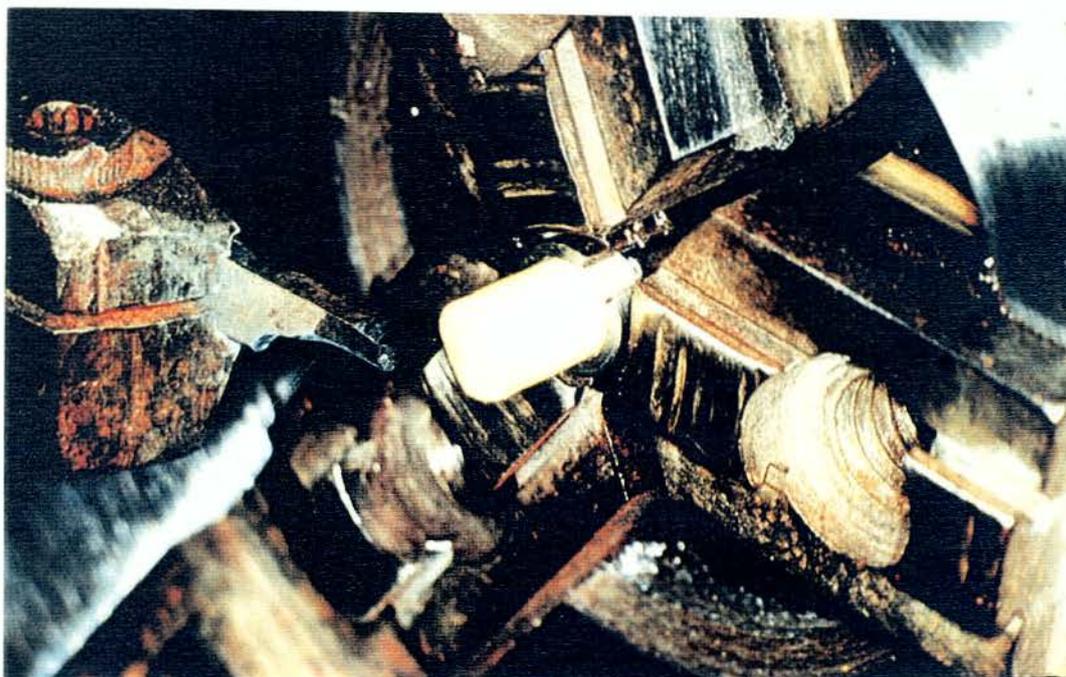


FIGURA 5 - Usinagem dos bastões de porcelana.

Na face a ser cimentada, foi confeccionado um alívio interno de 40 $\mu$ m (Figura 6), que foi realizado com pontas abrasivas montadas no mesmo torno mecânico industrial de precisão.



FIGURA 6- Confeção do alívio interno dos discos de porcelana.

A finalidade deste procedimento, foi conter o cimento durante a cimentação, padronizando a sua espessura. Esta padronização foi observada em microscópio óptico Axiphot II (Zeiss), feita a partir de uma secção trasversal de corpos de prova armazenados por seis meses. Estes cortes de espessura aproximada de  $15\mu$ , foram feitos em máquina cortadora de baixa velocidade com discos diamantados Labcut 1010 (Exttec). A Figura 7, ilustra esta condição observada.

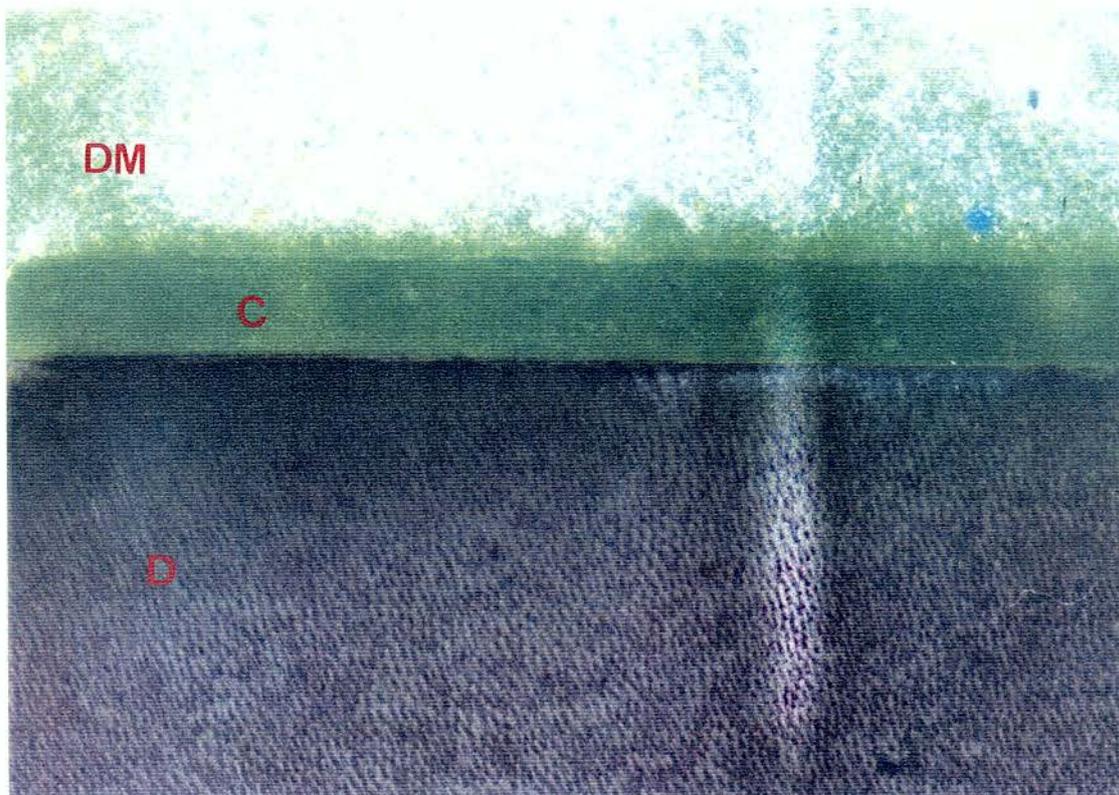


FIGURA 7- Linha de cimentação; disco do material restaurador (DM); Cimento (C) e Dentina (D); ( aumento 200X).

Na face oposta do disco, com uma ponta diamantada esférica (1014, KG Sorensen), foi feita uma pequena perfuração central, perpendicular à base, para servir de ponto de apoio à carga aplicada, durante o procedimento de cimentação.

Os discos de Artglass foram obtidos através de um padrão em teflon, (5mm de diâmetro/3mm de altura) utilizado para a confecção de um molde em silicona de condensação para laboratório. A resina foi colocada no molde e levada à unidade de fotoativação Uni

XS (Kulzer), por 60s. A necessária complementação com a resina era feita, até que as dimensões preestabelecidas fossem obtidas, seguida de nova fotopolimerização. Estes discos assim obtidos, foram também levados ao torno mecânico, para a confecção do mesmo tipo de alívio feito nas bases dos discos de porcelana, e receberam também, a mesma perfuração guia na extremidade oposta.

#### 4.3.3 Distribuição dos espécimens e definição das condições experimentais

Os espécimens foram aleatoriamente divididos em dois grupos principais: Grupo A, composto de 72 espécimens que receberam a cimentação de discos de F; e, Grupo B, composto de 72 espécimens que receberam a cimentação de discos de AG. Cada grupo principal foi dividido em subgrupos, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Divisão dos grupos de acordo com o cimento empregado, com o tempo de estocagem e com o material utilizado

Cimento						
Cimento \ Tempo	Fuji Plus (48)*		Cim. Res. (48)*		Variolink II (48)*	
	24h	6meses	24h	6meses	24h	6meses
Grupo A - Artglass	Sub-grupo 1 (12)*	Sub-grupo 2 (12)*	Sub-grupo 3 (12)*	Sub-grupo 4 (12)*	Sub-grupo 5 (12)*	Sub-grupo 6 (12)*
Grupo B - Porcelana	Sub-grupo 7 (12)	Sub-grupo 8 (12)*	Sub-grupo 9 (12)*	Sub-grupo 10 (12)*	Sub-grupo 11 (12)*	Sub-grupo 12 (12)*
Total de CP	24	24	24	24	24	24

(\*) Número de corpos de prova por subgrupo

Cada quatro subgrupos, compostos de 48 corpos de prova, receberam a cimentação dos discos de AG ou de F com um dos cimentos: Variolink II - VK, (Vivadent), 3M Scotchbond Cimento Resinoso - CR, (3M) ou GC Fuji Plus - FP, (GC Corporation), de acordo com as instruções do fabricante de cada um destes cimentos. Dentre estes 48 corpos de prova, 24 (12 de cada material) foram armazenados em água destilada, a 37°C por 24h e termociclados (trezentos ciclos - 55°C ± 1°C e 4°C ± 1°C). Dentre estes corpos de prova, dez foram testados quanto à resistência ao cisalhamento,

enquanto que os outros dois foram seccionados transversalmente e a linha de cimentação submetida à análise em microscópio óptico. Os 24 corpos de prova restantes, foram armazenados, em solução aquosa de azida sódica 2%, em estufa a 37<sup>0</sup>C, por um período de seis meses, para só então serem submetidos aos ensaios mecânicos de cisalhamento e análise em microscopia óptica. A azida sódica tem como objetivo inibir o crescimento bacteriano e a degradação enzimática do componente orgânico da dentina (Guzman et al.<sup>45</sup>, 1997). Durante o período de armazenamento foram feitas três termociclagens bimestrais de trezentos ciclos cada, perfazendo um total de novecentos ciclos (55°C ± 1°C e 4°C ± 1°C).

#### 4.3.4 Técnica de cimentação

Antes da cimentação, os discos foram levados ao aparelho de ultra-som (Ultra Sonic Cleaner, Thornton Inpec Eletrônica Ltda, Vinhedo, SP) por 5min em água com detergente, para a remoção de possíveis resíduos oleosos, seguidos de mais 5min em água destilada, para a remoção de remanescentes do detergente.

As faces dos discos de resina e de porcelana a serem cimentadas, receberam, então, jateamento com óxido de alumínio 50 $\mu$ m (Microetcher, Danville, USA) por 5s, a uma distância de aproximadamente 1cm e a uma pressão de 60 lb/pol<sup>2</sup>.

Para que, na realização do procedimento de cimentação, dos discos de AG e de F, tivéssemos uma força estática, constante e padronizada, empregamos como guia, um delineador (Bio Art - Indústria Brasileira) modificado. A ele, foi adaptado um braço fixo (A), e, uma plataforma, rosqueada sobre a sua haste vertical móvel sem a mola (B), sobre a qual foi colocado um peso (C) de 0,5Kg (Figura 8). Na outra extremidade da haste foi acoplada uma ponta afilada, empregada para manter o disco a ser cimentado em posição.

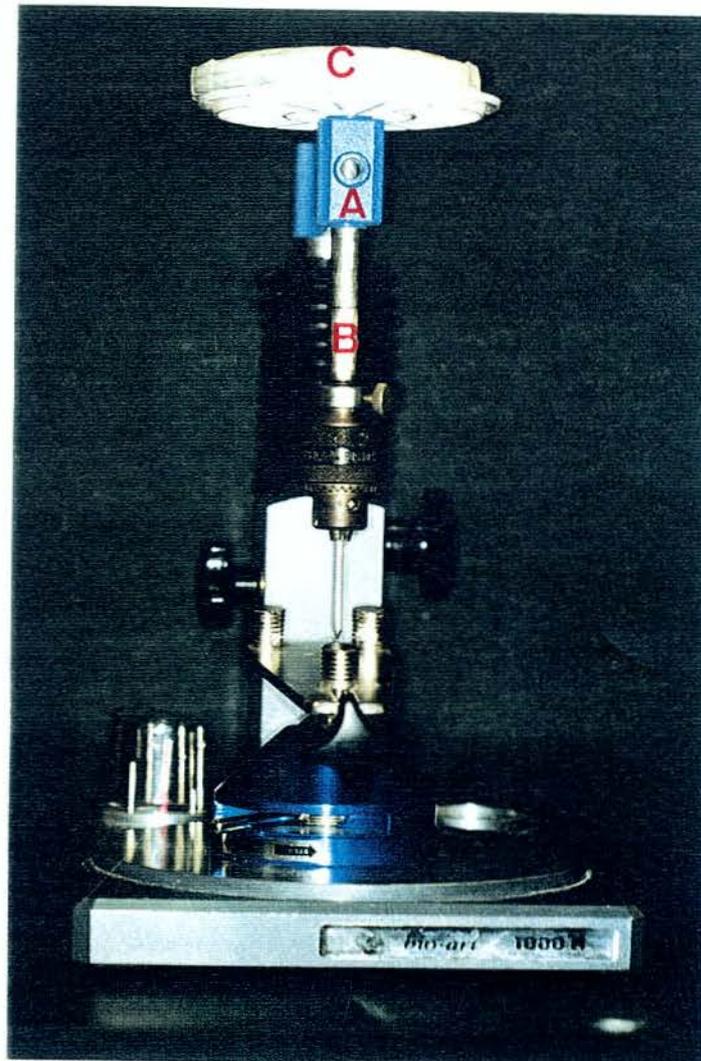


FIGURA 8 - Delineador adaptado utilizado para o procedimento de cimentação.  
Braço fixo (A), haste vertical (B) e peso (C).

No procedimento de cimentação, esta ponta afilada, foi posicionada sobre a perfuração guia, confeccionada na face oposta à face do disco a ser cimentada (Figura 9).

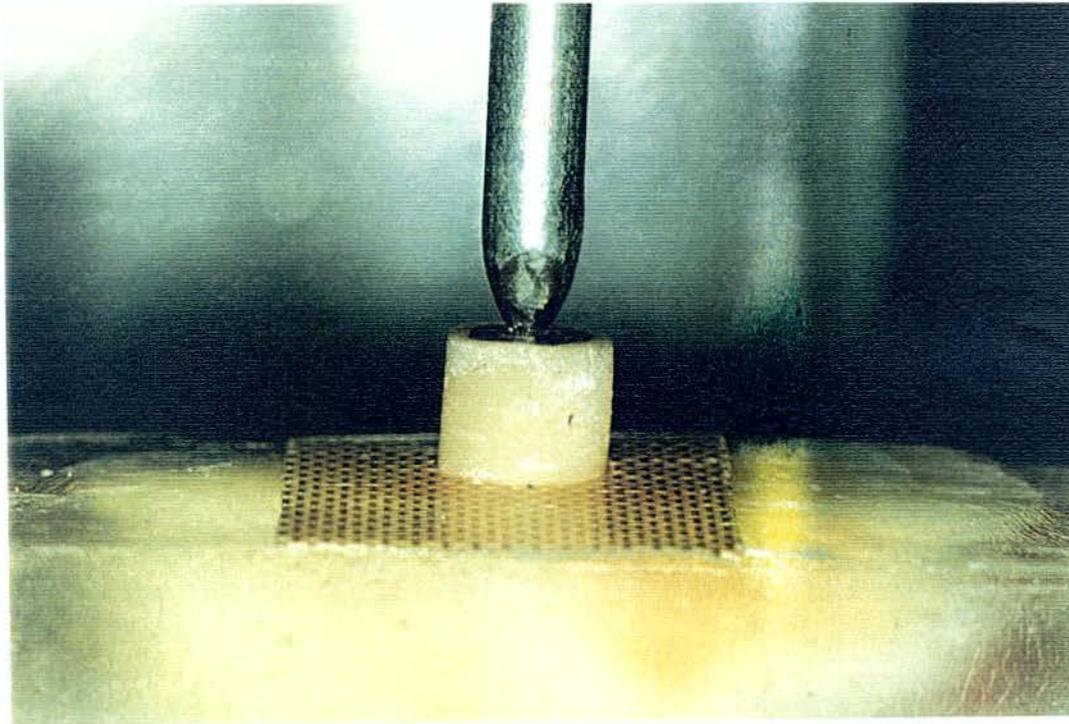


FIGURA 9 - Posicionamento do corpo de prova e do disco de F e AG, durante a cimentação.

As faces a serem cimentadas receberam o tratamento de superfície indicado especificamente para cada material, conforme se segue:

a) Variolink II (Vivadent)

- tratamento da superfície da F foi feito com ácido hidrofluorídrico (Dentsply), aplicado por 60s, lavagem, secagem e aplicação do agente para a silanização, *Monobond-S*, quando então aguardava-

- se 60s para que esta superfície tratada fosse seca com jato de ar,
- o tratamento da superfície de AG foi feito com uma limpeza com ácido fosfórico 37%, por 60 s, seguido dos mesmos procedimentos, subsequentes à aplicação do ácido, para a porcelana F,
  - sobre as superfícies dos discos tratadas com ácidos, foi aplicada uma fina camada do adesivo, *Heliobond*,
  - o tratamento das superfícies dentinárias foi o mesmo para ambos os materiais (F e AG), iniciando-se com o condicionamento da dentina com ácido fosfórico por 15s, seguido de lavagem abundante com água por 15s e secagem com papel absorvente,
  - aplicação do *Syntac Primer*, espera de 15s e aplicação de jato de ar suave. Constatação da obtenção de uma superfície brilhante,
  - aplicação do *Syntac Adhesive*, espera de 10s e aplicação de jato de ar suave,

- aplicação de uma fina camada da resina adesiva *Heliobond*, sobre a dentina,
- mistura de quantidades iguais das *pastas Base e Catalizadora*, de alta viscosidade, seguida da colocação de uma fina camada do cimento, sobre as duas superfícies a serem cimentadas,
- colocação e estabilização do disco em posição sobre a superfície dentinária, (Figura 9). Remoção dos excessos do cimento, fotopolimerização por 80s (20s de cada um dos quatro lados do corpo de prova). Manutenção em posição por 5min.

#### b) 3M Scotchbond Cimento Resinoso (3M)

- o tratamento das bases dos discos de F e de AG foi o mesmo que o citado para o cimento anterior, e o agente para silanização empregado, foi o produzido pelo mesmo fabricante, 3M,
- o tratamento das superfícies dentinárias foi o mesmo que para o grupo anterior,

- aplicação do *SBMP ativador* (1,5) seguido de suave jato de ar por 5s,
- aplicação do *SBMP primer* (2) seguido de suave jato de ar por 5s,
- aplicação do *SBMP catalizador* (3,5) à dentina e à superfície do material a ser cimentado,
- mistura de quantidades iguais das pastas A e B, e sua colocação sobre ambas as superfícies envolvidas na cimentação (dentina e material),
- colocação e estabilização do disco em posição sobre a superfície dentinária. Remoção dos excessos do cimento, fotopolimerização por 80s (20s de cada um dos lados do corpo de prova).  
Manutenção em posição por 5min.

c) Fuji Plus (GC Cooperation)

- o tratamento das bases dos discos de F e de AG foi o mesmo que o citado para os cimentos

- anteriormente descritos, e o agente de silanização empregado foi o da 3M,
- aplicação do *condicionador Fuji Plus*, sobre a dentina com uma bolinha de algodão por 20s, lavagem abundante com água e secagem com papel absorvente,
  - mistura do pó e do líquido nas proporções indicadas,
  - aplicação do cimento sobre ambas as superfícies a serem cimentadas. Colocação e estabilização do disco em posição sobre a superfície dentinária. Remoção dos excessos do cimento, e manutenção em posição até o endurecimento do cimento, por aproximadamente 7min.

Antes, da fotopolimerização dos cimentos resinosos, a intensidade da fonte de luz (Heliomat, Heliodent) foi medida, utilizando-se um radiômetro (Modelo 100, Demetron, Danbury, CT, USA), para verificar se a unidade emitia quantidade de luz adequada ( $400\text{m/cm}^2$ ). A ponta fotopolimerizadora, foi mantida, a uma distância

média de 2mm da interface de cimentação, e fixa nos quatro pontos onde era colocada, para a polimerização do cimento.

#### 4.3.5 Teste de resistência ao cisalhamento

Após os respectivos tempos de armazenamento, os corpos de prova foram submetidos ao teste mecânico laboratorial, para avaliação da resistência da união às tensões de cisalhamento.

Este teste, foi realizado em Máquina de Testes Instron (modelo 4301, Instron Corp), com uma célula de carga de 500Kg, (convênio UNESP- CTA, Centro Técnico Aeroespacial - São José dos Campos, SP). Esta máquina, possui um terminal de computador acoplado, preparado para efetuar a leitura dos dados transmitidos pelo ensaio mecânico.

Para que o teste pudesse ser realizado, foi idealizada uma base metálica que possibilitava o correto posicionamento dos corpos de prova, e, um pino, com secção em meia cana, fixado na extremidade superior móvel da máquina. No ato da realização do teste, este pino era posicionado, com a sua secção plana paralela ao

longo eixo do plano de cimentação e perpendicular ao disco cimentado (Figura 10). Acionada a máquina, o pino exerceu a força de cisalhamento a uma velocidade de 0,5 mm/minuto. A leitura dos resultados nos forneceu os valores em MPa da carga necessária para que houvesse o rompimento da união adesiva estabelecida entre material/cimento/dentina.

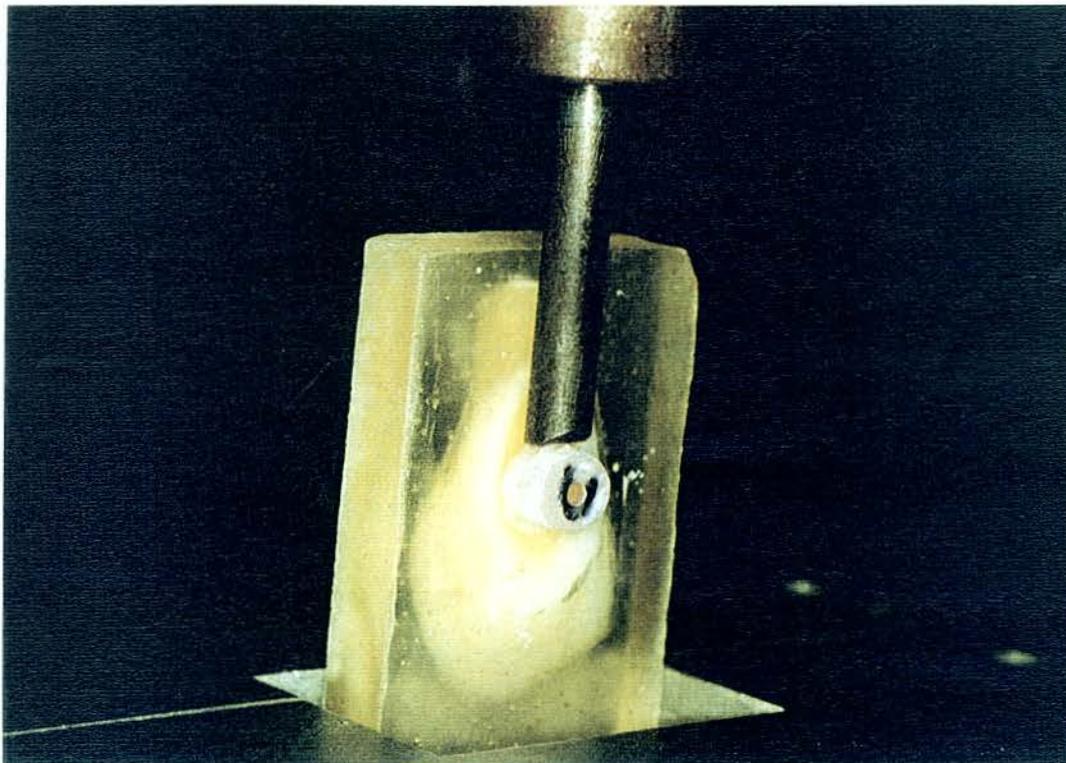


FIGURA 10 - Posicionamento do corpo de prova durante o ensaio mecânico de cisalhamento.

#### 4.3.6 Avaliação em microscopia óptica

Após o ensaio mecânico de cisalhamento, os corpos de prova foram avaliados em um estereomicroscópio (Zeiss/Stemi 2000C – MC – 80 - DX), para a identificação do tipo de fratura ocorrida. Os tipos de fratura foram classificados em:

- a) fratura adesiva na dentina - na interface dentina/cimento,
- b) fratura mista - onde remanescentes do cimento permaneceram sobre a dentina e sobre a superfície do material cimentado,
- c) fratura coesiva do cimento - no corpo do cimento, deixando a superfície dentinária e do material, totalmente cobertas com o cimento,
- d) fratura adesiva no material - na interface cimento/material,
- e) fratura coesiva do material - total ou parcial,
- f) fratura coesiva da dentina – total ou parcial.

#### 4.3.7 Planejamento estatístico

Para averiguar a hipótese de que o tipo de material restaurador, os três cimentos e o tempo, induziriam efeitos iguais sobre os esforços de cisalhamento, foi efetuado o experimento fatorial do tipo 2x3x2, ou seja, considerando três variáveis independentes: material, cimento e tempo de estocagem. A unidade experimental empregada foi o dente bovino.

O primeiro fator, relativo ao material, apresentou dois níveis: o polímero de vidro Artglass (AG) e a porcelana Fortune (F). O segundo fator, relativo ao cimento, apresentou três níveis: os cimentos, Fuji Plus (FP), 3M Scotchbond Cimento Resinoso (CR) e Variolink II (VK). O terceiro fator, relativo ao tempo de estocagem das amostras, antes da realização do ensaio mecânico, apresentou dois níveis: 24h e seis meses. A variável dependente foi a resistência adesiva, medida operacionalmente pelos valores de tensão de ruptura obtidos nos ensaios de cisalhamento em máquina de ensaios Instron.

Os dados foram analisados pelo modelo estatístico paramétrico, de análise de variância, ANOVA, a três critérios fixos.

Os testes estatísticos foram realizados para a verificação da possibilidade de rejeitar a hipótese de igualdade ( $H_0$ ), entre os valores médios de resistência adesiva, em relação aos três fatores principais, bem como, em relação à interação entre eles. O nível de significância adotado para rejeitarmos a hipótese de igualdade entre os efeitos desencadeados pelos fatores, como também pela interação entre eles, foi de 0,05. Quando foi possível rejeitarmos a hipótese de igualdade, efetuamos o teste de Tukey, para detectar em quais níveis se dava a diferença.

## **5 RESULTADO**

O objetivo do nosso estudo foi determinar se diferentes condições experimentais poderiam influenciar na resistência adesiva de uma porcelana (F) e um polímero de vidro não convencional (AG), quando cimentados à dentina bovina. Confeccionados os corpos de prova, estes foram submetidos aos ensaios mecânicos de cisalhamento, para a verificação da influência de três variáveis independentes: material, cimento e tempo de estocagem.

### **5.1 Resistência ao cisalhamento**

Os valores de resistência adesiva obtidos são apresentados na Tabela 2. Nesta, podemos também visualizar as condições experimentais, identificadas numericamente de 1 à 12. Podemos observar que os números ímpares correspondem aos corpos de prova avaliados após 24h e os números pares aos corpos de prova

avaliados após seis meses de estocagem, perfazendo um total de 120 leituras.

Tabela 2 - Dados de resistência ao cisalhamento (MPa) referentes às doze condições experimentais indicadas entre parênteses

MATERIAL											
ArtGlass						Porcelana					
AGENTE CIMENTANTE											
Fuji Plus		Resinoso		Variolink		Fuji Plus		Resinoso		Variolink	
TEMPO DE ESTOCAGEM											
24h	6 meses	24h	6 meses	24h	6 meses	24h	6 meses	24h	6 meses	24h	6 meses
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
8,20	12,89	17,09	12,59	3,42	10,71	14,72	9,90	8,58	16,68	7,20	7,61
6,08	12,28	5,28	11,57	8,74	7,66	13,91	18,95	13,65	11,44	4,65	6,35
7,89	8,04	15,36	9,73	4,87	7,93	11,24	9,65	12,72	17,02	3,90	4,33
11,06	9,91	16,01	16,72	2,67	4,59	8,03	13,64	8,77	16,48	6,67	3,50
6,63	11,26	13,64	11,21	2,56	4,19	14,89	8,38	7,89	18,25	3,85	3,08
7,16	13,56	17,09	12,59	7,74	5,01	11,46	20,33	16,39	20,23	7,90	5,11
6,86	12,96	5,28	15,61	4,47	5,56	16,84	14,02	9,70	16,51	7,97	9,32
5,90	11,85	15,36	12,58	4,15	4,89	7,74	11,52	13,31	23,95	7,79	5,93
13,16	12,18	16,01	14,04	4,34	11,95	12,29	8,09	15,72	23,26	1,07	10,53
8,99	10,91	13,64	15,07	5,17	7,10	13,52	11,32	14,32	15,10	6,78	9,78

Na Tabela 3, a seguir, encontramos a estatística descritiva: material, cimento e tempo, dos níveis de cada fator, como: média, mediana e desvio padrão, assim como os valores mínimos e máximos para cada nível de fator principal.

Tabela 3 - Estatística descritiva referente aos níveis dos fatores principais: material, cimento e tempo de estocagem

Estatística	Material		Cimento			Tempo	
	AG	F	FP	CR	VK	24h	6 meses
N	60	60	40	40	40	60	60
Média	9,70	11,23	11,20	14,16	6,02	9,47	11,45
DP	4,18	5,15	3,35	4,03	2,47	4,45	4,83
Mínimo	2,56	1,07	5,90	5,28	1,07	1,07	3,08
1° Quartil	5,64	7,80	8,12	11,82	4,22	5,95	7,96
Mediana	9,83	10,85	11,29	14,69	5,36	8,11	11,38
3° Quartil	12,94	14,85	13,43	16,50	7,77	13,64	14,03
Máximo	17,09	23,95	20,33	23,95	11,95	17,09	23,95

De posse destes valores podemos começar a interpretar os dados por meio da técnica exploratória do diagrama esquemático *Box-and- Whisker Plot*. Nos desenhos esquemáticos que se seguem, podemos visualizar a representação dos valores de resistência ao cisalhamento nas diversas condições experimentais e suas interações.

Este tipo de diagrama coloca em evidência 50% dos valores mais importantes da amostra analisada e a sua distribuição. Geralmente, é nessa metade principal (também denominada de intervalo interquartil) que se concentra a maior quantidade de valores semelhantes, portanto mais estáveis e sugestivos da tendência dos valores da amostra. A importância desta representação gráfica está

também na não influência das eventuais medidas discrepantes, ou seja, dos valores extremos da amostra. O chamado 1<sup>o</sup> quartil (Q1) corresponde aos 25% dos menores valores e o terceiro quartil (Q3) a 25% dos maiores valores.

Na Figura 12 podemos observar que os dados têm praticamente uma distribuição de valores com mesmo desempenho, sendo a faixa interquartil semelhante para os dois materiais, no entanto ao visualizarmos a mediana, podemos verificar um valor superior (10,85MPa) para porcelana (F) quando comparada ao Art Glass (AG) (9,83MPa).

Neste gráfico verificamos também que F apresentou valores mais heterogêneos, com valores máximos e mínimos bem discrepantes, e intervalo interquartil com valores de resistência adesiva superiores aos encontrados com o AG.

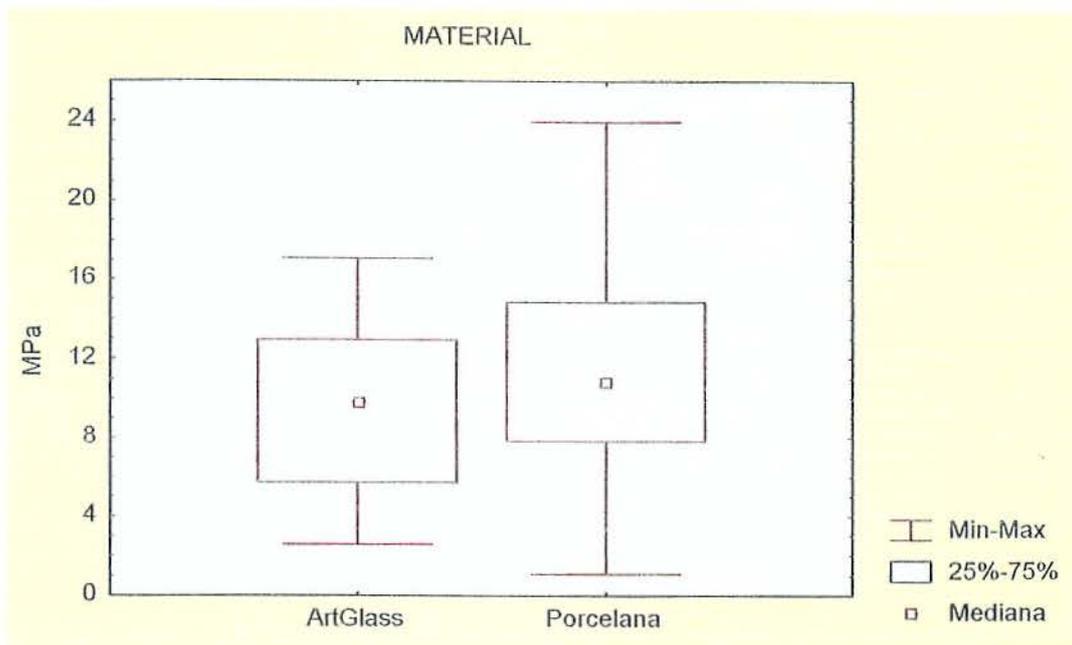


FIGURA 12 - Desenho esquemático tipo *Box-and-Whisker Plot* dos dados de resistência ao cisalhamento, segundo o material.

A Figura 13 representa a distribuição dos agentes cimentantes, onde é possível observar a diferença entre a atuação dos diversos cimentos, ficando evidente que a faixa interquartil do Variolink (VK) é inferior a dos outros dois cimentos, ficando próxima aos valores mínimos destes. Os valores médios do cimento resinoso 3M (CR) situam-se em 14,16MPa, sendo que os obtidos pelo cimento resinoso VK foram muito diferentes (6,02MPa).

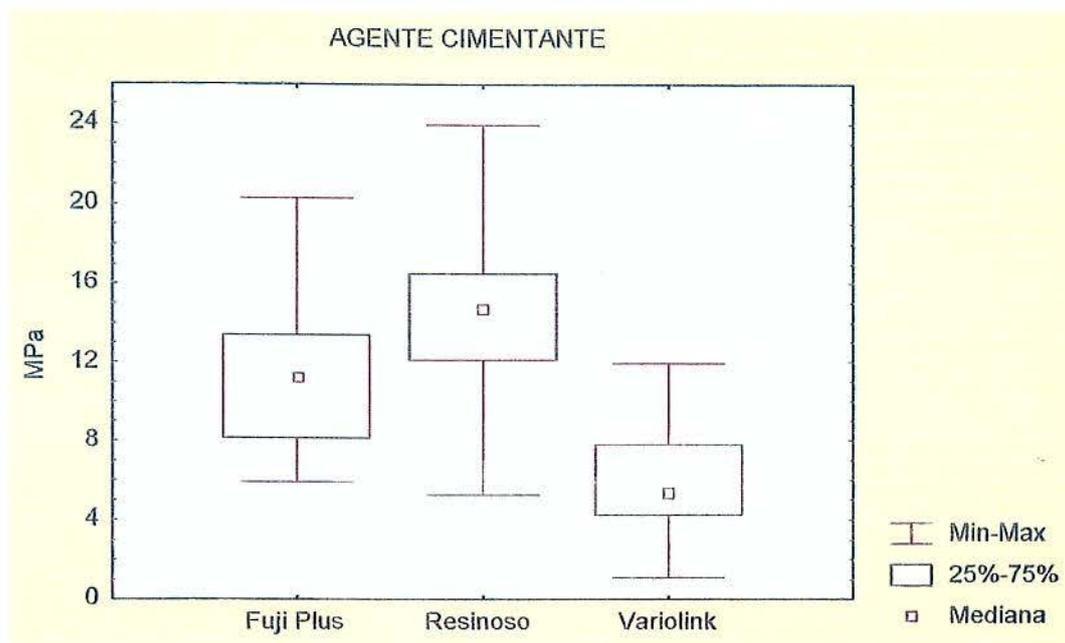


FIGURA 13 - Desenho esquemático tipo *Box-and-Whisker Plot* dos dados de resistência ao cisalhamento, segundo o agente cimentante.

A Figura 14 representa a distribuição dos valores de resistência adesiva, quando levado em consideração o tempo de estocagem dos corpos de prova. Os valores de tendência central: média e mediana são inferiores para o tempo de 24h.

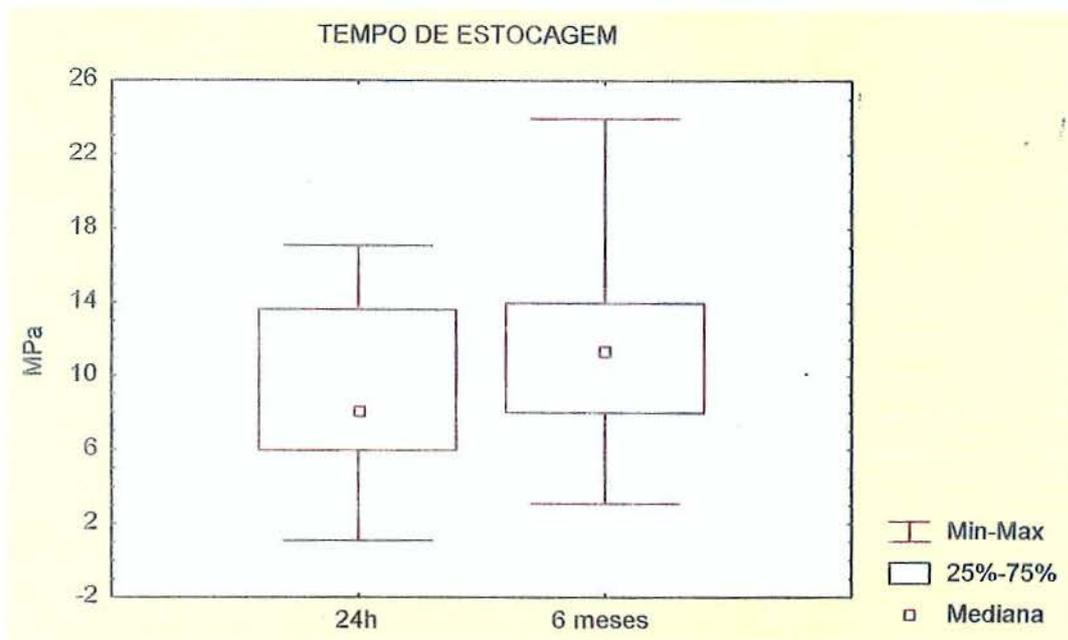


FIGURA 14 - Desenho esquemático tipo *Box-and-Whisker Plot* dos dados de resistência ao cisalhamento, segundo o tempo.

As Figuras 15, 16 e 17 representam as interações entre os fatores: tempo x material, tempo x cimento e material x cimento.

Verifica-se na Figura 15 que para o AG, após 6 meses, o intervalo interquartil tornou-se mais homogêneo com concentração de maiores valores de resistência adesiva; sendo que para F os valores foram mais elevados, porém dispersos.

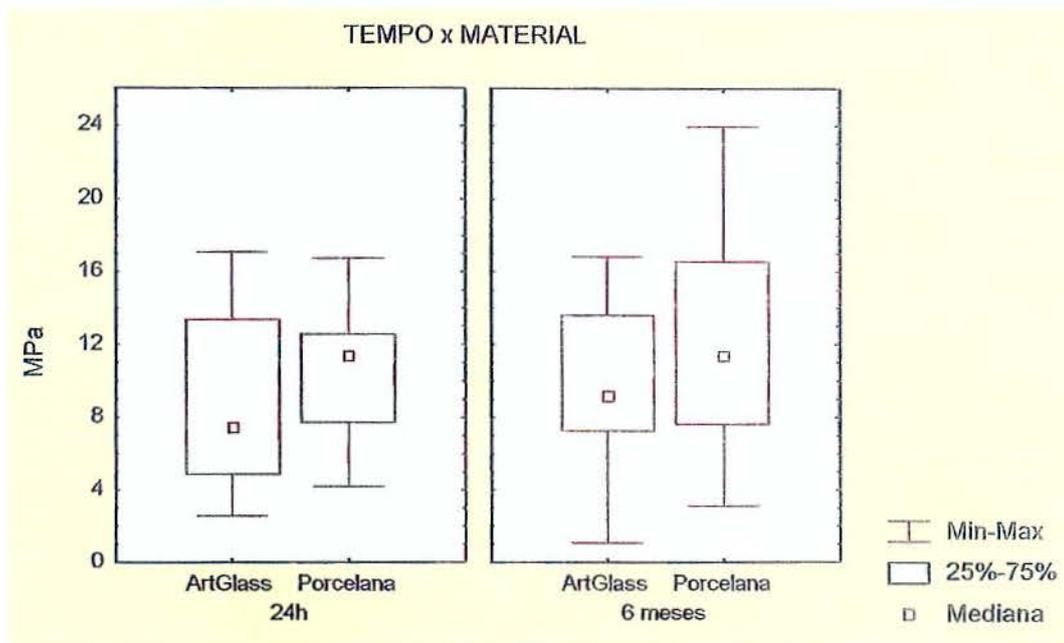


FIGURA 15 - Desenho esquemático tipo *Box-and-Whisker Plot* dos dados de resistência ao cisalhamento, segundo a interação material x tempo.

A Figura 16 representa a interação tempo x cimento, independentemente do material cimentado. Nesta figura podemos observar que para todos os cimentos foram obtidos valores máximos maiores após 6 meses, estando as medianas dispostas também em uma faixa superior.

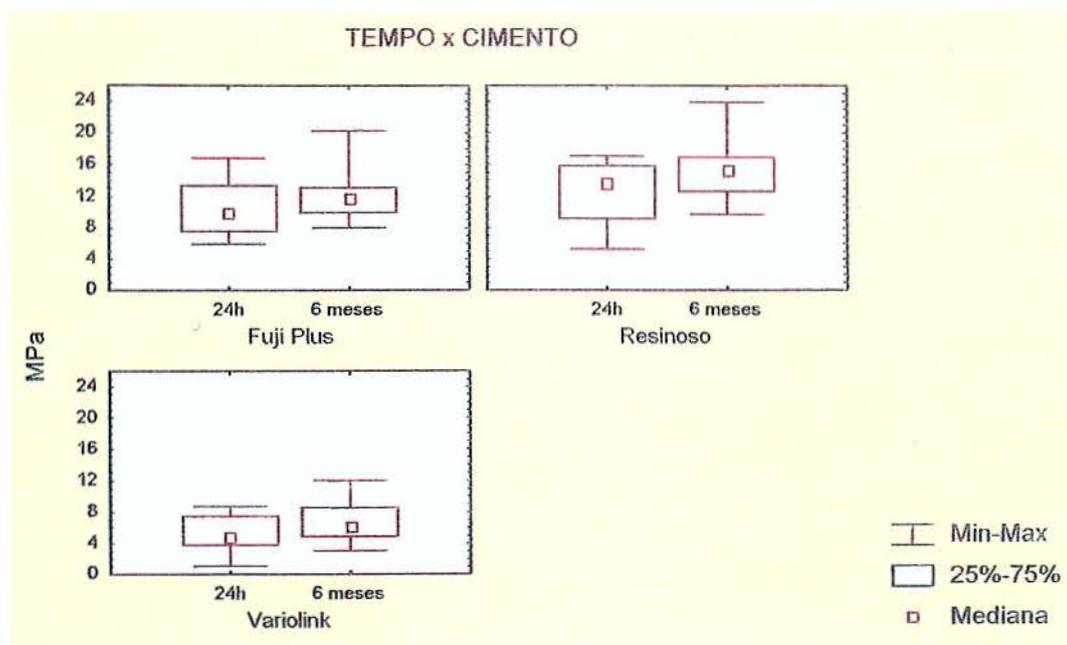


FIGURA 16 - Desenho esquemático tipo *Box-and-Whisker Plot* dos dados de resistência ao cisalhamento, segundo a interação cimento x tempo.

Na interação material x cimento, vista na Figura 17, visualizamos para o AG que as faixas interquartil estão dispostas em ordem decrescente, como se segue: CR, FP, VK. Esta mesma disposição pode ser observada para F.

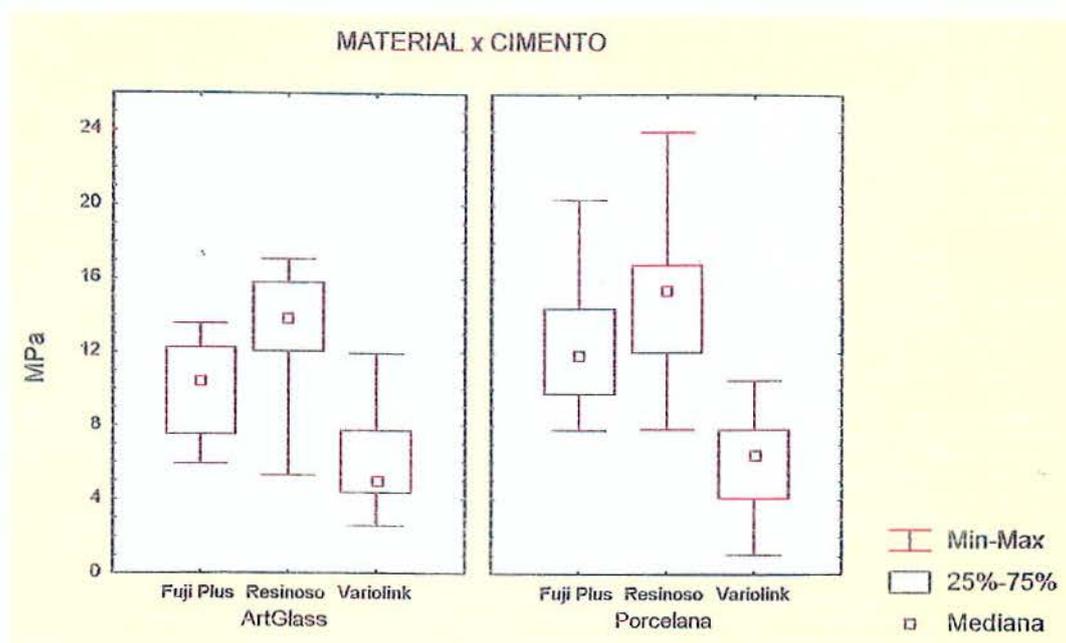


FIGURA 17 - Desenho esquemático tipo *Box-and-Whisker Plot* dos dados de resistência ao cisalhamento, segundo a interação material x cimento.

A interação entre os três fatores simultaneamente está representada na Figura 18. Em todas as situações de material restaurador e tempo de estocagem o cimento VK foi o que teve menor desempenho. Observamos também para o cimento CR com o AG, após seis meses de estocagem, valores de resistência adesivo mais homogêneos, isto é, concentrados no intervalo interquartil. Para F os valores do cimento CR também apresentam-se aumentados e mais concentrados no intervalo interquartil.



Tabela 4 - Análise de variância dos dados da Tabela 2

Fonte de variação	Gl	Soma de quadrados	Quadrado médio	Razão "F"	p - valor
Material	1	70,17	70,17	7,90	0,006*
Cimento	2	1356,54	678,27	76,36	0,000*
Tempo	1	118,25	118,25	13,31	0,000*
Material x cimento	2	28,00	14,00	1,58	0,211
Material x tempo	1	1,74	1,74	0,20	0,659
Cimento x tempo	2	8,99	4,50	0,51	0,604
Material x Cimento x Tempo	2	122,56	61,28	6,90	0,002*
Resíduo	108	959,36	8,88		
Total	119	2665,61			

Verifica-se na Tabela 4 que o p - valor observado foi inferior a 0,05 para os fatores: material, cimento e tempo; como também para a interação entre eles. Assim houve evidência amostral para se rejeitar a hipótese de que a resistência ao cisalhamento tenha sido igual para todos os fatores avaliados.

A representação em gráficos das médias de cada fator (Figuras 19, 20 e 21) nos permite ver a diferença existente entre seus respectivos níveis.

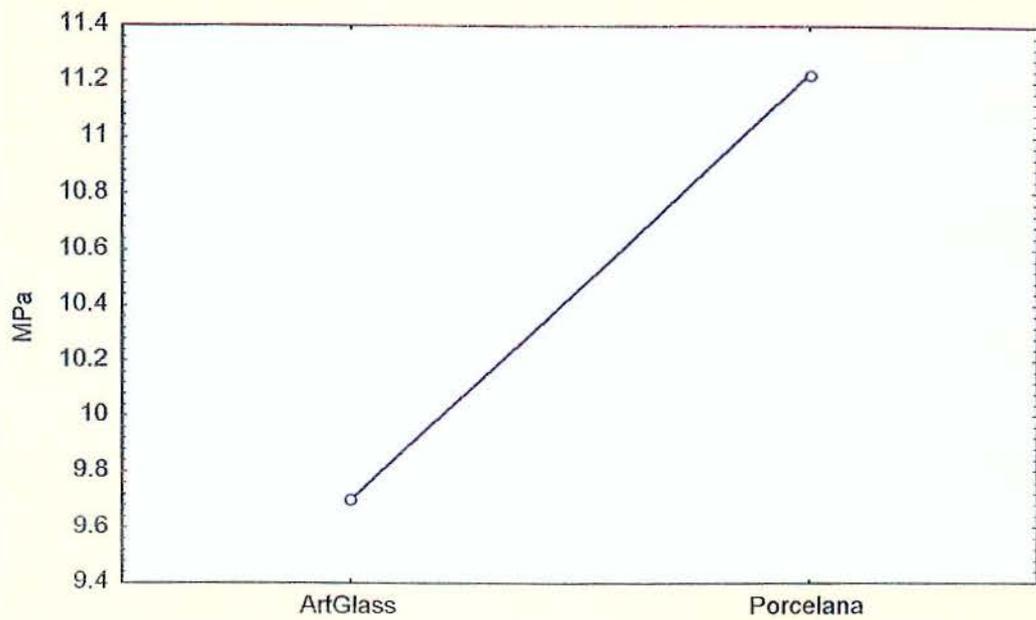


FIGURA 19 - Gráfico das médias. Efeito principal: MATERIAL.

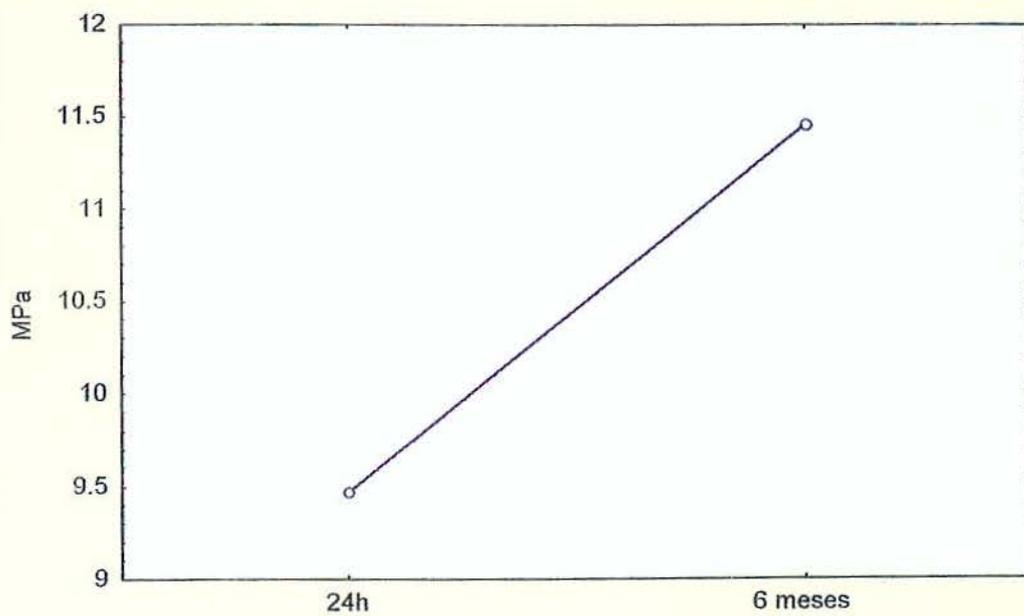


FIGURA 20 - Gráfico das médias. Efeito principal: TEMPO.

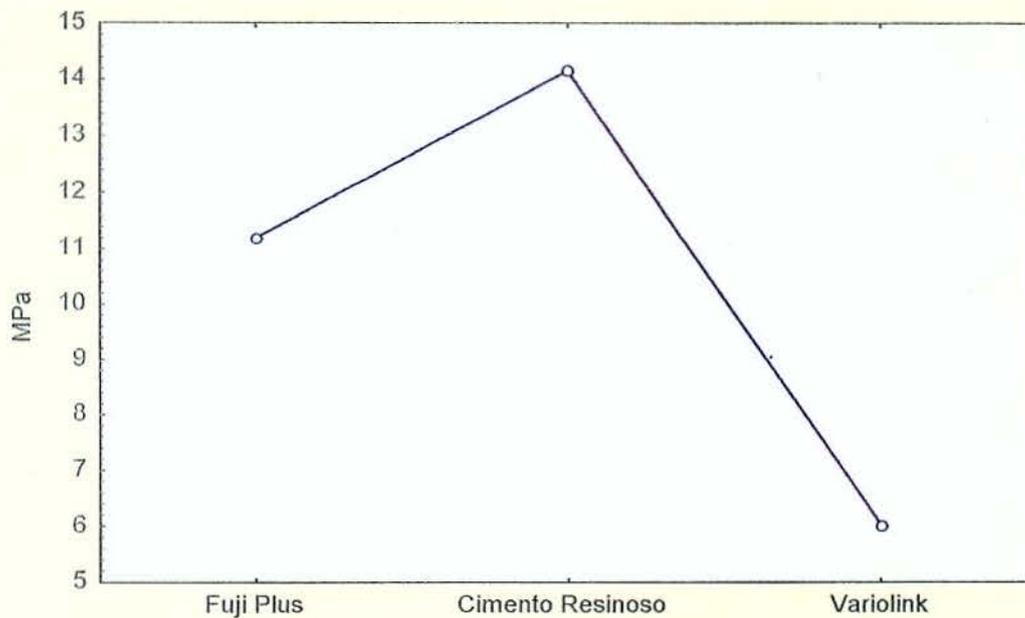


FIGURA 21 – Gráfico das médias. Efeito Principal: AGENTE CIMENTANTE.

Nas interações duplas demonstradas nas Figuras 22, 23 e 24 verifica-se que não houve evidência amostral para rejeitar a hipótese de igualdade entre as resistências adesivas para: material x tempo, cimento x tempo e cimento x material ( $p > 0,05$ ).

No gráfico das médias ao compararmos a interação entre material x cimento observamos que a tendência dos cimentos foi a mesma para os dois materiais restauradores.

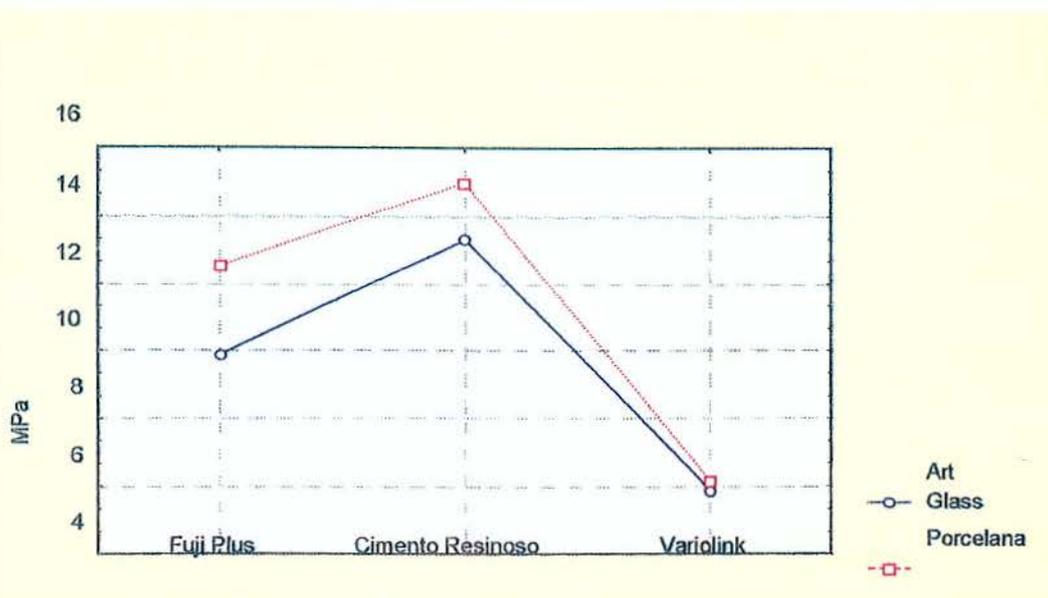


FIGURA 22 - Gráfico das médias. Efeito Principal: CIMENTO x MATERIAL.

Quando interagiram tempo x material e tempo x cimento, a tendência de elevação das resistências adesivas com o tempo de estocagem, foi semelhante para os dois materiais e os três cimentos.

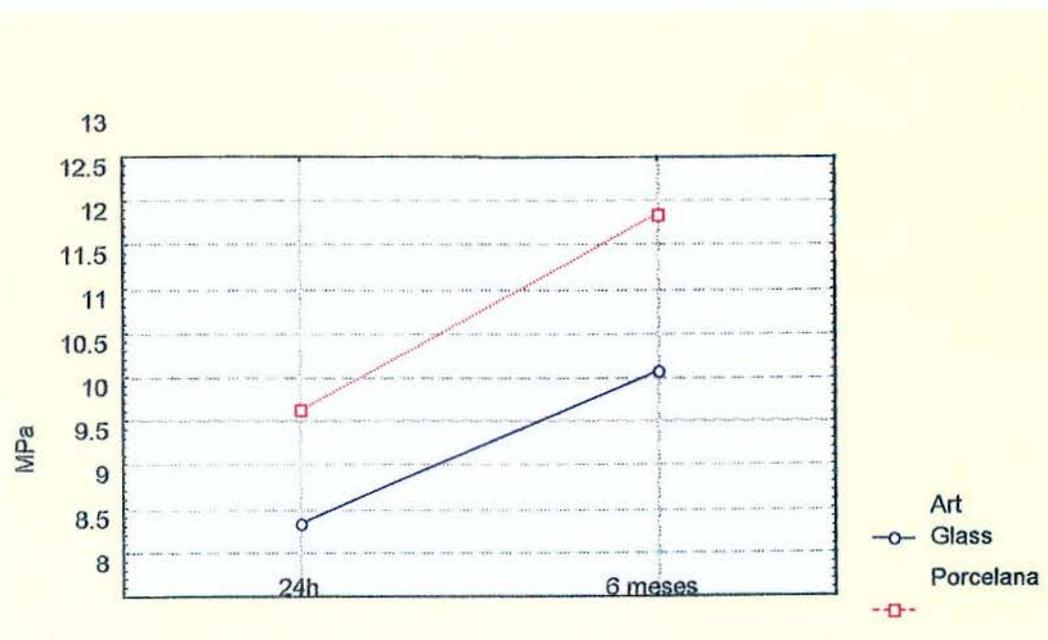


FIGURA 23 - Gráfico das médias. Efeito Principal: TEMPO x MATERIAL.

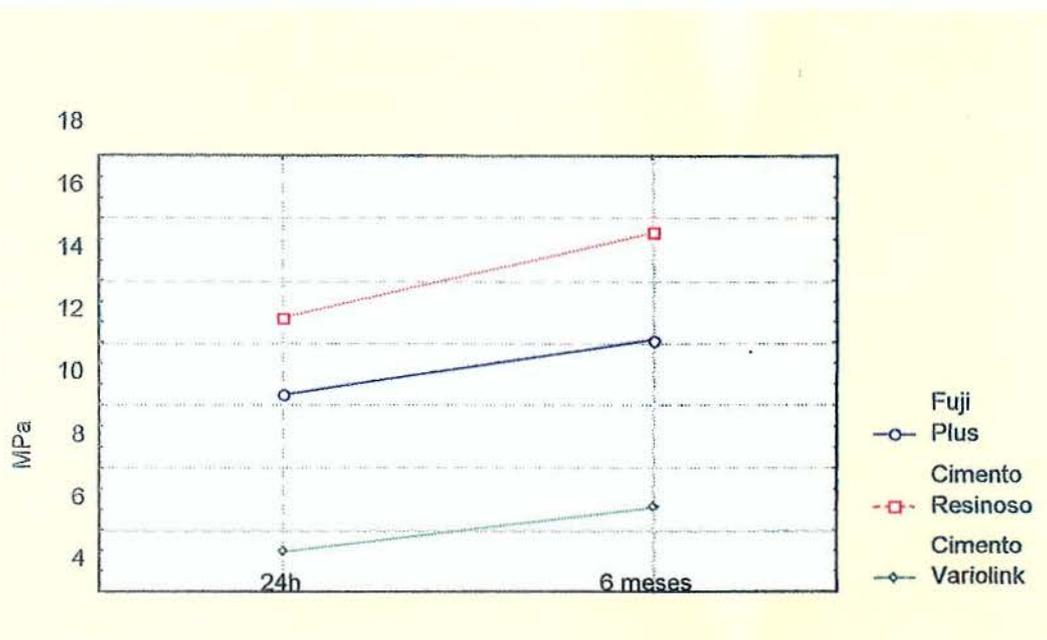


FIGURA 24 - Gráfico das médias. Efeito Principal: TEMPO x CIMENTO.

Portanto, ao interagirmos os fatores material x cimento; material x tempo e tempo x cimento, a diferença entre os valores médios não é estatisticamente significante, pois ambos os materiais tiveram comportamento semelhante com cada cimento separadamente (Figura 22) e a relação deles com o tempo foi a mesma, independentemente do material (Figuras 23 e 24).

Houve suficiente evidência amostral para rejeitar novamente a hipótese de igualdade dos valores de resistência ao cisalhamento, quando há a interação de todos os níveis dos três fatores analisados (Figura 25).

Na interação AG x cimento após 24h e seis meses verificamos que os valores médios de resistência adesiva apresentaram mesma tendência de variação, entretanto, para F, após 6 meses verificamos grande elevação dos valores médios para o cimento CR.

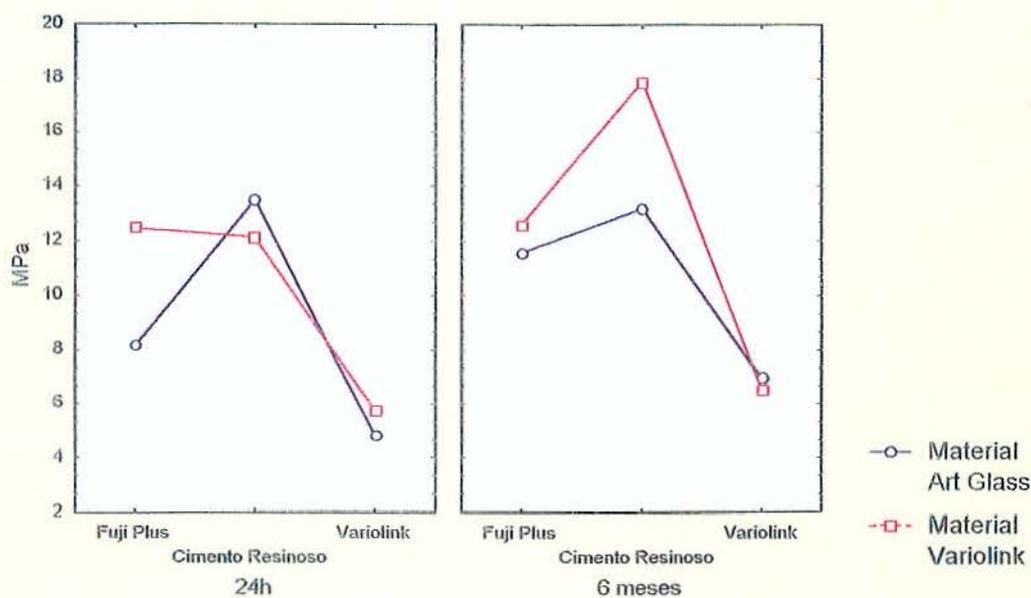


FIGURA 25 - Gráfico das médias. Fator interação: TEMPO x CIMENTO x MATERIAL.

Estas interações, entre os níveis do fatores, podem ser verificadas com a aplicação do teste de Tukey ao nível 95% de confiança. A Tabela 5 mostra um resumo das interações entre os diversos níveis amostrais.

Tabela 5 - Fator Interação: Material x Cimento x Tempo. Média (*Desvio Padrão*) dos valores em ordem crescente de tensão de cisalhamento (MPa), segundo a condição experimental

Condição Experimental: Material / Cimento/ Tempo	Tensão média ( <i>desvio padrão</i> )		Conjunto*	
(5) ArtGlass / Variolink / 24h	4,813	2,014	C	
(11) Porcelana / Variolink / 24h	5,778	2,306	C	
(12) Porcelana / Variolink / 6 meses	6,554	2,663	C	
(6) ArtGlass / Variolink / 6 meses	6,959	2,661	C	
(1) ArtGlass / Fuji Plus / 24h	8,193	2,320	C	B
(2) ArtGlass / Fuji Plus / 6 meses	11,584	1,640	B	
(9) Porcelana / Cimento Resinoso / 24h	12,105	3,121	B	
(7) Porcelana / Fuji Plus / 24h	12,469	2,932	B	
(8) Porcelana / Fuji Plus / 6 meses	12,580	4,217	B	
(4) ArtGlass / Cimento Resinoso / 6 meses	13,171	2,165	B	
(3) ArtGlass / Cimento Resinoso / 24h	13,476	4,478	B	
(10) Porcelana / Cimento Resinoso / 6 meses	17,892	3,751	A	

\* Conjunto formado por letras iguais do alfabeto denotam que as condições experimentais não diferem significativamente ao nível de 95% de confiança (teste de Tukey)

Ao analisarmos a Tabela 5, nos deparamos com a disposição dos valores de tensão média reunidos em três conjuntos distintos, dentro dos quais as condições experimentais não diferem significativamente. Estes conjuntos estão representados pelas letras do alfabeto A, B e C. As condições experimentais que apresentam maiores valores de resistência adesiva, estão representadas pelo conjunto A; as que representam valores médios, representadas pelo conjunto B; e, as de menores valores de resistência adesiva, representadas pelo conjunto C.

## 5.2 Análise da fratura

Após os ensaios mecânicos de cisalhamento, os corpos de prova foram analisados em lupa estereoscópica (Karl Zeiss), quanto ao tipo de fratura ocorrida na região de ruptura da união entre a dentina e os materiais testados. Estas fraturas foram classificadas em:

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| A – adesiva da dentina  | B – mista               |
| C – coesiva do cimento  | D – adesiva do material |
| E – coesiva do material | F – coesiva da dentina  |

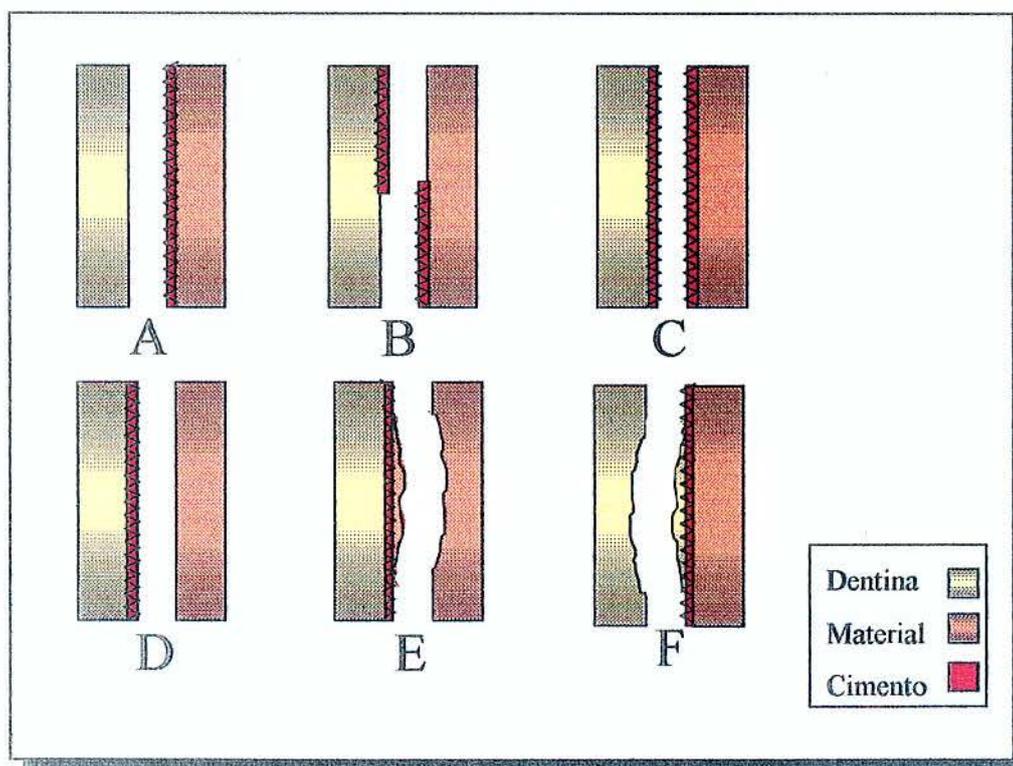


FIGURA 26 – Representação esquemática dos tipos de fraturas.

Os resultados das avaliações do tipo de fraturas encontradas estão listados na Tabela 7.

Tabela 7 - Classificação dos tipos de fratura encontrados de acordo com a condição experimental

MATERIAL											
ArtGlass						Porcelana					
AGENTE CIMENTANTE											
Fuji Plus		Resinoso		Variolink		Fuji Plus		Resinoso		Variolink	
TEMPO DE ESTOCAGEM											
24h {1}	6 meses {2}	24h {3}	6 meses {4}	24h {5}	6 meses {6}	24h {7}	6 meses {8}	24h {9}	6 meses {10}	24h {11}	6 meses {12}
B	E	A	A	A	A	C	C	E	E	B	B
B	C	A	A	A	A	C	E	B	E	A	A
C	C	A	A	A	A	C	C	E	E	A	A
B	C	A	A	A	A	C	E	B	E	B	A
B	C	A	A	A	A	E	C	E	E	B	A
C	C	A	A	A	A	C	C	E	E	A	A
C	C	A	A	A	A	E	E	E	C	E	A
B	C	A	A	A	A	C	C	E	C	B	A
B	C	A	A	A	A	C	C	E	C	A	A
B	C	A	A	A	A	E	E	E	E	A	B

As áreas fraturadas receberam um corante à base de hematoxilina, que impregna dentina e esmalte, para melhor visualização.

Os tipos de fraturas ocorridos no ensaio mecânico de cisalhamento, nas condições experimentais envolvidas neste estudo, estão representados nas Figuras de 27 a 34. As áreas das superfícies dentinárias envolvidas na cimentação e seus respectivos discos podem ser observados. As Figuras 27 e 28 representam fratura adesiva na dentina, quando então podemos verificar que a maior parte do cimento se destacou da superfície dentinária e ficou unido ao disco do material empregado.



FIGURA 27 – Fratura adesiva. Superfície dentinária.

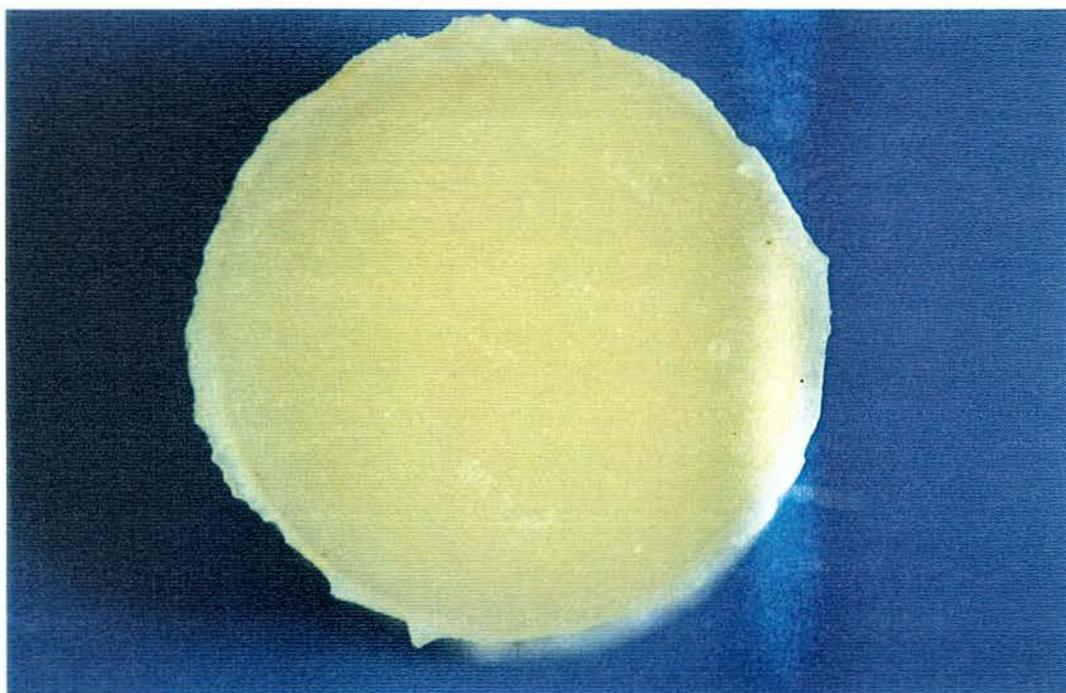


FIGURA 28 – Fratura adesiva. Superfície do material.

Este tipo de fratura foi predominante nos grupos envolvendo o AG e os cimentos CR (100%) e VK (100%), após 24h de estocagem, e nos mesmos grupos e com a mesma porcentagem de ocorrência, acrescido do grupo envolvendo F e o cimento VK (80%), após seis meses de estocagem.

As Figuras 29 e 30 mostram a fratura do tipo mista na superfície da dentina e do respectivo material. Nesse tipo de fratura observamos que tanto a dentina como a superfície do material cimentado ficam parcialmente cobertas pelo cimento. Na avaliação

após 24h, ela ocorreu predominantemente (70%) entre o AG e o cimento FP (70%) e em 40% das amostras entre F e o cimento VK; e após 6 meses de armazenamento, este tipo de fratura só foi observado (20%) entre F e VK.



FIGURA 29 – Fratura mista. Superfície dentinária.



FIGURA 30 - Fratura mista. Superfície do material.

As fraturas coesivas do cimento puderam ser observadas nos grupos envolvendo F e os cimentos FP (70%, após 24h e 60% após seis meses) e CR (30% após seis meses) e nos grupos envolvendo AG e o cimento FP (30%, após 24h e 90% após seis meses) podendo ser visualizadas nas Figuras 31 e 32.

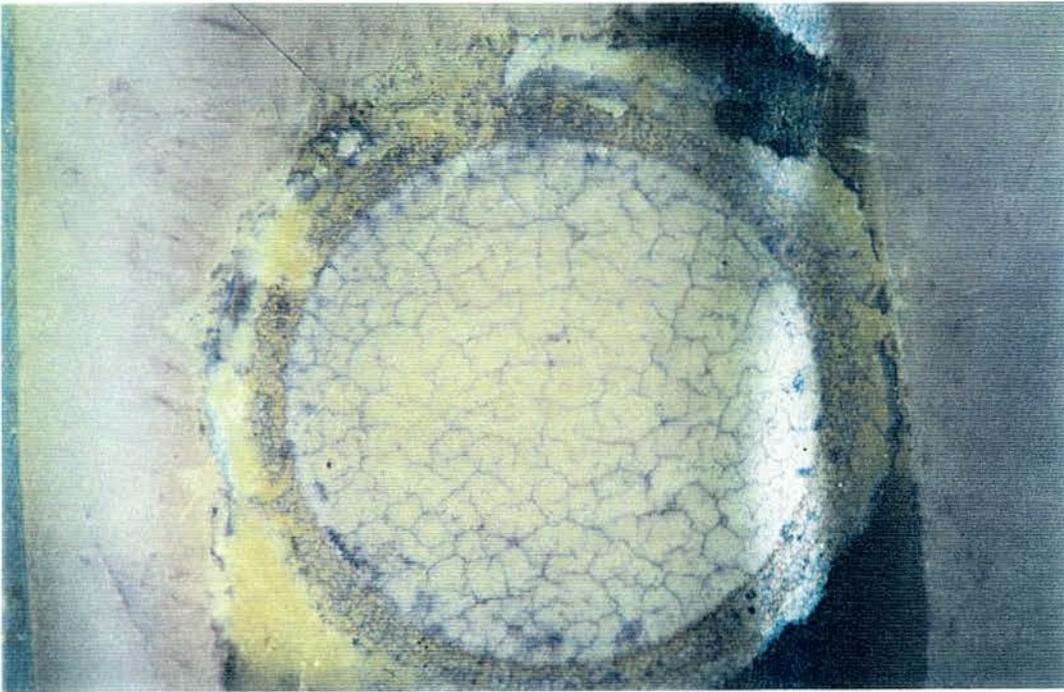


FIGURA 31– Fratura coesiva do cimento. Superfície dentinária.

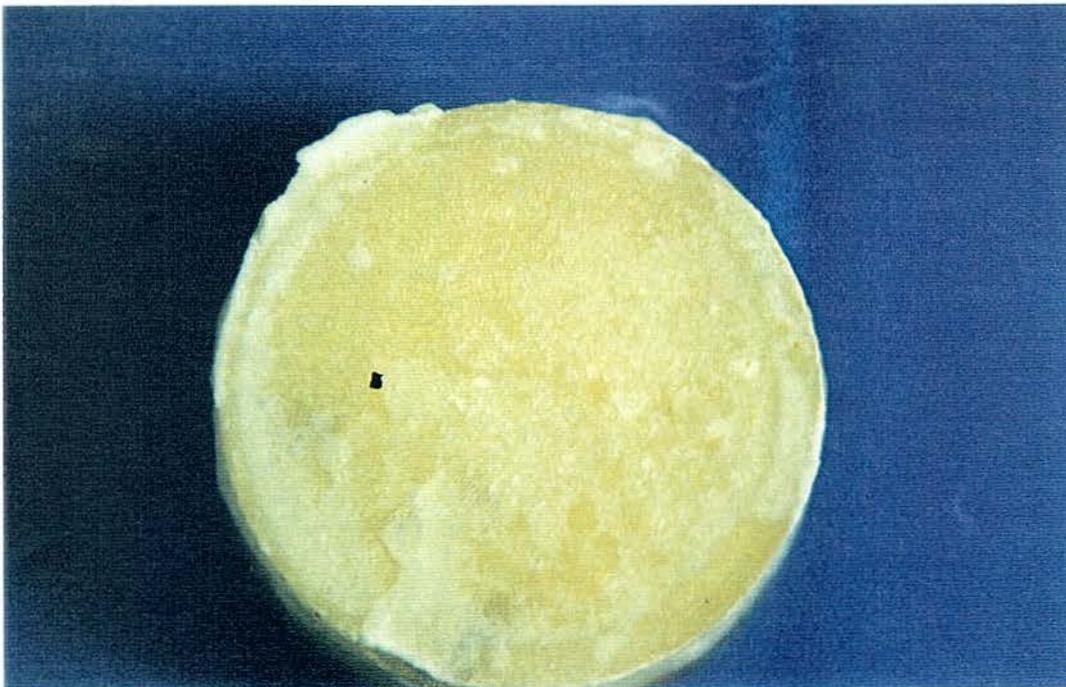


FIGURA 32 - Fratura coesiva do cimento. Superfície do material.

Nos demais grupos, com F e o cimento CR (80%, após 24h e 70%, após seis meses) e o cimento FP (30%, após 24h e 40%, após seis meses) ocorreram fraturas coesivas do material. Este tipo de fratura pode ser observado nas Figuras 33 e 34.

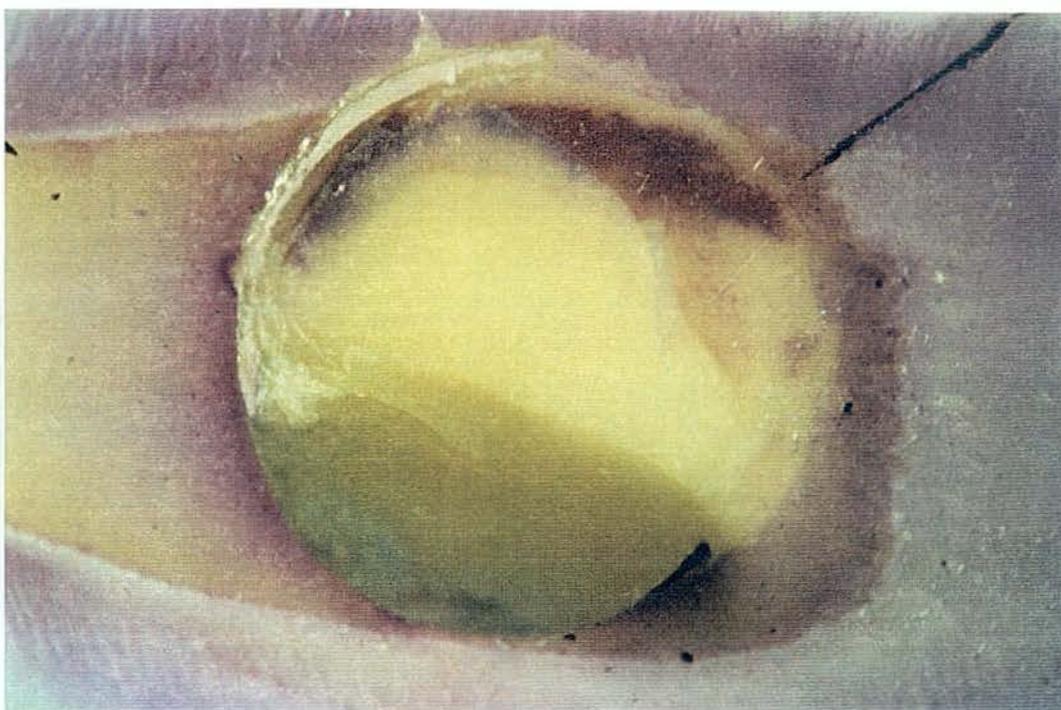


FIGURA 33 - Fratura coesiva do material. Superfície dentinária.

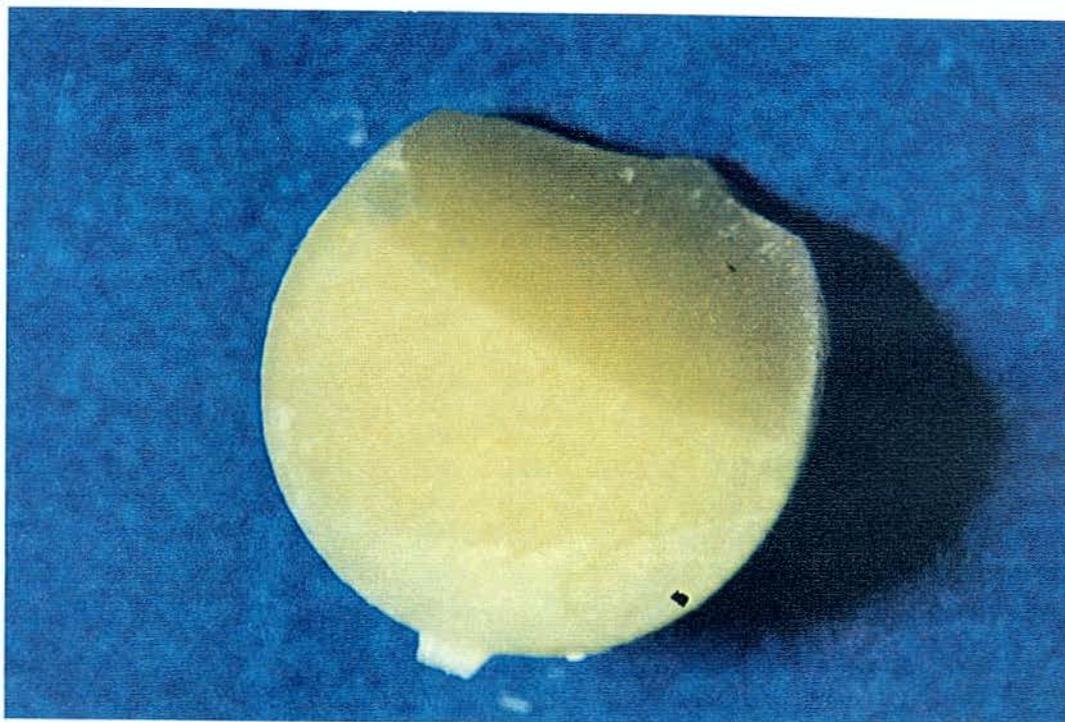


FIGURA 34 - Fratura coesiva do material. Superfície do material.

Foram observados em microscópio óptico Axiophot II (Zeiss), corpos de prova de cada grupo armazenado por seis meses. Para tal, foram seccionados transversalmente em cortadora de baixa velocidade com discos diamantados Labcut 1010 (Extec) e desmineralizados. A Figura 35 ilustra a condição experimental mais favorável encontrada, a interação entre F e CR. As demais condições experimentais não resistiram aos procedimentos para a obtenção das secções dos corpos de prova.

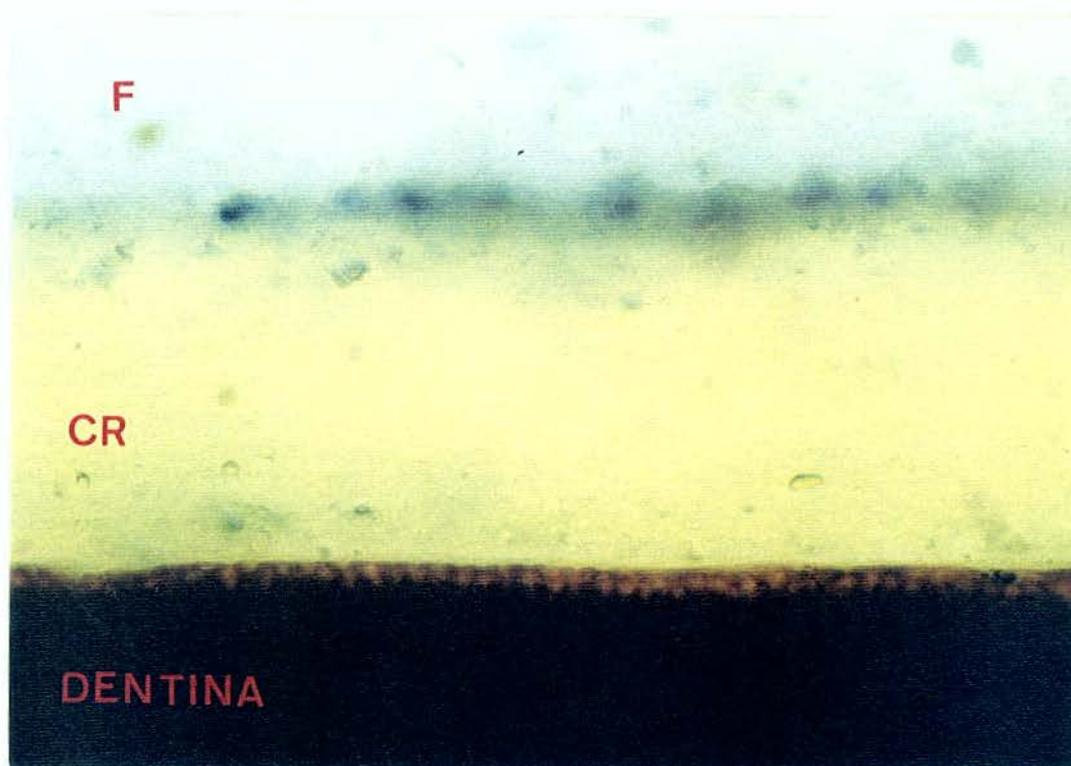


FIGURA 35 - Linha de cimentação entre F e CR (coloração HE modificado, aumento de 400X).

## 5 DISCUSSÃO

À partir da introdução do conceito de dentística restauradora adesiva, em 1955, por Buonocore<sup>7</sup>, como um método inovador de aumento de adesão entre materiais resinosos e o esmalte, seguido dos estudos de Bowen et al.<sup>6</sup>, 1982, à partir de 1965, sobre a adesão à dentina, muito se tem discutido, estudado e tentado no que se refere à adesão dos diversos materiais restauradores à estrutura dental.

Atualmente dispomos de sistemas adesivos que tratam com sucesso simultaneamente esmalte e dentina, possibilitando também a união aos materiais restauradores. Resistências adesivas à dentina da ordem de 25 MPa, têm sido descritas na literatura (Chapel et al.<sup>18</sup>, 1990; Eick et al.<sup>37</sup>, 1993). Porém, o sucesso da adesão dentinária, está baseado em características intrínsecas deste tecido, cuja constituição e distribuição estrutural, muito o diferencia do esmalte. O conjunto destes fatores e a integração deles com os sistemas adesivos propiciam uma maior ou menor adesão dos materiais à dentina (Aboush & Jenkins<sup>1</sup>, 1984; Van Meerbeek et al.<sup>116</sup>,

1992; Olsson et al.<sup>81</sup>, 1993; Pashley et al.<sup>83</sup>, 1993; Plasmans<sup>86</sup>, 1993; Gonçalves<sup>44</sup>, 1994 e Gwinett<sup>46</sup>, 1994).

Este conhecimento sobre a adesão ao tecido dentinário, tem sido usado na previsão da atuação dos sistemas adesivos e restaurações adesivas, clinicamente. Inúmeros autores criticam esta correlação dos achados *in vitro* com o desempenho clínico dos materiais, principalmente no que se refere aos testes de resistência adesiva (Van Noort et al.<sup>117</sup>, 1991; DeHoff et al.<sup>27</sup>, 1995, e, Swift Junior et al.<sup>105</sup>, 1995). Porém, devido à rápida evolução dos sistemas adesivos, Barkmeier & Cooley<sup>4</sup>, 1992, consideram que os testes laboratoriais têm uma grande importância, senão na determinação precisa do desempenho clínico dos materiais, pelo menos como um comparativo entre condições experimentais semelhantes ou mesmo entre os dados pertinentes ao mesmo estudo. Diaz-Arnold<sup>29</sup>, 1990, colocou a necessidade de padronização de condições como: substrato, tempo pós-extração e solução de estocagem; como um fator importante para a comparação entre estes testes.

Nosso estudo se desenvolveu baseado na dúvida acerca da adesividade de recentes sistemas restauradores estéticos indiretos, no que se refere às interações: dentina/cimento/porcelana e

dentina/cimento/polímero de vidro. Para tal optamos por fazer as comparações entre as diversas condições experimentais por nós estabelecidas, através de teste de resistência ao cisalhamento da união material/dentina. Segundo De Hoff et al.<sup>27</sup>, 1995, estes testes simulam uma condição, onde o rompimento da união entre os materiais, se dá após a aplicação de uma carga constante e progressiva, enquanto que na boca, este, ocorre após ciclos de aplicação de forças de menor intensidade. Porém, de acordo com Fowler et al.<sup>38</sup>, 1992, esta é a modalidade de teste mecânico, mais indicada, para as avaliações da força de união adesiva, entre materiais e o substrato dental. Em 1993, Öilo & Austrheim<sup>80</sup> compararam estes testes ao de tração, e verificaram serem ambos igualmente efetivos, na determinação da resistência adesiva. Takemori et al.<sup>107</sup>, 1993, afirmaram que o processo laboratorial comumente utilizado para posicionar os dentes para o teste de cisalhamento, que é o embutimento em resina acrílica, como também o período compreendido entre 10min e 24 h entre a confecção dos corpos de prova e o seu teste, não afetam os resultados destes testes.

Nós elegemos a dentina com o substrato em nosso estudo, por ser o que apresenta os maiores desafios com relação à obtenção de

uma adequada união; e a dentina bovina, porque, além de haver uma maior oferta destes dentes, possibilitando uma maior padronização da amostra, a literatura tem mostrado cada vez mais estudos onde eles são o substrato de eleição, devido à semelhança com a dentina humana. Autores como Nakamishi et al.<sup>78</sup>, 1983; Saunders<sup>95</sup>, 1988; Fowler et al.<sup>38</sup>, 1992; e, Silva et al.<sup>98</sup>, 1996 atestaram a semelhança da dentina bovina com a humana, com relação não só a proporcionar padrões semelhantes de resistência adesiva, como também com relação à matriz de colágeno (Sano et al.<sup>94</sup>, 1994). Retif et al.<sup>89</sup>, 1990, compararam a resistência adesiva à dentina bovina e humana, e, constataram menores valores para a dentina bovina. O que ao nosso ver não inviabiliza ou invalida o emprego deste substrato nos testes de adesão, pois inúmeros estudos mais recentes, acima citados, demonstram a semelhança entre os dois substratos.

A disponibilidade de dentes bovinos, nos permitiu selecionar uma amostra com idade muito semelhante. Foram também padronizados: a região e a profundidade dentinárias, além do tempo de armazenamento destes dentes, antes de serem utilizados. Sendo a dentina o substrato de eleição, é de suma importância a padronização da sua profundidade e idade da amostra ao realizarmos testes de

adesão, devido à variação em densidade e diâmetro dos canaliculos dentinários, com a mudança de profundidade da dentina (Van Meerbeek et al.<sup>116</sup>,1992; Pashley et al.<sup>84</sup>,1993; Burrow et al.<sup>12</sup>,1994). A localização da região dentinária a ser estudada, também deve ser levada em consideração, pois, Aboush & Jenkins<sup>1</sup>,1984 verificaram diferenças entre os resultados de resistência adesiva de CIV, para a dentina localizada em regiões vestibulares e oclusais; e, Olsson et al.<sup>81</sup>,1993, consideraram a dentina vestibular, como a que oferece melhores condições de padronização das mensurações.

O meio e a forma de estocagem são também fatores determinantes nos estudos laboratoriais. Nossa escolha foi por armazenamento em *freezer* (-18<sup>0</sup>C), por um período máximo de quatro semanas, pois, a manutenção do dentes em baixas temperaturas, mantém a integridade da dentina para os testes adesivos (Camps et al.<sup>13</sup>, 1996; Tonami et al.<sup>110</sup>, 1996).

Os corpos de prova foram submetidos à ciclagem térmica, pois este procedimento simula as condições da cavidade bucal de contração e de dilatação térmicas. Uma condição experimental sujeita a divergências , é a adoção ou não de termociclagem, antes da realização de testes de resistência adesiva. Carracho et al.<sup>14</sup>, 1991, a

consideram como um agente redutor da resistência da união de adesivos dentinários; já Davidson et al.<sup>25</sup>, 1993, observaram que ela só afeta a resistência dos adesivos que deixam a *smear layer* intacta, enquanto que Öilo & Austrheim<sup>80</sup>, 1993, demonstraram que a termociclagem aumentou a resistência dos adesivos. Ao nosso entender, este é um procedimento laboratorial, que visa aumentar o estresse sobre o material adesivo, colocando-o em situações limítrofes, devendo portanto ser empregado.

A estocagem por seis meses, teve o objetivo de verificar se haveria qualquer alteração na resistência adesiva, promovida por uma possível hidrólise ou erosão de algum dos cimento (Curtis et al.<sup>23</sup>, 1993 e Dupuis et al.<sup>36</sup>, 1996); e a exposição de uma superfície plana de dentina, permitiu uma avaliação dos limites extremos da capacidade adesiva do material.

Seguindo estas condições experimentais previamente estabelecidas, procuramos, portanto, fazer uma comparação entre o desempenho de três cimentos adesivos; dois cimentos resinosos e um CIV modificado por resina, para cimentação, em associação a dois materiais restauradores, a porcelana e um polímero de vidro (Artglass), atualmente utilizados em restaurações estéticas adesivas,

tanto em dentes anteriores, na forma de facetas laminadas e coroas totais puras, como também para dentes posteriores, na forma de incrustações (*inlays e onlays*). A avaliação laboratorial do desempenho da resistência adesiva, destes novos cimentos adesivos à dentina, é de suma importância, uma vez que estes têm sido cada vez mais empregados pelos dentistas, e, em cavidades com maior disponibilidade de dentina que de esmalte.

São vários os cimentos disponíveis no momento. Dentre os cimentos definitivos, os que mais evoluíram ultimamente, foram os cimentos à base de resina composta. Esta evolução se deu principalmente, devido ao concomitante avanço na tecnologia dos sistemas adesivos. A associação destes cimentos aos adesivos dentinários, tornou possível a cimentação adesiva para uma gama muito maior de casos clínicos, favorecendo, não só a retenção das restaurações indiretas (Michellini et al.<sup>69</sup>,1995), como também a resistência da estrutura dental (Burke & Watts<sup>8</sup>,1994). Os cimentos resinosos, apresentam a vantagem de serem insolúveis nos fluidos bucais, mas são também extremamente críticos quanto ao emprego da técnica. Uma outra opção para o profissional, são os CIV modificados por resina para cimentação, que surgiram como um material que

continha os componentes essenciais e mantinha as propriedades desejadas dos CIV convencionais, acrescidas de uma maior resistência, proporcionada pela inclusão das resinas compostas.

A seleção do material de cimentação, é um passo decisivo, para o sucesso clínico, quando a técnica restauradora indireta é a de escolha do profissional. Esta seleção, está na dependência não só da situação clínica que se apresenta, como também das propriedades físico-mecânicas deste cimento. Este cimento deve reunir o maior número de requisitos que atendam às necessidades pertinentes ao caso em questão, pois uma escolha inadequada pode levar ao fracasso do procedimento restaurador. O correto emprego da técnica de cimentação e a sua padronização, nos estudos laboratoriais, são fatores de grande importância, quando estes cimentos adesivos são comparados, em pesquisas clínicas e laboratoriais.

No nosso estudo, a camada do cimento foi padronizada em 40 $\mu$ m, de acordo com indicação de Wilson<sup>124</sup>, 1996. Apesar que Davidson et al.<sup>26</sup>, 1991 e Scherrer et al.<sup>96</sup>, 1994, consideraram que uma espessura de película inferior a 300 $\mu$ m não interfere na resistência adesiva. Houve também uma padronização da força de cimentação, recomendado por Wilson<sup>123</sup>, 1993. A intensidade desta

força, no entanto, foi determinada experimentalmente, através de uma coleta de dados entre vários profissionais, requisitados para que aplicassem sobre uma balança, uma força equivalente à utilizada por eles nos procedimentos clínicos de cimentação. A força média aplicada foi assim definida, pois não encontramos na literatura relatos sobre qual a intensidade que deveria ser aplicada, nas cimentações destes materiais.

O tratamento das superfícies dos materiais restauradores: jato de óxido de alumínio, seguido da aplicação de ácido hidrofúorídrico e silano na superfície da porcelana (Suliman et al.<sup>104</sup>, 1993; Chen et al.<sup>19</sup>, 1998; Kamada et al.<sup>53</sup>, 1998); e de ácido fosfórico e silano na superfície do polímero de vidro (Swift Junior et al.<sup>106</sup>, 1992; Latta & Barkemeier<sup>59</sup>, 1994 ; Kupiec et al.<sup>58</sup>, 1996; Hummel et al.<sup>51</sup>, 1997), se mostraram efetivos, pois a análise do tipo de fratura decorrente dos ensaios mecânicos, revelou que não ocorreram fraturas adesivas entre cimento/material, como pode ser observado na Tabela 7, e Figuras 28, 30 e 32. Não é indicada a abrasão da superfície dentinária para ganho de retenção adicional, pois de acordo com Nikaido et al.<sup>79</sup>, 1996, este procedimento não altera a adesão à dentina e age negativamente sobre o esmalte.

Ao analisarmos os resultados por nós obtidos, nas Tabelas 2 e 3, verificamos que os valores médios de resistência ao cisalhamento dos três cimentos avaliados, apresentaram diferença estatisticamente significativa, quanto à resistência adesiva, sendo maior para o CR (14,16MPa), seguido do FP (11,20MPa) e VK (6,02MPa). Estas diferenças podem ser visualizadas, no desenho esquemático da Figura 13 e no gráfico da Figura 21.

Um bom desempenho do cimento resinoso era esperado, no entanto isso só aconteceu com o CR. O cimento resinoso VK apresentou um fraco desempenho neste estudo (6,02MPa), bem inferior à média de resistência adesiva (13,50MPa), quando este foi empregado por Uno et al.<sup>113</sup>, 1997, após termociclagem, na cimentação de discos porcelana à dentina bovina.

Apesar da diferença entre os valores médios de resistência adesiva dos cimentos observados neste estudo, os seus desempenhos melhoraram após os seis meses de estocagem, como demonstrado no gráfico das médias, representado na Figura 20. Milleding et al.<sup>71</sup>, 1998, atribuem este fato aos efeitos do processo químico de pós-polimerização das resinas compostas, e Menezes & Muench<sup>68</sup>, 1997, constataram que esta polimerização continua pelo

menos por 30 dias após cessado o estímulo luminoso. Isso pode se aplicar aos cimentos resinosos, pois Christensen<sup>22</sup>, 1998, considerou-os versões mais fluidas e menos densas das resinas compostas.

Ambos os cimentos resinosos empregados são de dupla polimerização. Porém, com relação a estes cimentos, parece haver um consenso entre os autores, no que se refere à polimerização incompleta das camadas não atingidas pela luz, pois esta fica atenuada pela interposição da restauração, e, o componente químico destes cimentos, não é capaz de induzir sua completa polimerização (Hasegawa et al.<sup>47</sup>, 1991; Darr & Jacobsen<sup>24</sup>, 1995; Serra et al.<sup>97</sup>, 1996; Christensen<sup>22</sup>, 1998 e Sjögren et al.<sup>100</sup>, 1998). Em função de uma polimerização incompleta e da não conversão do monômero, pode haver sorção de água. Se a incorporação de fluidos e dissolução do cimento resinoso forem excessivas, pode-se esperar falhas do material (Serra et al.<sup>97</sup>, 1996). A diferença encontrada entre os dois cimentos resinosos (CR e VK), pode sugerir, diferença na quantidade dos componentes químicos envolvidos na polimerização. No nosso experimento, havia a interposição de 3mm de material restaurador, entre a fonte de luz e a região central do disco, e no estudo de Uno et al.<sup>113</sup>, 1997, que apresentou resultados de resistência adesiva superiores para o VK, a

espessura dos discos cimentados foi de 0,75mm. Darr & Jacobsen<sup>24</sup>,1995, citaram inclusive, que para atenuar este problema de polimerização incompleta, seria necessário a redução de um componente destes cimentos, a amina, que é a responsável pela estabilidade da cor, o que levaria a uma alteração precoce da coloração da linha de cimentação. Höglund et al.<sup>50</sup>,1994, sugeriram o uso de cimentos resinosos auto-polimerizáveis para superar a restrição na profundidade de polimerização, pois além do efeito da luz só alcançar certa profundidade, esta deficiência não pode ser compensada com um aumento no tempo de exposição.

White<sup>121</sup>, 1993, Kitasako et al.<sup>56</sup>, 1995, McComb<sup>66</sup>, 1996, atestaram a efetividade dos cimentos resinosos, porém acrescentaram que a técnica de emprego destes oferece maior dificuldade. Estes cimentos necessitam estar associados a adesivos dentinários para se unirem ao substrato dental, o que gera uma técnica de aplicação constituída de múltiplos passos, possibilitando assim a ocorrência de interferências, durante o procedimento de cimentação. Essa associação aos adesivos dentinários vem conferir aos cimentos resinosos, uma maior retenção (Al-Fawaz et al.<sup>2</sup>, 1993, Patierno et al.<sup>85</sup>, 1996 e Saboia et al.<sup>93</sup>, em 1999), porém esta interação não parece ser forte o

suficiente para compensar a contração de polimerização destes cimentos (Milleding et al.<sup>70</sup>,1995; Sim et al<sup>99</sup>, 1994; Sorensen & Munksgaard<sup>103</sup>, 1996). Nós pudemos constatar a complexidade técnica apresentada pelos cimentos resinosos, pois o uso dos sistemas adesivos, implica na adição de vários passos, no procedimento de cimentação, o que não ocorre com o CIVMR, cuja técnica envolve o tratamento da dentina com um *primer*, seguido da aplicação do cimento .

A diferença em desempenho entre os cimentos resinosos pode estar relacionada às interfaces cimento/adesivo/dentina, pois Burke & Watts<sup>9</sup>, 1998, já relataram que, a resistência à fratura de dentes restaurados com coroas de porcelana, cimentadas em dentina, foi dependente do adesivo e do cimento utilizado; e, Uno et al.<sup>113</sup>, 1997, ao empregarem um adesivo dentinário, de diferente fabricante do cimento, constataram em fotomicrografias da interface cimento/adesivo/dentina, fraturas na camada híbrida ou na área de transição entre esta camada e o cimento resinoso.

Outro fator comentado na literatura como deletério para a obtenção de uma ótima atuação dos cimentos resinosos, é a inibição da polimerização da camada externa do cimento, pelo oxigênio

(Bergman et al.<sup>5</sup>, 1991 e Christensen<sup>22</sup>, 1998). O interessante, é que no trabalho em questão, o VK foi o único cimento, a apresentar um gel de glicerina, que foi aplicado com o intuito de proteger a camada externa do cimento, e mesmo assim, ofereceu os menores valores de resistência adesiva .

Concordamos com Burke et al.<sup>11</sup>, 1998, que citaram que mais estudos sobre a interação dos componentes da cimentação são necessários. Pois, apesar da expectativa do bom desempenho, destes cimentos com os polímeros de vidro e porcelanas nas restaurações adesivas dos dentes, como visto por Reinhardt et al.<sup>88</sup>, 1994, Burke et al.<sup>10</sup>, 1995, Molin & Karlsson<sup>74</sup>, 1996, Leinfelder<sup>62</sup>, 1997 e Touati & Aidan<sup>111</sup>, 1997; outros autores como: Gladys et al.<sup>41</sup>, 1995; Milleding et al.<sup>70</sup>, 1995 e Troedson & Dérand<sup>112</sup>, 1998 encontraram em seus trabalhos, problemas com os cimentos resinosos.

Portanto achamos importante avaliar também, em nosso estudo, o desempenho de um CIVMR, denominação reconhecida por McLean et al.<sup>67</sup>, 1994. Este cimento apresentou resistência adesiva média (11,20MPa), menor que o CR, mas bem superior ao VK. É um CIV com resina na composição (Smith<sup>102</sup>, 1990), com resistência média ao cisalhamento, citada na literatura, como sendo de 12 MPa

(Mitra<sup>72</sup>, 1991), e menos susceptível à umidade e degradação que os CIV convencionais (Curtis et al.<sup>23</sup>, 1993, Dunne et al.<sup>35</sup>, 1996 e Dupuis et al.<sup>36</sup>, 1996). Thonemann et al.<sup>109</sup>, 1995, já citavam estes CIVMR com uma alternativa aos cimentos resinosos associados a adesivos dentinários, para quando as margens das restaurações cerâmicas estiverem em dentina. Li et al.<sup>63</sup>, 1996, atestaram que estes cimentos apresentam uma melhor resistência flexural que os CIV convencionais; e, Guzman et al.<sup>45</sup>, 1997, consideraram melhor o comportamento desses cimentos ao compará-los aos cimentos resinosos. Em nossos resultados, o CIVMR, mostrou-se superior a um dos cimentos resinosos (VK), porém inferior ao outro (CR).

O CIV apresenta propriedades desejáveis de adesão à estrutura dental (Wilson et al.<sup>122</sup>, 1988; Mount<sup>75</sup>, 1991; Leinfelder<sup>60</sup>, 1993; Mount<sup>76</sup>, 1994), e capacidade de prevenir a microinfiltração por lixiviar fluoretos (Christensen<sup>20</sup>, 1990; Leinfelder<sup>61</sup>, 1994; Ten Cate & Van Duin<sup>108</sup>, 1995; Diossopoulos et al.<sup>32</sup>, 1996; Park & Kim<sup>82</sup>, 1997). Porém Gladys et al.<sup>42</sup>, 1997 consideraram que ainda não se alcançou a composição ótima desses materiais; pois são citadas reações de sensibilidade pós-operatória, o que foi contestado por Johnson et al.<sup>52</sup>, 1993. Esses cimentos apresentaram um desempenho

que superou as nossas expectativas, e, devido a suas propriedades, podem ter a sua indicação para pacientes com maior susceptibilidade à cárie, além de apresentar uma simplicidade técnica que facilita seu emprego.

Quanto aos materiais empregados, verificamos que os valores médios de resistência adesiva, foram superiores para a porcelana e estatisticamente significantes, como mostra a Figura 19 e a Tabela 4. Estes resultados podem se relacionar ao tipo de retenção conseguido na superfície interna da porcelana, após o procedimento de condicionamento e silanização. O ácido hidrofluorídrico cria retenções micromecânicas na porcelana e o silano estabelece uma união covalente com a matriz orgânica resinosa (Lu et al.<sup>64</sup>,1992; Suliman et al.<sup>104</sup>,1993). Já a ação do ácido fosfórico sobre a superfície interna do polímero de vidro, tem mais a conotação de promover uma limpeza, pois Hummel et al.<sup>51</sup>,1997, constataram que este ácido não melhora a união às resinas compostas indiretas. Um outro fator a ser considerado, com relação ao grau de polimerização, é a união entre polímeros, como o Artglass, e o cimento resinoso. Como o grau de polimerização destas resinas é bem maior que o cimento, devido a alta taxa de conversão destes materiais, não há grupos metacrilato

disponíveis, suficientes para unir a resina ao cimento resinoso, criando uma fragilidade na interface da cimentação (Latta & Barkemeier<sup>59</sup>,1994; Serra et al.<sup>97</sup>,1996).

Após o rompimento da união entre os discos de porcelana e polímero de vidro, e a dentina bovina, o modo de fratura foi observado em lupa estereoscópica. A predominância foi a ocorrência de fraturas adesivas, seguido de fraturas coesivas do cimento, principalmente do CIVMR; e, após seis meses de estocagem, de fraturas coesivas do material, principalmente da porcelana, como visto na Tabela 7.

A ocorrência de fraturas coesivas com o CIVMR (Figuras 31 e 32), denota a menor resistência deste cimento, e, é concorde com outros dados da literatura (McCaghren, et al.<sup>65</sup>, 1990; Fritz et al.<sup>39</sup>, 1996; Vallittu & Forss<sup>114</sup>, 1997), e com Gladys et al.<sup>42</sup>, 1997, que acham que ainda se faz necessário uma melhora na formulação destes materiais.

As fraturas dos cimentos resinosos com menor adesividade, como o VK foram predominantemente adesivas, na interface cimento/dentina. Uno et al.<sup>113</sup>, 1997, verificaram fraturas coesivas na região adesivo/cimento, deste cimento, após

termociclagem, quando observaram a região em MEV. A Figura 27, mostra este tipo de fratura. O cimento CR, também apresentou uma predominância de fraturas adesivas, quando unido ao Artglass, porém com a porcelana, as fraturas foram algumas do tipo mista (Figuras 29 e 30) e coesiva do cimento e a grande maioria, coesivas da porcelana; discorde de Chang et al.<sup>17</sup>, 1998, que observaram fraturas adesivas entre cimentos resinosos e a porcelana.

Foram encontradas fraturas coesivas da porcelana (Figuras 33 e 34), com uma incidência maior após os seis meses de estocagem, corroborando com Chan et al.<sup>16</sup>, 1997, que verificaram um aumento na resistência ao cisalhamento de adesivos após 180 dias. Estas fraturas coesivas da porcelana podem entretanto ser um reflexo da qualidade da porcelana, e não da interface da adesão segundo Donovan & Kahn<sup>34</sup>, 1990; Lu et al.<sup>64</sup>, 1992; Donovan & Chee<sup>33</sup>, 1993; Chadwick et al.<sup>15</sup>, 1998.

Não verificamos fraturas coesivas de dentina, o que segundo Pashley et al.<sup>84</sup>, 1995, não seria uma representação de maior adesão à dentina, e sim, segundo Versluis et al.<sup>118</sup>, 1997 devido à biomecânica do teste empregado, pois a resistência coesiva da dentina

ultrapassa os valores de adesão à este substrato (Gwinet<sup>46</sup>, 1994; Watanabe et al.<sup>120</sup>, 1996, e Demarco et al.<sup>28</sup>, 1997).

Quando avaliada a interação entre os fatores material, cimento e tempo de estocagem (Tabela 5), observa-se a formação de três conjuntos (A, B e C), sendo que destaca-se separadamente como o melhor, o conjunto A, compreendido pela interação porcelana/Cimento Resinoso/estocagem por seis meses.

As avaliações disponíveis acerca desses materiais restauradores, dos cimentos e da interação entre ambos, ainda são conflitantes (Krejci et al.<sup>57</sup>, 1993; Wassel et al.<sup>119</sup>, 1995; Molin & Karsson<sup>74</sup>, 1996; Vallitu & Forss<sup>114</sup>, 1997; Hayashi et al.<sup>48</sup>, 1998 e Van Dijken et al.<sup>115</sup>, 1998).

As restaurações totalmente em porcelana, em resina composta ou em polímeros de vidro, proporcionam uma estética melhor. Entretanto, a natureza friável da porcelana e sua pobre resistência à fratura, e a resistência ao desgaste das resinas, têm gerado preocupações quanto à longevidade destas restaurações. A causa do fracasso é normalmente de difícil determinação, pois vários fatores podem estar implicados, tais como: espessura do material restaurador, planejamento da restauração, tipo do preparo, orientação da carga

mastigatória, localização e magnitude do estresse mecânico, adaptação da restauração antes da cimentação e a escolha do agente cimentante, com o domínio de sua técnica. Portanto, são necessários mais estudos no sentido de elucidar as dúvidas ainda existentes não só a respeito dos materiais restauradores indiretos, como também para criar cimentos e adesivos com composições mais adequadas e com técnicas de utilização mais simplificadas.

## 6 CONCLUSÃO

Baseados nas condições experimentais deste estudo e no método de avaliação empregado, podemos concluir:

- a) o CR apresentou os maiores valores de resistência adesiva, considerados estatisticamente significantes;
- b) a resistência adesiva da união do material F à dentina bovina foi maior que a do AG; sendo a diferença entre ambos os materiais, considerada estatisticamente significativa;
- c) a avaliação após seis meses de estocagem, apresentou médias de resistência ao cisalhamento maiores que as encontradas após a avaliação inicial de 24h; sendo a diferença entre estes períodos de tempo, estatisticamente significativa para os dois materiais;

d) os maiores valores médios de resistência adesiva, nas condições experimentais deste estudo, foram observados na interação: F x CR x estocagem por seis meses.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

- 01 ABOUSH, Y. E. Y., JENKINS, C. B. G. Factors affecting the tensile bond strength of a glass ionomer restorative to dentine. *J Dent. Res.*, v.63, n.4, p.511, 1984. (Abstract 194).
- 02 AL-FAWAZ, A., GERZINA, T.M., HUME, W.R. Movement of resin cement components through acid-treated dentin during crown cementation in vitro. *J. Endod.*, v. 19, n.5, p.219-23, May 1993.
- 03 BANKS, R.G. Conservative posterior ceramic restorations: a literature review. *J Prosthet. Dent.*, v.63, n.6, p.619-26, June 1990.
- 04 BARKMEIER, W.W., COOLEY, R.L. Laboratory evaluation of adhesive systems. *Oper. Dent.*, v.5, suppl.5, p.50-61, 1992.
- 05 BERGMANN, P., NOACK, M.J., ROULET, J.F. Marginal adaptation with glass-ceramic inlays adhesively luted with glycerine gel. *Quintessence Int.*, v.22, n.9, p.739-44, Sept. 1991.
- 06 BOWEN, R.L., COBB, E.N., RAPSON, J.E. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues: improvement in bond strength to dentin. *J Dent. Res.*, v.61, n.9, p. 1070-6, Sept. 1982.

---

\* Baseado em:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *Referências Bibliográficas. NBR 6.023*. Rio de Janeiro, 1989. 19p.

- 07 BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent. Res.*, v.34, n.6, p. 849-53, Dec. 1955.
- 08 BURKE, F.J.T., WATTS, D. C. Fracture resistance of teeth restored with dentin-bonded crowns. *Quintessence Int.*, v.25, n.5, p.335-40, 1994.
- 09 BURKE, F.J.T., WATTS, D.C. Effect of differing resin luting systems on fracture resistance of teeth restored with dentin-bonded crowns. *Quintessence Int.*, v.29, n.1, p.21-7, 1998.
- 10 BURKE, F.J.T., QUALTROUGH, A. J. E, HALE, R.W. The dentin-bonded ceramic crown: an ideal restoration? *Br. Dent. J.*, v. 179, n.2, p.58-63, July 1995.
- 11 BURKE, F.J.T., QUALTROUGH, A.J.E., HALE, R.W. Dentin-bonded all-ceramic crowns: current status. *J. Amer. Dent. Assoc.*, v. 129, n. 4, p.455-60, Apr. 1998.
- 12 BURROW, M.F. et al. The influence of age and depth of dentin on bonding. *Dent. Mater.*, v. 10, p. 241-6, July 1994.
- 13 CAMPS, J. et al. Influence of tooth cryopreservation and storage time on microleakage. *Dent. Mater.*, v.12, p.121-6, Mar. 1996.
- 14 CARRACHO, A.J.L. et al. The effect of storage and thermocycling on the shear bond strength of three dentinal adhesives. *Quintessence Int.*, v.22, n.9, p.745-52, 1991.

- 15 CHADWICK, R.G., MASON, A.G., SHARP, W. Attempted evaluation of three porcelain repair system – what are we really testing? *J. Oral Rehabil.*, v.25, p.610-5, 1998.
- 16 CHAN, A.R. et al. A short and long-term shear bond strength study using acids of varying dilutions on bovine dentin. *J. Dent.*, v.25, n.2, p.145-52, 1997.
- 17 CHANG, J.C. et al. Tensile bond strengths of dual-cured cements between a glass-ceramic and enamel. *J. Prosthet. Dent.*, v.79, n.5, p.503-7, May 1998.
- 18 CHAPPELL, R.P. et al. Shear bond strength and scanning electron microscopic observation of four dentinal adhesives. *Quintessence Int.*, v.21, n.4, p.303-10, 1990.
- 19 CHEN, J.H., MATSUMURA, H., ATSUTA, M. Effect of etchant, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. *Oper. Dent.*, v.23, p.250-7, 1998.
- 20 CHRISTENSEN, G.J. Glass ionomer as a luting material. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 120, n.1, p. 59-62, Jan. 1990.
- 21 CHRISTENSEN, G.J. Longevity vs. esthetics in restorative dentistry. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.129, n.7, p. 123-5, July 1998.
- 22 CHRISTENSEN, G. J. Seating nonmetal crowns or fixed partial dentures with resin cement. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.129, n.2, p. 239-40, Feb. 1998.

- 23 CURTIS, S.R., RICHARDS, M.W., MEIERS, J.C. Early erosion of glass-ionomer cement at crown margins. *Int. J. Prosthodont.*, v.6, n.6, p.553-7, 1993.
- 24 DARR, A.H., JACOBSEN, P.H. Conversion of dual cure luting cements. *J. Oral Rehabil.*, v.22, p.43-7, 1995.
- 25 DAVIDSON, C.L., ABDALLA, A.I., GEE, A.J. An investigation into the quality of dentine bonding systems for accomplishing a durable bond. *J. Oral Rehabil.*, v.20, p.291-300, 1993.
- 26 DAVIDSON, C.L., VAN ZEGHBROECK, L., FEILZER, A.J. Destuctive stresses in adhesive luting cements. *J. Dent. Res.*, v.70, n.5, p.880-2, May 1991.
- 27 DeHOFF, P. H., ANUSAVICE, K. J., WANG, Z. Three-dimensional finite element analysis of shear bond test. *Dent. Mater.*, v.11, p. 126-31, Mar. 1995.
- 28 DEMARCO, F.F., TURBINO, M.L., MATSON, E. Cohesive strength of dentin. *Rev. Odontol. Univ. São Paulo*, v.11, n.3, p.189-94, jul./set. 1997.
- 29 DIAZ-ARNOLD, A.M., WILLLAMS, V.D., AQUILINO, S.A. A review of dentinal bonding in vitro: the substrate. *Oper. Dent.*, v.15, p.71-5, 1990.
- 30 DIETSCHI, D., MAGNE, P., HOLZ, J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. *Quintessence Int.*, v.25, n.10, p.659-77, 1994.

- 31 DIETSCHL, D. et al. In vitro resistance to fracture of porcelain inlays bonded to tooth. *Quintessence Int.*, v.21, n.10, p.823-31, 1990.
- 32 DIONYSOPOULOS, P., KOTSANOS, N., PAPADOGIANIS, Y. Secondary caries formation "in vitro" around glass ionomer-lined amalgam and composite restorations. *J. Oral Rehabil.*, v.23, p.511-9, 1996.
- 33 DONOVAN, T.E., CHEE, W.W.L. Conservative indirect restorations for posterior teeth. *Dent. Clin. North Am.*, v.37, n.3, p. 433-43, July 1993.
- 34 DONOVAN, T.E., KAHN, R.L. Restorative options for posterior teeth. *J. Calif. Dent. Assoc.*, v.18, n.1, p.39-44, Jan. 1990.
- 35 DUNNE, S.M. et al. Caries inhibition by a resin-modified and a conventional glass ionomer cement, in vitro. *J. Dent.*, v.24, n.1/2, p.91-4, 1996.
- 36 DUPUIS, V. et al. Depth microhardness of glass ionomer cements. *Biomaterials*, v.17, n.1, p.71-4, 1996.
- 37 EICK, J.D. et al. The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part 111. *Quintessence Int.*, v.24, n.8, p.571-82, Aug. 1993.
- 38 FOWLER, C.S. et al. Influence of selected variables on adhesion testing. *Dent. Mater.*, v.8, n.4, p.265-9, July 1992.
- 39 FRITZ, U. B., FINGER, W. J., UNO, S. Resin-modified glass ionomer cements: bonding to enamel and dentin. *Dent. Mater.*, v.12, p.161-6, May 1996.

- 40 GARONE NETTO, N., BURGER, R. C. *Inlay e onlay: metálica e estética*. São Paulo: Quintessence, 1998. 277p.
- 41 GLADYS, S. et al. Clinical and semiquantitative marginal analysis of four tooth-colored inlay systems at 3 years. *J. Dent.*, v.23, n.6, p.329-38, 1995.
- 42 GLADYS, S. et al. Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. *J Dent. Res.*, v.76, n.4, p.883-94, Apr. 1997.
- 43 GOMES, J.C. *Odontologia estética: restaurações adesivas indiretas*. São Paulo: Artes Médicas, 1996. 213p.
- 44 GONÇALVES, S.E.P. *Adesivos multi-uso: avaliação da resistência adesiva à dentina frente a teste de cisalhamento, estereomicroscopia e microscopia eletrônica de varredura*. São José dos Campos, 1994. 149p. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista.
- 45 GUZMAN, A.F., MOORE, B.K., ANDRES, C.J. Wear resistance of four luting agents as a function of marginal gap distance, cement type, and restorative material. *Int. J. Prosthodont.*, v.10, n.5, p.415-25, 1997.
- 46 GWINETT, A.J. A new method to test the cohesive strength of dentin. *Quintessence Int.*, v.25, n.3, p.215-8, Mar. 1994.

- 47 HASEGAWA, E. A, BOYER, D. B., CHAN, D. C. N. Hardening of dual-cured cements under composite resin inlays. *J. Prosthet. Dent.*, v.16, p.187-92, 1991.
- 48 HAYASHI, M. et al. 6-year clinical evaluation of fired ceramic inlays. *Oper. Dent.*, v.23, p.318-26, 1998.
- 49 HEYMANN, H. O., BAYNE, S. C. Current concepts in dentin bonding: focusing on dentinal adhesion factors. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.124, n.5, p.27-36, May 1993.
- 50 HÖGLUND ALBERG, C., VAN DIJKEN, J. W. V., OLOFSSON, A L. Three-year comparison of fired ceramic inlays cemented with composite resin or glass ionomer cement. *Acta Odontol. Scand.*, v.52, p.140-9, 1994.
- 51 HUMMEL, S.K. et al. Surface treatment of indirect resin composite surfaces before cementation. *J. Prosthet. Dent.*, v.77, n.6, p.568-72, 1997.
- 52 JOHNSON, G.H., POWELL, L.V., DEROUEN, T.A. Evaluation and control of post-cementation pulpal sensitivity: zinc phosphate and glass ionomer luting cements. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.124, p.39-46, Nov. 1993.
- 53 KAMADA, K., YOSHIDA, K., ATSUTA, M. Effect of ceramic surface treatment on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. *J. Prosthet. Dent.*, v.79, n.5, p.508-13, 1998.

- 54 KELLY, J. R., NISHIMURA, I., CAMPBELL, S.D. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J. Prosthet. Dent.*, v.75, n.1, p.18-32, 1996.
- 55 KERN, M. et al. Clinical comparison of postoperative sensitivity for a glass ionomer and zinc phosphate luting cement. *J. Prosthet. Dent.*, v.75, n.2, p.159-62, Feb. 1996.
- 56 KITASAKO, Y. et al. Shear and tensile bond testing for resin cement evaluation. *Dent. Mater.*, v.11, n.5, p.298-304, Sept.1995.
- 57 KREJCI, L., LUTZ, F., REIMER, M. Marginal adaptation and fit of adhesive ceramic inlays. *J. Dent.*, v.21, n.1, p.39-46, 1993.
- 58 KUPIEC, K. A. et al. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. *J. Prosthet. Dent.*, v.76, n.2, p.119-24, 1996.
- 59 LATTA, M.A., BARKMEIER, W.W. Bond strength of a resin cement to a cured composite inlay material. *J. Prosthet. Dent.*, v.72, n.2, p.189-93, Aug. 1994.
- 60 LEINFELDER, K.F. Glass ionomers: current clinical developments. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.124, p.62-4, Sept. 1993.
- 61 LEINFELDER, K.F. Changing restorative traditions: the use of bases and liners. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 125, p. 65-7, Jan. 1994.
- 62 LEINFELDER, K.F. New developments in resin restorative systems. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.128, p.573-81, May 1997.

- 63 LI, J. et al. Flexure strength of resin-modified glass ionomer cement and their bond strength to dental composites. *Acta Odontol. Scand.*, v.54, p.55-8, 1996.
- 64 LU, R. et al. An investigation of the composite resin/porcelain interface. *Aust. Dent. J.*, v.37, n.1, p.12-9, 1992.
- 65 McCAGHREN, R. A. et al. Shear bond strength of light-cured glass ionomer to enamel and dentin. *J. Dent. Res.*, v.69, n.1, p.40-6, Jan. 1990.
- 66 McCOMB, D. Adhesive luting cements-classes, criteria and usage. *Compendium*, v.17, n.8, p.759-73, Aug. 1996.
- 67 McLEAN, J.W., NICHOLSON, J.W., WILSON, A.D. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int.*, v.25, n.9, p.587-9, 1994.
- 68 MENEZES, M.A., MUENCH, A. Correlação entre radicais livres e dureza Knoop de resinas compostas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISAS ODONTOLÓGICAS, 14, Águas de São Pedro, 1997. *Resumos...* São Paulo: SBPqO, 1997. p. 38. (Resumo 066).
- 69 MICHELINI, F.S. et al. Tensile bond strength of gold and porcelain inlays to extracted teeth using three cements. *Int. J. Prosthodont.*, v.8, n.4, p.324-31, 1995.
- 70 MILLEDING, P., ÖRTENGREN, U., KARLSSON, S. Ceramic inlay system: some clinical aspects. *J. Oral Rehabil.*, v.22, n.8, p.571-80, 1995.

- 71 MILLEDING, P. et al. Microhardness and surface topography of a composite resin cement after water storage. *Int. J. Prosthodont.*, v.11, n.1, p.21-6, 1998.
- 72 MITRA, S. B. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *J. Dent. Res.*, v.70, n.1, p.72-4, Jan. 1991.
- 73 MIYAZAKI, M. et al. Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin. *Dent. Mater.*, v.11, n.4, p.234-38, July 1995.
- 74 MOLIN, M., KARLSSON, S. A 3-year clinical follow-up study of a ceramic (Optec) inlay system. *Acta Odontol. Scand.*, v.54, n.3, p.145-9, 1996.
- 75 MOUNT, G. J. Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Oper. Dent.*, v.16, p.141-8, 1991.
- 76 MOUNT, G. J. Glass-ionomer cements: past, present and future *Oper. Dent.*, v.19, p.82-90, 1994.
- 77 NAKABAYASHI, N., KOJIMA, K., MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrate. *J. Biomed. Mater. Res.*, v.16, p.265-73, 1982.
- 78 NAKAMICHI, J., IWAKU, M., FUSAYAMA, T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion tests. *J. Dent. Res.*, v.62, n.10, p. 1076-81, Oct. 1983.

- 79 NIKAIDO, T. et al. Bond strengths of resin to enamel and dentin treated with low-pressure air abrasion. *Oper. Dent.*, v.21, p.218-24, 1996.
- 80 ÖILO, G., AUSTRHEIM, E.K. In vitro quality testing of dentin adhesives. *Acta Odontol. Scand.*, v.51, p.263-9, 1993.
- 81 OLSSON, S., ÖILO, G., ADAMCZAK, E. The structure of dentin surfaces exposed for bond strength measurements. *Scand. J. Dent. Res.*, v.101, p. 180-4, 1993.
- 82 PARK, S. H., KIM, K. Y. The anticariogenic effect of fluoride in primer, bonding agent, and composite resin in the cavosuperficial enamel area. *Oper. Dent.*, v.22, p.115-120, 1997.
- 83 PASHLEY, D.H. et al. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int.*, v.24, n.9, p.618-31, 1993.
- 84 PASHLEY, D.H. et al. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent. Mater.*, v.11, n.2, p.117-25, Mar. 1995.
- 85 PATIERNO, J.M. et al. Flush-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endod. Dent. Traumatol.*, v.12, p.227-36, 1996.
- 86 PLASMANS, P.J.J.M. et al. Air humidity: a detrimental factor in dentine adhesion. *J. Dent.*, v.21, p.228-33, 1993.
- 87 QUALTROUGH, A. J. E., WILSON, N. H. F., SMITH, G. A. The porcelain inlay: a historical view. *Oper. Dent.*, v.15, p.61-70, 1990.

- 88 REINHARDT, J.W., BOYER, D.B., STEPHENS, N.H. Effects of secondary curing on indirect posterior composite resin. *Oper. Dent.*, v. 19, p.217-20, 1994.
- 89 RETIEF, D.H. et al. Extracted human versus bovine teeth in laboratory studies. *Am. J. Dent.*, v.3, n.6, p.253-8, Dec. 1990.
- 90 ROSENSTIEL, S. F., LAND, M. F., CRISPIN, B. J. Dental luting agents: a review of the current literature. *J. Prosthet. Dent.*, v.80, n.3, p.280-301, 1998.
- 91 ROULET, J. F. Benefits and disadvantages of tooth-coloured alternatives to amalgam. *J. Dent.*, v.25, n.6, p.459-73, 1997.
- 92 ROULET, J.F., DEGRANGE, M. Inlay restorations. *J Can. Dent. Assoc.*, v.24, n.9, p.48-62, Sept. 1996.
- 93 SABOIA, V.P.A., SAITA, S.K., PIMENTA, L.A.F. Variação na formação de “tags” em dentina em função da polimerização do adesivo. *Rev. ABO Nac.*, v.6, n.6, p.368-72, dez.98/jan.1999.
- 94 SANO, H. et al. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. *J. Dent. Res.*, v.73, n.6, p.1205-11, June 1994.
- 95 SAUNDERS, W. P. The shear impact retentive strengths of four dentine bonding agents to human and bovine dentine. *J. Dent.*, v.16, p.223-8, 1988.
- 96 SCHERRER, S.S. et al. Effect of cement film thickness on the fracture resistance of a machinable glass-ceramic. *Dent. Mater.*, v.10, n.3, p.172-77, May 1994.

- 97 SERRA, M.C., PAULILLO, L.A.M.S., FRANCISCHONE, C.E.  
Estética em dentes posteriores: incrustações de compósito.  
*ROBRAC*, v.6, n.20, p.4-7, 1996.
- 98 SILVA, C.M. et al. Shear bond strength of an adhesive system in human, bovine and swinish teeth. *J. Dent. Res.*, v.75, p.393, 1996. (Abstract 3005).
- 99 SIM, C. et al. The effect of dentin bonding agents on the microleakage of porcelain veneers. *Dent. Mater.*, v.10, p.272-81, July 1994.
- 100 SJÖGREN, G., MOLIN, M., VAN DIJKEN, J. W. V. A 5-year clinical evaluation of ceramic inlays (Cerec) cemented with a dual-cured or chemically cured resin composite luting agent. *Acta Odontol. Scand.*, v.56, p.263-7, 1998.
- 101 SMALL, B. W. Porcelain laminate veneers. part II. *Gen. Dent.*, p.244-9, May/June 1998.
- 102 SMITH, D.C. Composition and characteristics of glass-ionomer cements. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.120, p.20-2, Jan. 1990.
- 103 SORENSEN, J.A., MUNKSGAARD, E.C. Relative gap formation of resin-cements ceramic inlays and dentin bonding agents. *J. Prosthet. Dent.*, v.76, n.4, p.374-8, Oct. 1996.
- 104 SULIMAN, A.A., SWIFT JUNIOR, E.J., PERDIGAO, J. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. *J. Prosthet. Dent.*, v.70, n.2, p.118-20, Aug. 1993.

- 105 SWIFT JUNIOR, E.J., PERDIGAO, J., HEYMANN, H. O. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. *Quintessence Int.*, v.26, n.2, p.95-110, 1995.
- 106 SWIFT JUNIOR, E. et al. Treatment of composite surfaces for indirect bonding. *Dent. Mater.*, v.8, p. 193-6, May<sub>χ</sub> 1992.
- 107 TAKEMORI, T. et al. Factors affecting tensile bond strength of composite to dentin. *Dent. Mater.*, v.8, p.136-8, Mar. 1993.
- 108 TEN CATE, J.M., VAN DUINEN, R.N.B. Hypermineralization of dentinal lesions adjacent to glass-ionomer cement restorations. *J. Dent. Res.*, v.74, n.6, p. 1266-71, June 1995.
- 109 THONEMANN, B. et al. Resin-modified glass ionomers for luting posterior ceramic restorations. *Dent. Mater.*, v.11, n.3, p.161-8, May 1995.
- 110 TONAMI, K. et al. Effect of storage on tensile strength of bovine dentin. *J. Dent. Res.*, v.75, p.288, 1996. (Abstract 2161)•
- 111 TOUATI, B., AIDAN, N. Second generation laboratory composite resins for indirect restorations. *J. Esthet. Dent.*, v.9, n.3, p.108-18, 1997.
- 112 TROEDSON, M., DÉRAND, T. Shear stresses in adhesive layer under porcelain veneers. *Acta Odontol. Scand.*, v.56, p.257-62, 1998.
- 113 UNO, S., HOWARD, S., FINGER, W.J. Adhesive bonding of porcelain laminate veneers. *J. Esthet. Dent.*, v.9, n.1, p.35-43, 1997.

- 114 VALLITTU, P.K., FORSS, H. A study of bonding glass polyalkenoate cement to the surface of dental ceramic material. *Int. Dent. Res.*, v.47, p.53-58, 1997.
- 115 VAN DIJKEN, J.W.V., HÖGLUND-ABERG, C., OLOFSSON, A. L. Fired ceramic inlays: a 6-year follow up. *J. Dent.*, v.26, n.3, p.219-25, 1998.
- 116 VAN MEERBEEK, B. et al. Marginal adaptation a four tooth coloured inlay system in vivo. *J. Dent.*, v.20, n.1, p.18-26, 1992.
- 117 VAN NOORT, R. et al. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. *J. Dent. Res.*, v.70, n.5, p.889-93, May 1991.
- 118 VERSLUIS, A., TANTBIROJN, D., DOUGLAS, W. H. Why do shear bond tests pull out dentin? *J. Dent. Res.*, v.76, n.6, p.1298-307, June 1997.
- 119 WASSEL, R.W., WALLS, A.W.G., McCABE, J.F. Direct composite inlay versus conventional composite restoration: three-year clinical result. *Br. Dent. J.*, v.179, p.343-9, Nov. 1995.
- 120 WATANABE, L.G., MARSHALL JUNIOR, G.W., MARSHALL, S.J. Dentin shear strength: effects of tubule orientation and intratooth location. *Dent. Mater.*, v.12, p.109-15, Mar. 1996.
- 121 WHITE, S.N. Adhesive cements and cementation. *J. Calif. Dent. Assoc.*, v.21, n.6, p.30-7, June 1993.

- 122 WILSON, A.D., McLEAN, L.W., WILLIAM, J. *Glass - ionomer cement*. Chicago: Quintessence, 1988. 274p.
- 123 WILSON, P.R. The effect of die spacing on crown deformation and seating time. *Int. J. Prosthodont.*, v.6, n.4, p.397-401, 1993.
- 124 WILSON, P.R. Low force cementation. *J. Dent.*, v.24, n.4, p.269-76, July 1996.

HUHTALA, M.F.R.L. *Avaliação laboratorial da resistência ao cisalhamento de discos de porcelana e de um polímero de vidro cimentados à dentina bovina com emprego de cimentos adesivos.* São José dos Campos, 1999. 216p. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista.

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar a efetividade de três cimentos: Cimento Resinoso (3M), Variolink (Vivadent) e Fuji Plus (GC Coop.); na adesão de discos de porcelana (Fortune, Williams) e de um polímero de vidro (Artglass, Kulzer), à dentina bovina. A superfície vestibular de 120 incisivos bovinos, previamente incluídos em resina acrílica, foi planificada com lixa d'água (granulação 80), e a dentina exposta e regularizada, com lixas de papel de granulação decrescente (240, 400 e 600), sob constante refrigeração de água. Sobre estas superfícies foram cimentados discos, de 5mm de diâmetro x 3mm de altura, de porcelana ou do polímero de vidro, que tinham recebido em sua base um alívio de 40µm, para conter o cimento e padronizar sua espessura. A cimentação foi estática, realizada com o auxílio de um delineador adaptado, e os cimentos empregados de acordo com as indicações dos fabricantes. Os espécimens foram divididos aleatoriamente em grupos de dez. Cada dois grupos receberam o mesmo material e cimento; sendo que destes, um foi testado após 24 h e o outro após seis meses, quanto à resistência ao cisalhamento, em máquina de ensaios universal Instron. Os valores de resistência adesiva obtidos, receberam os testes estatístico ANOVA e de Tukey, 0,05%. As superfícies fraturadas foram observadas em estereomicroscópio (Karl Zeiss). Os resultados demonstraram que o Cimento Resinoso (3M) foi o que apresentou os maiores valores médios de resistência adesiva (14,16MPa); que a adesão da porcelana foi superior; e, que o tempo influenciou, apresentando a avaliação após seis meses, resultados maiores que após 24h. As fraturas foram predominantemente mistas, com algumas fraturas coesivas do cimento e dos materiais também. Pode ser concluído que o Cimento Resinoso e os procedimentos empregados ofereceram uma razoável resistência ao cisalhamento, tanto à porcelana, quanto à dentina.

Palavras-Chave: Cimentação, avaliação laboratorial; porcelana; polímero de vidro; cimentos adesivos.

HUHTALA, M.F.R.L. *Laboratorial evaluation of the shear bond strength of porcelain and glass polymer discs luted to bovine dentin using adhesive luting cements*. São José dos Campos, 1999. 216p. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista.

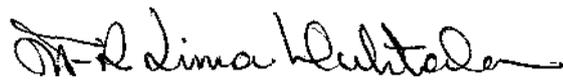
#### ABSTRACT

*The aim of this study was to investigate the effectiveness of three luting agents : Resin Cement (3M), Variolink (Vivadent) e Fuji Plus (GC Corp.); in bonding porcelain (Fortune, Williams) and glass polymer (Artglass, Kulzer) discs. to bovine dentin. The facial surfaces of 120 bovine incisors, previously mounted in self-cured resin, were ground flat on wet 80-grit SiC paper. Dentin surfaces exposed had their final finish accomplished by grinding on wet 240, 400 and 600-grit SiC paper. The specimens were randomly assigned to test groups of ten samples. Onto the pretreated dentin surfaces, the discs (5mm diameter, 3mm height) were cemented. They were seated to a standardized luting thickness of 40 $\mu$ . Each two groups were cemented with the same luting agent, and one of them shear tested after 24 h and the other after 180 days in an Instron machine. The bond strength data obtained were analysed by ANOVA and the Tukey test, 5%. The mode of failure was classified. The shear test results indicated significant differences among the luting agents: VariolinkII (6,02MPa), Fuji Plus (11,20MPa) and with the highest shear bond strength accomplished when the 3M Resin Cement was the luting agent (14,16MPa). Higher values were also obtained with the porcelain discs and after the 180 days storage period. Mode of failure varied among the groups, with predominance of mixed fractures at the tooth/cement interface, and with a few cohesive porcelain and glass polymer fractures. It can be concluded that the Resin Cement (3M) and the procedure used offer reasonable strength on the porcelain and dentin site.*

*Key Words: Cementation, laboratorial evaluation; porcelain; glass polymer; adhesive luting cements.*

Autorizo a reprodução xerográfica deste trabalho.

São José dos Campos. 14 de junho de 1999



MARIA FILOMENA ROCHA LIMA HUHTALA