

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

**FABIO HIROYUKI OGATA MITSUI**

**Cirurgião-dentista**

**INFLUÊNCIA DOS CICLOS TÉRMICOS E  
MECÂNICOS NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE  
RESTAURAÇÕES CLASSE II EM RESINA  
COMPOSTA CONFECCIONADAS COM TRÊS  
SISTEMAS ADESIVOS**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Grau de Doutor em Clínica Odontológica, Área de Dentística.

**PIRACICABA**  
**2005**

**FABIO HIROYUKI OGATA MITSUI**

**Cirurgião-dentista**

**I N F L U Ê N C I A D O S C I C L O S T É R M I C O S E  
M E C Â N I C O S N A R E S I S T Ê N C I A D E U N I ã O D E  
R E S T A U R A Ç Õ E S C L A S S E I I E M R E S I N A  
C O M P O S T A C O N F E C C I O N A D A S C O M T R Ê S  
S I S T E M A S A D E S I V O S**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Grau de Doutor em Clínica Odontológica, Área de Dentística.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> GISELLE MARIA MARCHI BARON

Banca examinadora:

Prof. Dr. SILLAS LUIZ LORDELLO DUARTE JÚNIOR  
Prof. Dr. CARLOS EDUARDO FRANCCI  
Prof. Dr. LOURENÇO CORRER SOBRINHO  
Prof. Dr. LUÍS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> GISELLE MARIA MARCHI BARON

SUPLENTES:

Prof. Dr. JOSÉ AUGUSTO RODRIGUES  
Prof. Dr. LUÍS ROBERTO MARCONDES MARTINS

**PI R A C I C A B A  
2005**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**  
Bibliotecário: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

M697i Mitsui, Fabio Hiroyuki Ogata.  
Influência dos ciclos térmicos e mecânicos na resistência de união de restaurações classe II em resina composta confeccionadas com três sistemas adesivos. / Fabio Hiroyuki Ogata Mitsui. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2005.

Orientador: Giselle Maria Marchi Baron.  
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Resinas compostas. 2. Materiais dentários. 3. Bis-Fenol A-Glicidil Metacrilato. I. Baron, Giselle Maria Marchi. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

(mg/fop)

Título em inglês: Influence of thermal and mechanical load cycling on bond strength of Class II composite resin restorations using three adhesive systems

Palavras-chave em inglês (*Keywords*): Composite resins; Dental materials; Bisphenol A-Glycidyl Methacrylate

Área de concentração: Dentística

Titulação: Doutor em Clínica Odontológica

Banca examinadora: Carlos Eduardo Francci; Sillas Luiz Lordello Duarte Júnior; Lourenço Correr Sobrinho; Luis Alexandre Maffei Sartini Paulillo; Giselle Maria Marchi Baron

Data da defesa: 16/03/2005



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 16 de Março de 2005, considerou o candidato FABJO HIROYUKI OGATA MITSUI aprovado.

PROFa. DRa. GISELLE MARIA MARCHI BARON

PROF. DR. CARLOS EDUARDO FRANCCI

PROF. DR. SILLAS LUIZ LORDELO DUARTE JÚNIOR

PROF. DR. LUIS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO

PROF. DR. LOURENÇO CORRER SOBRINHO

## DEDICO ESTE TRABALHO,

---

*A DEUS, sempre presente. Nunca deixou de olhar por mim e tenho certeza que sempre estará iluminando meu caminho;*

*Aos meus pais, ANTONIO e MARILDA, pessoas maravilhosas. Sempre apoiaram minhas decisões e nunca me deixaram enfraquecer. Vocês sabem que amo muito vocês e que essa conquista também é de vocês!*

*À minha irmã, RENATA, dedicada em tudo o que faz, obrigado pelo apoio e amizade.*

*À ALESSANDRA, pensei muito nas palavras que escolheria para tentar expressar meus sentimentos por você... mas cheguei à conclusão de que não adianta tentar fazer isso, pois sempre estaria deixando de dizer algo... o Amor que sinto por você é imenso, assim como a gratidão por todos os momentos que já passamos juntos. Fico muito feliz em concluir mais uma etapa de minha vida ao seu lado e tenho certeza de que nosso livro ainda tem muitos capítulos a serem escritos. Te AMO MUITO!*

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

---

*À minha orientadora, Profª Drª GISELLE MARIA MARCHI BARON. Além do papel de orientadora, você vem desempenhando em minha vida um papel de amiga e conselheira, tanto nos assuntos pessoais quanto profissionais. Serei sempre grato por todas as portas que você abriu para mim, e saiba que te considero demais. Obrigado!*

## AGRADECIMENTOS

---

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, nas pessoas do seu diretor **Prof. Dr. Thales Rocha de Mattos Filho** e do Diretor Associado **Prof. Dr. Mário Fernandes de Góes**, pela oportunidade da realização deste trabalho.

Ao **Prof. Dr. Pedro Luís Rosalen**, coordenador geral do curso de pós-graduação e ao **Prof. Dr. Roger Willian Moreira Fernandes**, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, pela atenção prestada.

Aos professores que participaram de minha banca de qualificação **Prof. Dr. Luís Roberto Marcondes Martins, Prof. Dr. Marcelo Giannini e Prof. Dr. Simonides Consani**, pelas sugestões que enriqueceram meu trabalho.

Ao professor **Marcelo Ferraz Mesquita**, por ter emprestado a Máquina de Ciclagem Térmica para a realização da parte experimental do estudo.

Aos **professores da Área de Dentística**, que contribuíram com o aprimoramento de meus conhecimentos.

Ao **Xandão**, sempre transmitindo seus conhecimentos de forma sincera, mostrou-se além de professor, um grande amigo.

À **CAPES**, pela bolsa concedida.

À **FAEP** (Fundo de Apoio ao Estudo e à Pesquisa), pelo Auxílio à pesquisa concedido, o que nos permitiu adquirir os materiais necessários para a realização do trabalho.

À **Injecta**, pela doação das pontas diamantadas utilizadas no estudo.

À **Berenice** (Dentsply), pela constante ajuda no fornecimento de materiais de pesquisa.

Ao técnico especializado da Área de Materiais Dentários da FOP-UNICAMP, engenheiro **Marcos Blanco Cangiani**, por toda a ajuda prestada.

Ao **Adriano** e **Eliene** do MEV, por toda a atenção e ajuda no manuseio do microscópio.

À **Fernandinha**, e ao **Sr. Pedro** que em todos os momentos estiveram sempre dispostos a ajudar com muita eficiência e alegria.

À **Déa**, não tenho palavras para expressar o quanto sua amizade e companheirismo foram importantes durante minha caminhada no doutorado. Tenho certeza que os frutos de todo nosso esforço serão colhidos com muito gosto e orgulho.

Aos meus amigos “irmãos” **Daniel**, e **Marcelo Santista**, obrigado pela amizade sincera, a qual tenho certeza que nunca diminuirá. Saibam que gosto muito de vocês e, sempre que precisarem contem comigo!

Ao **Léo**, um grande irmão em todos os momentos. Companheiros desde a época da graduação, acho que nossa amizade só cresceu com o passar dos tempos. Obrigado por todo o apoio, conselhos, e acima de tudo, pela sincera amizade.

Ao **Carlos** e **Álvaro**, amigos e companheiros de casa, não me esquecerei jamais das risadas e alegria que compartilhávamos dentro de casa.

À **Mirela**, japinha querida. Obrigado por toda a ajuda e conselhos que você me deu em todos os aspectos, e também nas nossas conversas sobre os mais diversos assuntos. Saiba que esse seu sorriso é único e seu caráter é exemplar. É muito bom ter você como amiga, viu (hihihi!!!)

À **Larissa** e ao **Felipe**, obrigado por todos os momentos de alegria e descontração. Nunca me esquecerei de nossos jantares onde as risadas corriam soltas.

À **Grace**, continue sempre assim, com esse seu jeito singular, carismático e alegre, pois isso te faz uma pessoa muito especial.

À **Ana Karina**, minha amiga americana, obrigado pelos conselhos profissionais e pela amizade, a qual apesar da distância, continua a mesma.

À minha segunda família chamada Dentística, **Carol, Grace, Denise, Érica, Vanessa Ruiva, Teca, André, César, Vanessa Cavalli, Ricardinho, Celso, Vanessa, Cecília, Rodrigo Bilac, Cris, Débora, André Mineiro, Ana Paula, Jansen**, amigos que sempre virão à lembrança, pelos momentos de descontração e alegria vividos juntos.

A todos meus amigos do curso de Pós-Graduação, especialmente **Vanessa, Neylla, Juliana, Gisele, Roberta, Paula, Luciana, Margarete, Marcelo Goiano, Cíntia, Ana Flávia**, pela amizade e companheirismo durante esses últimos anos.

Aos meus amigos da Graduação, futuros dentistas, **Juliana, Carol, Helena, Adriano e Flávia**, obrigado pela oportunidade que vocês me proporcionaram em poder “aprender a ensinar”. Gosto muito de todos vocês!

A todos os funcionários da **FOP**, que de alguma maneira, me ajudaram e tiveram sua importância durante esses oito anos que estive em Piracicaba.

A todos,

**Meus sinceros agradecimentos.**

# SUMÁRIO

	PÁGINA
<b>RESUMO</b>	1
<b>ABSTRACT</b>	3
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	5
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	8
2.1 HISTÓRICO DOS SISTEMAS ADESIVOS	8
2.2 CARACTERÍSTICAS E INTERAÇÕES DO SUBSTRATO DENTINÁRIO COM SISTEMAS ADESIVOS	9
2.3 DENTES BOVINOS	22
2.4 ENSAIOS MECÂNICOS PARA ADESÃO	23
2.5 ENSAIOS DE CICLAGEM TÉRMICA E MECÂNICA	24
<b>3. PROPOSIÇÃO</b>	34
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	35
4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	35
4.2 SELEÇÃO DOS DENTES	35
4.3 INCLUSÃO DAS RAÍZES	35
4.4 CONFECÇÃO DOS PREPAROS CAVITÁRIOS	37
4.5 PROCEDIMENTO RESTAURADOR	38
4.6 GRUPOS EXPERIMENTAIS	42
4.7 ENSAIO DE CICLAGEM TÉRMICA	42
4.8 ENSAIO DE CICLAGEM MECÂNICA	43
4.9 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À MICROTRAÇÃO	44
4.10 ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA	47
4.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA	47
<b>5. RESULTADOS</b>	48
<b>6. DISCUSSÃO</b>	56

<b>7. CONCLUSÃO</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>73</b>

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da aplicação de ciclos térmicos e de carga mecânica na resistência de união à microtração, em restaurações de resina composta em cavidades Classe II do tipo “slot” vertical, com margem em dentina, confeccionadas com três sistemas adesivos. Cento e sessenta e oito cavidades foram preparadas nas superfícies proximais de dentes bovinos e distribuídas, aleatoriamente, de acordo com o sistema adesivo a ser aplicado (Single Bond, OptiBond Solo *Plus* e Clearfil SE Bond). Após a restauração das cavidades, utilizando o compósito resinoso Filtek Z250, foi realizada nova distribuição dos dentes, de acordo com o tipo de tratamento (térmico / mecânico) aos quais os dentes foram submetidos, formando dessa maneira 21 grupos experimentais no total (n=8): **I** - sem tratamento (controle), **II** - 100.000 ciclos mecânicos (CM), **III** - 200.000 CM, **IV** - 500.000 CM, **V** - 100.000 CM + 1000 ciclos térmicos (CT), **VI** - 200.000 CM + 1000 CT, **VII** - 500.000 CM + 1000 CT. A ciclagem térmica submeteu os espécimes a banhos de 60 segundos, a temperaturas de 5 e 55°C. Já o teste de ciclagem mecânica foi realizado mediante aplicação de força axial de 80N e frequência de 2Hz. Após os ensaios de ciclagem, as restaurações sofreram três cortes seriados, perpendicularmente à parede cervical das restaurações, de forma a obter-se duas fatias no centro da restauração com espessuras de 0,8 a 1mm cada. As fatias obtidas foram desgastadas precisamente em lados opostos da interface adesiva, determinando-se uma área de secção transversal de 0,8 a 1mm<sup>2</sup>. Todos os espécimes obtidos foram submetidos ao teste de microtração a uma velocidade de 0,5 mm/min até a fratura. Após o ensaio, as duas porções fraturadas de cada espécime foram avaliadas em MEV para análise dos padrões de fratura. Os valores de resistência de união (MPa) foram submetidos à análise de variância 3 fatores e teste Tukey, com nível de significância de 5%. Para a análise dos protocolos de envelhecimento em relação aos grupos controles de cada adesivo, foi aplicado o teste de Dunnett ao mesmo nível de significância de 5%. O sistema adesivo

autocondicionante apresentou médias de resistência de união significativamente menores em relação aos adesivos que preconizam o condicionamento total ( $p < 0,0001$ ) e, além disso, os espécimes restaurados com esse adesivo não resistiram à aplicação de 200.000 e 500.000 CM associados à CT. A efetividade dos protocolos de envelhecimento realizadas no estudo variou de acordo com o sistema adesivo avaliado, sendo que a aplicação de 100.000 ciclos de carga isoladamente não acarretou em uma diminuição significativa das médias de resistência de união. O padrão de fratura variou de acordo com o grupo analisado, tendo sido verificado todos os tipos de fratura nos espécimes avaliados. Na medida em que se aumentavam as tensões (ciclagens térmica e mecânica) a que os espécimes foram submetidos, diminuiu o número de fratura na interface e aumentou o percentual das fraturas mistas.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of thermal and mechanical loading cycling on microtensile bond strength of Class II composite restorations in dentin, with three adhesive systems. One hundred and sixty eight slot vertical cavities were prepared on proximal surfaces of bovine teeth, and divided according to the adhesive system used (Single Bond, OptiBond Solo *Plus*, and Clearfil SE Bond). All cavities were filled with Filtek Z250 composite resin. Following restorative procedures, the teeth were once again allocated into different groups according to the thermal / mechanical treatment, thus obtaining 21 experimental groups (n=8): **I** - control, **II** - 100,000 mechanical cycles, **III** - 200,000 mechanical cycles, **IV** - 500,000 mechanical cycles, **V** - 100,000 mechanical cycles + 1,000 thermal cycles, **VI** - 200,000 mechanical cycles + 1,000 thermal cycles, **VII** - 500,000 mechanical cycles + 1,000 thermal cycles. Thermal cycling was performed by submitting the specimens to alternating 5° and 55°C baths, with a dwell time of 60 seconds in each bath. The teeth were then submitted to mechanical load cycling with an occlusal force of 80N at a frequency of 2Hz. The restorations were sectioned perpendicular to the cervical bonded interface into two 0.8-1mm thick slabs. The slabs were trimmed at the interface with a fine diamond bur in order to obtain a cross-sectional surface area of 0.8-1mm<sup>2</sup>. All specimens were then subjected to microtensile testing, at a cross-head speed of 0.5 mm/min, until failure of the specimens. The fractured surfaces were observed with a scanning electron microscope (SEM) to evaluate the fracture mode. Microtensile bond strength mean values (MPa) were subjected to ANOVA 3-way and Tukey's test, at significance level of 5%. The Dunnett's test was used in order to compare the groups that were submitted to load and thermal cycling with the control groups of each adhesive system (p<0.05). The self-etching primer presented lower bond strength mean values when compared to the total-etch systems (p<0.0001). In addition, the specimens restored with the self-etching primer did not resist to 200,000 e 500,000 load cycles associated with thermal cycling. The effectiveness

of the aging protocols performed in this study showed different behavior according to the adhesive system evaluated. The application of only 100,000 load cycles did not present significant lower bond strength mean values. Failure modes varied according to the analyzed group, and all failures modes were verified in the fractured specimens. The number of mixed failures increased and the percentage of interphase failures decreased when the amount of thermal/mechanical cycles applied was higher.

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por materiais restauradores adesivos que proporcionem efetiva adesão às estruturas dentais e conseqüente longevidade das restaurações tem sido grande desafio aos cirurgiões-dentistas (VAN MEERBEEK *et al.*, 1998). Uma adequada adesão propiciaria a obtenção de restaurações bem seladas e de alta durabilidade na cavidade bucal (MITSUI *et al.*, 2003), possibilitando intervenções mais conservadoras às lesões cariosas (VAN MEERBEEK *et al.*, 1998).

Enquanto os mecanismos de adesão dos compósitos resinosos ao esmalte dental já proporcionam altos valores de adesão, desde a introdução da técnica de condicionamento com ácido fosfórico descrita por BUONOCORE, em 1955, o mesmo não pode ser dito em relação ao substrato dentinário (PERDIGÃO & LOPES, 1999; NIKAIDO *et al.*, 2002a). A dentina possui estrutura mais complexa (PASHLEY & CARVALHO, 1997; PERDIGÃO & LOPES, 1999), quando comparada ao esmalte: maior conteúdo orgânico, presença de fluidos e processos odontoblásticos no interior dos túbulos, além da *smear layer* (PASHLEY & CARVALHO, 1997; PERDIGÃO & LOPES, 1999), o que pode vir a prejudicar os procedimentos de adesão (DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997).

O conhecimento sobre a adesão em dentina tem evoluído significativamente desde 1982, com a introdução dos conceitos de hibridização e adesivos hidrófilos desenvolvidos por NAKABAYASHI *et al* (1982). A formação da camada híbrida, ou seja, interdifusão dos monômeros resinosos dentre a rede de colágeno exposta após a aplicação de solução ácida, tem sido amplamente aceita como o mecanismo de adesão dentinária (CARDOSO *et al.*, 2001).

Devido ao grande consumo de tempo e à alta sensibilidade de técnica do condicionamento total (VAN MEERBEEK *et al.*, 1998; PERDIGÃO & LOPES, 1999) novos sistemas adesivos têm sido introduzidos no mercado odontológico, buscando simplificar os procedimentos clínicos. Dentre esses novos materiais,

podemos citar os adesivos de frasco único, os quais combinam a solução de *primer* e adesivo em um único recipiente, reduzindo os procedimentos adesivos à apenas dois passos clínicos (VAN MEERBEEK *et al.*, 1998; PERDIGÃO & LOPES, 1999).

Já o desenvolvimento dos adesivos autocondicionantes proporcionou aos cirurgiões-dentistas a possibilidade de se realizar os procedimentos adesivos de maneira ainda mais simplificada. A hibridização dentinária é obtida em uma única etapa clínica, com a aplicação de monômeros ácidos, os quais dissolvem parcialmente a camada de *smear layer*, promovendo desmineralização superficial da dentina concomitante à incorporação dos monômeros adesivos (WATANABE *et al.*, 1994; VAN MEERBEEK *et al.*, 1998; KUBO *et al.*, 2001). Outra vantagem atribuída a esses materiais está na eliminação de etapas críticas inerentes aos procedimentos adesivos anteriores (lavagem do ácido e secagem da dentina), as quais são difíceis de serem padronizadas, podendo comprometer o sucesso da restauração (PEREIRA *et al.*, 1999; CARDOSO *et al.*, 2001; MOLL *et al.*, 2002).

A integridade marginal de uma restauração pode ainda ser afetada após um período de tempo, devido às tensões na interface de união oriundas de processos químicos, térmicos ou mecânicos (ABDALLA & DAVIDSON, 1993; DAVIDSON & ABDALLA, 1994; DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997). Dessa maneira, a aplicação de ensaios laboratoriais que simulam a deterioração da interface de união atua como importantes fatores na avaliação do comportamento clínico dos materiais adesivos (DELONG & DOUGLAS, 1983; ABDALLA & DAVIDSON, 1993; DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997; MITSUI *et al.*, 2003; BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004b).

A aplicação de ciclos térmicos tem sido utilizada nos estudos laboratoriais, submetendo os materiais à condições extremas de temperaturas (GALE & DARVELL, 1999). Em função da diferença do coeficiente de expansão térmica linear entre a estrutura dental e o material restaurador, a exposição de

uma restauração a temperaturas extremas pode induzir tensões na interface de união (ROSSOMANDO & WENDT JR, 1995; GALE & DARVELL, 1999).

Nos últimos anos, foram introduzidos estudos laboratoriais os quais preconizam a aplicação de ciclos repetidos de carga mecânica, sendo possível avaliar a resistência de um dado material frente à simulação de um processo mastigatório clínico (DELONG & DOUGLAS, 1983; DARBYSHIRE *et al.*, 1988; ABDALLA & DAVIDSON, 1993; DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997). Esse tipo de ensaio laboratorial tem sido descrito na literatura, refletindo com maior fidelidade a dinâmica das forças mastigatórias recebidas pela restauração em situações clínicas (DELONG & DOUGLAS, 1983; DARBYSHIRE *et al.*, 1988; ABDALLA & DAVIDSON, 1993; DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997; KUBO *et al.*, 2001). Entretanto, assim como para a ciclagem térmica, encontra-se grande dificuldade de se comparar os diversos estudos, uma vez que eles diferem na quantidade de ciclos, na força exercida durante o carregamento e na frequência em que o ensaio é desenvolvido.

Dessa maneira, frente ao grande desenvolvimento dos sistemas adesivos dentinários e à importância da simulação de métodos de envelhecimento na avaliação de restaurações com compósitos resinosos, é válido avaliar a influência de ciclos mecânicos em relação ao comportamento de sistemas adesivos com diferentes métodos de atuação no substrato dentinário.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. HISTÓRICO DOS SISTEMAS ADESIVOS**

Na busca de um substrato dental modificado que possibilitasse a obtenção de melhor adesão de materiais resinosos ao esmalte e à dentina, BUONOCORE, em 1955, propôs o tratamento químico da superfície dental por ácidos. Esse autor demonstrou em seu estudo que a adesão de resinas acrílicas à superfície do esmalte pode ser significativamente melhorada após a aplicação de solução de ácido ortofosfórico a 85%, durante 30 segundos. O ácido atuava modificando a energia superficial do tecido por meio da criação de irregularidades seletivas, as quais facilitavam a penetração dos monômeros adesivos. Assim, permitia-se um embricamento micromecânico do adesivo nas microporosidades criadas pelo condicionamento ácido.

Em 1982, NAKABAYASHI *et al.* avaliaram a efetividade do monômero resinoso 4-META após condicionamento das superfícies de esmalte e dentina com soluções de ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3% (denominada de solução 10:3) por 30 segundos. Os autores verificaram a penetração dos monômeros bifuncionais, tais como o 4-META, por entre a rede de fibras colágenas expostas pelo condicionamento, formando uma estrutura mista com fibras envolvidas por resina e cristais de hidroxiapatita. Verificaram também que, após a polimerização, essa zona constituía-se em uma região ácido-resistente, tendo sido mais tarde denominada de camada híbrida, ou zona de interdifusão resina/dentina. Essa camada promoveu um aumento nos valores de resistência de união, obtendo-se valores de até 18 MPa em dentina bovina. Esses resultados levaram os autores a concluir que uma adequada adesão não se dava exclusivamente pelo simples embricamento no interior da dentina, mas sim pela retenção micromecânica dos monômeros resinosos com a rede de fibras colágenas expostas pelo condicionamento prévio na dentina intertubular.

Já no ano de 1994, WATANABE *et al.* avaliaram as características da camada híbrida formada pela aplicação sobre a *smear layer* dentinária de um adesivo autocondicionante experimental à base de Feni-P. A superfície vestibular de dentes bovinos foi desgastada e a dentina superficial exposta recebeu pré-tratamento com diferentes concentrações de Fenil-P dissolvidas em solução de HEMA a 30% por 1 minuto, enquanto que o grupo controle recebeu tratamento com solução de 30% de HEMA e 70% de água. Assim, verificaram que o pré-tratamento com soluções contendo 20% de Fenil-P promoveu melhores valores de resistência de união, porém, em concentrações maiores que 20%, não foram encontrados valores mais expressivos. A análise em microscopia eletrônica de transmissão mostrou que o adesivo incorporou a *smear layer* na camada híbrida, sem a remoção dos *smear plugs*, acarretando em diminuição da permeabilidade dentinária.

A revisão de literatura descrita por VAN MEERBEEK *et al.*, em 1998 teve por objetivo descrever o estágio de desenvolvimento dos sistemas adesivos presentes no mercado odontológico. Os autores realizaram uma classificação dos adesivos de acordo com seu modo de atuação no tecido dentinário, assim como avaliaram possíveis fatores externos que podem vir a comprometer o sucesso clínico dos procedimentos adesivos. Relataram também que, apesar dos atuais sistemas adesivos apresentarem performance superior a seus predecessores, nenhum desses sistemas consegue garantir a confecção de restaurações com perfeito selamento, e ausência de descoloração nas margens com o passar dos anos.

## **2.2. CARACTERÍSTICAS E INTERAÇÕES DO SUBSTRATO DENTINÁRIO COM SISTEMAS ADESIVOS**

Em 1994 (1994a), SANO *et al.* testaram em seu estudo a hipótese de que a matriz dentinária desmineralizada possui pequena contribuição na resistência coesiva do tecido dentinário. Com esse objetivo, os autores

mensuraram e compararam a resistência coesiva dentinária e módulo de elasticidade de discos de dentina mineralizados e desmineralizados, em dentes humanos e bovinos. A dentina coronária mineralizada humana apresentou média de resistência à microtração igual a 104 MPa, enquanto que a dentina coronária de dentes bovinos apresentou média de 91 MPa. O módulo de elasticidade da dentina humana e bovina variou entre 13 – 15 GPa. No entanto, após imersão em solução de EDTA para obtenção de um tecido desmineralizado, os valores de microtração e módulo de elasticidade da dentina diminuíram para ordem de 26 – 32 MPa e 0,25 GPa, respectivamente, dependendo da espécie dental avaliada.

Nesse mesmo ano (1994c), SANO *et al.* analisaram a microinfiltração marginal de cavidades Classe V restauradas com um adesivo de condicionamento total. Para isso, os dentes restaurados foram submetidos à análise da penetração de íons de prata em microscopia eletrônica de varredura, onde foi possível verificar a infiltração desses íons em regiões com ausência de fendas. Esses dados permitiram aos autores concluir que os monômeros resinosos desse agente de união de condicionamento total não foram capazes de infiltrar completamente na dentina desmineralizada pelo condicionamento com ácido fosfórico, deixando uma zona porosa que pode atuar como uma via para infiltração.

Ainda em 1994, TANI *et al.* realizaram um dos primeiros estudos comparando o efeito da adição de partículas de carga na resistência de união de um sistema adesivo à base de 4-META MMA/TBB. Para esse estudo, foram testados diferentes conteúdos de carga adicionados a um agente de união sem carga, utilizado como controle. A eficácia desses adesivos com e sem carga foram avaliadas por meio da mensuração da contração de polimerização e resistência à tração de cilindros de compósito confeccionados sobre superfícies dentinárias planas. Os resultados encontrados mostraram-se controversos, uma vez que a adaptação marginal conferida pelo adesivo sem carga foi superior às diferentes formulações com adição de carga. Todavia, para o teste de tração, as maiores médias foram associadas aos adesivos com carga.

No ano seguinte, FANNING *et al.* compararam o efeito da adição de partículas de carga na resistência de união de adesivos dentinários. Nesse estudo, foram avaliados os adesivos Amalgambond Plus, All Bond 2 e Scotchbond Multipurpose, todos eles em suas versões com e sem carga. Foram realizadas restaurações em 60 molares humanos, as quais foram termocicladas (200x, 6-60°C, 30 segundos / banho) e submetidas ao ensaio de cisalhamento à velocidade de 5 mm/min. Os resultados desse estudo não mostraram influência significativa da adição de partículas de carga na resistência de união de nenhum dos três sistemas adesivos testados.

PASHLEY & CARVALHO, em 1997, revisaram as estruturas do tecido dentinário relacionadas aos procedimentos adesivos, assim como a importância da penetração do agente de união nos túbulos e nos espaços entre as fibras colágenas criados pelo condicionamento ácido prévio para obtenção de adequada adesão a esse substrato. Os autores se preocuparam também em descrever as profundas modificações criadas pelo condicionamento ácido na composição química e propriedades físicas da matriz dentinária, as quais podem influenciar negativamente a resistência de união dos sistemas adesivos à dentina, assim como a durabilidade dessa união.

Xu *et al.*, em 1997, procuraram elucidar, por meio da espectroscopia de Raman-FT, a natureza da interação entre o monômero HEMA, presente na maioria dos sistemas adesivos, com a dentina. Foram obtidos fragmentos de dentina expostos a solução de 2,5% de ácido nítrico, lavados, secados em ar e tratados com solução de HEMA. Os espécimes foram então seqüencialmente lavados com água destilada, realizando-se a leitura do espectro Raman-FT após diferentes lavagens. Foram realizadas leituras em hidroxiapatita e colágeno bovino tipo I tratados da mesma maneira com HEMA, com exceção da exposição ao ácido nítrico. Os resultados da espectroscopia revelaram que o monômero HEMA possui interação física e química com a dentina, sendo a interação química

relacionada com a formação de novas ligações ao grupamento éster do HEMA, ou formação de ligações do tipo ponte de hidrogênio.

No ano de 1998, PRATI *et al.* avaliaram a resistência adesiva e as características da camada híbrida formada por diversos sistemas de união disponíveis no mercado em preparos cavitários tipo Classe I e V. Os autores verificaram que a camada híbrida produzida pelos adesivos de condicionamento total, independente do número de frascos, era mais espessa que a camada produzida pelos adesivos autocondicionantes. Entretanto, os maiores valores de resistência ao cisalhamento foram associados aos adesivos autocondicionantes, o que permitiu aos autores concluir que a espessura da camada híbrida não exerce fundamental importância para o sucesso do procedimento adesivo.

PERDIGÃO & LOPES escreveram uma revisão de literatura no ano de 1999 descrevendo os aspectos relacionados à adesão em dentina. Os autores relatam que os mecanismos de adesão à dentina são mais complexos devido à sua própria estrutura que contém maior conteúdo orgânico e uma grande rede de túbulos e processos odontoblásticos. Eles descrevem também os mecanismos de adesão dos adesivos de condicionamento total e autocondicionantes, além de apresentar uma crítica em relação aos estudos *in vitro* que vem sendo conduzidos atualmente. Segundo os autores, esses trabalhos deveriam focar as alterações causadas no substrato dentinário a longo prazo, e não apenas se preocupar com efeitos imediatos dos sistemas adesivos na dentina.

PEREIRA *et al.*, em 1999, determinaram a influência da umidade intrínseca dentinária e das diferentes regiões na resistência de união de sistemas adesivos à estrutura dental. Dezoito terceiros molares humanos extraídos foram distribuídos em três grupos: G1 – sem pressão pulpar, com remoção do esmalte oclusal e planificação da dentina, preservando-se o tecido pulpar.; G2 – corte da raiz e do esmalte oclusal, planificação da dentina e remoção do tecido pulpar, mantendo-se a câmara pulpar e a dentina sempre cheia de água destilada por

meio da adaptação de uma seringa que exercia pressão de 15 cm H<sub>2</sub>O; G3 – corte da raiz e do esmalte oclusal, planificação da dentina, remoção do tecido pulpar e submissão dos dentes à secagem com ar comprimido. Os adesivos autocondicionante Clearfil Liner Bond II e de condicionamento total One Step foram aplicados de acordo com as normas dos fabricantes. Uma fina camada do compósito Clearfil Photo Posterior foi aplicada sobre as superfícies hibridizadas. Em seguida, aplicou-se uma camada de resina quimicamente ativada Concise, confeccionando-se blocos com altura de 3-5 mm. Os corpos-de-prova foram cortados perpendicularmente à interface adesiva em fatias de 0,7 mm de espessura, sendo posteriormente alocadas em três novos grupos de acordo com a espessura de dentina remanescente: regiões com comunicação com o *cornio pulpar* através dos túbulos; região *central* localizada entre os cornos pulpares e região *periférica* localizada entre os cornos e a junção dentina-esmalte. As fatias foram então desgastadas até a obtenção de formato de *hour-glass*, mantendo-se uma interface adesiva de aproximadamente 1 mm<sup>2</sup> para realização do teste de microtração. Para os G1 e G2, não houve diferença regional entre os espécimes do adesivo autocondicionante Clearfil, e para o adesivo One Step, as médias de resistência adesiva foram inferiores na região periférica. Já para o G3, as médias de resistência de união de ambos os adesivos foram inferiores em comparação aos G1 e G2, porém a região de adesão não teve influência nos resultados. Esses resultados levaram os autores a concluir que diferentes sistemas adesivos devem ser escolhidos de acordo com a região a ser restaurada.

Ainda em 1999, PHRUKKANON *et al.* investigaram a influência da localização dentinária e da orientação dos túbulos na resistência de união à microtração de dois sistemas adesivos (Single Bond e autocondicionante experimental MF-102). Foram selecionados 22 pré-molares humanos, os quais foram seccionados verticalmente, separando os dentes em duas metades no sentido méso-distal, sendo uma das metades utilizada para verificação da adesão em superfície paralela aos túbulos dentinários, e a outra perpendicular. Para cada

metade dental, foram selecionadas seis regiões para verificação da força adesiva. Os sistemas adesivos foram utilizados de acordo com as normas de cada fabricante, e os espécimes para microtração em formato de *hour-glass* foram posteriormente obtidos a partir de constrições realizadas na interface adesiva (1,2 mm de diâmetro). A orientação dos túbulos não teve influência significativa nos valores de adesão para ambos os sistemas adesivos. Para o sistema adesivo autocondicionante, não houve diferença significativa nas médias de resistência à microtração, independente da localização dental. Já para o adesivo Single Bond, pôde-se verificar menores valores de adesão em dentina radicular média.

BRAGA *et al.*, em 2000, avaliaram a resistência ao cisalhamento de três adesivos com carga (Prime & Bond NT, Prime & Bond NT cura dual e Optibond Solo) e dois sem carga (Single Bond e Prime & Bond 2.1) aplicados sobre a dentina vestibular de dentes bovinos. Foram obtidos fragmentos da dentina vestibular de dentes bovinos, sobre os quais foram confeccionados cilindros de resina composta para posterior aplicação do teste de cisalhamento. Os autores não constataram influência significativa da adição de carga em nenhum dos sistemas adesivos avaliados em relação ao teste de cisalhamento.

Nessa mesma linha de pesquisa de sistemas adesivos dentinários com carga em sua composição, GALLO *et al.* compararam, em 2001, a resistência ao cisalhamento de quatro agentes de união contendo carga (Prime & Bond NT, Optibond Solo, One Coat Bond e PermaQuik1) com um adesivo convencional sem carga (Scotchbond MP Plus). As restaurações foram confeccionadas sobre a superfície dentinária exposta de 50 molares humanos, termocicladas (1000x, 6 a 60°C, 30 segundos por banho) e avaliadas quanto à resistência ao cisalhamento ( $v = 5$  mm/min). Os resultados mostraram maior média de resistência ao cisalhamento para o adesivo One Coat Bond em comparação aos demais adesivos testados, fato que levou os autores a concluir que os adesivos com carga podem produzir valores de resistência adesiva semelhantes aos adesivos sem carga.

Com o desenvolvimento dos sistemas adesivos de frasco único, vários trabalhos foram desenvolvidos no intuito de se avaliar a performance desses materiais. Seguindo essa linha de pesquisa, CARDOSO *et al.*, em 2001, avaliaram a resistência de união à dentina de três sistemas adesivos de frasco único (Prime & Bond 2.1, Prime & Bond NT e uma versão experimental do Prime & Bond NT sem carga). Para isso, foram utilizados 27 molares humanos, os quais tiveram a dentina superficial oclusal exposta. Após a aplicação dos sistemas adesivos, de acordo com as normas do fabricante, foram confeccionados blocos de resina composta Surefil. Para o teste de microtração, foram realizados cortes seriados no sentido vestibulo-lingual e méso-distal, obtendo-se espécimes no formato de palitos com uma área adesiva de 0,25mm<sup>2</sup>. Não foi verificada a presença de diferença estatística significativa entre as médias obtidas para cada sistema adesivo, sendo que o grupo tratado com o adesivo Prime & Bond NT apresentou os maiores valores de resistência à microtração.

HASHIMOTO *et al.*, em 2001, avaliaram a resistência à microtração e caracterizaram a interface adesiva, por meio de análise fractográfica, formada pelos sistemas adesivos Mac Bond II, One Step e Single Bond. O esmalte oclusal de doze pré-molares humanos foi desgastado, expondo-se a dentina superficial, a qual recebeu a aplicação dos sistemas adesivos e compósito resinoso Z100. Para o teste de microtração, foram preparados espécimes com formato de palitos, com área adesiva de aproximadamente 0,9 mm<sup>2</sup>. Os sistemas de condicionamento total Single Bond e One Step apresentaram resultados semelhantes frente ao teste de microtração, sendo estatisticamente diferentes do adesivo autocondicionante Mac Bond II, o qual apresentou menores valores de resistência à microtração. Um outro fato interessante observado pelos autores diz respeito à integridade da camada híbrida. Nos adesivos de condicionamento total, torna-se visível uma zona de dentina desmineralizada com fibras colágenas não encapsuladas, enquanto que para o adesivo autocondicionante, tal zona não foi observada. Os autores verificaram também maior porcentagem de fraturas

coesivas no adesivo para o sistema Mac Bond II, sugerindo que a maior espessura da camada adesiva proporcionada por esse sistema poderia ter influenciado o desenvolvimento desse tipo de fratura.

Ainda em 2001, MONTES *et al.* mensuraram a resistência adesiva de um adesivo sem carga com compósitos de baixa viscosidade e adesivos com carga aplicados em uma ou duas camadas. Foram selecionados 120 dentes bovinos que tiveram suas superfícies vestibulares expostas para obtenção de superfícies dentinárias planas com diâmetro delimitado de 4 mm para confecção da restauração. Após a realização do condicionamento ácido em todas as superfícies, os dentes foram distribuídos em seis grupos: G1 – 2 camadas do adesivo sem carga Single Bond (SB); G2 – SB + resina de baixa viscosidade Flow-It; G3 - SB + resina de baixa viscosidade Protect Liner F; G4 – aplicação do adesivo com carga OptiBond Solo (OS); G5 - 2 camadas do adesivo OS; G6 – SB + resina de baixa viscosidade experimental. Os cilindros de resina composta Z100 com 15 mm altura e 4 mm de diâmetro foram confeccionados em todos os grupos para realização do ensaio de tração a uma velocidade de 0,5 mm/min. Os autores também avaliaram as espessuras da camada híbrida e do adesivo formada. Os resultados não demonstraram influência significativa do uso de adesivos com carga ou resinas de baixa viscosidade na resistência à tração de um compósito à dentina, sendo verificada uma considerável variação apenas no padrão de fratura dos espécimes. Na análise da interface adesiva, foram encontradas espessuras de 4-5  $\mu\text{m}$  para a camada híbrida e 8-14  $\mu\text{m}$  para a camada adesiva do sistema SB. Já para o sistema OS, foram verificadas espessuras de 6-8  $\mu\text{m}$  para a camada híbrida e 30-50  $\mu\text{m}$  para a camada de adesivo.

NAKAJIMA *et al.*, também em 2001, propuseram um estudo *in vitro* comparando a resistência de união dos sistemas adesivos One-Step, Single Bond e Clearfil PhotoBond, aplicados sobre superfícies dentinárias secas ou úmidas. Dezoito terceiros molares humanos extraídos tiveram o esmalte oclusal removidos, expondo-se a dentina superficial. Esses dentes foram então

distribuídos aleatoriamente em dois grupos: no primeiro grupo, o excesso de água remanescente após a lavagem do condicionamento ácido foi removido com papéis absorventes; já no segundo grupo, a dentina foi secada com um jato de ar comprimido durante 5 segundos. Após realização dos procedimentos restauradores, as restaurações foram avaliadas quanto a resistência à microtração e em microscopia eletrônica de varredura. Os maiores valores de adesão foram significativamente maiores nos substratos úmidos, para ambos os sistemas adesivos. Além disso, em dentina seca, não foi possível a observação de uma camada híbrida bem definida.

OGATA *et al.* (2001) também realizaram um estudo com o intuito de se avaliar a influência da direção dos túbulos dentinários na resistência adesiva de restaurações em compósito confeccionadas com quatro sistemas adesivos [Clearfil Liner Bond II (LB), Imperva Fluoro Bond (FB), Single Bond (SB) e One Step (OS)]. Avaliaram também a micromorfologia da interface adesiva formada pelos diferentes sistemas adesivos testados no estudo. Trinta e seis molares humanos foram distribuídos em dois grupos de acordo com a direção dos túbulos: *perpendicular*, com o esmalte oclusal sendo removido perpendicularmente ao longo eixo do dente e *paralelo*, sendo a metade mesial dos dentes removida paralelamente ao longo eixo dental. Após a restauração das superfícies expostas, foram obtidos espécimes no formato de *hour-glass* com área adesiva de 1 mm<sup>2</sup>, os quais foram submetidos ao ensaio de microtração à velocidade de 1 mm/min. As médias de resistência adesiva foram superiores para as restaurações confeccionadas em superfície com túbulos paralelos à interface de união em comparação com a superfície perpendicular, sendo essa tendência confirmada estatisticamente pelos adesivos de condicionamento total SB e OS. A análise da micromorfologia em microscopia eletrônica de varredura mostrou a formação de camadas híbridas mais espessas para os grupos tratados com sistemas de condicionamento total prévio (SB e OS) em comparação aos grupos restaurados com adesivos autocondicionantes (LB e FB).

Nesse mesmo ano, TAY & PASHLEY, avaliaram a profundidade de penetração de sistemas adesivos autocondicionantes (Clearfil Mega Bond, Prime & Bond NT NRC e Prompt-L-Pop) através da *smear layer* (*SL*). A partir de discos de dentina humana, para o grupo controle, a dentina superficial média foi criofraturada para se criar uma superfície livre de *SL*. Nos grupos experimentais, os discos foram polidos com lixas 600 ou 60 para se produzir *SL* finas ou espessas. Após o procedimento restaurador, os corpos-de-prova foram desmineralizados e incluídos em resina epóxica para visualização em microscópio de transmissão. Os resultados de espessura de camada híbrida formada levaram os autores a classificar os adesivos em três tipos, de acordo com a penetração na *SL* e profundidade de desmineralização promovida no substrato dentinário. Assim, o adesivo Clearfil Mega Bond foi classificado como suave, verificando-se uma camada híbrida com 0,4-05  $\mu\text{m}$  de espessura, sendo a *SL* e os *Smear Plugs* (*SP*) incorporados na camada híbrida. Já o adesivo Prime & Bond NT NRC foi classificado como moderado, formando uma camada híbrida de 1,2-2,2  $\mu\text{m}$ , sendo a *SL* e os *SP* incorporados na camada híbrida somente nas superfícies com fina camada de *SL* produzida, enquanto que nas superfícies com *SL* mais espessas, a *SL* e os *SP* foram completamente dissolvidos. Por último, o sistema adesivo Prompt-L-Pop foi classificado como severo, formando uma camada híbrida de 2,5–5  $\mu\text{m}$ , semelhante à espessura encontrada para o condicionamento realizado com ácido fosfórico, sendo a *SL* e os *SP* dissolvidos tanto em superfícies com *SL* finas quanto nas espessas.

Ainda em 2001, ZHENG *et al.* avaliaram o efeito da espessura da camada de adesivo de dois sistemas disponíveis no mercado (Single Bond e Clearfil Liner Bond 2V) na resistência à microtração. A superfície dentinária oclusal de 46 molares humanos foi exposta e polida com lixas de carbetto de silício #800. Em seguida, foram posicionadas tiras de vinil com perfuração de 6 mm de diâmetro no centro da superfície dentinária com o intuito de se delimitar a área adesiva. Cada tira de vinil possuía espessura de aproximadamente 0,2 mm e

assim, com posicionamento de tiras adicionais, possibilitava-se a criação de camadas de adesivo com diferentes espessuras. Os adesivos foram aplicados de acordo com as normas dos fabricantes e sobre esses, foram construídos blocos de compósito Clearfil AP-X. A partir dessas restaurações, foram confeccionados espécimes com formato de *hour-glass* e espessura de interface adesiva de aproximadamente 1 mm<sup>2</sup>. Esses espécimes tiveram sua camada adesiva mensurada em microscópio ótico e em seguida foram submetidos ao teste de microtração à velocidade de 1 mm/min até o momento da fratura. A espessura da camada de adesivo encontrada para o adesivo Single Bond variou de 7,5 – 430 mm, enquanto que para o adesivo Clearfil Liner Bond 2V, as espessuras variaram de 5 – 1500 mm. Os resultados de microtração revelaram comportamentos distintos para cada adesivos, sendo que para o adesivo Clearfil Liner Bond 2v, verificou-se um aumento nas médias de resistência na medida em que se aumentava a espessura da camada de adesivo. Já as médias de resistência do adesivo Single Bond diminuíram com o aumento da espessura da camada de adesivo.

No ano seguinte, ARRAIS & GIANNINI analisaram a micromorfologia e mensuraram a espessura da camada híbrida formada por sistemas adesivos dentinários, sendo dois de condicionamento total [Scotchbond MP Plus (SM) e Single Bond (SB)] e dois autocondicionantes [Etch & Prime 3.0 (EP) e Clearfil SE Bond (CB)]. Os adesivos foram aplicados de acordo com as normas de cada fabricante, em preparos planejados de dentina na região oclusal de dentes humanos. A análise em microscopia eletrônica de varredura mostrou maior espessura de camada híbrida formada pelos adesivos de condicionamento total (SM: 7,41 μm e SB: 5,55) em comparação com os adesivos autocondicionantes (EP: 3,86 μm e CB: 1,22 μm).

KAADEN *et al.*, também em 2002, analisaram a resistência ao cisalhamento de três sistemas adesivos autocondicionantes ao esmalte e à

dentina superficial e profunda. Quarenta e cinco molares humanos foram desgastados em sua face oclusal expondo-se o esmalte, ou dentina superficial (2,0-2,5 mm de distância até a polpa), ou dentina profunda (0,5-1,0 mm). Essas superfícies expostas foram restauradas com os sistemas adesivos Clearfil SE Bond, Prompt L-Pop e Etch & Prime, e levadas ao teste de cisalhamento, à velocidade de 0,5 mm/min. Todos os adesivos apresentaram comportamento semelhante em esmalte, porém, em dentina, apenas o adesivo Clearfil SE Bond mostrou resultados satisfatórios, tanto em dentina superficial como em dentina profunda.

Em mais um estudo comparativo das forças adesivas proporcionada por sistemas adesivos com diferentes métodos de ação no tecido dentinário, MOLL *et al.*, em 2002, avaliaram a resistência à microtração de cinco sistemas de condicionamento total, dois *primers* autocondicionantes e um adesivo autocondicionante. As restaurações foram confeccionadas sobre a dentina superficial de 50 molares humanos extraídos. Após 24 horas de armazenamento em água, foram obtidas fatias das restaurações, as quais foram desgastadas na região da interface adesiva para obtenção de espécimes em formato de ampulheta com área de união de aproximadamente 1 mm<sup>2</sup>. Após a realização do teste de microtração, constatou-se que os adesivos de condicionamento comportaram-se de maneira semelhante aos *primers* autocondicionantes, sendo verificada diferença significativa apenas para o adesivo autocondicionante Etch & Prime 3.0.

Ainda no ano de 2002, CHAVES *et al.* conduziram estudo laboratorial buscando avaliar a resistência adesiva de restaurações em resina composta confeccionadas com um sistema adesivo de condicionamento total e dois autocondicionantes, após realização de diferentes pré-tratamentos na camada de *smear layer*. A dentina de 36 molares humanos extraídos foi exposta e abrasionada com lixas de carbetto de silício #600. Em seguida, os dentes foram divididos em 12 grupos, de acordo com os três adesivos (Prime & Bond NT, Clearfil Mega Bond e Etch & Prime 3.0) e os quatro tratamentos da *smear layer*

(sem tratamento, jateamento com óxido de alumínio 50  $\mu\text{m}$  por 10 segundos, condicionamento com gel de ácido fosfórico 36% por 15 segundos e condicionamento com solução de EDTA 0,5M por 2 minutos) propostos para o estudo. As restaurações foram então cortadas para obtenção de espécimes com formato de palitos e espessura de 0,8  $\text{mm}^2$ . O ensaio de microtração foi realizado a uma velocidade de 0,5  $\text{mm}/\text{min}$  até o momento da fratura. As médias de resistência à microtração foram significativamente maiores para o adesivo Prime & Bond NT em comparação com os dois sistemas autocondicionantes. Os autores não encontraram diferença significativa para nenhum dos tratamentos da *smear layer*, em comparações realizadas para um mesmo sistema adesivo.

Já no ano de 2003, ERHARDT determinou a influência do grau de mineralização das superfícies dentinárias na resistência adesiva dos sistemas adesivos Single Bond (SB), Optibond Solo *Plus* (OSP) e Clearfil Liner Bond 2V (CLB). A superfície dentinária vestibular de 90 dentes bovinos foi exposta e submetida a diferentes padrões de ciclagem de pH para obtenção de dentinas com padrões desmineralizados, hipermineralizados ou normais. Os adesivos foram aplicados de acordo com as normas de cada fabricante e sobre esses, foi confeccionada um bloco de compósito Filtek Z250. Os corpos-de-prova foram então preparados para o teste de microtração ( $v = 0,5 \text{ mm}/\text{min}$ ), obtendo-se espécimes com formato de *hour-glass* com espessura de aproximadamente 0,8  $\text{mm}^2$ . Em dentina normal, os sistemas adesivos de condicionamento total SB e OSP foram significativamente mais efetivos que o sistema autocondicionante CLB. Em dentina desmineralizada, os adesivos SB e CLB apresentaram os maiores valores de resistência de união. Já em dentina hipermineralizada, os adesivos se comportaram de maneira semelhante. Todos esses resultados levaram a autora a concluir que os adesivos apresentaram diferentes comportamentos quando avaliados em substratos com diferentes graus de mineralização.

### 2.3. DENTES BOVINOS

Graças aos avanços pelos quais a Odontologia tem passado nos últimos anos, baseados em uma filosofia mais conservadora, a extração de dentes humanos tornou-se um procedimento cada vez mais difícil. Dessa maneira, na busca de substitutos semelhantes para a realização de estudos laboratoriais, os dentes bovinos têm sido os mais utilizados para avaliação dos materiais adesivos e técnicas restauradoras.

No ano de 1983, NAKAMICHI *et al.* avaliaram a possibilidade da utilização de dentes bovinos como substitutos de dentes humanos. Realizaram uma pesquisa comparando-se, *in vitro*, a resistência de união de cinco cimentos duais e duas resinas compostas em dentes humanos e bovinos. Embora os valores obtidos pelos dentes bovinos fossem ligeiramente inferiores, não se verificou diferença estatisticamente significativa.

Em 2000, SCHILKE *et al.* compararam o número e o diâmetro dos túbulos dentinários presentes em dentina humana e bovina por meio de avaliações em microscopia eletrônica de varredura. Foram avaliadas as porções coronárias e radiculares dos dentes bovinos, assim como a porção coronária de terceiros molares humanos permanentes e decíduos. Os resultados das observações em MEV não demonstraram diferença significativa quanto ao número de túbulos dentinários na dentina coronária humana e bovina, tanto decídua como permanente. Porém, o diâmetro dos túbulos dentinários bovinos foi levemente maior que o dos dentes humanos. Essas observações levaram os autores a concluir que pode haver correspondência dos substratos coronários humanos e bovinos.

Recentemente, REIS *et al.* (2004) determinaram a resistência à microtração de restaurações confeccionadas em esmalte e dentina humanos, bovinos e suínos. Compararam também a micromorfologia desses substratos em microscopia eletrônica de varredura. Os resultados de resistência de união

mostraram diferença significativa entre as médias obtidas em esmalte e dentina, para todas as espécies. No entanto comparando-se os três tipos de dentes utilizados, não foi observada a presença de diferença significativa. Com relação à observação em MEV, constatou-se que em dentina, as três espécies avaliadas são similares no que diz respeito ao número e diâmetro dos túbulos. Entretanto, o esmalte suíno possui uma morfologia dos prismas totalmente irregular, contraindicando esse tipo de substrato para realização de testes laboratoriais. Todos esses resultados encontrados levaram os autores a indicar os dentes bovinos como possíveis substitutos aos dentes humanos em estudos laboratoriais.

#### **2.4. ENSAIOS MECÂNICOS PARA ADESÃO**

Os testes de adesão convencionais, tais como o teste de cisalhamento e tração, têm sido amplamente utilizados na busca do desenvolvimento de melhores materiais adesivos. No entanto, essas metodologias empregadas apresentam algumas limitações. VAN NOORT *et al.*, em 1989, relataram que, no ensaio de cisalhamento, as tensões são distribuídas para o material de base, acarretando na obtenção de altas taxas (80%) de fraturas coesivas em dentina. Dessa maneira, pode haver um “mascaramento” dos resultados obtidos por esse tipo de teste, uma vez que falhas coesivas não denotam a real resistência de união proporcionada pelo agente de união.

Em 1994 (1994b), SANO *et al.* desenvolveram uma nova metodologia que tornou possível a determinação da resistência de união de pequenas áreas. Foram utilizados terceiros molares humanos que tiveram suas superfícies de esmalte removidas. Sobre essa superfície dentinária exposta, foram construídos blocos de resina composta ou ionômero de vidro com aproximadamente 5 mm de altura, utilizando dois agentes de união (Clearfil Liner Bond 2, Scotchbond Multi Purpose) e o ionômero de vidro modificado por resina Vitremer. Após o procedimento restaurador, foram realizados cortes seriados paralelos ao longo eixo do dente, com espessuras variando de 0,5 a 3 mm. Essas fatias obtidas

foram desgastadas lateralmente, formando uma curva com a parte mais estreita coincidente com a interface de união, obtendo-se áreas de superfície variando de 0,25 a 11 mm<sup>2</sup>. Os espécimes, agora com formato denominado pelos autores de *hour-glass* (ou ampulheta) foram então fixados a um dispositivo (*Bencor-Multi-T*) instalado em máquina de ensaio universal, sendo a força de tração aplicada a uma velocidade de 1 mm/min. Os resultados obtidos demonstraram uma relação inversa entre a área adesiva e as médias de resistência à tração para os três sistemas de união testados.

No ano de 1999, PASHLEY *et al.* publicaram uma revisão da literatura a respeito do teste microtração, enfocando as diversas modificações propostas para esse tipo de teste, no que diz respeito às vantagens e desvantagens de cada técnica proposta. O teste de microtração foi originalmente proposto para se permitir a avaliação da resistência de união entre materiais e pequenas regiões dentais. Essa avaliação de superfícies reduzidas traz como principal vantagem a melhor distribuição das tensões durante a aplicação da força de tração, além da possibilidade da obtenção de vários espécimes provenientes de um mesmo dente. Os autores relataram também a possibilidade de se avaliar diferenças regionais ao longo da interface adesiva, em diferentes pontos da estrutura dental (ex: superfície interna dos canais radiculares, ou parede gengival de restaurações Classe V), além, de comparar substratos com diferentes graus de mineralização. Dessa forma, o teste de microtração oferece uma versatilidade que normalmente não pode ser atribuída aos testes de adesão convencionais. Apesar de constituir em uma metodologia extremamente trabalhosa e sensível, o teste de microtração apresenta um grande potencial na avaliação de materiais adesivos restauradores à estrutura dental.

## **2.5. ENSAIOS DE CICLAGEM TÉRMICA E MECÂNICA**

O estabelecimento de metodologias laboratoriais usando diferentes tipos de tensões presentes na cavidade bucal constitui importante papel na

avaliação de materiais adesivos, uma vez que a rápida evolução desses materiais não permite a realização de estudos clínicos longitudinais. Dessa maneira, a aplicação de ensaios de ciclagem térmica e mecânica, com o objetivo de simular um envelhecimento nas restaurações tem sido proposta em alguns estudos.

Em 1956, ANDERSON registrou as forças mastigatórias intra-orais, utilizando um aparato adaptado nos molares inferiores de quatro pacientes. As tensões referentes à mastigação de diferentes alimentos foram registradas, sendo expressas em quilogramas por milímetro quadrado. Foi observada uma variação significativa na pressão total exercida durante as seqüências mastigatórias entre os indivíduos avaliados. No entanto, quando o número de movimentos mastigatórios foi examinado, a diferença individual não foi tão marcante. Observou-se que a mastigação pode ser influenciada por variações intrínsecas aos indivíduos, tais como sexo, idade, presença de hábitos parafuncionais, além das diferenças de consistência entre os tipos de alimentos.

No ano de 1983, DELONG & DOUGLAS planejaram e desenvolveram uma máquina simuladora de fadiga mecânica, a qual possibilitava a duplicação dos efeitos do processo mastigatório nos corpos-de-prova avaliados por meio da integração de dois comandos hidráulicos independentes. Essa máquina era capaz de realizar movimentos no sentido axial, assim como simular um deslizamento superficial horizontal, aproximando-se dessa maneira das reais condições encontradas na cavidade bucal.

DARBYSHIRE *et al.*, em 1988, avaliaram a influência da aplicação de ciclos térmicos e mecânicos na microinfiltração de restaurações Classe II em resina composta. Foram utilizados pré-molares humanos, nos quais foram preparadas cavidades do tipo MOD, restauradas com oito diferentes protocolos, após condicionamento apenas do esmalte com ácido fosfórico: G1 e G2 – inserção da resina composta sem adesivo; G3 e G4 – aplicação do sistema adesivo ScotchBond LC previamente à inserção da resina; G5 e G6 – aplicação de

uma base de ionômero de vidro e resina composta, e G7 e G8 - aplicação de uma base de ionômero de vidro, sistema adesivo e resina composta. Metade dos corpos-de-prova (G1, G3, G5 e G7) foram submetidos à ciclagem mecânica, utilizando-se uma esfera de aço em contato com as cúspides vestibular e lingual. Foram aplicados 4.000 ciclos com força axial crescente de 4,5N até 111,3N, a uma velocidade de 5Hz. Após a ciclagem mecânica, todos os espécimes foram submetidos a 500 ciclos térmicos, em banhos de 5 e 55°C, durante 30 segundos em cada banho. As restaurações foram isoladas com esmalte de unha e os dentes foram então embebidos em solução de nitrato de prata aquosa a 50% por quatro horas e depois em solução reveladora por oito horas. A análise da microinfiltração em lupa (aumento de 8x) não demonstrou influência significativa da ciclagem mecânica, e a utilização de sistema adesivo e base de ionômero de vidro reduziu significativamente a microinfiltração.

Em 1992, BURGER *et al.* determinaram por meio de um estudo *in vitro* o efeito da aplicação de diferentes contagens de ciclos térmicos na resistência adesiva de restaurações em compósito. Cinquenta molares humanos tiveram sua dentina vestibular exposta com lixas de granulação #600. O agente adesivo foi aplicado de acordo com as normas do fabricante e sobre essa superfície hibridizada foram confeccionados cilindros de compósito. Após os procedimentos restauradores, os corpos-de-prova foram distribuídos em cinco grupos, de acordo com o número de ciclos térmicos realizados: 100, 500, 1000, 2000 e 4000. O teste de cisalhamento foi realizado a uma velocidade de 0,5 mm/min e a análise estatística dos dados não encontrou presença de diferença significativa entre as diferentes contagens de ciclos térmicos aplicados.

ABDALLA & DAVIDSON compararam, em 1993, a integridade marginal de restaurações Classe II *in vivo* e *in vitro*. As restaurações *in vivo* foram realizadas em dentes indicados para extração por motivos ortodônticos, sendo o preparo confeccionado com margem em esmalte. Os dentes foram extraídos após 4-6 semanas. Os preparos *in vitro* foram confeccionados da mesma maneira, sendo

que após a restauração, esses dentes foram submetidos a 4000 ciclos de carga mecânica (125 N) e 500 ciclos térmicos (5 e 55°C, 3 minutos / banho). Todos os dentes foram imersos em solução corante por 24 horas, seccionados e avaliados quanto à microinfiltração. Os resultados mostraram a presença de infiltração do corante para todos os espécimes restaurados *in vivo*. Em contrapartida, apenas 60% dos espécimes restaurados *in vitro* apresentaram infiltração, levando os autores a concluir que os ensaios laboratoriais de envelhecimento apresentam certas limitações quando comparados às reais condições encontradas clinicamente.

No ano de 1994, DAVIDSON & ABDALLA avaliaram o efeito da ciclagem mecânica na adaptação marginal de restaurações Classe V restauradas com oito diferentes sistemas de adesivo (Ketac-Fil, Fuji II IC, Ketac-Bond, Photac-Bond, Scotchbond 2, Scotchbond Multi-Purpose, Clearfil Liner Bond, Optibond). Os corpos-de-prova restaurados foram distribuídos em três grupos: a) controle; b) 5000 ciclos / 125 N e c) 5000 ciclos / 250 N. A ciclagem mecânica foi realizada com os espécimes imersos em solução corante e mantidos imersos por 24 horas após a ciclagem. Após análise da microinfiltração marginal na parede gengival das restaurações, os autores concluíram que os materiais utilizados no estudo possuem comportamentos diferentes frente à ciclagem mecânica, e que, após a aplicação de uma carga mais elevada (250 N), somente os adesivos Clearfil Liner Bond e Optibond não apresentaram aumento da infiltração marginal.

ROSSOMANDO & WENDT, em 1995, avaliaram a influência da termociclagem na microinfiltração marginal de restaurações Classe V em amálgama e resina composta. Após o procedimento restaurador, foram formados três grupos: G1 – imersão em solução de fucsina básica 0,5% por 166 horas; G2 – 5000 ciclos em solução de fucsina básica 0,5%, em temperaturas de 5 e 55°C, durante 10 segundos em cada banho; G3 – semelhante ao grupo B, porém com tempo de 60 segundos em cada banho. A análise dos escores de infiltração permitiu aos autores concluir que, o aumento do tempo de imersão em cada

banho na termociclagem só apresentou resultados significativos para as cavidades restauradas com amálgama dental, devido provavelmente ao maior coeficiente de expansão linear térmico do amálgama em relação à estrutura dental.

A integridade marginal de restaurações Classe II em resina composta confeccionadas com oito sistemas adesivos após aplicação de ciclos de carga mecânica foi o objetivo do estudo conduzido por DA CUNHA MELLO *et al.*, em 1997. Foram realizados 80 preparos Classe II em pré-molares humanos, os quais foram restaurados com os seguintes sistemas adesivos: Optibond, Scotchbond MP, Prime & Bond, Clearfil Liner Bond 2, Pertac Bond, Imperva Bond, Syntac e Gluma CPS. Depois de concluído o procedimento restaurador, metade dos espécimes de cada grupo foi submetida ao teste de ciclagem mecânica (4000 ciclos, força crescente de 2 N – 125 N) concomitantemente à imersão em solução corante de azul de metileno durante 48 horas no total. A aplicação da ciclagem mecânica teve um efeito significativo na integridade marginal das restaurações, verificando-se aumento dos escores de infiltração para todos os adesivos testados.

Em uma revisão de literatura escrita por GALE & DARVELL em 1998, foram analisados alguns aspectos importantes referentes à termociclagem. Os autores fizeram um levantamento bibliográfico de 130 estudos que incluíam a termociclagem em suas metodologias. Verificaram uma grande variação no que diz respeito ao número de ciclos (com trabalho empregando apenas 1 ciclo e outro 1.000.000), temperatura dos banhos (variando de 0 a 36°C no banho frio e de 40 a 100°C no banho quente) e tempo de imersão (variando de 4 segundos a 20 minutos) empregada, dificultando uma comparação entre os estudos. Dessa maneira, na busca de uma padronização de metodologia, os autores indicam a utilização de 10.000 ciclos em banhos de 15 e 45°C, com banho intermediário de 35°C, sendo o tempo de imersão de 2 segundos nos banhos frios e quentes e 28 segundos no banho intermediário.

Também em 1998, MIYASAKI *et al.* investigaram a influência da termociclagem na resistência de união à dentina de quatro sistemas adesivos que preconizam o condicionamento ácido total (Single Bond, Prime & Bond 2.0, One Step e OptiBond Solo) e três sistemas autocondicionantes (FluoroBond, Liner Bond II e MacBond II). Foram utilizados dentes bovinos que tiveram sua superfície vestibular desgastada com lixas abrasivas. Sobre a dentina exposta, foram construídos cilindros de resina composta, variando-se o sistema adesivo empregado. Após o procedimento restaurador, os corpos-de-prova foram distribuídos em quatro grupos: a) armazenagem em água a 37°C durante 24 horas; b) armazenagem em água a 37°C durante 24 horas, seguida de 3000 ciclos térmicos, em banhos de 5 e 55°C.; c) 10.000 ciclos e d) 30.000 ciclos. O teste de cisalhamento foi aplicado a uma velocidade de 1 mm/min, até o momento da fratura do cilindro de resina. Após o teste, todas os espécimes fraturados foram observados em microscópio ótico para determinação do padrão de fratura. Para os sistemas adesivos de condicionamento total, foi verificada uma redução significativa das médias de resistência adesiva após a aplicação de 30.000 ciclos térmicos, enquanto que para os adesivos autocondicionantes, essa redução não se mostrou estatisticamente significativa para nenhum dos protocolos térmicos testados. Quase todos os espécimes restaurados com sistemas adesivos autocondicionantes apresentaram fratura coesiva em resina após a termociclagem, enquanto que para os adesivos de condicionamento total, houve um aumento no número de falhas coesivas em dentina.

O estudo *in vitro* realizado por KUBO *et al.*, em 2001, teve como objetivo determinar a microinfiltração de restaurações de resina composta em preparos Classe V confeccionadas com três sistemas adesivos autocondicionantes (Clearfil Liner Bond 2, Clearfil Liner Bond 2V e Clearfil SE Bond) e submetidas a ciclagem térmica e mecânica. Após o procedimento restaurador, os corpos-de-prova foram distribuídos nos seguintes grupos previamente à avaliação da microinfiltração: G1) controle; G2) acabamento da restauração 15 minutos após fotoativação da resina

composta; G3) acabamento da restauração 24 horas após fotoativação da resina composta e termociclagem (5000 ciclos, 5 / 55°C); G4) repetição do grupo 2 seguida da termociclagem e G5) acabamento da restauração 24 horas após fotoativação da resina composta e ciclagem mecânica (10.000 ciclos, 1,2 kg / 1Hz). Os adesivos Liner Bond 2V e SE Bond apresentaram menores escores de infiltração frente aos ensaios de envelhecimento em comparação ao adesivo Liner Bond 2. Vale ressaltar que o adesivo Clearfil SE Bond não apresentou infiltração marginal em nenhuma das restaurações avaliadas, independente da aplicação ou não de ciclos térmicos ou mecânicos.

NIKAIDO *et al.*, em 2002 (2002a), avaliaram a resistência à microtração e o padrão de fratura em MEV de um sistema adesivo autocondicionante (Clearfil Liner Bond 2V) após aplicação de ciclos térmicos (CT) e mecânicos (CM). Inicialmente, 24 molares humanos foram divididos em dois grupos. No grupo A, dentina coronária dos dentes foi planejada e, sobre esta, foi confeccionada uma coroa de resina composta Clearfil AP-X. Esses corpos-de-prova foram então novamente divididos em quatro sub-grupos, de acordo com o tipo de ensaio térmico ou mecânico realizado (A1-controle; A2-2000 CT a 5 e 55°C; A3-50.000 CM com 50N de carga; A4-2000 CT e 50.000 CM). Já no grupo B, foram realizados preparos Classe I com pontas diamantadas e restauradas com o mesmo compósito. Os corpos-de-prova foram também divididos novamente em quatro subgrupos (B1-controle; B2-125 CT a 5 e 55°C e 10.000 CM com 50N de carga; B3-625 CT e 50.000 CM; B4-1250 CT e 100.000 CM), sendo que dessa vez, a aplicação das ciclagens térmica e mecânica foi realizada simultaneamente. Após a finalização dos ensaios de envelhecimento, foi realizado o teste de microtração nos espécimes em formato de *hour-glass*, a uma velocidade de 1 mm/min até o momento da fratura. As porções fraturadas foram ainda observadas em MEV para avaliação do padrão de fratura. Os resultados mostraram que, no grupo A, não houve diferença estatística entre os espécimes dos quatro subgrupos, sendo verificada fraturas coesivas no adesivo. Já no grupo B, houve

significativa redução dos valores de resistência à microtração nos subgrupos B3 e B4, com aumento da prevalência de fraturas mistas à medida em que se aumentava a magnitude dos ensaios de envelhecimento.

Um segundo estudo verificando a influência das tensões térmicas e mecânicas na resistência de união de sistemas adesivos foi desenvolvido por NIKAIDO *et al.* nesse mesmo ano de 2002 (2002b). Foram realizados preparos do tipo Classe I em doze molares humanos, os quais foram restaurados com o sistema de condicionamento total Single Bond (SB) e o sistema autocondicionante Clearfil SE Bond (SE), seguidos do preenchimento dos preparos com o compósito Clearfil AP-X. Após armazenagem em água por uma semana, metade dos corpos-de-prova foram submetidos a 50.000 ciclos de carga (50N) e 625 ciclos térmicos (5 e 55°C, 30 segundos / banho), e novamente armazenados em água por uma semana. O teste de microtração foi realizado nos espécimes em formato de *hour-glass* obtidos a partir do corte seriado das restaurações, submetendo a interface adesiva a uma força de tensão com velocidade de 1 mm/min. Após análise estatística dos dados, não foi observada influência significativa das tensões térmicas e mecânicas, independente do sistema adesivo. Porém, foi verificada diferença entre os dois adesivos testados, com o sistema autocondicionante apresentando maiores valores de resistência à microtração.

O propósito do estudo realizado por MITSUI *et al.*, em 2003, foi avaliar a influência da ciclagem mecânica na microinfiltração de restaurações em resina composta confeccionadas com dois adesivos de frasco único (Single Bond e Optibond Solo *Plus*) e dois autocondicionantes (Clearfil SE Bond e experimental EXL 547). 240 cavidades Classe II foram preparadas nas superfícies proximais de 120 dentes bovinos. Após a restauração das mesmas com os sistemas adesivos descritos e resina composta Filtek Z250, metade dos espécimes foi submetido ao teste de ciclagem mecânica, aplicando-se 50.000 ciclos de 80 N, a uma frequência de aproximadamente 5 Hz. Os corpos-de-prova foram imersos em solução corante de azul de metileno 2% durante um período de 4 horas e avaliados em seguida

quanto à microinfiltração. Os autores não verificaram presença de diferença significativa entre os grupos ciclados e não-ciclados, concluindo que 50.000 ciclos de carga parecem não ser suficientes para deteriorar a integridade marginal das restaurações.

Recentemente, BEDRAN-DE-CASTRO *et al.* (2004a) conduziram estudo *in vitro* com o intuito de se verificar os efeitos da ciclagem térmica e mecânica na microinfiltração e resistência ao cisalhamento de um sistema adesivo de condicionamento total. Para o teste de microinfiltração, foram preparadas 120 cavidades do tipo Classe II em 120 dentes bovinos, com margem em dentina, as quais foram restauradas com o sistema adesivo Single Bond associado ao compósito resinoso Filtek Z-250. Após a confecção das restaurações, os corpos-de-prova foram distribuídos em quatro grupos (n=30): G1 - controle, G2 – 2.000 ciclos térmicos (5 e 55°C), G3 – 50.000 ciclos mecânicos (80N), e G4 - 2.000 ciclos térmicos (5 e 55°C), seguidos de 50.000 ciclos mecânicos (80N). Os espécimes foram isolados com verniz de unha, mantendo-se uma área de 1 mm ao redor da restauração sem isolamento, e imersos em solução de azul de metileno 2% durante quatro horas. Os dentes foram então seccionados no sentido mesio-distal e avaliados quanto à microinfiltração em lupa estereoscópica com aumento de 45x, respeitando os escores de 0 a 4. Para o teste de cisalhamento, foram utilizados 80 dentes bovinos, os quais tiveram parte de sua superfície vestibular seccionada e incluída em resina de poliestireno. O esmalte bovino foi desgastado com lixas abrasivas, expondo-se a dentina superficial, sobre a qual foram confeccionados cilindros de resina composta. Esses dentes foram distribuídos nos mesmos grupos descritos anteriormente e levados à máquina de ensaio universal para realização do teste de cisalhamento, a uma velocidade de 0,5 mm/min. Não foi verificada nenhuma influência das ciclagens térmica e mecânica, tanto na microinfiltração, quanto na resistência ao cisalhamento.

Durante o mesmo ano, BEDRAN-DE-CASTRO *et al.* (2004b) avaliaram dessa vez o efeito das ciclagens térmica e mecânica na resistência à microtração

de um sistema adesivo dentinário de condicionamento total. Foram utilizados oitenta dentes bovinos, que tiveram cavidades do tipo Classe II, com margem em dentina, preparadas em suas superfícies mesiais. Os preparos foram restaurados com o sistema adesivo Single Bond associado ao compósito resinoso Filtek Z-250, e distribuídos aleatoriamente em quatro grupos (n=20): G1 - controle, G2 – 2.000 ciclos térmicos (5 e 55°C), G3 – 100.000 ciclos mecânicos (50N, 2Hz), e G4 - 2.000 ciclos térmicos (5 e 55°C), seguidos de 100.000 ciclos mecânicos (50N, 2Hz). Após os ensaios de envelhecimento, foram realizados cortes seriados perpendicularmente à parede cervical das restaurações, e as fatias obtidas foram desgastadas obtendo-se uma interface adesiva com formato de ampulheta com área de aproximadamente 1 mm<sup>2</sup>. Todos os espécimes obtidos foram então submetidos ao teste de microtração a uma velocidade de 0,5 mm/min, até o momento da fratura. Os espécimes fraturados foram classificados quanto ao padrão de fratura em microscopia eletrônica de varredura. Os autores não verificaram diferença significativa entre os três primeiros grupos, e o padrão de fratura do tipo misto foi predominante em todos os grupos, e aumentou nos grupos submetidos à aplicação de ciclos de carga mecânicos (G3 e G4).

### **3. PROPOSIÇÃO**

O propósito desse estudo foi avaliar a influência da aplicação de protocolos de ciclagem mecânica e térmica na resistência de união à microtração de restaurações do tipo Classe II confeccionadas com resina composta, utilizando três sistemas adesivos com diferentes métodos de formação de camada híbrida, assim como avaliar o padrão de fratura dos espécimes em microscopia eletrônica de varredura.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

Para a realização deste estudo *in vitro*, o seguinte delineamento experimental foi proposto:

- ✓ Unidades experimentais: incisivos inferiores bovinos
  
- ✓ Fatores em estudo:
  - Sistemas adesivos (3 níveis)
  - Ciclagem mecânica (3 níveis)
  - Ciclagem térmica (2 níveis)
  
- ✓ Variável de resposta:
  - Microtração (MPa)
  - Análise do padrão de fratura em microscopia eletrônica de varredura

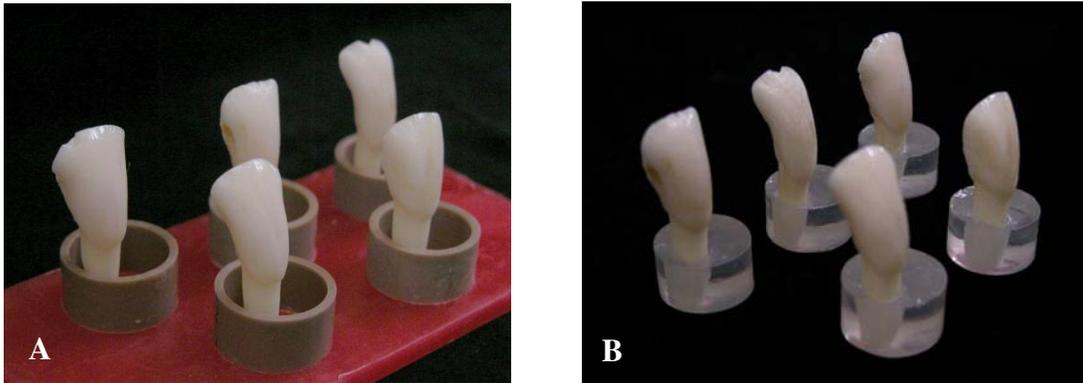
### **4.2. SELEÇÃO DOS DENTES**

Foram selecionados 168 incisivos inferiores bovinos que, após serem extraídos, foram armazenados em solução neutra de timol 0,1%, à temperatura ambiente. Os dentes foram devidamente limpos com curetas periodontais e polidos em baixa rotação (*Kavo do Brasil S.A. Ind. e Com., Joinville, SC, Brasil*) com taça de borracha (*KG Sorensen Ind. e Com. LTDA, Barueri, SP, Brasil*) e mistura de pedrapomes (*SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*) e água. Após a limpeza, os mesmos foram examinados em lupa estereoscópica para que fossem descartados os dentes que apresentassem trincas, fraturas ou desmineralização do esmalte, evitando possíveis interferências nos resultados a serem obtidos.

### **4.3. INCLUSÃO DAS RAÍZES**

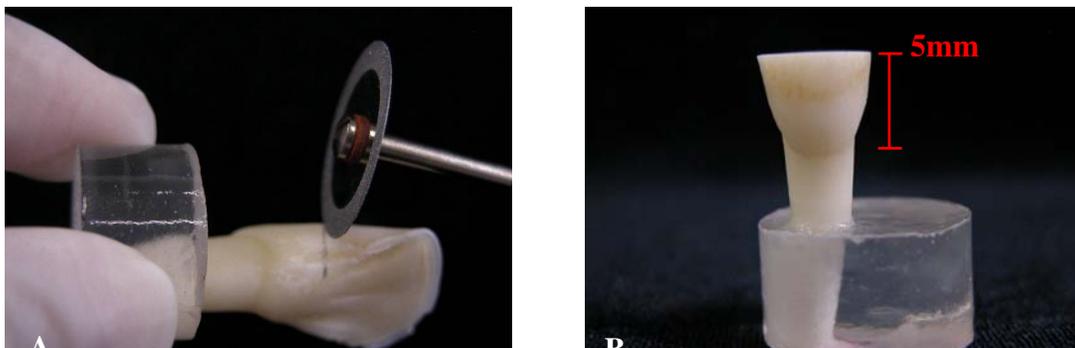
A fim de se proporcionar o posicionamento dos dentes na máquina de ciclagem mecânica, a porção radicular dos dentes bovinos foi incluída em resina de poliestireno (*Piraglass, Piracicaba, SP, Brasil*). As raízes foram posicionadas

lateralmente no interior de tubos de PVC de 2,1cm de diâmetro e, aproximadamente 2cm de altura, os quais se encontravam fixados em uma placa de cera utilidade (FIG 1A), de modo que a superfície proximal de cada dente ficasse no centro do tubo. Esse posicionamento teve como objetivo possibilitar que a ponta compressor da máquina de ciclagem mecânica estabelecesse contato com a superfície proximal dos dentes, ou seja, na face onde serão realizadas as restaurações em resina composta. A resina de poliestireno foi preparada na proporção de 2% (100g de resina para 2g de catalisador) e vertida no interior dos tubos de PVC. Após um período de aproximadamente seis horas, a resina já encontrava-se polimerizada e os dentes puderam ser removidos dos anéis de PVC (FIG 1B).



**FIGURA 1** - Posicionamento da porção radicular dos dentes bovinos no interior dos tubos de PVC (A), para inclusão dos dentes em resina de poliestireno (B).

Em seguida, os dentes foram seccionados transversalmente com disco diamantado dupla-face (*KG Sorensen Ind. e Com. LTDA, Barueri, SP, Brasil*) montado em baixa rotação (FIG 2A), sob refrigeração constante, aproximadamente 5mm acima do limite amelo-cementário, obtendo-se uma superfície plana (FIG 2B).

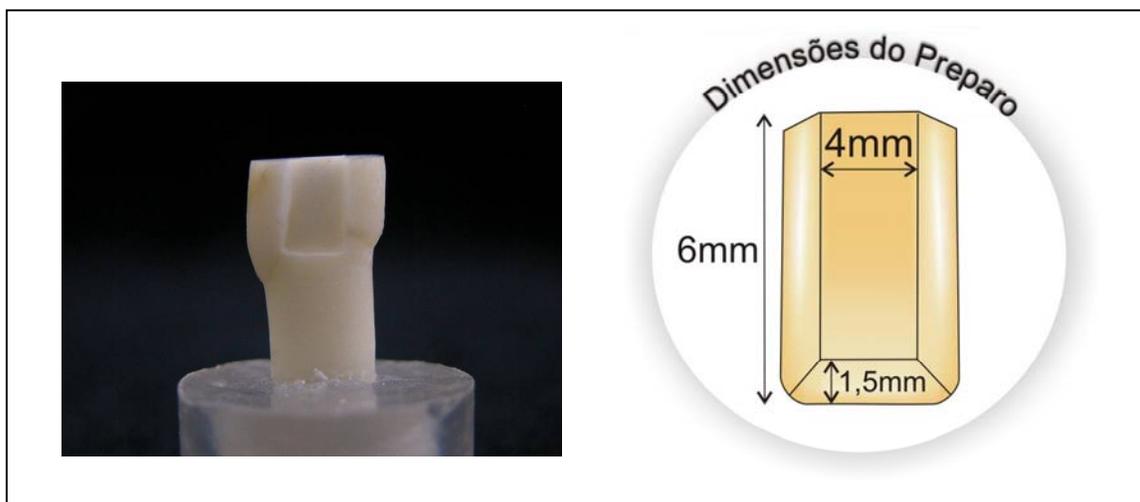


**FIGURA 2** - Seccionamento dos dentes (A), 5mm acima da junção amelo-cementária, para obtenção de uma superfície plana (B).

Após esses procedimentos, os dentes passaram a ser armazenados em água destilada e mantidos em estufa, à temperatura de 37°C.

#### 4.4. CONFECÇÃO DOS PREPAROS CAVITÁRIOS

Foram confeccionados preparos simulando cavidades Classe II, tipo "slot" vertical, com margem cervical localizada em tecido dentinário (FIG 3), nas superfícies mesial ou distal de cada dente, utilizando-se sempre da superfície proximal que se encontrava mais reta. Os preparos foram realizados em alta rotação (*Kavo do Brasil S.A. Ind. e Com., Joinville, SC, Brasil*), sob constante refrigeração, utilizando-se brocas cônicas invertidas longas com extremo arredondado nº 245 de carbeto de tungstênio (*KG Sorensen Ind. e Com. LTDA, Barueri, SP, Brasil*), as quais foram substituídas a cada cinco preparos. Os preparos cavitários apresentavam dimensões de 4mm no sentido vestibulo-lingual, 1,5mm no sentido áxio-mesial / distal e 6mm no sentido gengivo-incisal (MITSUI *et al.*, 2003) (FIG 3), conferidas com um paquímetro digital (*Carl Mahr, GmbH, Esslingen, Alemanha*).

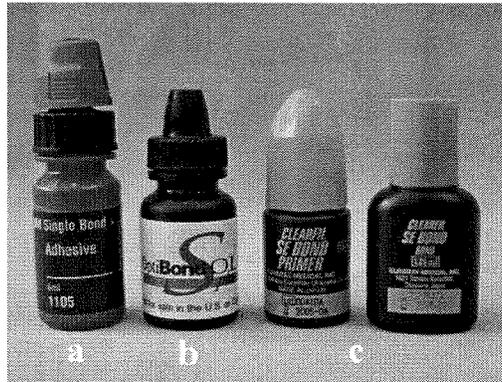


**FIGURA 3** - Vista proximal do preparo Classe II tipo “slot” vertical, com esquema representativo de suas dimensões.

#### 4.5. PROCEDIMENTO RESTAURADOR

Para a confecção das restaurações, as cavidades foram distribuídas de acordo com o sistema adesivo (FIG 4) utilizado para a confecção das restaurações (n=56):

- sistema adesivo de condicionamento total Single Bond (*3M ESPE Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA*);
- sistema adesivo de condicionamento total com partículas de carga OptiBond Solo *Plus* (*Kerr Corporation, Orange, CA, EUA*);
- sistema adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond (*Kuraray MedicalCo, LTD, Kurashiki, Okayama, Japão*).



**FIGURA 4** – Sistemas adesivos utilizados no estudo: Single Bond (a), OptiBond Solo *Plus* (b) e Clearfil SE Bond (c).

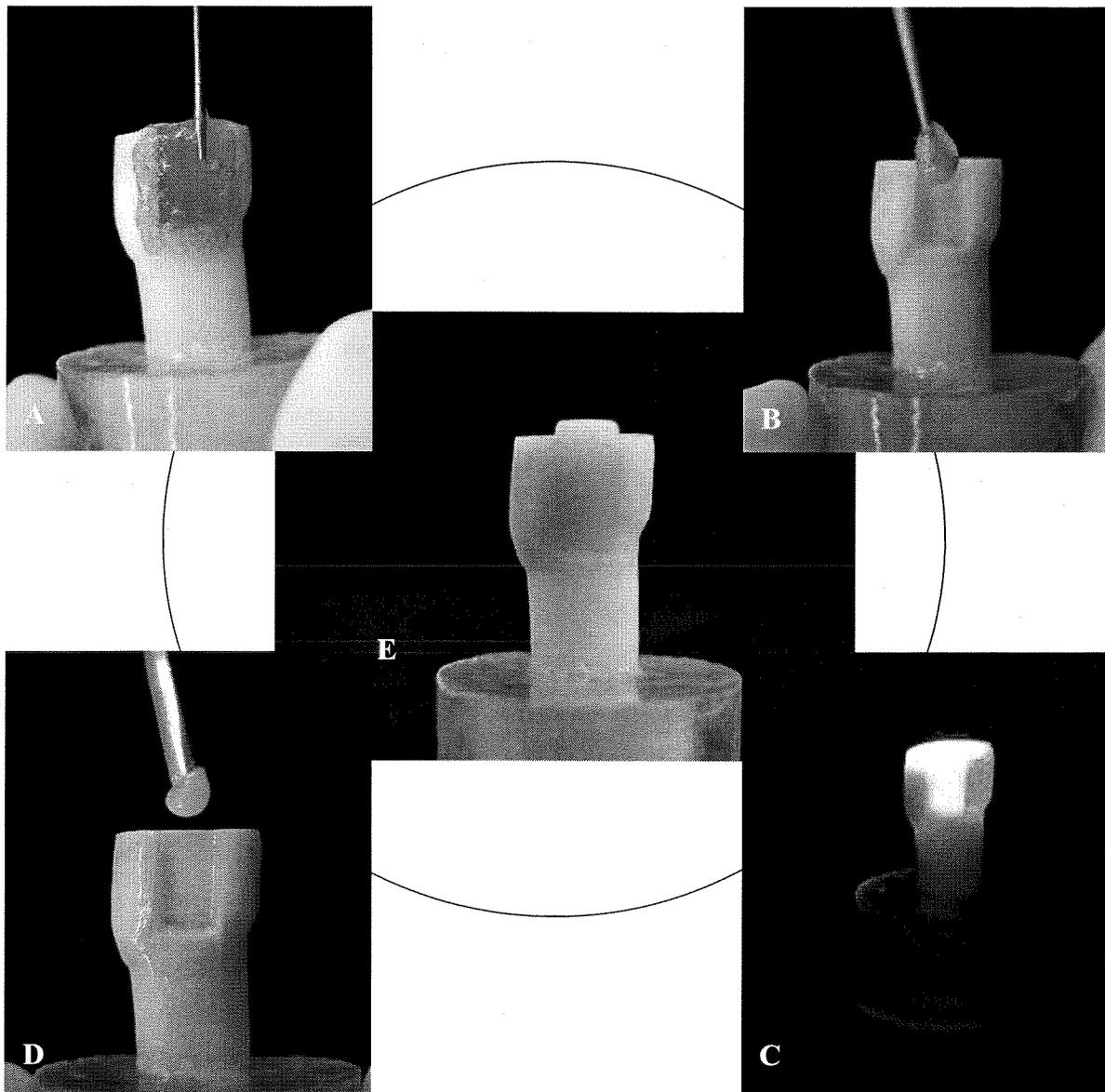
A composição e o número do lote de cada material restaurador encontra-se na seção de anexos (Anexo 1). A aplicação dos sistemas adesivos foi realizada seguindo-se as normas de cada fabricante, conforme descrito abaixo:

**Single Bond** - Condicionamento com gel de ácido fosfórico 35% (FIG 5A) (3M ESPE Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA), durante 15 segundos e lavagem pelo mesmo tempo. Após a remoção do excesso de umidade com papéis absorventes, aplicação de duas camadas consecutivas do sistema adesivo (FIG 5B), seguido por um leve jato de ar e fotoativação durante 10 segundos (FIG 5C).

**OptiBond Solo Plus** - Agitação do frasco do adesivo previamente ao seu uso. Condicionamento da superfície dentinária com gel de ácido fosfórico 35% durante 15 segundos e lavagem pelo mesmo tempo. Após a remoção do excesso de umidade com papéis absorventes, aplicação de uma camada do adesivo, esfregando-o por 15 segundos, seguido de um leve jato de ar e fotoativação por 20 segundos.

**Clearfil SE Bond** - Aplicação ativa do *primer* por 20 segundos e leve jato de ar por 2 segundos. Aplicação de uma camada do adesivo, seguida de leve jato de ar e fotoativação durante 10 segundos.

O compósito resinoso fotopolimerizável Filtek Z-250 (3M ESPE Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA), na cor A2, foi utilizado como material de restaurador de todos os preparos cavitários. A aplicação do compósito foi realizada em três incrementos horizontais de, aproximadamente, 2mm cada (FIG 5D), fotoativando-se cada incremento por oclusal durante 20 segundos, com uma unidade fotopolimerizadora halógena (VIP Jr.; Bisco Dental Products, Schaumbur, IL, EUA). A intensidade de luz emitida pelo aparelho de fotoativação foi constantemente aferida com um radiômetro (Hilux Light Meter; First Medica, Greensboro, NC, EUA), sendo verificada uma média de 760 mW/cm<sup>2</sup>. As restaurações foram confeccionadas mantendo-se um excesso de 1mm na superfície oclusal (FIG 5E), para que, durante o ensaio de ciclagem mecânica, a ponta compressora da máquina mantivesse contato apenas com as restaurações.



**FIGURA 5** – Seqüência demonstrativa do procedimento restaurador para o adesivo Single Bond: (A) condicionamento ácido do preparo cavitário durante 15 segundos; (B) aplicação do sistema adesivo sobre a superfície dentinária úmida; (C) fotoativação do sistema adesivo durante 10 segundos; (D) aplicação do compósito resinoso Filtek Z250 utilizando a técnica incremental; (E) restauração concluída, com 1mm de resina em excesso na porção oclusal da restauração.

#### 4.6. GRUPOS EXPERIMENTAIS

Os dentes restaurados foram numerados e re-distribuídos, aleatoriamente, de acordo com o tipo de tratamento (têrmico / mecânico) aos quais os mesmos foram submetidos.

Dessa forma, foram formados 21 grupos experimentais no total (n=8), descritos na Tabela 1.

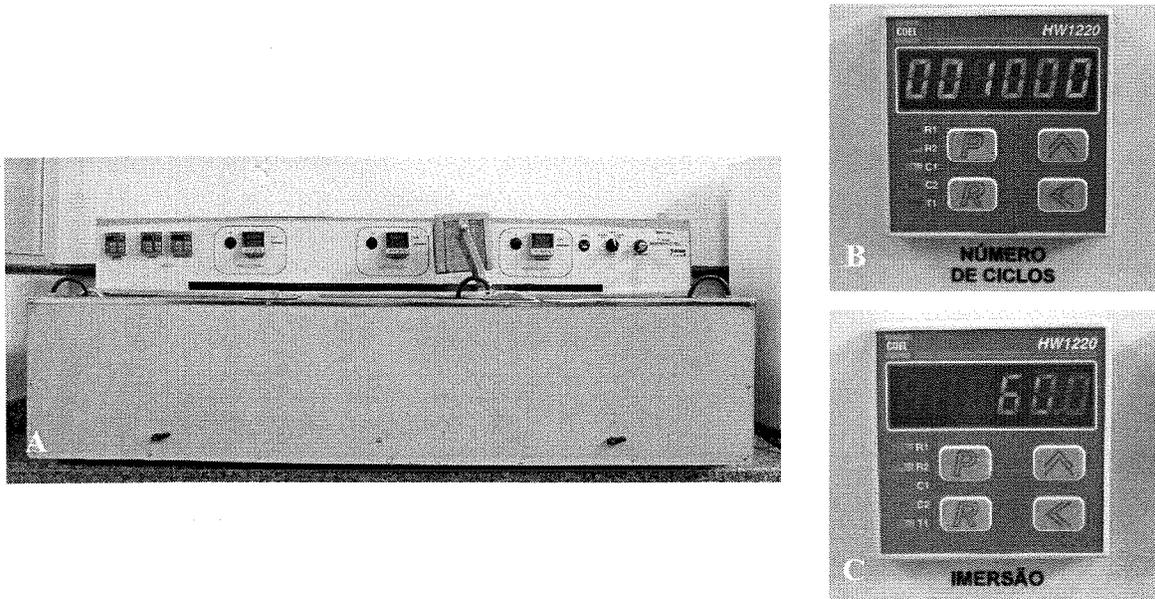
**Tabela 1:** Grupos experimentais formados de acordo com a combinação entre tratamentos propostas no estudo.

	Single Bond		OptiBond Solo Plus		Clearfil SE Bond
<b>G1SB</b>	sem tratamento (controle)	<b>G1OSP</b>	sem tratamento (controle)	<b>G1CSE</b>	sem tratamento (controle)
<b>G2SB</b>	100.000 ciclos mecânicos	<b>G2OSP</b>	100.000 ciclos mecânicos	<b>G2CSE</b>	100.000 ciclos mecânicos
<b>G3SB</b>	200.000 ciclos mecânicos	<b>G3OSP</b>	200.000 ciclos mecânicos	<b>G3CSE</b>	200.000 ciclos mecânicos
<b>G4SB</b>	500.000 ciclos mecânicos	<b>G4OSP</b>	500.000 ciclos mecânicos	<b>G4CSE</b>	500.000 ciclos mecânicos
<b>G5SB</b>	100.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos	<b>G5OSP</b>	100.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos	<b>G5CSE</b>	100.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos
<b>G6SB</b>	200.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos	<b>G6OSP</b>	200.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos	<b>G6CSE</b>	200.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos
<b>G7SB</b>	500.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos	<b>G7OSP</b>	500.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos	<b>G7CSE</b>	500.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos

#### 4.7. ENSAIO DE CICLAGEM TÉRMICA

Para o procedimento de ciclagem térmica, os espécimes foram submetidos a 1000 ciclos térmicos (FIG 6B) em máquina de ciclagem térmica com controle computadorizado de ciclos (MCT2-AMM-2INSTRUMENTAL, São Carlos, SP,

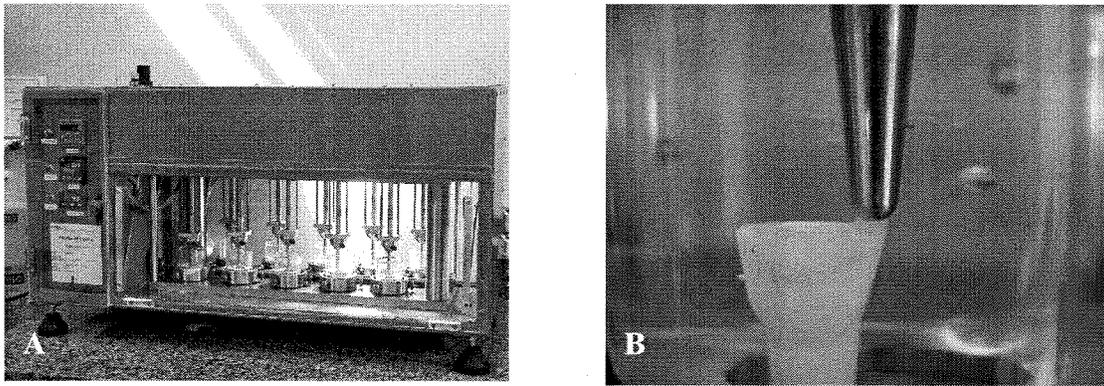
Brasil) (FIG 6A), sendo imersos em cubas com água destilada com temperatura de  $5 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $55 \pm 2^\circ\text{C}$  (ISO TR 11450) submetendo os espécimes a banhos de 60 segundos (FIG 6C) para cada temperatura.



**FIGURA 6** – Máquina de termociclagem utilizada no estudo (A); visor digital da máquina indicativo do número de ciclos programados (B) e tempo de imersão dos espécimes em cada banho (C).

#### 4.8. ENSAIO DE CICLAGEM MECÂNICA

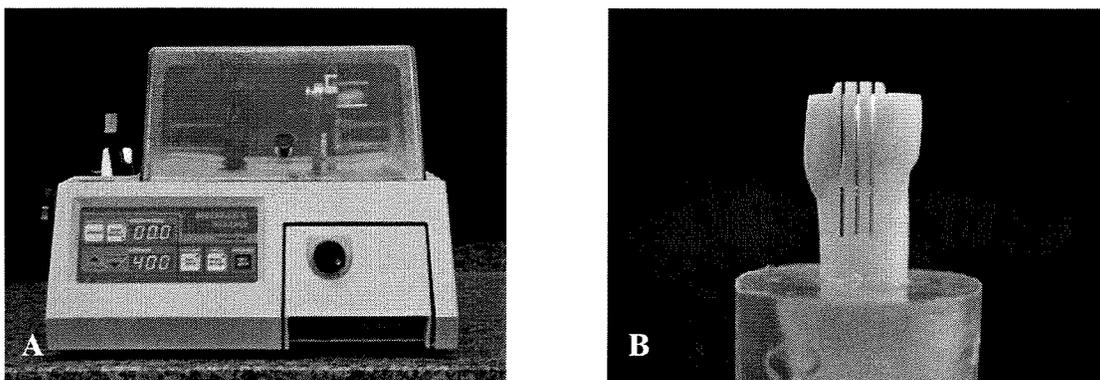
Para a realização deste ensaio de envelhecimento, os espécimes foram posicionados no interior da máquina simuladora de ciclagem mecânica (*ERIOS Representações e Comércio Ltda, São Paulo, SP, Brasil*) (FIG 7A), de maneira a receber incidência de carga vertical sobre a restauração (FIG 7B) de 80N, repetindo-se o número de ciclos desejados, a uma frequência de 2 ciclos/segundo. Durante o ensaio, os dentes foram mantidos em água destilada à temperatura de  $37^\circ\text{C}$ .



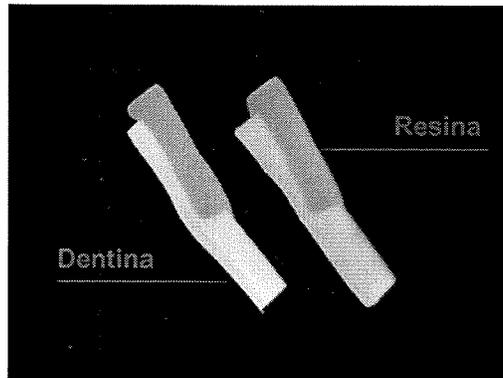
**FIGURA 7** – Máquina de ciclagem mecânica utilizada no estudo (A) com espécime posicionado em seu interior, onde pode-se visualizar a ponta compressora em contato apenas com a restauração (B).

#### 4.9. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À MICROTRAÇÃO

Para a avaliação do ensaio de resistência à microtração, os dentes foram montados em aparato específico e adaptados à cortadeira metalográfica de precisão (*Isomet 1000, Buehler, Lake Buff, IL, EUA*) (FIG 8A). Com um disco diamantado de dupla-face (*Buehler, Lake Buff, IL, EUA*) fixado à cortadeira, girando em baixa velocidade com constante irrigação, foram realizadas secções seriadas com espessura de 0,8 a 1mm paralelas ao longo eixo da restauração (FIG 8B), de forma a obter-se duas fatias (FIG 9) no centro da mesma, sendo as demais fatias desprezadas.

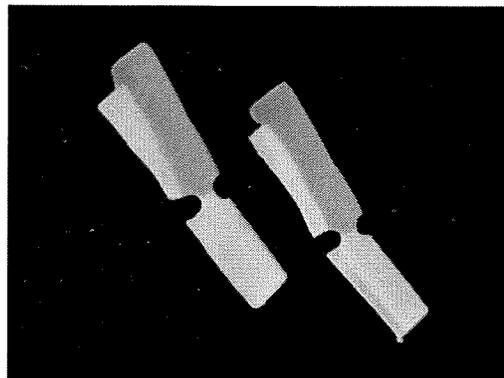


**FIGURA 8** – Cortadeira metalográfica de precisão utilizada no estudo (A) para obtenção de cortes seriados no sentido do longo eixo da restauração (B).



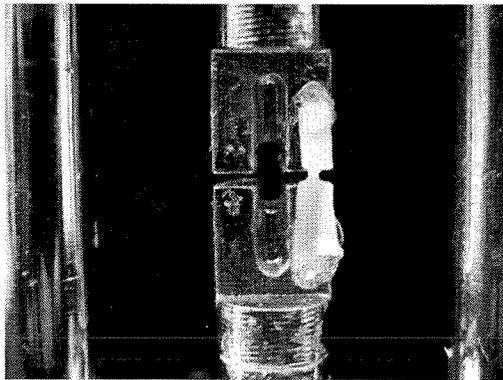
**FIGURA 9** – Fatias obtidas da porção central da restauração.

Para obtenção do formato de ampulheta (*hour-glass*), com o auxílio de uma ponta diamantada extra-fina cilíndrica #1093 FF (KG Sorensen Ind. e Com. LTDA, Barueri, SP, Brasil), montada em alta rotação, sob refrigeração constante, foram realizados desgastes em lados opostos da interface de união, mantendo uma área adesiva de aproximadamente 0,8 a 1mm<sup>2</sup> (FIG 10). A espessura da secção transversal da interface dente-restauração foi constantemente aferida com o auxílio de um paquímetro digital.



**FIGURA 10** – Aspecto final dos espécimes com formato de ampulheta.

Os espécimes foram individualmente fixados em aparato específico para realização do teste de microtração (FIG 11), adaptado para uso em Máquina de Ensaio Universal (*DL 500; EMIC Ltda, São José dos Pinhais, PR, Brasil*), com um adesivo à base de cianocrilato (*Super Bonder; Henckel Loctite, Itapevi, SP, Brasil*) pelas suas extremidades, de modo a posicionar a área de adesão perpendicularmente ao longo eixo da força de tração.



**FIGURA 11** – Espécime posicionado no aparato para microtração.

Durante o teste, realizado à velocidade de 0,5mm/min, todo o evento foi monitorado por um programa de computador que apresenta em sua tela um gráfico representativo da carga em função do deslocamento. No momento da fratura, o movimento foi automaticamente cessado e os valores de resistência à microtração foram mensurados em kgf (quilograma-força), sendo posteriormente transformados em MPa (mega-pascal), utilizando a seguinte equação matemática:

$$\text{MPa} = \frac{\text{Força (kgf)} \times 9,80665}{\text{Área adesiva (mm}^2\text{)}}$$

#### 4.10. ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA

Para a análise do padrão de fratura, os dois lados de cada espécime fraturado foram fixados em *stubs* metálicos, cobertos com uma fina camada de ouro (*Denton Vacuum Desk II; Denton Vacuum LLC, Moorestown, NJ, EUA*) e examinados em Microscópio Eletrônico de Varredura (*JSM 5600 LV; JEOL, Tóquio, Japão*). Os padrões de fratura observados foram classificados em quatro tipos (BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004b): fratura coesiva no compósito, fratura coesiva no adesivo, fratura entre a porção mais profunda do adesivo e topo da superfície da dentina desmineralizada [interface] e fratura mista (associação de dois ou mais tipos de fraturas). A magnificação utilizada para avaliação dos espécimes foi de 100x, 1000x e 2000x.

#### 4.11. ANÁLISE ESTADÍSTICA

Os valores de resistência de união em MPa foram analisados no Software SAS 8.0 (Statistical Analysis System), onde inicialmente foi constatada a normalidade dos dados (aderência dos valores à curva normal).

Para avaliar o comportamento dos sistemas adesivos frente aos procedimentos de ciclagem mecânica e térmica, foi aplicado o teste paramétrico Análise de Variância, em esquema Fatorial (3x3x2). Assim, os fatores foram representados pelo sistema adesivo (3 níveis), pela ciclagem mecânica (3 níveis) e pela ciclagem térmica (2 níveis). Quando diferenças significativas foram observadas, aplicou-se o teste Tukey ( $\alpha=5\%$ ) para as comparações múltiplas entre os fatores.

Posteriormente, o teste de Dunnett ( $\alpha=5\%$ ) foi utilizado com o objetivo de comparar os sistemas adesivos submetidos às ciclagens mecânicas e térmicas com o seu respectivo grupo controle (tratamento adicional – sem ciclagem mecânica ou térmica).

## 5. RESULTADOS

A análise de variância (Anexo 2) dos valores de resistência de união à microtração demonstrou diferenças estatísticas significantes somente para o fator sistema adesivo ( $p < 0,0001$ ), não sendo verificada a mesma diferença para os fatores ciclagem mecânica ( $p = 0,384$ ) e ciclagem térmica ( $p = 0,589$ ). A análise de variância também detectou a presença de interação significativa somente entre os fatores ciclagem mecânica e ciclagem térmica ( $p = 0,053$ ), não sendo verificada a presença de interação tripla entre os fatores avaliados ( $p = 0,167$ ). O teste Tukey foi então empregado para evidenciar as diferenças estatísticas significativas entre os fatores em estudo, além da interação entre os fatores (Tabela 2).

**Tabela 2:** Resultados do teste Tukey a 5%, para o ensaio de microtração (MPa), apresentando as médias e os desvios padrões para cada sistema adesivo, em função dos ensaios de ciclagem térmica e mecânica.

CICLAGEM MECÂNICA	CICLAGEM TÉRMICA	SINGLE BOND	OPTIBOND SOLO <i>PLUS</i>	CLEARFIL SE BOND
100.000	-	32,61 ± 6,83 <b>a</b>	27,63 ± 4,63 <b>a</b>	24,21 ± 6,78 <b>a</b>
100.000	+	25,86 ± 7,39 <b>b</b>	25,87 ± 5,36 <b>b</b>	20,08 ± 5,39 <b>b</b>
200.000	-	26,09 ± 4,32 <b>a</b>	26,29 ± 9,28 <b>a</b>	19,95 ± 1,78
200.000	+	26,48 ± 4,30 <b>a</b>	27,27 ± 5,37 <b>a</b>	---
500.000	-	26,42 ± 3,36 <b>a</b>	26,13 ± 4,98 <b>a</b>	21,09 ± 4,87
500.000	+	31,94 ± 4,58 <b>a</b>	25,74 ± 3,82 <b>a</b>	---
<b>TUKEY – ADESIVO</b>		<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>

Médias seguidas de letras distintas (minúsculas na vertical dentro de cada ciclo / maiúsculas na horizontal) representam diferença estatística - Tukey,  $p = 0,05$ .

De acordo com a Tabela 2, pode-se verificar que os adesivos Single Bond e Optibond Solo *Plus* apresentaram comportamento semelhante frente aos diferentes processos de envelhecimento aplicados no estudo. O adesivo Clearfil SE Bond apresentou os menores valores de resistência de união, sendo diferente

estatisticamente ( $p < 0,0001$ ) quando comparados aos demais sistemas de união utilizados.

Para o adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond, não foi possível a obtenção de espécimes submetidos a 200.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos e nem 500.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos para a realização do teste de microtração, uma vez que a interface de união apresentou ruptura durante o procedimento de desgaste dos espécimes para obtenção do formato de ampulheta.

Para todos os sistemas adesivos testados, observou-se interação dos fatores ciclagem mecânica e térmica ( $p = 0,053$ ). Nos grupos submetidos à aplicação de 100.000 ciclos mecânicos, verificou-se diferença estatística entre a aplicação ou não da ciclagem térmica, sendo que os menores valores de resistência de união foram aqueles associados ao seu uso. Para os demais protocolos de ciclagem mecânica (200.000 e 500.000 ciclos), não foi verificada influência da ciclagem térmica nos resultados de resistência de união.

O teste estatístico de Dunnett, utilizado para comparação dos protocolos de envelhecimento em relação aos grupos controles de cada adesivo, está apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3:** Resultados do teste Dunnett a 5%, para o ensaio de microtração (MPa), apresentando as médias para cada sistema adesivo submetido aos protocolos de envelhecimento, em função de seus respectivos controles.

<b>CICLAGEM MECÂNICA</b>	<b>CICLAGEM TÉRMICA</b>	<b>SINGLE BOND</b>	<b>OPTIBOND SOLO PLUS</b>	<b>CLEARFIL SE BOND</b>
100.000	-	32,61	27,63	24,21
100.000	+	25,86*	25,87	20,08
200.000	-	26,09*	26,29	19,95
200.000	+	26,48*	27,27	---
500.000	-	26,42*	26,13	21,09
500.000	+	31,94*	25,74*	---
<b>CONTROLE</b>		<b>40,41</b>	<b>34,34</b>	<b>26,65</b>

\* Médias seguidas de asterisco representam diferença estatística ( $p=0,05$ ).

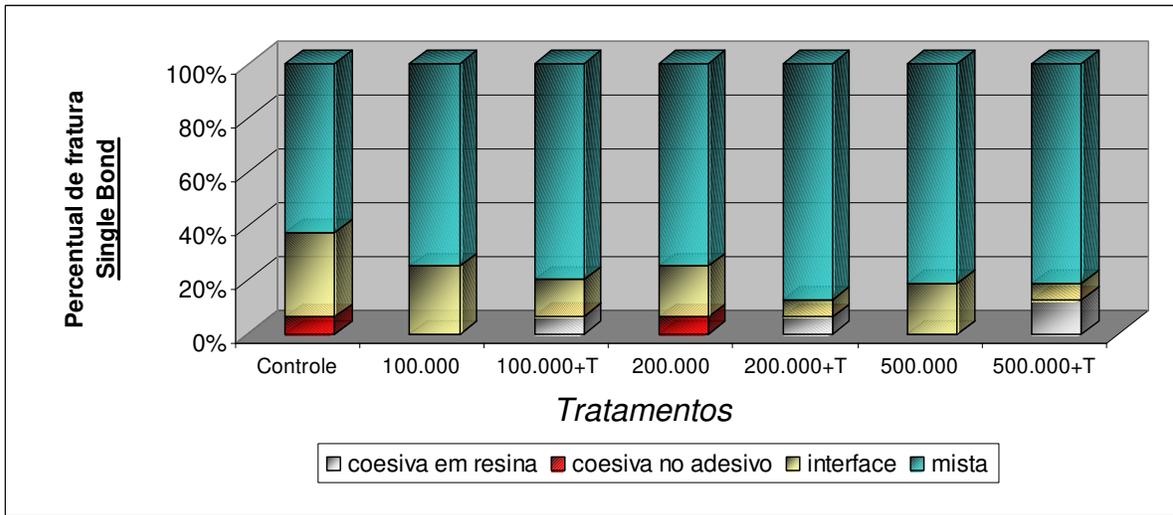
Para o adesivo Single Bond, o único grupo semelhante ao controle foi aquele submetido a 100.000 ciclos mecânicos sem tratamento térmico, sendo os demais protocolos de envelhecimento estatisticamente diferentes quando comparados ao controle.

Os espécimes do grupo controle do adesivo Clearfil SE Bond não apresentaram médias de resistência de união diferentes estatisticamente dos grupos submetidos aos ensaios de envelhecimento. Porém, os espécimes submetidos a 200.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos e 500.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos sofreram ruptura de sua interface de união durante o procedimento de desgaste dos espécimes para obtenção do formato de ampulheta.

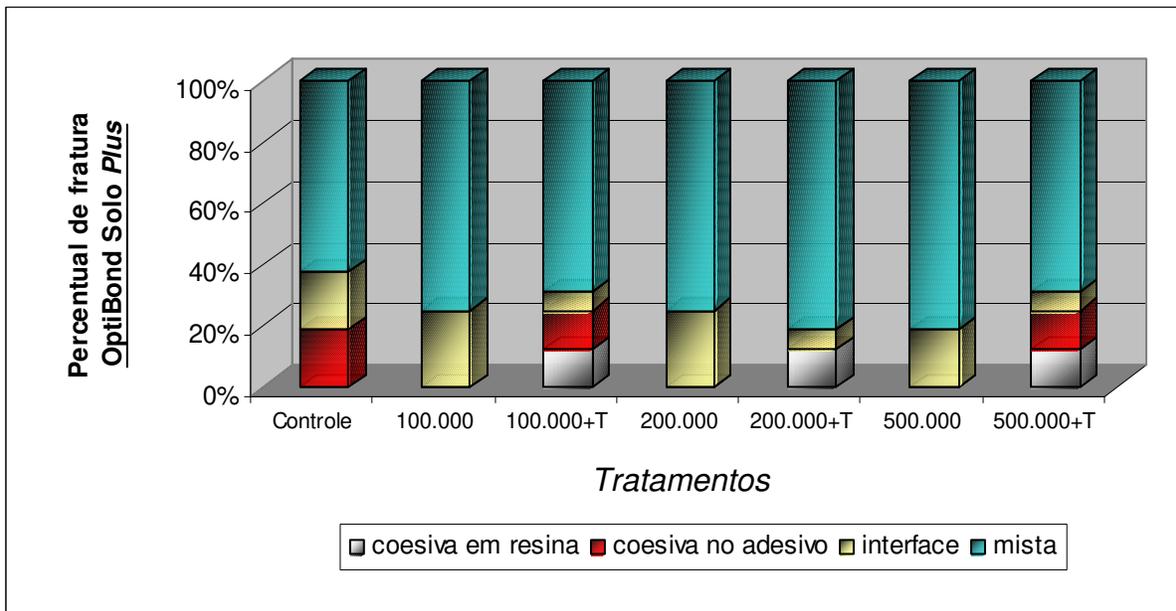
Já para o adesivo Optibond Solo *Plus*, apenas o grupo submetido ao protocolo de 500.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos apresentou diferença estatisticamente significativa em relação ao controle.

Na análise do padrão de fratura dos espécimes em microscopia eletrônica de varredura, os quatro tipos de padrões de fratura (coesiva em resina, coesiva no adesivo, interface ou mista) puderam ser observados (FIGs 12 a 18).

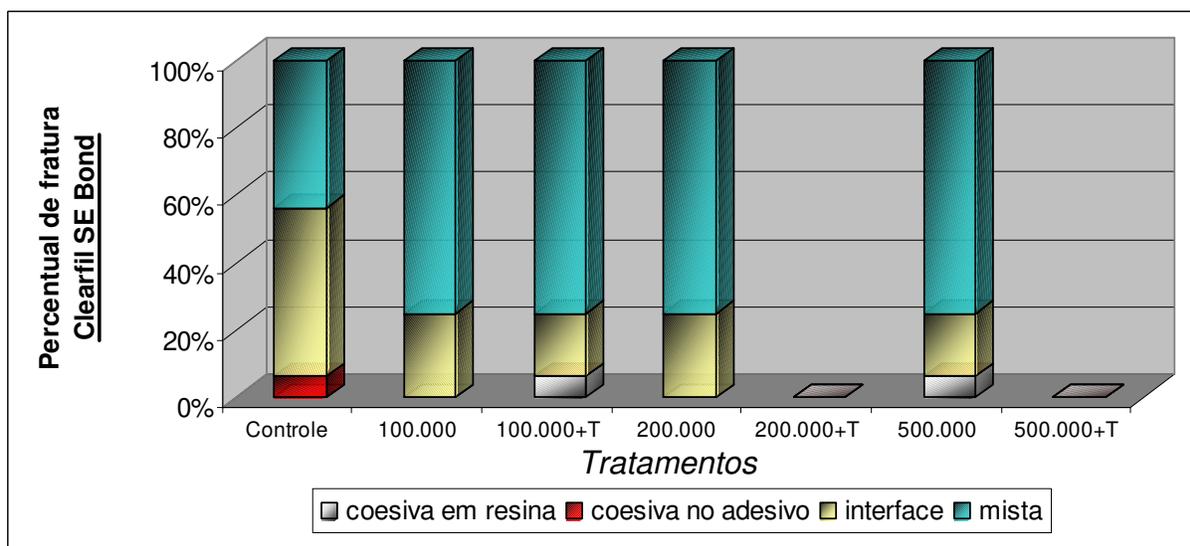
Para todos os adesivos testados, pôde-se observar uma semelhança no tipo de fratura relacionado a cada espécime (FIGs 12 a 14). As fraturas mistas (FIG 18) foram predominantes em todos os grupos. Fraturas na interface (FIG 17) foram mais freqüentemente encontradas nos grupos controle, ainda que observadas também em todos os espécimes. Na medida em que se aumentavam as tensões (ciclagens térmica e mecânica) a que os espécimes foram submetidos, diminuiu o número de fratura na interface e aumentou o percentual das fraturas mistas. Fraturas coesivas em resina (FIG 15) foram encontradas apenas nos grupos submetidos à ciclagem mecânica associados à termociclagem. Já as fraturas coesivas no adesivo (FIG 16) foram encontradas em porcentagem bastante pequena, sendo verificadas em maior freqüência nos dentes restaurados com o adesivo Optibond Solo *Plus*.



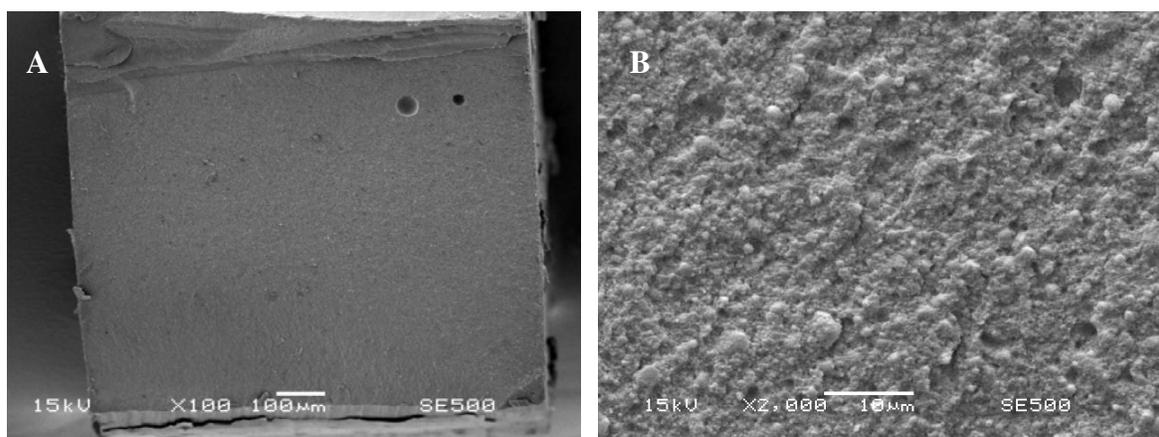
**FIGURA 12** – Representação gráfica do padrão de fratura observado para o sistema adesivo Single Bond.



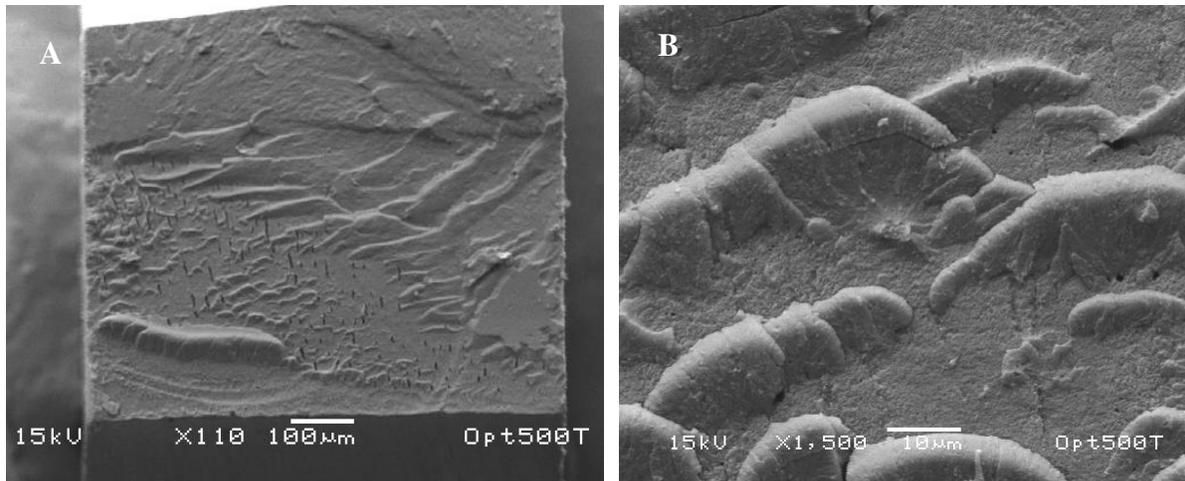
**FIGURA 13** – Representação gráfica do padrão de fratura observado para o sistema adesivo Optibond Solo Plus.



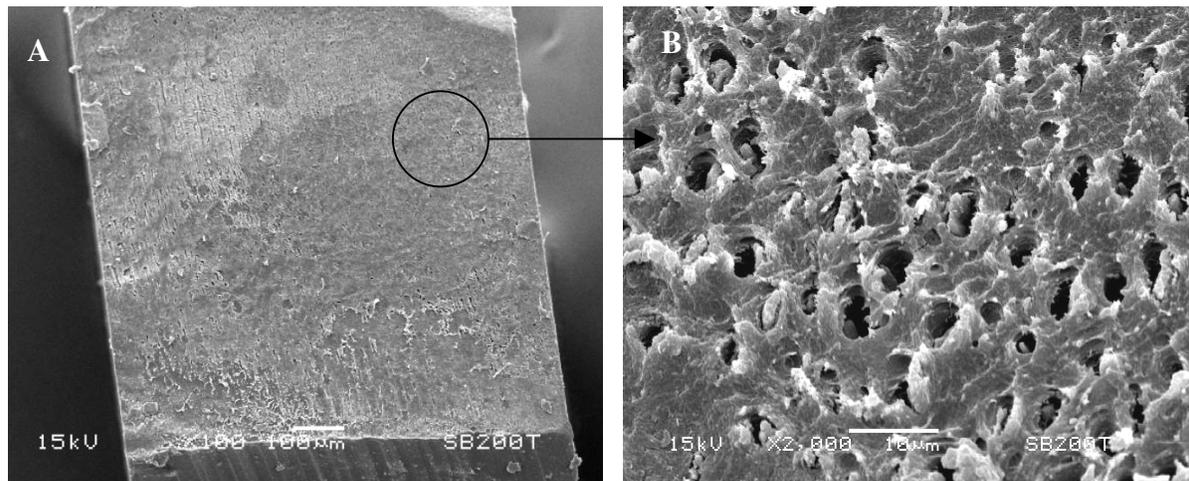
**FIGURA 14** – Representação gráfica do padrão de fratura observado para o sistema adesivo Clearfil SE Bond.



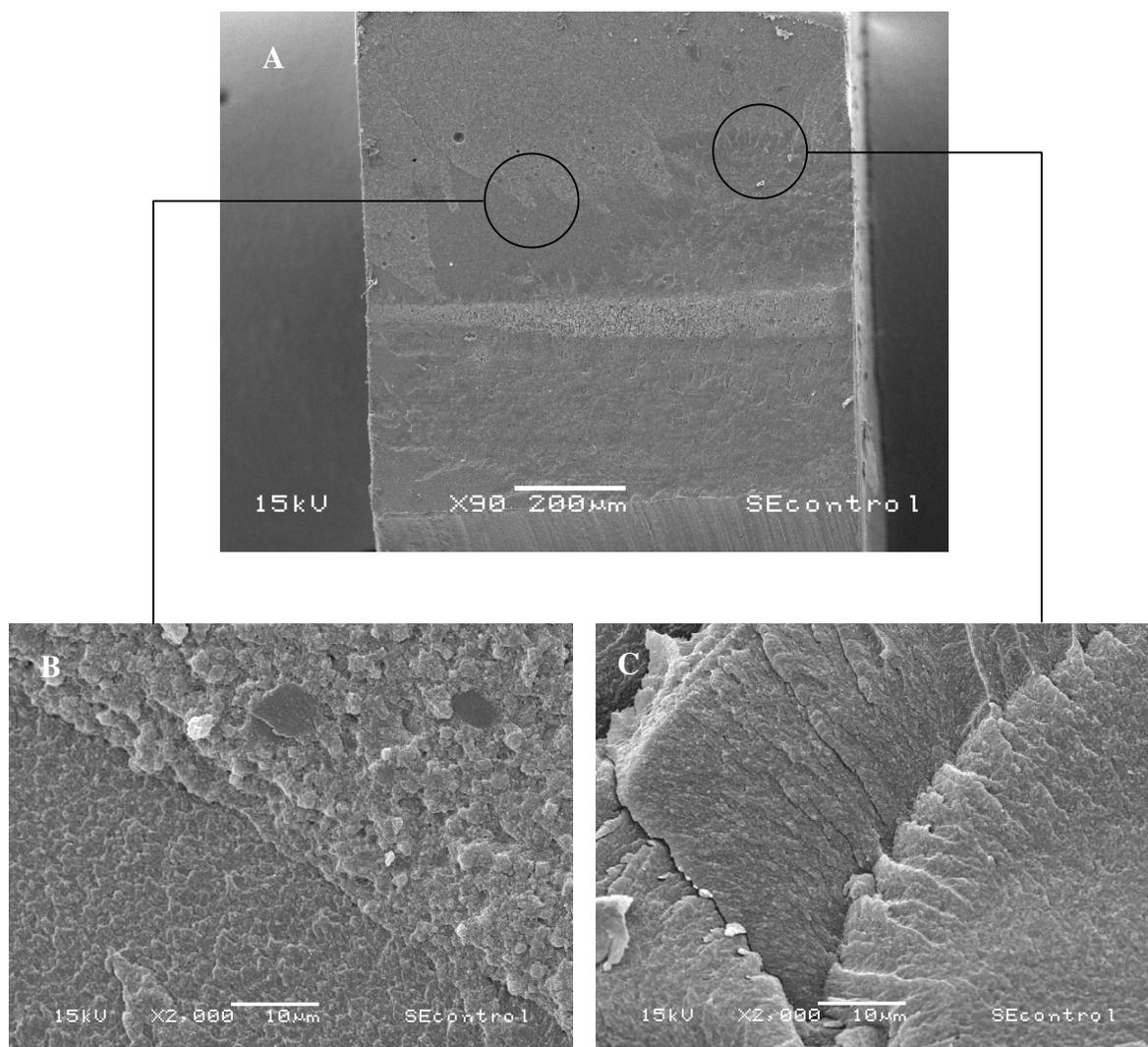
**FIGURA 15** – (A) Fotomicrografia representativa de uma falha coesiva em resina ocorrida no grupo restaurado com sistema autocondicionante e submetido a 500.000 ciclos de carga mecânica (100x). (B) Aumento maior onde é possível notar as partículas de carga do compósito resinoso (2000x).



**FIGURA 16** – (A) Fotomicrografia representativa de uma falha coesiva no adesivo ocorrida no grupo restaurado com sistema Optibond Solo *Plus*, submetido a 500.000 ciclos de carga mecânica e 1000 ciclos térmicos (110x); (B) aumento maior (2000x).



**FIGURA 17** – (A) Fotomicrografia representativa de uma falha em interface ocorrida em todos os grupos (100x); (B) aumento maior no lado da dentina demonstra que mesmo após a fratura, os túbulos dentinários continuam preenchidos pelo adesivo (2000x).



**FIGURA 18** – (A) Fotomicrografia representativa de uma falha do tipo mista ocorrida em todos os grupos avaliados (90x); (B) aumento maior demonstrando a zona de transição da fratura entre a interface de união e o compósito restaurador (2000x); (C) aumento maior representativo de uma área onde se visualiza a fratura coesiva no adesivo (2000x).

## 6. DISCUSSÃO

Em 1955, BUONOCORE deu início a nova era no campo da Odontologia Restauradora, com o advento da união micromecânica das resinas ao esmalte dental. A partir de então, diversos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de obter semelhante índice de sucesso para a adesão em tecidos dentinários (FANNING *et al.*, 1995; KAADEN *et al.*, 2002; ERHARDT, 2003). Infelizmente, devido a algumas propriedades inerentes desse tecido, tais como alto conteúdo orgânico, densidade dos túbulos, presença de fluidos e processos odontoblásticos no interior dos túbulos (PERDIGÃO & LOPES, 1999; CARDOSO *et al.*, 2001), além da formação de uma camada de *smear layer* após a realização dos preparos cavitários, a adesão em nível dentinário torna-se um procedimento com maior grau de complexidade (DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997).

Os ensaios laboratoriais de adaptação marginal (micro e nano infiltração) e resistência de união (tração e cisalhamento) têm sido amplamente utilizados para se predizer possíveis comportamentos clínicos dos sistemas adesivos (VAN NOORT *et al.*, 1989; CARDOSO *et al.*, 2001; ZHENG *et al.*, 2001; NIKAIDO *et al.*, 2002ab. ERHARDT, 2003; BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004). Com a introdução do teste de microtração, tornou-se possível avaliar os mais diversos substratos dentais em preparos Classe I, II e V, assim como dentina afetada por cárie e dentina esclerótica (SANO *et al.*, 1994b; PASHLEY *et al.*, 1999). Além disso, a possibilidade de estudar pequenas áreas, possivelmente contendo menor quantidade de defeitos internos (CARDOSO *et al.*, 2001), aliado à facilidade da obtenção de vários espécimes a partir de um mesmo dente, constituem algumas das vantagens desse tipo de ensaio laboratorial (SANO *et al.*, 1994b; PASHLEY *et al.*, 1999).

A Odontologia tem passado por diversas evoluções nos últimos anos, sendo um dos principais objetivos do modelo atual a preservação do elemento dental. Assim, a obtenção de dentes humanos extraídos para a realização de

pesquisas *in vitro* tem sido cada vez mais difícil (NAKAMICHI *et al.*, 1983). Esse problema fica ainda mais crítico, quando da necessidade da obtenção de grande número de dentes para que uma estatística confiável possa ser realizada. Na busca por substitutos para os dentes humanos, alguns autores compararam-nos aos dentes bovinos, encontrando semelhança morfológica e histológica entre eles (NAKAMICHI *et al.*, 1983). SCHILKE *et al.* (2000) não encontraram diferenças significantes no número e diâmetro dos túbulos dentinários de dentes humanos e bovinos. Recentemente, REIS *et al.* (2004) não verificaram diferença estatística na adesão à dentina humana e bovina. Dessa maneira, optou-se pela utilização de incisivos bovinos recém-extraídos para a realização deste estudo.

O estabelecimento de metodologias laboratoriais usando diferentes tipos de tensões presentes na cavidade bucal constitui importante papel na avaliação de materiais adesivos, uma vez que a rápida evolução desses materiais não permite a realização de estudos clínicos longitudinais (BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004ab).

Termociclagem pode ser definida como o processo laboratorial que submete os corpos-de-prova a temperaturas extremas condizentes com aquelas encontradas na cavidade bucal (ROSSOMANDO & WENDT, 1995). A aplicação de ciclos térmicos como método de envelhecimento dos corpos-de-prova tem sido amplo objeto de investigações (BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004ab). De acordo com os resultados do estudo de BURGER *et al.* (1992), a aplicação de grande número de ciclos térmicos não propiciou diminuição nas médias de resistência adesiva. Assim, a utilização de 1000 ciclos foi considerada para a realização desse estudo por representar uma média do número de ciclos aplicada em recentes estudos (GALLO *et al.*, 2001). A aplicação de temperaturas de 5 e 55°C em cada banho, seguiu as normas indicadas pela ISO TR 11450, com o objetivo de facilitar a comparação entre a maior parte dos estudos que envolvam a metodologia de termociclagem.

Nos últimos anos, uma nova metodologia tem sido aplicada para se verificar a resistência de materiais odontológicos. Esta se baseia na aplicação de ciclos repetidos de carga mecânica (fadiga), sendo possível avaliar a resistência de um dado material frente à simulação de processo mastigatório clínico (DELONG & DOUGLAS, 1983; DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997). Diversos estudos reportam a utilização desse tipo de teste, porém com grande variação no método de aplicação, no que diz respeito à carga [50 N (BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004b) – 125 N (ABDALLA & DAVIDSON, 1993)] e, principalmente, ao número de ciclos empregado [4000 (ABDALLA & DAVIDSON, 1993; DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997) – 100.000 (NIKAIDO *et al.*, 2002a)]. A utilização de 80N foi utilizada nesse estudo como uma média das forças oclusais avaliada por ANDERSON (1956) e também aplicada em recentes estudos (MITSUI *et al.*, 2003; BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004a). Dessa maneira, justifica-se a realização desse estudo para verificar a efetividade de diferentes contagens de ciclos mecânicos, associados ou não ciclos térmicos.

No presente estudo, a aplicação de 100.000 ciclos mecânicos de carga em restaurações Classe II do tipo *slot* vertical não mostrou diferença significativa em relação aos grupos controles (TAB. 3), independente do sistema adesivo avaliado. Esses achados são semelhantes aos resultados de NIKAIDO *et al.* (2002b) e BEDRAN-DE-CASTRO *et al.* (2004b), podendo-se especular que essa quantidade de ciclos, isoladamente, não se faz suficiente para alterar o comportamento da interface adesiva formada pelos adesivos utilizados no estudo.

A partir da simulação de uma situação mais invasiva, por meio da aplicação de ciclos térmicos previamente aos 100.000 ciclos mecânicos, pôde-se observar diminuição estatisticamente significativa dos resultados (TAB 2). Em um outro estudo, NIKAIDO *et al.* (2002a), empregando 100.000 ciclos associados à termociclagem em restaurações Classe I, também relataram diminuição significativa das médias de resistência de união. BEDRAN-DE-CASTRO *et al.* (2004b) utilizaram metodologia semelhante à aplicada nesse estudo e também relataram

menores médias de resistência de união aos grupos submetidos aos dois tipos de ciclagem. Uma possível hipótese explicativa que suporta esses resultados está na possibilidade da aplicação dos ensaios de ciclagem térmica e mecânica causarem uma deformação da restauração, ocasionando a formação de micro-fendas entre a parede de fundo da cavidade e o adesivo, ou até mesmo originarem uma deformação plástica da interface de união (NIKAIDO *et al.*, 2002a).

Todavia, essa mesma diminuição significativa das médias de resistência de união relacionada à termociclagem não foi verificada para os grupos submetidos a 200.000 e 500.000 ciclos de carga (TAB. 2). Na tentativa de explicar esses resultados, analisando-se comparativamente somente dentro de cada número de ciclos (TAB. 2) pode-se supor que a magnitude da ação exercida por essas duas contagens de ciclos mecânicos (200.000 e 500.000) já tenha sido suficiente para comprometer a interface de união a tal ponto que a termociclagem teve sua influência atenuada, sem exercer diminuição estatística dos resultados. Na análise do padrão de fratura dos espécimes, independente do sistema adesivo, as fraturas coesivas em resina foram observadas somente nos grupos em que a termociclagem foi realizada, sugerindo a hipótese de que o alto gradiente de temperatura proporcionado por esse ensaio possa ter alterado as propriedades do compósito restaurador utilizado no estudo.

Na avaliação do sistema adesivo Single Bond, com exceção do grupo submetido a 100.000 ciclos mecânicos sem tratamento térmico, foi verificada diferença estatística entre o grupo controle (sem tratamento térmico / mecânico) e os demais grupos (TAB. 3). Uma possível explicação para essa diminuição dos valores de resistência de união desse sistema adesivo na medida em que se aumentava a magnitude das tensões na interface de união, pode estar em sua composição, baseada principalmente no Bis-GMA e HEMA (2-hidroxietil metacrilato) (Anexo 1). De acordo com Xu *et al.* (1997), a solução de HEMA reage com as fibras colágenas expostas após o condicionamento por meio de ligações químicas do tipo ponte de hidrogênio ou por meio da formação de novas ligações

a grupamentos éster do monômero HEMA. Entretanto, especula-se que essas uniões químicas são frágeis, podendo receber influência de tensões mecânicas ou da presença de água intrinsicamente às fibras colágenas na técnica úmida de hibridização dentinária (HASHIMOTO *et al.*, 2001).

Assim, uma segunda razão para a diminuição dos valores de resistência de união associado ao sistema de condicionamento total Single Bond pode estar na incompleta infiltração do adesivo na dentina pré-condicionada (SANO *et al.*, 1994c; MIYAZAKI *et al.*, 1998). O ácido fosfórico na concentração utilizada de 35-37% é capaz de penetrar profundamente nos tecidos dentinários, podendo causar um fenômeno de sobre-condicionamento (SANO *et al.*, 1994c). Assim, uma inadequada infiltração e incorporação das fibras de colágeno descalcificadas na base da camada híbrida constitui-se em uma zona desprotegida, repleta de zonas porosas (SANO *et al.*, 1994c; PHRUKKANON *et al.*, 1999; HASHIMOTO *et al.*, 2001), susceptíveis à degradação hidrolítica após armazenamento por um longo tempo em água (MIYAZAKI *et al.*, 1998), situação simulada no presente estudo com o ensaio de termociclagem.

Na avaliação do padrão de fratura dos espécimes tratados com o sistema Single Bond, foi possível a visualização de poros na interface fraturada de alguns espécimes. Há um consenso na literatura a respeito da necessidade da manutenção de umidade sobre a superfície dentinária para que haja sucesso no procedimento adesivo (PEREIRA *et al.*, 1999; NAKAJIMA *et al.*, 2000). No entanto, um excesso de água remanescente após a lavagem do ácido fosfórico pode interferir negativamente nos valores de resistência de união (PEREIRA *et al.*, 1999). O grande benefício da técnica úmida está na propriedade da água em impedir o colapso da rede de colágeno desmineralizada, permitindo a infiltração dos monômeros hidrófilos. Entretanto, se houver falha durante a remoção do excesso de água, pode haver uma solubilização desses monômeros, associada ao impedimento da correta evaporação do solvente, resultando em uma redução do grau de conversão e conseqüente diminuição da resistência de união desses

adesivos (HASHIMOTO *et al.*, 2001; ZHENG *et al.*, 2001). Esses fatores supracitados, associados ou não, poderiam então explicar a presença de poros na interface de união fraturada.

Na avaliação do adesivo Optibond Solo *Plus*, foi verificada diferença estatística apenas para o grupo submetido ao protocolo de 500.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos (TAB. 3). Recentemente, partículas de carga têm sido adicionadas à composição dos sistemas adesivos de frasco único. No caso do sistema Optibond Solo *Plus*, foram adicionadas partículas de vidro de bário com tamanho aproximado de 0,4 $\mu$ m, constituindo aproximadamente 15% de sua composição (BRAGA *et al.*, 2000) com o objetivo de se reforçar a estrutura da camada híbrida e aumentar a resistência de união ao substrato dental (TANI *et al.*, 1994; FANNING *et al.*, 1995; BRAGA *et al.*, 2000; GALLO *et al.*, 2001; MONTES *et al.*, 2001). Além disso, a formação de uma camada intermediária com baixo módulo de elasticidade atuaria como uma camada absorvedora de tensões oriundas da contração de polimerização, acarretando também em uma distribuição mais homogênea das tensões induzidas por alterações térmicas, sorção de água e cargas mastigatórias (TANI *et al.*, 1994; FANNING *et al.*, 1995; MONTES *et al.*, 2001; MOLL *et al.*, 2002). Esses fatores poderiam então explicar a equivalência de resultados dos grupos submetidos a 100.000 e 200.000 ciclos mecânicos, associados ou não a termociclagem, em relação ao grupo controle (TAB. 3).

Em relação à diferença estatística encontrada para os espécimes submetidos a 500.000 ciclos mecânicos + 1000 ciclos térmicos (TAB. 3), pode ser especulado que a ciclagem térmica, aplicada previamente à ciclagem mecânica, possa ter interferido no comportamento dos mesmos. Dessa maneira, devido a posterior aplicação de um ensaio de ciclagem mecânica com grande magnitude (500.000 ciclos) em uma interface previamente exposta a tensões térmicas, pode ter ocorrido uma aceleração nos efeitos da ciclagem mecânica, acarretando em uma redução significativa dos valores de resistência de união (MIYAZAKI *et al.*,

1998; BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004b). Em tempo, de acordo com NIKAIDO *et al.* (2002a), a aplicação de tensões térmica e mecânica pode corroborar em deformações na restauração, levando à criação de microseparações entre a parede da cavidade e o adesivo, ou até mesmo deformação plástica da interface de união.

O desenvolvimento dos adesivos autocondicionantes proporcionou aos cirurgiões-dentistas a possibilidade de realizar os procedimentos adesivos de maneira mais simplificada. A hibridização dentinária é obtida em uma única etapa clínica, com a aplicação de monômeros aquosos acídicos, os quais dissolvem parcialmente a camada de *smear layer*, promovendo uma desmineralização mais superficial da dentina concomitante à incorporação dos monômeros adesivos (WATANABE *et al.*, 1994; VAN MEERBEEK *et al.*, 1998; KUBO *et al.*, 2001). Assim, presume-se que não há presença de dentina não hibridizada na base da camada híbrida, evitando possível degradação hidrolítica futura (WATANABE *et al.*, 1994; VAN MEERBEEK *et al.*, 1998). Além disso, a eliminação de etapas críticas inerentes aos procedimentos adesivos anteriores (lavagem do ácido e secagem da dentina), eliminando dessa maneira etapas difíceis de serem padronizadas, constitui-se em segunda vantagem relacionada a esses sistemas (PERDIGÃO & LOPES, 1999; CARDOSO *et al.*, 2001; MOLL *et al.*, 2002).

A avaliação do adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond mostrou valores de resistência de união significativamente inferiores (TAB. 2) em comparação aos demais adesivos que preconizam o condicionamento ácido prévio. Esses resultados estão de acordo com HASHIMOTO *et al.* (2001), CHAVES *et al.* (2002) e ERHARDT *et al.* (2003), que encontraram maiores valores de adesão à dentina para os sistemas adesivos com condicionamento total, quando comparados aos sistemas autocondicionantes.

Os sistemas de união autocondicionantes são usualmente compostos de um *primer* ácido e uma resina fluida com baixo conteúdo de carga. A utilização

de um *primer* à base de MDP (10-ácido fosfórico metacriloiloxidecametileno) e HEMA limita a profundidade de desmineralização dentinária a no máximo 1  $\mu\text{m}$ , já que a presença de altas concentrações dos íons cálcio e fosfato tendem a limitar a capacidade de dissolução dentinária, por efeito de tamponamento (PASHLEY & CARVALHO, 1997). Em função do *primer* não ser removido, esses íons cálcio e fosfato, agora solubilizados, ficam suspensos juntamente com os solventes álcool e água provenientes do *primer* (PASHLEY & CARVALHO, 1997). Quando esses solventes são volatilizados, durante a aplicação do jato de ar, esses íons permanecem precipitados na superfície dentinária (PASHLEY & CARVALHO, 1997).

A subseqüente aplicação da resina fluida à base de HEMA, sílica coloidal e dimetacrilatos sobre essa dentina pré-condicionada fica então comprometida, havendo o preenchimento somente de alguns espaços deixados pela aplicação do *primer*, além de prover radicais livres para a polimerização (PASHLEY & CARVALHO, 1997). A capacidade tampão inerente à dentina e a *smear layer*, associadas à não remoção dos íons solubilizados, acarretam em uma pequena profundidade de desmineralização, em comparação à camada formada pelos adesivos de condicionamento total (PASHLEY & CARVALHO, 1997; OGATA *et al.*, 2001; HASHIMOTO *et al.*, 2001; TAY & PASHLEY, 2001). Dessa maneira, a camada híbrida formada, com qualidade pouco homogênea, associada à sua estreita espessura (ARRAIS & GIANNINI, 2002), podem ser uma das possíveis explicações para as médias de resistência de união estatisticamente inferiores encontradas nesse estudo (CHAVES *et al.*, 2002; ERHARDT *et al.*, 2003).

Em relação ao comportamento frente aos ensaios de ciclagem propostos nesse estudo, o único sistema adesivo que não apresentou diminuição significativa dos valores de resistência de união foi o sistema autocondicionante Clearfil SE Bond (TAB. 3). Esses resultados estão de acordo com os achados de KAADEN *et al.* (2002) e MITSUI *et al.* (2003), os quais também não verificaram em seus estudos influência significativa das tensões de carga mecânica. De acordo

com KAADEN *et al.* (2002), com um conteúdo de carga de aproximadamente 10% em sua matriz resinosa, a camada híbrida formada por esse sistema adesivo autocondicionante possui característica elástica suficiente para dissipação das tensões geradas pela contração do compósito restaurador e também das tensões oriundas dos esforços mastigatórios.

Entretanto, é importante ressaltar que não foi possível a obtenção de espécimes para microtração nos dentes restaurados com sistema autocondicionante e submetidos a uma maior magnitude de tensões (200.000 ciclos + 1000 ciclos térmicos e 500.000 ciclos + 1000 ciclos térmicos). Mais uma vez, pode-se especular que devido à camada híbrida formada por esses adesivos ser mais estreita (ARRAIS & GIANNINI, 2002), variando de 0,4 a 0,5 $\mu$ m (TAY & PASHLEY, 2001), associada à qualidade pouco homogênea da mesma, essa não tenha sido suficientemente resistente frente aos ensaios de envelhecimento (ciclagens mecânica e térmica) com maior intensidade aplicados no estudo. Em 1998, PRATI *et al.* não verificaram em seu estudo a presença de correlação entre a espessura da camada híbrida e aumento dos valores de resistência de união. No entanto, é importante ressaltar o fato de que não há relatos na literatura predizendo a influência da aplicação de ciclos de carga mecânica em interfaces de união menos espessas, como verificado no presente estudo.

Em contrapartida, apesar da influência exercida sobre os diferentes sistemas de união testados, a ciclagem mecânica não deve ser considerada como meticulosa duplicação dos esforços mastigatórios presentes na cavidade bucal (ABDALLA & DAVIDSON, 1993). É importante salientar que as forças e movimentos desenvolvidos no processo mastigatório são altamente complexos e fatores extrínsecos como idade, sexo e hábitos parafuncionais possuem influência significativa na mensuração das forças aplicadas na mastigação (ANDERSON, 1956). Além disso, deve-se lembrar que a máquina de simulação de fadiga utilizada nesse estudo possibilitou somente a aplicação de forças no sentido axial,

enquanto os movimentos mastigatórios são realizados em um padrão tridimensional (DE LONG & DOUGLAS, 1983; ABDALLA & DAVIDSON, 1993).

De acordo com a análise do padrão de fratura, pôde-se verificar que, independente do sistema de união, na medida em que se aumentou as tensões (ciclagens térmica e mecânica) a que os espécimes foram submetidos, diminuiu o número de fratura na interface e aumentou o percentual das fraturas mistas (FIGs. 12 a 14). As fraturas mistas consistem na observação de dois ou mais tipos de fratura. Assim, torna-se difícil determinar o ponto específico de início da fratura. Como as fraturas em interface diminuíram com a aplicação da ciclagem mecânica, pode-se sugerir que as tensões promovidas pelo teste de ciclagem mecânica tenham enfraquecido a interface entre o sistema adesivo e a estrutura dental.

A maior frequência de fraturas coesivas no adesivo associadas ao adesivo OptiBond Solo *Plus*, pode estar relacionada à viscosidade desse agente de união. Essa maior viscosidade acarreta na formação de uma camada adesiva mais espessa, a qual poderia atuar como ponto frágil frente à força de tensão aplicada nos espécimes (HASHIMOTO *et al.*, 2001).

Já a ausência de fraturas coesivas em dentina pode ser explicada pelos resultados de SANO *et al.* (1994a), que mostram que a resistência coesiva do tecido dentinário bovino é de 91 MPa, valor muito maior do que os valores de resistência de união encontrados nesse estudo.

Em vista dos aspectos discutidos e dentro das condições experimentais do presente estudo, pôde-se constatar que a influência dos protocolos de envelhecimento está diretamente ligada ao tipo de sistema de união utilizado para a confecção da restauração. Assim sendo, a realização de trabalhos adicionais em dentes humanos, assim como o desenvolvimento de metodologias de envelhecimento que pudessem replicar com maior fidelidade os aspectos da mastigação encontrados no interior da cavidade bucal, poderiam fornecer dados

importantes a respeito do comportamento dos sistemas adesivos dentinários. De qualquer maneira, o sucesso clínico de uma restauração está diretamente ligado a diversos aspectos e, dentre os mais importantes, a compreensão por parte do cirurgião-dentista das diferentes propriedades e características de cada sistema de união faz-se imprescindível.

## 7. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos e respeitando as limitações do estudo, as seguintes conclusões podem ser tomadas:

- A efetividade dos diferentes protocolos de envelhecimento realizadas no estudo variou de acordo com o sistema adesivo avaliado;
- A aplicação de 100.000 ciclos de carga isoladamente não apresentou diminuição significativa dos valores de resistência de união das restaurações, independente do sistema adesivo utilizado;
- O adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond não resistiu à aplicação de 200.000 e 500.000 ciclos mecânicos associados à termociclagem;
- Os sistemas adesivos que se baseiam no condicionamento ácido dentinário (Single Bond e Optibond Solo Plus) apresentaram melhor comportamento frente ao teste de resistência de união à microtração em relação ao adesivo autocondicionante (Clearfil SE Bond);
- O padrão de fratura variou de acordo com o grupo analisado, tendo sido verificado todos os tipos de fratura nos espécimes avaliados (fratura coesiva no compósito, fratura coesiva no adesivo, fratura na interface e fratura mista). Na medida em que se aumentavam as tensões (ciclagens térmica e mecânica) a que os espécimes foram submetidos, diminuiu o número de fratura na interface e aumentou o percentual das fraturas mistas.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\***

- ABDALLA AI, DAVIDSON CL. Comparison of the marginal integrity of *in vivo* and *in vitro* Class II composite restorations. **J Dent** 1993; 21(3):158-162.
- ANDERSON DJ. Measurement of stress in mastication I. **J Dent Res** 1956; 35(5):664-670.
- ARRAIS CAG, GIANNINI M. Morphology and thickness of the diffusion of the resin through demineralized or unconditioned dentinal matrix. **Pesqui Odontol Bras** 2002; 16(2):115-120.
- BEDRAN-DE-CASTRO AKB, CARDOSO PEC, AMBROSANO GMB, PIMENTA LAF. Thermal and mechanical load cycling on microleakage and shear bond strength to dentin. **Oper Dent** 2004a; 29(1):42-48.
- BEDRAN-DE-CASTRO AKB, PEREIRA PNR, PIMENTA LAF, THOMPSON JY. Effect of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strength of a total-etch adhesive system. **Oper Dent** 2004b; 29(2):150-156.
- BRAGA RR, CESAR PF, GONZAGA CC. Tensile bond strength of filled and unfilled adhesives to dentin. **Am J Dent** 2000; 13(2):73-76.
- BUONOCORE MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J Dent Res** 1955; 34(6):849-853.
- BURGER KM, COOLEY RL, GARCIA-GODOY F. Effect of thermal cycling times on dentin bond strength. **J Esthet Dent** 1992; 4(6):197-198.
- CARDOSO PEC, CARRILHO MRO, FRANCCI CE, PERDIGÃO J. Microtensile bond strength of one-bottle dentin adhesives. **Am J Dent** 2001; 14(1):22-24.
- CHAVES P, GIANNINI M, AMBROSANO GMB. Influence of smear layer pretreatments on bond strength to dentin. **J Adhes Dent** 2002; 4(3):191-196.
- DA CUNHA MELLO FST, FEILZER AJ, DE GEE AJ, DAVIDSON CL. Sealing ability of eight resin bonding systems in a Class II restoration after mechanical fatiguing. **Dent Mater** 1997; 13(6):372-376.

- DARBYSHIRE PA, MESSER LB, DOUGLAS WH. Microleakage in Class II restorations bonded to dentin using thermal and load cycling. **J Dent Res** 1988; 67(3):585-587.
- DAVIDSON CL, ABDALLA AI. Effect of occlusal load cycling on the marginal integrity of adhesive Class V restorations. **Am J Dent** 1994; 7(2):111-114.
- DELONG R, DOUGLAS WH. Development of an artificial oral environment for testing of dental restoratives: bi-axial force and movement control. **J Dent Res** 1983; 62(1):32-36.
- ERHARDT MCG. *Influência do grau de mineralização do substrato dentinário na resistência à microtração de três sistemas adesivos* [dissertação]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2003.
- FANNING DE, WAKEFIELD CW, ROBBINS JW, BAGLEY AI. Effect of filled adhesives on bond strength in three dentinal bonding systems. **Gen Dent** 1995; 43(3):256-262.
- GALE MS, DARVELL BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. **J Dent** 1999; 27(2):89-99.
- GALLO JR, COMEAUX R, HAINES B, XU X, BURGESS JO. Shear bond strength of four filled dentin bonding systems. **Oper Dent** 2001; 26(1):44-47.
- HASHIMOTO M, OHNO H, KAGA M, ENDO K, SANO H, OGUSHI H. Fractographical analysis of resin-dentin bonds. **Am J Dent** 2001; 14(6):355-360.
- KAADEN C, POWERS JM, FRIEDL K-H, SCHMALZ G. Bond strength of self-etching adhesives to dental hard tissues. **Clin Oral Invest** 2002; 6(3):155-160.
- KUBO S, YOKOTA H, SATA Y, HAYASHI Y. Microleakage of self-etching primers after thermal and flexural load cycling. **Am J Dent** 2001; 14(3):163-169.
- MITSUI FHO, BEDRAN-DE-CASTRO AKB, RITTER AV, CARDOSO PEC, PIMENTA LAF. Influence of load cycling on marginal microleakage with two self-etching and two one-bottle dentin adhesive systems in dentin. **J Adhes Dent** 2003; 5(3):209-216.
- MIYAZAKI M, SATO M, ONOSE H, MOORE BK. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. **Am J Dent** 1998; 11(3):118-122.
- MOLL K., PARK H-J, HALLER B. Bond strength of adhesive/composite combinations to dentin involving total and self-etch adhesives. **J Adhes Dent** 2002; 4(3):171-180.

- MONTES MAJR, DE GÓES MF, DA CUNHA MRB, SOARES AB. A morphological and tensile bond strength evaluation of an unfilled adhesive with low-viscosity composites and a filled adhesive in one and two coats. **J Dent** 2001; 29(6):435-441.
- NAKABAYASHI N, KOJIMA K, MASUHARA E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. **J Biomed Mater Res** 1982; 16(3):265-273.
- NAKAJIMA M, KANEMURA N, PEREIRA PNR, TAGAMI J, PASHLEY DH. Comparative microtensile bond strength and SEM analysis of bonding to wet and dry dentin. **Am J Dent** 2000; 13(6):324-328.
- NAKAMICHI I, IWAKU M, FUSAYAMA T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. **J Dent Res** 1983; 62(10):1076-1081.
- NIKAIDO T, KUNZELMANN K-H, CHEN H, OGATA M, HARADA N, YAMAGUCHI S *et al.* Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. **Dent Mater** 2002a; 18(3):269-275.
- NIKAIDO T, KUNZELMANN K-H, OGATA M, HARADA N, YAMAGUCHI S, COX CF *et al.* The in vitro bond strengths of two adhesives systems in Class I cavities of human molars. **J Adhes Dent** 2002b; 4(1):31-39.
- OGATA M, OKUDA M, NAKAJIMA M, PEREIRA PNR, SANO H, TAGAMI J. Influence of the direction of tubules on bond strength to dentin. **Oper Dent** 2001; 26(1):27-35.
- PASHLEY DH, CARVALHO RM. Dentine permeability and dentine adhesion. **J Dent** 1997; 25(5):355-372.
- PASHLEY DH, CARVALHO RM, SANO H, NAKAJIMA M, YOSHIYAMA M, SHONO Y *et al.* The microtensile bond test: a review. **J Adhes Dent** 1999; 1(4):299-309.
- PERDIGÃO J, LOPES M. Dentin bonding – Questions for the new millenium. **J Adhes Dent** 1999; 1(3):191-209.
- PEREIRA PNR, OKUDA M, SANO H, YOSHIKAWA T, BURROW MF, TAGAMI J. Effect of intrinsic wetness and regional difference on dentin bond strength. **Dent Mater** 1999; 15(1):46-53.
- PHRUKKANON S, BURROW MF, TYAS MJ. The effect of dentine location and tubule orientation on the bond strengths between resin and dentine. **J Dent** 1999;

27(4):265-274.

PRATI C, CHERSONI S, MONGIORGI R, PASHLEY DH. Resin-infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. *Oper Dent* 1998; 23(4):185-194.

REIS AF, GIANNINI M, KAVAGUCHI A, SOARES CJ, LINE SRP. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine and porcine teeth. *J Adhes Dent* 2004; 6(2):117-121.

ROSSOMANDO JK, WENDT JR SL. Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent Mater* 1995; 11(1):47-51.

SANO H, CIUCCHI B, MATTHEWS W, PASHLEY D. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine teeth. *J Dent Res* 1994a; 73(6):1205-1211.

SANO H, SHONO T, SONODA H, TAKATSU T, CIUCCHI B, CARVALHO RM *et al.* Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength – evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 1994b; 10(4):236-240.

SANO H, SHONO T, TAKATSU T. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent* 1994c; 19(1):56-64.

SCHILKE R, LISSON JA, BAUB O, GEURTSSEN W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol* 2000; 45(5):355-361.

TANI C, ITOH K, HISAMITSU H, WAKUMOTO S. Effect of filler content on bonding efficacy of 4-META MMA/TBB bonding agent. *Dent Mater J* 1994; 13(2):131-137.

TAY FR, PASHLEY DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 2001; 17(4):296-308.

VAN MEERBEEK B, PERDIGÃO J, LAMBRECHTS P, VANHERLE G. The clinical performance of adhesives. *J Dent* 1998; 26(1):1-20.

VAN NOORT R, NOROOZI S, HOWARD C, CARDEW G. A critique of bond strength measurements. *J Dent* 1989; 17(2):61-67.

WATANABE I, NAKABAYASHI N, PASHLEY D. Bonding to ground dentin by a Phenyl-P self-etching primer. *J Dent Res* 1994; 73(6):1212-1220.

XU J, STANGEL I, BUTLER IS. An FT-Raman spectroscopic investigation of dentin and collagen surfaces modified by 2-hydroxyethylmetacrilate. *J Dent Res* 1997;

76(1):596-601.

ZHENG L, PEREIRA PNR, NAKAJIMA M, SANO H, TAGAMI J. Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Oper Dent* 2001; 26(1):97-104.

---

\* Referências bibliográficas confeccionadas de acordo com as normas da FOP/Unicamp, baseada no modelo Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

**ANEXO 1:** Marca comercial, composição, fabricante e número de lote dos materiais utilizados no estudo.

MARCA COMERCIAL	COMPOSIÇÃO	FABRICANTE (N <sup>o</sup> DO LOTE)
<b>SINGLE BOND</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etanol</li> <li>• Bis-GMA</li> <li>• HEMA</li> <li>• Água</li> <li>• Dimetacrilatos</li> <li>• Fotoiniciador</li> <li>• Copolímeros dos ácidos poli- itacônico e poli-acrílico</li> </ul>	3M DENTAL PRODUCTS ST PAUL, MN, EUA (3HY)
<b>OPTIBOND SOLO PLUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etanol</li> <li>• Bis-GMA</li> <li>• HEMA</li> <li>• GPDM</li> <li>• Sílica</li> <li>• Vidro de bário</li> <li>• Hexafluorosilicato de sódio</li> </ul>	KERR CORP. ORANGE, CA, EUA (304142)
<b>CLEARFIL SE BOND</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Primer</u>: N,N-dietanol-p- toluidine, MDP, HEMA, dimetacrilatos hidrofílos, DL- camforoquinona, água.</li> <li>• <u>Bond</u>: N,N-dietanol-p- toluidine, MDP, Bis-GMA, HEMA, dimetacrilatos hidrofóbicos, DL- camforoquinona, sílica coloidal silanizada.</li> </ul>	KURARAY MEDICAL CO, LTD. KURASHIKI, OKAYAMA, JAPÃO (Primer - 00410A) (Bond - 00547A)
<b>FILTEK Z250</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bis-EMA</li> <li>• UDMA</li> <li>• Bis-GMA</li> <li>• Canforoquinona</li> <li>• Partículas inorgânicas de zircônio-sílica (60%v)</li> </ul>	3M DENTAL PRODUCTS ST PAUL, MN, EUA (2TA)

**ANEXO 2: Análise estatística utilizada no estudo.**

## The GLM Procedure

## Class Level Information

Class	Levels	Values
ades	3	1 2 3
mec	3	1 2 3
term	2	1 2

Number of observations 144

NOTE: Due to missing values, only 122 observations can be used in this analysis.

## The GLM Procedure

Dependent Variable: valor

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	15	1420.198803	94.679920	3.14	0.0003
Error	106	3198.022348	30.170022		
Corrected Total	121	4618.221151			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	valor Mean
0.307521	21.29450	5.492724	25.79410

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ades	2	921.9476252	460.9738126	15.28	<.0001
mec	2	64.6987084	32.3493542	1.07	0.3459
term	1	20.6047868	20.6047868	0.68	0.4104
ades*mec	4	57.7180415	14.4295104	0.48	0.7516
ades*term	2	47.6455857	23.8227929	0.79	0.4567
mec*term	2	197.9486771	98.9743385	3.28	0.0415
ades*mec*term	2	109.6353779	54.8176889	1.82	0.1675

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ades	2	674.8543514	337.4271757	11.18	<.0001
mec	2	58.2304304	29.1152152	0.97	0.3843
term	1	8.8238159	8.8238159	0.29	0.5898
ades*mec	4	61.8707485	15.4676871	0.51	0.7265
ades*term	2	0.1031940	0.0515970	0.00	0.9983
mec*term	2	181.9143121	90.9571561	3.01	0.0533
ades*mec*term	2	109.6353779	54.8176889	1.82	0.1675

The GLM Procedure  
 Least Squares Means  
 Adjustment for Multiple Comparisons: Tukey-Kramer

mec	term	valor	LSMEAN	LSMEAN Number
1	1	28.1537500		1
1	2	23.9429167		2
2	1	24.1120833		3
2	2	Non-est		4
3	1	24.5505357		5
3	2	Non-est		6

Least Squares Means for effect mec\*term  
 Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: valor

i/j	1	2	3	4	5	6
1		0.0533	0.0583	.	0.1177	.
2	0.0533		0.9996	.	0.9828	.
3	0.0583	0.9996		.	0.9928	.
4	.	.	.		.	.
5	0.1177	0.9828	0.9928	.		.
6	.	.	.	.	.	

The GLM Procedure  
 Least Squares Means

mec\*term Effect Sliced by mec for valor

mec	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	1	201.574808	201.574808	6.68	0.0111
2	0	0	.	.	.
3	0	0	.	.	.

The GLM Procedure  
 Least Squares Means

mec\*term Effect Sliced by term for valor

term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
1	2	234.851001	117.425501	3.89	0.0234
2	0	0	.	.	.

**dunnett SB normal**

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
grupo	7	1 2 3 4 5 6 7

Number of observations 56

NOTE: Due to missing values, only 55 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: valor

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	1409.179038	234.863173	6.71	<.0001
Error	48	1679.823900	34.996331		
Corrected Total	54	3089.002938			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	valor Mean
0.456192	19.75731	5.915770	29.94218

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
grupo	6	1409.179038	234.863173	6.71	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
grupo	6	1409.179038	234.863173	6.71	<.0001

Dunnett's t Tests for valor

NOTE: This test controls the Type I experiment wise error for comparisons of all treatments

against a control.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	48
Error Mean Square	34.99633
Critical Value of Dunnett's t	2.66275

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by \*\*\*.

grupo Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits
2 - 1	-7.803	-15.679 0.074
7 - 1	-8.479	-16.631 -0.326 ***
5 - 1	-13.935	-21.811 -6.059 ***
6 - 1	-13.991	-21.867 -6.115 ***
4 - 1	-14.329	-22.205 -6.453 ***
3 - 1	-14.550	-22.426 -6.674 ***

#### dunnett SE normal

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
-------	--------	--------

grupo 7 1 2 3 4 5 6 7

Number of observations 56

NOTE: Due to missing values, only 40 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: valor

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	275.437065	68.859266	1.99	0.1172
Error	35	1209.808013	34.565943		
Corrected Total	39	1485.245078			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	valor Mean
0.185449	26.24767	5.879281	22.39925

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
grupo	4	275.4370650	68.8592662	1.99	0.1172

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
grupo	4	275.4370650	68.8592663	1.99	0.1172

Dunnett's t Tests for valor

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error for comparisons of all treatments against a control.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	35
Error Mean Square	34.56594
Critical Value of Dunnett's t	2.55790
Minimum Significant Difference	7.5193

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by \*\*\*.

grupo Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits
2 - 1	-2.439	-9.958 5.081
6 - 1	-5.561	-13.081 1.958
3 - 1	-6.568	-14.087 0.952
4 - 1	-6.699	-14.218 0.821

#### dunnett OB normal

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
grupo	7	1 2 3 4 5 6 7

Number of observations 56

NOTE: Due to missing values, only 51 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: valor

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	434.333060	72.388843	1.96	0.0914
Error	44	1621.223273	36.845983		
Corrected Total	50	2055.556333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	valor Mean
0.211297	21.87157	6.070089	27.75333

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
grupo	6	434.3330601	72.3888434	1.96	0.0914

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
grupo	6	434.3330601	72.3888434	1.96	0.0914

Dunnett's t Tests for valor

NOTE: This test controls the Type I experiment wise error for comparisons of all treatments

against a control.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	44
Error Mean Square	36.84598
Critical Value of Dunnett's t	2.67919

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by \*\*\*.

grupo Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits
2 - 1	-6.714	-14.845 1.418
5 - 1	-7.072	-15.489 1.345
4 - 1	-8.053	-16.184 0.079
6 - 1	-8.212	-16.629 0.205
3 - 1	-8.470	-17.253 0.313
7 - 1	-8.605	-17.022 -0.188 ***