

**LUCIANA KEIKO SHINTOME**

**MICRODUREZA DE CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO  
INDICADOS PARA A TÉCNICA DO ART, VARIANDO-SE A  
PROTEÇÃO SUPERFICIAL E O TEMPO DE ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor, pelo Programa de Pós- Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade em Dentística.

**LUCIANA KEIKO SHINTOME**

**MICRODUREZA DE CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO  
INDICADOS PARA A TÉCNICA DO ART, VARIANDO-SE A  
PROTEÇÃO SUPERFICIAL E O TEMPO DE ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor, pelo Programa de Pós- Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade em Dentística.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rebeca Di Nicoló

São José dos Campos

2007

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:

Bellini AB. Manual para elaboração de monografias: estrutura do trabalho científico. São José dos Campos: FOSJC/UNESP; 2006.

Shintome, Luciana Keiko

Microdureza de cimentos de ionômero de vidro indicados para a técnica do ART, variando-se a proteção superficial e o tempo de armazenamento / Luciana Keiko Shintome; orientador Rebeca Di Nicoló. São José dos Campos, 2007.  
93p. – IL.

Tese (Programa de Pós-Graduação em Odontologia, especialidade Dentística) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2007.

1. cimentos de ionômero de vidro – 2. teste de dureza – 3. verniz cavitário

BLACK D 22

## AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

São José dos Campos,    /    /

Assinatura :

E-mail:

FOLHA DE APROVAÇÃO

Shintome LK. Microdureza de cimentos de ionômero de vidro indicados para a técnica do ART, variando-se a proteção superficial e o tempo de armazenamento [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP; 2007.

São José dos Campos,

Banca examinadora

1) Prof.(a).Dr(a). Rebeca Di Nicoló  
Departamento de Odontologia Social e Clínica Infantil – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - UNESP

2) Prof.(a). Tit. Maria Beatriz Duarte Galvão  
Departamento de Odontologia Infantil – Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP

3) Prof.(a).Dr.(a). Maria Naira Pereira Friggi  
Curso de Odontologia da Universidade Ibirapuera - UNIB

4) Prof.(a).Tit. Maria Amélia Maximo de Araujo  
Departamento de Odontologia Restauradora – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - UNESP

5) Prof.Dr.Silvio Issáo Myaki  
Departamento de Odontologia Social e Clínica Infantil – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - UNESP

“... só se vê bem com o coração.  
O essencial é invisível aos olhos.”

Antoine de Saint-Exupéry

Dedico esse trabalho

Aos meus pais, **Iosinobu e Lilia**, exemplos de dedicação e amor incondicional. Agradeço pelo apoio em todos os momentos e pelos princípios de seriedade, honestidade e amor ensinados durante toda a minha vida. Agradeço a Deus, todos os dias, pela presença de vocês ao meu lado para compartilhar todas as conquistas.

Aos meus irmãos, **Liliana, Márcio e Edson**, meus grandes companheiros. Que a nossa união e nosso amor sejam exemplos para essa nova geração que está nascendo. Muito obrigada por toda dedicação e cuidados que sempre tiveram comigo.

Ao **Marcos**, agradeço a paciência e a compreensão em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis. Que nosso amor sempre seja grandioso para superar qualquer obstáculo e alcançar nossos objetivos. Obrigada por estar em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

**À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rebeca Di Nicoló**

Sua orientação sempre segura foi indispensável para que conseguíssemos mais esta conquista. Agradeço pelo privilégio da sua companhia e pela amizade sincera que amadureceu ao longo desses anos.

Aos queridos professores da Disciplina de Odontopediatria, **Prof. Dr. Marcelo Fava de Moraes, Prof. Dr. Silvio Issáo Myaki e Prof. Dr. João Carlos da Rocha**, exemplos de dedicação e integridade. Agradeço pelo estímulo constante, orientações e oportunidades concedidas. Que a alegria e amizade cultivada durante todos esses anos de convivência, sempre esteja presente em nossos encontros.

## AGRADECIMENTOS

À **Faculdade de Odontologia de São José dos Campos**, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação.

Ao coordenador do Curso de Pós-Graduação, Prof. **Adj. Clovis Pagani** pelo incentivo durante a realização deste trabalho.

A todos os professores do departamento de **Odontologia Restauradora**, por todo conhecimento transmitido e pela boa convivência durante este curso.

Aos colegas de doutorado **André, Ângela e Gustavo** pela amizade e por todos os momentos de nossa convivência nesta etapa de nossas vidas.

Aos amigos **Luzia e Júlio** pelo carinho constante e por estarem sempre prontos para ajudar. Que essa amizade sincera e companheirismo sempre nos acompanhe!

Aos amigos **Karen, Alexandre e Alessandra** que essa amizade cresça cada vez mais. Obrigada por toda ajuda durante a execução deste trabalho.

Às amigas **Carolina e Cristiani** que sempre me auxiliaram e incentivaram em todos os momentos. Obrigada por tudo.

À família **Nagayassu** pelo carinho e compreensão e apoio durante todos esses anos de convivência.

Ao **Prof. Ivan Balducci** pela realização da análise estatística do trabalho e pela boa vontade durante a orientação da realização deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. **Cristiane Yumi Koga Ito** da disciplina de Microbiologia e Imunologia pelo auxílio durante a realização da parte experimental deste trabalho.

A todos os **professores e funcionários** do departamento de Odontologia Social e Clínica Infantil pelo carinho e ajuda durante todos estes anos.

Às funcionárias **Rosângela, Nair, Josiana, Michelle e Marinete** pela gentileza e colaboração durante o curso.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação **Erena, Rosemary, Maria Aparecida e Lílian** pela prestatividade e carinho constante.

Às funcionárias da Biblioteca, em especial à **Angela de Brito Bellini** pelo auxílio na revisão bibliográfica deste trabalho.

À empresa **Suarez Import**, por intermédio da **Sra. Meire Ana Mascarenhas**, pela doação do material Fuji IX utilizado nesta pesquisa.

À empresa **FGM**, por intermédio da **Sra. Patrícia de Oliveira Salvador**, pela doação do material Maxxion R utilizado nesta pesquisa.

À empresa **Vigodent**, por intermédio da **Sra. Sabrina Ferreira**, pela doação do material Magic Glass ART utilizado nesta pesquisa.

À empresa **Dentsply**, por intermédio da **Srta. Daniela F. Granato**, pela doação do material ChemFlex utilizado nesta pesquisa.

À **CAPES**, pelo apoio ao curso de Pós-Graduação e pelo auxílio a mim concedido.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS E QUADROS.....	12
RESUMO.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 Microdureza e armazenamento dos CIV .....	19
2.2 Proteção superficial.....	33
3 PROPOSIÇÃO.....	49
4 MATERIAL E MÉTODO.....	50
4.1 Materiais utilizados.....	50
4.2 Confeção dos corpos-de-prova.....	52
4.3 Teste de microdureza.....	56
4.4 Análise estatística.....	57
4.4.1 Delineamento experimental.....	57
4.4.2 Análise dos dados.....	58
5 RESULTADOS.....	59
6 DISCUSSÃO.....	69
7 CONCLUSÃO.....	78
8 REFERÊNCIA.....	79
APÊNDICE.....	90
ABSTRACT.....	93

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Materiais utilizados: a) Vidrion R; b) Fuji IX GP;...unha	51
FIGURA 2	- Matriz de teflon bipartida utilizada para a.....prova	54
FIGURA 3	- Corpos-de-prova: a) sem proteção.....esmalte	54
FIGURA 4	- Delineamento da metodologia.....	55
FIGURA 5	- Desenho representativo do corpo-de-prova....realizada	56
FIGURA 6	- Gráfico dos valores médios.....armazenamento	62

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 1	- Média ( $\pm$ desvio padrão) dos dados de.....24 h	59
TABELA 2	- Média ( $\pm$ desvio padrão) dos dados de..... dias	60
TABELA 3	- Média ( $\pm$ desvio padrão) dos dados de..... dias	60
TABELA 4	- Resultados ANOVA (medidas repetidas) .....estudo	61
TABELA 5	- Tempo de 24 h. Comparação de médias.....superficial	63
TABELA 6	- Tempo de 7 dias. Comparação de.....superficial	65
TABELA 7	- Tempo de 30 dias. Comparação de .....superficial	67
QUADRO 1	- Relação dos CIV utilizados na pesquisa e siglas.....	50
QUADRO 2	- Valores médios de microdureza do CIV Fuji IX.....	90
QUADRO 3	- Valores médios de microdureza do CIV Maxxion R.....	90
QUADRO 4	- Valores médios de microdureza do CIV ChemFlex.....	91
QUADRO 5	- Valores médios de microdureza do CIV Magic.....ART	91
QUADRO 6	- Valores médios de microdureza do CIV Vidrion R.....	92

Shintome, L.K. Microdureza de cimentos de ionômero de vidro indicados para a técnica do ART, variando-se a proteção superficial e o tempo de armazenamento. [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2007.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a microdureza de cimentos de ionômero de vidro (CIV): Vidrion R (V) – SS White; Fuji IX (F) – GC Corp; Magic Glass ART (MG) – Vigodent; Maxxion R (MR) - FGM e ChemFlex (CF) – Dentsply, na presença ou ausência de proteção superficial, em diferentes períodos de armazenamento. Para cada CIV foram confeccionados 36 corpos-de-prova (3 mm altura X 3 mm diâmetro), divididos em 3 grupos em função da proteção superficial (sem proteção, verniz do Fuji IX ou esmalte para unha). Os espécimes foram armazenados em água destilada por 24 h, 7 e 30 dias e os testes de microdureza foram realizados nestes tempos. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de ANOVA para medidas repetidas e teste de Tukey ( $\alpha=5\%$ ), e revelaram que os valores médios de microdureza, no geral, em ordem decrescente dos CIV foram: F > CF = MR > MG > V; que a proteção superficial foi significativa para o MR em 24 h sem proteção ( $64,2\pm 3,6a$ ), proteção com verniz ( $59,6\pm 3,4b$ ) e com esmalte ( $62,7\pm 2,8ab$ ); para o F, em 7 dias, sem proteção ( $97,8\pm 3,7ab$ ), proteção com verniz ( $95,9\pm 3,2b$ ) e com esmalte ( $100,8\pm 3,4a$ ) e em 30 dias para o F sem proteção ( $98,8\pm 2,6b$ ), proteção com verniz ( $103,3\pm 4,4a$ ) e com esmalte ( $101\pm 4,1ab$ ) e V sem proteção ( $46\pm 1,3b$ ), proteção com verniz ( $49,6\pm 1,7ab$ ) com esmalte ( $51,1\pm 2,6a$ ) e o aumento do tempo de armazenamento proporcionou um aumento da microdureza. Concluiu-se que os diferentes CIV, tipo de proteção e tempo de armazenamento, podem alterar os valores de microdureza.

**PALAVRAS-CHAVE:** cimentos de ionômero de vidro; teste de dureza; verniz cavitário.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, muitas pesquisas têm sido realizadas para o desenvolvimento de técnicas e tratamentos preventivos e curativos para o combate à doença cárie e seus efeitos.

Contudo, ainda é um grande problema de saúde pública, uma vez que possui uma alta incidência principalmente na população mais carente, que não possui acesso aos tratamentos curativos e nem preventivos, sendo o único tratamento quando possível, a exodontia do elemento dental afetado<sup>29</sup>. No Brasil, a doença cárie é responsável pela perda de dentes em toda a população, independente da idade, com uma maior tendência na população de baixa renda<sup>6</sup>.

Com o objetivo de levar o atendimento odontológico a essa parcela da população que não tem acesso ao tratamento convencional, como as pessoas que estão em campos de refugiados, países em desenvolvimento, áreas que não tenham eletricidade onde não é possível a instalação de um equipamento odontológico, a Organização Mundial da Saúde (OMS) em uma parceria com a Universidade da Holanda, desenvolveu uma nova modalidade de tratamento da doença cárie denominado Tratamento Restaurador Atraumático (*Atraumatic Restorative Treatment* - ART) que foi reconhecida em 1994<sup>52</sup>.

A técnica do ART baseia-se na remoção parcial do tecido cariado utilizando-se apenas instrumentos cortantes manuais e preenchimento da cavidade dental e das fossas e fissuras adjacentes com um material com características adesivas, como os cimentos de ionômero de vidro (CIV), sem a necessidade da presença de energia elétrica<sup>29</sup>. Além da técnica restauradora propriamente dita, vale ressaltar que a técnica do ART também envolve programas preventivos e de educação

em saúde bucal, para que os fatores etiológicos da doença cárie sejam controlados<sup>28</sup>.

A técnica do ART possui muitas vantagens, sendo que uma das principais é o baixo custo (devido à utilização somente de instrumentos manuais) para sua realização quando comparado ao custo para a instalação de um equipamento odontológico. Além disso, é uma técnica restauradora conservadora, pois se limita à remoção somente do tecido dental descalcificado, uma vez que o CIV possui capacidade de adesão às estruturas dentais, dispensando assim o desgaste de estruturas híginas para retenção, resultando em cavidades de pequena extensão<sup>26</sup> e a liberação de flúor pelo CIV auxilia na prevenção do desenvolvimento de cárie secundária<sup>40</sup> e na redução do nível de *Streptococcus mutans* na cavidade bucal<sup>8</sup>. Esta técnica, normalmente, não necessita de anestesia local para sua execução por causar mínimo desconforto ao paciente, combina tratamentos curativos e preventivos em um só procedimento e, caso seja necessária a realização de reparo das restaurações, é de fácil execução<sup>28</sup>.

Inicialmente, a técnica do ART tinha como objetivo oferecer cuidados preventivos e curativos à população carente de muitos países, contudo, a simplicidade de sua técnica e seu custo relativamente baixo são grandes atrativos para sua realização. Atualmente, a aplicação da técnica do ART acompanhada de algumas modificações, foi estendida para pacientes com dificuldades de locomoção, pacientes institucionalizados, pacientes com necessidades especiais e pacientes muito ansiosos<sup>12, 27 e 52</sup>.

Muitas pesquisas têm demonstrado que os pacientes consideram que a utilização da técnica do ART para o tratamento de lesões de cárie proporciona menor sensibilidade quando comparada à técnica restauradora convencional<sup>54, 56 e 63</sup>, pois normalmente não é necessária a anestesia local, não há o ruído do sugador e da caneta de alta rotação responsáveis pelo medo e ansiedade que também estão

relacionados com a sensação de dor. Esta vantagem tem grande valia especialmente em Odontopediatria, uma vez que esta técnica também pode ser aplicada em crianças atendidas em consultório, como uma excelente introdução ao tratamento odontológico para crianças de baixa idade e não colaboradoras<sup>12, 23 e 27</sup>.

O material de eleição para o ART é o CIV, desenvolvido em 1972 por Willson e Kent<sup>69</sup>, combina as melhores propriedades dos cimentos de silicato e de poliacrilato de zinco<sup>43</sup>. É composto por um pó de vidro de alumínio cálcio silicato e um líquido de ácido poliacrílico, e possui como principais características: a capacidade de adesão à estrutura dental, herdada do cimento de poliacrilato de zinco, através de ligações iônica e polar – adesão físico-química<sup>37 e 43</sup>; um coeficiente de expansão térmica linear próximo ao das estruturas dentárias<sup>42 e 59</sup>; apresentam liberação de flúor<sup>10, 25 e 40</sup> que auxilia na prevenção de cárie, semelhante ao cimento de silicato<sup>21 e 38</sup> e são biocompatíveis<sup>13, 30 e 58</sup>. Essa adesão às estruturas dentais associada ao coeficiente de expansão térmica linear do CIV semelhante às estruturas dentais, permite um selamento marginal satisfatório que dificulta a penetração de substratos para as bactérias cariogênicas remanescentes na cavidade, paralisando assim o processo do desenvolvimento da lesão de cárie, propiciando desta forma condições para que se inicie o processo de esclerose da dentina cariada subjacente à restauração<sup>41, 55, 60 e 67</sup>.

Com o desenvolvimento do ART, a utilização do CIV foi ampliada e exigiu que o material sofresse algumas modificações com o objetivo de melhorar suas propriedades físicas e de manipulação, pois uma das grandes limitações desta técnica está relacionada à baixa resistência do material<sup>28</sup>. Para tanto, foram desenvolvidos os CIV de alta viscosidade, especialmente indicados para essa técnica, que possuem maiores valores médios de resistência à compressão, resistência à flexão quando comparados aos CIV convencionais<sup>4, 22 e 33</sup>, maiores valores médios de resistência ao desgaste<sup>74</sup> e dureza superficial do material

quando comparados aos CIV convencionais e alguns modificados por resina<sup>33, 49 e 74</sup>.

Muitos estudos clínicos têm sido realizados para avaliar o sucesso desta técnica. De acordo com Phantumvanit et al.<sup>50</sup>, a taxa de sucesso de restaurações (envolvendo uma face) realizadas pela técnica do ART em três anos é comparável às técnicas de restauração com o amálgama, Frencken et al.<sup>28</sup> relataram que 82,2% das restaurações classe I realizadas em dentes permanentes avaliadas após 2 anos estavam presentes em boas condições, e somente 3,8% foram perdidas, enquanto restaurações classe II realizadas em dentes permanentes avaliadas após 2 anos apresentaram uma taxa de sucesso (totalmente presente) de 43,4%, e uma perda total da restauração com a presença de lesão de cárie em 3,1%. Lo et al.<sup>39</sup> observaram que em 24 meses, 90% das restaurações classe I apresentavam boas condições clínicas.

Apesar do aprimoramento das propriedades mecânicas e de manipulação dos CIV indicados para a técnica do ART, a reação de geleificação deste material continua prolongada e a exposição prematura à umidade ou ressecamento excessivo, podem causar efeitos deletérios ao material, uma vez que a água é essencial para a formação da matriz do cimento, sendo extremamente importante, a manutenção do equilíbrio hídrico<sup>45 e 70</sup>. Se ocorrer a perda de água do cimento, haverá alterações dimensionais que poderão afetar a adesão à estrutura dental e as propriedades mecânicas do material. Por outro lado, se houver o contato prematuro deste material com a água, haverá a perda de íons cálcio e alumínio, fundamentais para a formação do cimento, resultando em perda de translucidez e maior erosão superficial devido à absorção de água<sup>70</sup>.

De acordo com Cattani-Lorente et al.<sup>9</sup> há mudanças nas propriedades mecânicas dos CIV com o tempo. Este fenômeno pode estar relacionado com a reação ácido-base que ocorre de forma lenta, indicando que as propriedades iniciais do material podem não ser as mesmas após algum período. Em estudos realizados por De Gee et al.<sup>14</sup> e

Van Duinen et al.<sup>64</sup> foi observado que houve um aumento na resistência ao desgaste de CIV convencionais após um ano de armazenamento.

Com o objetivo de se obter o máximo das propriedades mecânicas desse material, vários autores recomendam a utilização de agentes de proteção superficial para o material, principalmente na fase inicial de geleificação, com materiais que podem ser vernizes cavitários ou aqueles que são fornecidos pelo próprio fabricante do material, sistemas adesivos fotoativados, manteiga de cacau, vaselina e esmalte para unha<sup>36, 51, 57, 62 e 66</sup>.

As pesquisas têm demonstrado que a técnica do ART pode contribuir para a melhora da saúde bucal da população como um todo, porém apesar desta técnica possuir um baixo custo por não necessitar da instalação de um equipamento odontológico para o tratamento dentário, no Brasil, o alto custo do CIV preconizado por essa técnica acaba limitando a sua aplicação. Nos últimos anos, alguns CIV nacionais foram produzidos para tal fim, porém existem poucos estudos que avaliam suas propriedades físicas.

Uma das características físicas importantes para compararmos materiais dentários é a microdureza<sup>20 e 32</sup>. A dureza é definida como a capacidade de um material resistir às forças oclusais, edentações ou penetrações. O teste de microdureza tem como objetivo prever a resistência ao desgaste do material e sua capacidade de abrasionar ou ser abrasionado por dentes antagonistas ou restaurações<sup>3</sup>.

Diante do exposto, achamos interessante desenvolver um estudo para comparar a microdureza de diferentes cimentos de ionômero de vidro, indicados para a técnica do ART, na presença ou ausência de proteção superficial, em diferentes períodos de armazenamento.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Para uma melhor organização e entendimento, a revisão da literatura será subdividida em dois tópicos: 1. microdureza e 2. armazenamento dos CIV e proteção superficial.

### **2.1 Microdureza e armazenamento dos CIV**

Forss et al.<sup>24</sup> (1991) compararam a resistência à abrasão e a dureza superficial (Vickers) de quatro CIV (ChemFil II – Dentsply, Fujicap II – GC Corporation, Ketac-Fil e Ketac Silver - ESPE). Os efeitos da desidratação e da hidratação na resistência à abrasão também foram estudados. Para o grupo controle foram utilizados esmalte, dentina e uma resina composta microparticulada (Silux Plus - 3M). Para o teste de abrasão, os corpos-de-prova foram desgastados com o auxílio de discos de lixa na presença de água. Todos os CIV apresentaram um maior desgaste quando comparados ao esmalte dental e à resina composta e menor desgaste quando comparados ao da dentina. O Ketac Fil demonstrou maiores valores de resistência à abrasão, enquanto o Ketac Silver os menores. Quanto à desidratação ou hidratação dos espécimes, não houve diferença estatisticamente significativa em relação à resistência à abrasão, com exceção do Ketac Silver que apresentou um aumento da resistência associado à desidratação. Em relação à dureza dos materiais estudados, o Ketac Fil apresentou os maiores valores de dureza, enquanto o Ketac Silver os menores. Concluiu-se que o Ketac Silver não

apresentou melhores propriedades mecânicas quando comparados aos CIV convencionais.

Andrade et al.<sup>2</sup> (1994) estudaram a dureza (Vickers) superficial dos CIV convencional, modificados por resina e resina modificada por poliácidos (Ketac-Cem e Vitrebond - 3M, Base Line - Dentsply, VariGlass - Dentsply). Foram confeccionados 10 corpos-de-prova de 2 mm de altura e 5 mm de diâmetro para cada material. Em cada corpo-de-prova foi realizada a divisão em quadrantes, com o auxílio de uma lâmina de bisturi e a seguir foram realizadas quatro leituras (uma em cada quadrante). Os dados obtidos foram submetidos aos testes de ANOVA e Newman-Keuls e revelaram que os quatro cimentos apresentaram diferentes comportamentos de dureza e que o CIV convencional (Ketac-Cem) apresentou os maiores valores de dureza quando comparado aos CIV modificado por resina. O VariGlass apresentou maior dureza, seguido do Vitrebond e Base Line.

Mojon et al.<sup>44</sup> (1996) determinaram o efeito da água, saliva artificial e humana no processo de endurecimento de três cimentos utilizados para cimentação: um cimento à base de CIV (GC Fuji I – GC Dental); um cimento resinoso (Panavia – Kuraray) e um à base de fosfato de zinco (Fleck's – Mizzi Inc.). Foram confeccionadas amostras dos três cimentos estudados que foram submetidas aos diferentes meios de armazenamento. As amostras que não foram contaminadas, foram mantidas protegidas sob uma placa de vidro por 10 min e armazenadas em 100% de umidade ou imersas em água destilada por 1 semana. As demais amostras foram contaminadas em diferentes períodos, variando de 5 a 20 min após a sua manipulação com água, saliva artificial ou humana. Os resultados revelaram que o cimento à base de CIV apresentou maiores valores de dureza, seguido do cimento à base de fosfato de zinco e do cimento resinoso, após armazenamento em 100%

de umidade por 1 semana. Quando imersos em água, os valores de dureza das amostras do CIV e do fosfato de zinco caíram pela metade quando comparadas àquelas armazenadas em 100% de umidade. A contaminação diminuiu a dureza do cimento à base de CIV e do cimento à base de fosfato de zinco, apresentando efeitos menos evidentes no cimento resinoso. Em todos os espécimes, o armazenamento em água foi mais deletério quando comparado à saliva artificial ou humana. Os autores sugerem que os cimentos à base de CIV devem ser protegidos da contaminação pela saliva ou água nos primeiros 15 min após a manipulação do material.

Garcia et al.<sup>31</sup> (1997) verificaram a dureza superficial (Knoop) e a resistência à compressão de um CIV convencional - Vidrion R (SS White) e um CIV modificado por resina (CIV-MR) - Vitremer (3M), em intervalos de armazenagem de 15 min, 1 h e 24 h a 37 °C e 100% de umidade relativa. Para o ensaio de dureza foram confeccionados 15 corpos-de-prova cilíndricos para cada material divididos nos três intervalos de tempo propostos, com 6 mm de diâmetro e 1,8 mm de altura, e os valores de dureza foram obtidos em um microdurômetro Durimet (Alemanha). Para o teste de compressão foram confeccionados corpos-de-prova cilíndricos com 30 mm de diâmetro e 12 mm de altura, submetidos ao teste em uma máquina universal LOS (Dusseldorf, Alemanha). Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de ANOVA e Tukey ( $\alpha= 5\%$ ) e revelaram que os dois materiais testados apresentaram maiores valores de resistência à compressão e dureza superficial após 24 h de armazenagem. Os autores concluíram que o tempo de armazenagem aumentou significativamente a dureza superficial do Vidrion R e do Vitremer, e que nos diferentes períodos de armazenagem não houve diferença significativa entre os dois materiais. O tempo de armazenagem aumentou significativamente os valores de

resistência à compressão dos cimentos e em todos os períodos o Vitremer apresentou maiores valores quando comparados ao Vidrion R.

Gladys et al.<sup>32</sup> (1997) compararam as propriedades físicas e mecânicas de três CIV modificados por resina (Fuji II LC - GC; Vitremer - 3M e Photac-Fil - ESPE), cinco resinas compostas modificadas por poliácidos (Dyract - De Trey; Geristore - Den Mat; Ionosit-Fil - DMG; VariGlass - Caulk/Dentsply), dois CIV convencionais (HIFI Master Palette - Shofu; Ketac Fil - ESPE), uma resina composta microparticulada (Silux Plus - 3M) e uma resina composta híbrida (Z-100 - 3M). Foram realizados testes para comparar a rugosidade superficial, tamanho e distribuição das partículas, microdureza, módulo de Young e resistência à fratura. Os resultados revelaram que as duas resinas compostas e duas resinas compostas modificadas por poliácidos (Dyract e Ionosit) apresentaram um maior grau de polimento quando comparados aos CIV convencionais e modificados por resina. Após abrasão realizada com escova de dente, a rugosidade superficial aumentou em todos os materiais em diferentes magnitudes, sendo menor nas resinas compostas e em uma resina composta modificada por poliácidos (Dyract). Em relação ao tamanho das partículas, as resinas compostas possuem as menores partículas inorgânicas, enquanto os CIV convencionais as maiores e os materiais híbridos possuem partículas médias, sendo que nos compômeros o tamanho das partículas fica mais próximo das resinas compostas, e nos CIV modificados por resina as partículas possuem tamanhos semelhantes aos do CIV convencionais. Os valores de microdureza Vickers dos materiais apresentaram muitas variações. No geral, foi observado que os materiais híbridos apresentaram valores de dureza comparáveis aos da resina composta e dos CIV convencionais. O módulo de Young dos materiais também apresentou grande variação, sendo que para os CIV modificados por resina o valor máximo do módulo de Young foi obtido um mês após a manipulação do material e manteve-

se estável, e para os CIV convencionais e os compômeros após um mês, esses valores começaram a diminuir. Os CIV convencionais apresentaram a reação de presa mais lenta, portanto o valor máximo do módulo de Young foi obtido após seis meses. O valor limite de resistência à fratura dos materiais híbridos é comparável aos da resina composta microparticulada. Com este estudo, concluiu-se que os materiais híbridos possuem propriedades mecânicas que contra-indicam seu uso em áreas que são submetidas a grandes esforços mastigatórios, sua utilização está indicada para áreas onde a estética é primordial.

Peutzfeldt et al.<sup>49</sup>, em 1997, realizaram um estudo para comparar os CIV convencionais, CIV modificado por resina, compômeros e resina composta quanto à dureza superficial e o desgaste *in vitro* e possível correlação entre esses dois fatores. Foram estudados dez materiais: CIV convencionais (Ketac-Fil, Ketac-Prototype - ESPE; Fuji II e Fuji IX - GC America), CIV modificados por resina (Photac-Fil - ESPE; Vitremer- 3M; Fuji II LC - GC America), compômeros (Dyract - LD Caulk; Compoglass - Vivadent) e uma resina composta (Z100 - 3M). O Ketac-Prototype é idêntico ao Ketac-Molar (3M/ESPE). Para o teste de dureza, foram confeccionados 10 espécimes por material que foram manipulados de acordo com as recomendações dos fabricantes e inseridos em um molde com 3 mm de altura e 12 mm de diâmetro, recoberto com uma tira matriz de poliéster e pressionado com duas placas de vidro em suas extremidades. Os CIV modificados por resina, compômeros e resina composta foram fotoativados por 45 s em cada lado do molde. Após 15 min de armazenamento a 37 °C, as matrizes foram removidas e as amostras foram armazenadas em água deionizada a 37 °C por 48 h. A dureza foi medida por meio de um aparelho de dureza Rockwell. Para o teste de desgaste foram confeccionadas 10 amostras de cada material que foram submetidas ao teste, após 48 h de armazenamento em água deionizada por 37 °C. Os dados obtidos em ambos os testes foram

submetidos ao teste de ANOVA e Newman-Keuls. Nos CIV Ketac-Fil e no Fuji II a dureza não pode ser medida pois as amostras fraturaram, houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de dureza e também entre o desgaste *in vitro* de todos os materiais testados. Em relação à dureza: Vitremer = Photac-Fil < Fuji II LC < Fuji IX < Ketac-Prototype=Dyract < Compoglass < Z100. Em relação ao desgaste *in vitro*: Photac-Fil > Fuji II LC > Vitremer = Dyract = Compoglass = Fuji II > Fuji IX = Ketac-Fil = Ketac-Prototype > Z100. Foi observada uma correlação negativa entre a dureza do material e o desgaste obtido, indicando que os CIV modificados por resina e os compômeros nem sempre são superiores aos CIV convencionais.

De Moor e Verbeek<sup>15</sup> (1998) compararam as alterações na dureza superficial de CIV com diferentes formulações após armazenamento em água e umidade relativa de 85% após longo período. Os materiais testados foram Fuji II, Fuji II Cap e Miracle Mix (GC Dental Corp.), ChemFil II e ChemFil Cap II (De Trey Dentsply), Chelon Fil, Ketac Fil e Ketac Silver (ESPE) e Shofu II (Shofu). Para cada CIV foram confeccionados nove grupos com 5 espécimes em cada. Após 15 min, foi realizado o teste de microdureza em um dos grupos, outros 4 grupos foram armazenados a 37 °C em 85% de umidade relativa por 1, 7, 28, e 140 dias respectivamente, e os outros 4 grupos foram armazenados em água destilada pelos mesmos períodos. Os testes de microdureza foram realizados nos tempos especificados e os resultados revelaram que, de uma forma geral, a dureza superficial dos CIV quando armazenados em umidade relativa aumentou com o tempo. Contudo, foram observadas pequenas diferenças nos valores de dureza em decorrência das diferentes formulações dos materiais. Quando os CIV foram armazenados em água, uma diminuição nos valores de dureza foi observada, independente da formulação do material, provavelmente causada pela

inibição da reação de endurecimento da camada superficial do cimento e não pela erosão do material.

Cerqueira-Leite et al.<sup>11</sup> (1999) compararam a dureza superficial (Vickers) de um CIV modificado por resina (Vitremer - 3M/ESPE), duas resinas compostas modificadas por poliácidos (VariGlass VLC e Dyract - Dentsply) e um CIV convencional (Vidrion R - SSWhite), quando submetidos à condições de umidade e dessecação logo após sua presa inicial. Para tanto, foram confeccionados 100 corpos-de-prova, (25 para cada cimento) que foram submetidos a cinco condições experimentais: C<sub>1</sub> - análise imediata, C<sub>2</sub> - dessecação por 10 min (por meio da aplicação de jato de ar constante), seguido de armazenamento em água destilada, C<sub>3</sub> - dessecação por 10 min, proteção com uma camada de vaselina sólida e em seguida armazenamento em água destilada, C<sub>4</sub> - armazenamento em água destilada, C<sub>5</sub> - proteção com uma camada de vaselina sólida e armazenamento em água destilada. Em todos os grupos foi realizado o armazenamento por 24 h a 37 °C, em água destilada. Os resultados obtidos permitiram concluir que o VariGlass VLC apresentou maior dureza superficial, seguido pelo Dyract e Vitremer que não diferiram estatisticamente entre si, sendo que os menores valores obtidos foram pelo Vidrion R. A proteção da umidade por 24 h permitiu aumento significativo na dureza superficial, quando comparada aos valores imediatamente após a presa inicial. A umidade reduziu significativamente a dureza superficial do CIV convencional, no entanto o Vitremer e o Dyract não se mostraram sensíveis à umidade, enquanto o VariGlass VLC apresentou redução da dureza.

Xie et al.<sup>71</sup> (2000) realizaram um trabalho para avaliar as propriedades mecânicas como a resistência à flexão (RF), resistência à compressão (RC), resistência à tração diametral (TD), dureza Knoop (KHN) e resistência ao desgaste de sete CIV convencionais (Ketac-Bond,

Ketac Silver, Ketac-Fil, Ketac Molar – ESPE;  $\alpha$ -silver,  $\alpha$ -Fil – DMG; Fuji II – GC International) e três CIV modificados por resina (Vitremer - 3M; Fuji II LC - GC International; Photac-Fil – ESPE). As superfícies resultantes da fratura desses materiais foram examinadas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) para verificar se existe alguma relação entre as propriedades mecânicas e a microestrutura desses materiais. Os corpos-de-prova foram confeccionados de acordo com as recomendações de cada fabricante. A RF, RC, TD, KHN, e resistência ao desgaste foram medidas após armazenamento dos corpos-de-prova em água destilada a 37 °C durante sete dias. Os resultados foram submetidos ao teste de ANOVA fator único e ao teste de Tukey para determinar qual grupo foi significativamente diferente em cada teste. Apenas um espécime fraturado de cada CIV foi examinado ao MEV. Os resultados revelaram que os CIV modificados por resina apresentaram valores de RF e TD bem mais elevados, os valores de RC não apresentaram diferença estatisticamente significativa e os valores de KHN e resistência ao desgaste foram menores quando comparados aos CIV convencionais. O Vitremer apresentou os maiores valores de FS e TD; o Fuji II LC e o Ketac Molar mostraram os maiores valores de RC e o Ketac-Fil apresentou os maiores valores de KHN. O Ketac-Bond apresentou os menores valores de RF, enquanto o  $\alpha$ -Silver (DMG-Hamburg) mostrou os menores valores de RC. Os CIV  $\alpha$ -Fil,  $\alpha$ -Silver, Ketac-Bond e Fuji II apresentaram os menores valores de RT e não houve diferença estatisticamente significativa entre eles, enquanto o  $\alpha$ -Silver e o Ketac Silver apresentaram os valores mais baixos de KHN. Os maiores valores de resistência ao desgaste foram obtidos com o  $\alpha$ -Silver e o Ketac-Fil, enquanto o Fuji II LC apresentou a menor resistência ao desgaste. Os CIV convencionais apresentaram maior fragilidade, enquanto os CIV modificados por resina demonstraram maior deformação plástica durante a compressão. Quanto mais integrada a microestrutura, maiores os valores de RF e TD. Maiores valores de RC estão correlacionados com menores partículas de vidro, e maiores valores de

KHN foram observados em áreas onde combinavam pequenas partículas de vidro e pouca porosidade. Partículas maiores de vidro e uma microestrutura mais integrada contribuíram para maior resistência ao desgaste. Portanto, as propriedades mecânicas dos CIV estão intimamente relacionadas com sua microestrutura. Fatores como a integridade da interface entre as partículas de vidro e a matriz, o tamanho da partícula, o número e tamanho das porosidades possuem um papel importantíssimo na determinação das propriedades mecânicas.

Okada et al.<sup>48</sup> (2001) realizaram um estudo para observar o efeito do armazenamento em saliva ou água destilada e a influência do tempo deste armazenamento na microdureza (Vickers) de um CIV (Fuji IX GP - GC Corporation), uma resina modificada por poliácidos (Dyract – Dentsply), e duas resinas compostas (Z100 – 3M, Estio LC – GC Corporation). Os materiais foram manipulados de acordo com as recomendações dos fabricantes e imersos em saliva humana (parótida) ou água destilada a 37 °C. O teste de microdureza Vickers foi realizado nos tempos de 1, 7, 20 e 40 dias após a manipulação do material. Um estudo da composição química da superfície de cada material também foi realizado por meio da espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-X (XPS) e análise por microsonda eletrônica (EPMA). Os resultados dos testes de microdureza revelaram que somente o Fuji IX apresentou um aumento nos valores de microdureza em relação ao tempo de armazenamento, em ambos os meios de armazenamento testados, contudo a taxa de aumento desses valores de microdureza, 39%, foi maior nos espécimes armazenados em saliva. Após 40 dias de armazenamento em saliva, foi constatado um aumento nos valores de microdureza de 22% para o Dyract, 16% para o Estio LC e 3% para a Z-100, comparados ao tempo de 1 dia de armazenamento. Na análise da composição química superficial foram observados picos de cálcio e fósforo provenientes da saliva. Os autores concluíram que para todos os

materiais o armazenamento em saliva demonstrou os maiores valores de microdureza, que o Fuji IX apresentou um aumento dos valores de microdureza para ambos os meios até 20 dias com grande diferença entre os meios utilizados e que, componentes da saliva (cálcio e fósforo) difundidos na matriz de hidrogel reforçaram a superfície.

Yap et al.<sup>74</sup> (2002) investigaram as propriedades mecânicas (dureza, resistência à compressão e à tração diametral) de dois CIV reforçados (Fuji IX GP e Miracle Mix – GC Corporation). Os testes mecânicos foram realizados nos tempos de um dia, uma semana e um mês e, durante os intervalos, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37 °C. O teste de dureza foi realizado em um microdurômetro com uma carga de 50 g durante 30 s, os testes de compressão e tração diametral foram realizados de acordo com as normas da BS 6039:1981 (*British Standard Specification for Glass-ionomer*). Os resultados foram submetidos aos testes de ANOVA, Scheffé e teste t para amostras independentes e demonstraram que as propriedades mecânicas geralmente aumentaram com o aumento do tempo de armazenamento para ambos os cimentos. A dureza foi significativamente menor no tempo de um dia quando comparada ao tempo de uma semana e um mês. Quanto à resistência à compressão e à tração diametral, não foram observadas diferenças significantes entre os intervalos de tempo estudados. Após um mês de armazenamento em água, não foi observada nenhuma diferença estatisticamente significativa nos valores de dureza e resistência à compressão entre os dois cimentos. Contudo, os valores de resistência à tração diametral do Fuji IX foram significativamente maiores quando comparados ao Miracle Mix, em todos os tempos estudados.

Aliping-Mckenzie et al.<sup>1</sup> (2003) realizaram um estudo para observar a influência do meio de armazenamento (saliva natural, saliva

artificial e água destilada) sobre a dureza e a sorpção de água de dois CIV convencionais (ChemFil Superior e ChemFlex – De Trey), dois CIV modificados por resina (Vitremer – 3M; Fuji II LC – GC Corporation) e duas resinas modificadas por poliácidos (Dyract AP – De Trey; F2000 – 3M). Para o teste de dureza foram confeccionados seis corpos-de-prova, divididos aleatoriamente de acordo com o meio de armazenamento utilizado. Os testes de dureza Vickers foram realizados nos tempos de 1 dia, 1 semana, 1, 3, 4, 6 meses e um ano após a imersão inicial com uma carga de 100 g durante 25 s. Para o teste de sorpção, dois corpos-de-prova de cada material foram confeccionados e imersos em cada meio de armazenamento testado. Para todos os materiais testados os valores de dureza demonstraram um aumento gradual com o aumento do tempo de armazenamento. O armazenamento em saliva artificial apresentou os menores valores de dureza, enquanto a armazenamento em saliva natural e água não apresentaram diferenças significantes. Em relação à sorpção de água pelos materiais, não houve diferença entre os meios de armazenamento utilizados. Os autores concluíram que a água destilada pode ser utilizada como meio de armazenamento para esses materiais estudados.

Ellakuria et al.<sup>20</sup> (2003) compararam o efeito do armazenamento em água por 12 meses na microdureza (Vickers) entre CIV convencionais e CIV modificados por resina, além de determinar se a adição de resina melhorou a microdureza dos CIV. Os CIV estudados foram: Ketac-Fil Aplicap (KF), Ketac-Molar (KM), Ketac-Silver (KS) e Photac-Fil (PF) – ESPE; Vitremer (VI) - 3M; Fuji II LC (FU) - GC Corporation. Foram confeccionadas cinco amostras de cada material e as medidas de microdureza foram realizadas nos tempos de 1, 7, 15, 30, 93, 180 e 365 dias. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de ANOVA fator único e comparação múltipla de Tukey. Os autores constataram que houve diferença significativa nos valores de microdureza

entre os materiais estudados, e no mesmo material ao longo do tempo de armazenamento. Os CIV convencionais, com exceção do KS, apresentaram os maiores valores de microdureza durante todo o período estudado. Entre os CIV modificados por resina, o VI apresentou maiores valores de microdureza em 12 meses quando comparado com o tempo de um dia. O PF apresentou uma diminuição nos valores de microdureza no último estágio do estudo, enquanto o FU manteve-se estável. Portanto, foi concluído que a inclusão de partículas resinosas no CIV não melhorou a microdureza superficial desses materiais, e que o aumento do tempo de armazenamento causou modificações na microdureza superficial, porém essas modificações não foram semelhantes em todos os materiais estudados.

Yap et al.<sup>75</sup> (2003) avaliaram as propriedades mecânicas (dureza, resistência à compressão e à tração diametral) e resistência ao desgaste do Fuji IX GP Fast e compararam ao Fuji IX GP. O pó desses materiais também foi analisado quanto ao tamanho da partícula, distribuição e composição para determinar um possível mecanismo para aumentar a reação de presa. Os materiais utilizados apresentavam-se na versão em cápsulas, foram misturados por 10 s em alta velocidade e inseridos diretamente nos moldes. Para o teste de dureza (Vickers) foram confeccionados cinco espécimes com 3 mm de altura e 6 mm de diâmetro. Os excessos foram removidos e os espécimes foram polidos com lixa d'água 1000 e receberam proteção superficial. Para o teste de resistência à compressão foram confeccionados 10 corpos-de-prova com 8 mm de altura e 4 mm de diâmetro, divididos aleatoriamente em dois grupos. Para o teste de tração diametral, foram realizados os mesmos procedimentos do teste de compressão, contudo os espécimes (n=10) possuíam 3 mm de altura e 6 mm de diâmetro. Em todos os testes os espécimes foram armazenados em água destilada a 37 °C e testados nos tempos de um dia e uma semana. Foram realizados testes para avaliar o

desgaste de cada material e a caracterização do pó do material. Os resultados revelaram que no tempo de um dia, não houve diferença estatisticamente significativa em relação aos testes de tração diametral, desgaste, resistência à compressão e dureza para os dois cimentos estudados. Embora a diferença não seja significativa, no tempo de uma semana o Fuji IX GP Fast apresentou maior dureza quando comparado ao Fuji IX GP. O endurecimento mais rápido do Fuji IX GP Fast pode ser atribuído ao menor tamanho de suas partículas.

Yap et al.<sup>76</sup> (2004) realizaram um estudo para comparar a dureza e o módulo de penetração do edentador de diferentes materiais para restaurações diretas estéticas, utilizando-se uma técnica de microedentação, além de avaliar os efeitos da fadiga térmica nas propriedades mecânicas. Foram selecionados seis materiais para o estudo, uma ormocer (Admira – Voco); um giomer (Beautiful – Shofu), um compômero (Dyract Extra – Dentsply), uma resina composta microparticulada (Esthet X - Dentsply), um CIV-MR (Fuji II LC – GC) e um CIV de alta viscosidade (Fuji IX – GC). Para cada material foram confeccionadas 14 amostras, divididas aleatoriamente em dois grupos: Grupo A - armazenamento em água destilada a 37 °C por 30 dias e grupo B – ciclagem térmica por 5000 ciclos (35 °C por 28 s, 15 °C por 2 s, 35 °C por 28 s e 45 °C por 2 s) e em seguida armazenamento por 26,5 dias. Os resultados dos valores de dureza e módulo revelaram que embora as propriedades demonstrassem similaridade em ambos os grupos estudados, foram observadas algumas diferenças entre os grupos A e B em relação aos valores de dureza e módulo. Para ambos os grupos, o giomer apresentou valores de dureza significativamente maiores que o compômero, ormocer, CIV-MR e a resina microparticulada apresentou valores de dureza significativamente maiores que o CIV-MR. O módulo do CIV de alta viscosidade foi significativamente maior que a resina e o compômero, o ormocer e o CIV-MR foi significativamente mais duro que o

ormocer. Com exceção do giomer, não houve diferença estatisticamente significativa entre os materiais em relação à dureza e o módulo após a termociclagem. A dureza e o módulo de alguns materiais à base de ionômero de vidro podem ser comparáveis ou mesmo superior às resinas microparticulada e ormocer. A fadiga térmica deve ser considerada ao se comparar as propriedades mecânicas dos materiais.

Raggio<sup>53</sup> (2004) avaliou a dureza Knoop de CIV indicados para a técnica do ART (G1 – Ketac Molar - 3M/ESPE; G2 – Ketac Molar Easy Mix - 3M/ESPE e G3 – Magic Glass - Vigodent) além de avaliar três técnicas de inserção do material Ketac TM Molar Easy Mix, configurando os grupos G4 (inserção com espátula), G5 (seriga comercial – Centrix) e G6 (seringa de baixo custo - Injex insulina 1 ml, acoplada a agulha BD 1,60X40). Os materiais foram manipulados de acordo com as recomendações dos fabricantes e a seguir foram confeccionados 10 corpos-de-prova para cada grupo, com o auxílio de moldes de PVC. Após 10 min, as amostras foram imersas em solução oleosa (parafina líquida – Merck), a 37 °C por 24 h. O teste de dureza foi realizado em durômetro HM-124 (Mitutoyo- Japan), com 25 g de carga e 30 s, com penetrador tipo Knoop. Em cada amostra foram realizadas 5 edentações e repetidas após uma e duas semanas. Os resultados revelaram que houve diferença estatisticamente significativa em relação ao G3, e entre os grupos G1 e G2 não houve diferença. Não houve diferença entre os diferentes métodos de inserção. A média de dureza após uma e duas semanas foi maior em todos os grupos quando comparada com 24 h, mas não houve diferença entre uma e duas semanas. O Magic Glass apresentou menor média de dureza entre os materiais testados e as diferentes técnicas de inserção não influenciaram na dureza do cimento de ionômero de vidro testado.

Wang et al.<sup>65</sup> (2006) observaram a influência de várias condições de armazenamento na dureza e no módulo de elasticidade de CIV utilizados para restaurações. Foram utilizados dois CIV-MR (Fuji II LC - GC e Photac-Fil Quick – 3M/ESPE) e três CIV de alta viscosidade (Fuji IX Fast – GC; Ketac Molar e Ketac Molar Quick – 3M/ESPE). Os espécimes foram confeccionados de acordo com as recomendações de cada fabricante e foram armazenados durante quatro semanas a 37 °C, em diferentes condições (n=7): umidade 100%, água destilada, solução desmineralizante (pH=5) e solução remineralizante (pH=7). A seguir foram realizados testes de microedentação para determinar-se a dureza e o módulo de elasticidade. Os resultados revelaram que todos os CIV de alta viscosidade apresentaram maiores valores de dureza e módulo de elasticidade quando comparados aos CIV-MR. O Fuji IX apresentou um aumento significativo na dureza e no módulo de elasticidade quando armazenado em água destilada, contudo houve uma diminuição para o Photac-Fil Quick. Todos os materiais pesquisados apresentaram valores de dureza e módulo de elasticidade semelhantes quando armazenados em água e na solução remineralizante. A solução desmineralizante, quando comparada à remineralizante, não causou nenhum efeito significativo nos CIV, com exceção do Ketac Molar Quick. Os resultados sugerem que as propriedades mecânicas dos CIV dependem do tipo de material e do tipo de armazenamento a que são submetidos os CIV. Portanto, a seleção de um CIV deve ser baseada no tipo do ambiente bucal a que será submetido.

## **2.2 Proteção superficial dos CIV**

Mount e Makinson<sup>46</sup> (1982) compararam quatro CIV (Ketac- ESPE; Fuji Ionomer II – GC; Chemfil – AD International Limited;

Shofu Hi-Bond – Shofu) em relação à dureza superficial, translucidez e manchamento. Foram confeccionados corpos-de-prova com 5 mm de diâmetro e 1,5 mm de espessura. Para o teste de dureza, após 4 min do início da mistura do material os espécimes foram protegidos pelo verniz fornecido pelo fabricante do Fuji Ionomer II. Após 10 min os espécimes foram testados em um microdurômetro, em intervalos de 5 min, até o material apresentar três leituras sucessivas de mesmo valor. Outros espécimes, que foram inicialmente protegidos com matriz de poliéster, foram imersos em água por 10, 20, 40 min e 48 h após o início da mistura do material. Outros espécimes foram expostos ao ar após 10 min do início da mistura do material e deixados nesta condição por mais 10 min, e a seguir foram imersos em água por 48 h antes dos testes. Para avaliar a translucidez dos materiais foi utilizado um fotômetro e os espécimes foram submetidos às mesmas condições que no teste de dureza. Para o teste de manchamento, foi utilizado um corante e os espécimes foram submetidos ao mesmo tratamento que nos testes anteriores. Após 48 h de armazenamento, os espécimes foram levemente secos e imersos no corante por 15 s, a seguir foram lavados por 15 s e avaliada a intensidade da absorção e a profundidade de penetração do corante. Os resultados revelaram que em relação à dureza superficial, em 20 min o Ketac apresentou os melhores valores de dureza e o Shofu Hi-Bond foi o material menos resistente à penetração do edentador, contudo após 48 h foi o que apresentou os maiores valores de dureza. Todos os materiais apresentaram alteração em sua translucidez e absorveram o corante quando submetidos à desidratação ou hidratação precoce. Os autores concluíram que é necessário o controle da umidade em restaurações com CIV, por pelo menos 60 min após sua mistura inicial para que ótimos resultados com relação à estética, resistência à abrasão, e ao manchamento sejam obtidos. O controle da umidade pode ser feito com um verniz ou com a manutenção da matriz de poliéster em posição, em restaurações classe V. Para a realização do acabamento e polimento da

restauração deve ser aguardado um dia para permitir a maturação do material.

Earl et al.<sup>17</sup> (1985) compararam a efetividade de diferentes materiais usados na proteção superficial do CIV, com o objetivo de minimizar a movimentação da água através da superfície deste material. Foram testados diferentes vernizes (Copalite – Cooley; De Trey – A.D. International; Fuji – GC Corporation; Ketac – ESPE; Shofu – Shofu; esmalte para unha – Cultex), emolientes (vaselina, manteiga de cacau) e cianoacrilato. Para se observar essa movimentação, a água utilizada para ser misturada ao CIV foi “marcada” pelo trítio (<sup>3</sup>h). Foram confeccionados cilindros, de 10 mm de diâmetro e 5 mm de altura, que receberam a proteção superficial após 5-6 min do início da mistura do material. Após 7 min, as amostras foram imersas isoladamente em solução salina a 35 °C e essa solução foi trocada periodicamente. A quantidade de <sup>3</sup>h na solução, liberada em cada troca, foi determinada por espectrofotometria do líquido cintilante. Os resultados da liberação do <sup>3</sup>h revelaram que os emolientes apresentaram os melhores resultados para proteção superficial quando aplicado em camadas espessas, porém em camadas finas apresentou piores resultados. Os vernizes apresentaram todos a mesma eficiência, após 1 h houve uma difusão de aproximadamente 25% e 60% após um dia. Os vernizes foram melhores que a proteção com cianoacrilato. Os autores concluíram que os espécimes que receberam proteção superficial, independentemente do material utilizado, apresentaram melhores resultados quando comparados aos que não receberam nenhuma proteção, porém nenhuma proteção utilizada foi capaz de impedir a passagem da água pela superfície do material em sua primeira hora de endurecimento.

Phillips e Bishop<sup>51</sup> (1985) observaram “*in vitro*” em três CIV (Fuji Ionomer Type II – GC America; ASPA – AD International; Ketac

– ESPE) os efeitos da contaminação pela água durante o endurecimento do material e o tempo para o CIV maturar suficientemente, para que a proteção contra perda ou ganho de água pelo material não fosse necessária. Para observar os efeitos da contaminação pela água foram confeccionados cilindros do material em um molde, cobertos com uma matriz de poliéster e mantidos em ambiente seco em uma estufa a 37 °C por 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 ou 240 min após o início da manipulação do material. Em seguida, a matriz foi removida e os espécimes foram armazenados em solução salina a 37 °C. Após 24 h, os espécimes foram avaliados a olho nu, em um estereomicroscópio e com um colorímetro. As superfícies dos espécimes foram impregnadas com solução aquosa de fucsina a 5% para evidenciar a presença de fendas no material. Para simular uma situação de polimento, foram confeccionados cilindros dos materiais que foram armazenados em solução salina a 0,9% a 37 °C por períodos que variaram de 10 min até 28 dias. Ao remover da solução salina, os espécimes foram deixados em ambiente seco por 5 min, simulando um procedimento de polimento. Em seguida, os espécimes foram recolocados na solução salina e examinados após 24 h. Os resultados revelaram que o Fuji Ionomer Type II foi o mais afetado, a contaminação com a água até 15 min após sua manipulação, produziu um material mais esbranquiçado, enquanto a exposição à água após 30 min não produziu alteração superficial visível. O ASPA apresentou alteração na cor do material nos espécimes que tiveram contato com água nos 20 min iniciais e o Ketac não mostrou alteração de cor após 10 min. Ao estereomicroscópio, nos espécimes que sofreram contaminação precoce pela água, áreas rugosas com aspectos semelhantes à giz foram observadas, sendo a maior alteração superficial observada no Fuji Ionomer Type II e a menor no Ketac. Os autores concluíram que os materiais Fuji Ionomer Type II, ASPA e Ketac não devem ser expostos à umidade antes de 30, 20 e 10 min e não devem ser expostos ao ressecamento por antes de 15, 5 e 1 dia respectivamente.

Earl e Ibbetson<sup>18</sup> (1986) realizaram um estudo para determinar “in vivo” a efetividade de dois vernizes na proteção de um CIV (Chemfil – A D International). Foram selecionados 20 pacientes adultos que possuíam uma boa higiene bucal. Em cada quadrante foi selecionado um molar permanente onde foi colado um tubo ortodôntico na face palatina ou lingual. O CIV foi manipulado de acordo com as recomendações do fabricante e inserido em um dispositivo que foi conectado à parte interna do tubo. A seguir as amostras foram divididas em quatro grupos: no grupo 1 (controle), foi aguardado 24 h para a maturação do CIV; no grupo 2 foi aguardado cinco minutos de maturação e as amostras foram protegidas com duas camadas de verniz (De Trey – De Trey), no grupo 3 após cinco minutos de maturação foi aplicado duas camadas de esmalte para unha (Cultex Creme) e no grupo 4 não foi realizada nenhuma proteção superficial após cinco minutos de maturação. A seguir, os dispositivos contendo o CIV foram conectados aos tubos que já estavam aderidos aos dentes dos pacientes selecionados. Esses conjuntos foram mantidos no ambiente bucal por seis meses e depois foram removidos e levados para avaliação em microscópio eletrônico de varredura para análise de energia dispersiva e para o estereomicroscópio para observação da perda de CIV colocado no dispositivo. Os resultados revelaram que as amostras que foram inseridas no tubo com o CIV imaturo (cinco minutos após a manipulação do material) apresentaram maior perda de material e mudanças mais perceptíveis quando comparadas ao grupo controle. As amostras protegidas com esmalte para unha demonstraram menor perda de material que aquelas que foram protegidas por verniz ou que não receberam proteção. A análise por energia dispersiva evidenciou que houve uma grande perda de alumínio e sílica pelo CIV que estavam imaturos e sem proteção. No grupo controle essa perda iônica foi menor, porém continuou mesmo após a maturação do material por 24 h. Os autores concluíram que as amostras do grupo

controle, com ou sem proteção, demonstraram menor perda de material e alteração iônica quando comparado aos grupos 2, 3 e 4, e a utilização do verniz e do esmalte não ofereceram uma proteção adequada ao CIV e que ainda há a perda de íons alumínio e sílica de CIV imaturos quando imersos em água.

Earl et al.<sup>19</sup> (1989) realizaram um estudo para avaliar a capacidade de diferentes materiais, utilizados para a proteção superficial, em limitar o movimento da água pela superfície do cimento de ionômero de vidro, por meio da espectrofotometria de líquido cintilante. Para a proteção superficial foram utilizados: vernizes (Tubulitec - Dental Therapeutics; Duraphat - Woelm Pharma; Caviline- Caulk Dentsply), sistemas adesivos fotoativados (Scotchbond - 3M; Sinterbond - Teledyne Getz; Prismabond - Caulk; Command - Kerr; Visio-bond- ESPE; Heliobond - Vivadent) e sistemas adesivos quimicamente ativados (Concise e Scotchbond - 3M). Os resultados revelaram que na primeira hora de imersão, os corpos-de-prova protegidos pelo sistema adesivo fotoativado apresentaram pouco ou nenhum fluxo de <sup>3</sup>h, porém após 100 min esse fluxo aumentou e continuou por mais de uma semana. Os outros grupos apresentaram um maior fluxo na primeira hora que depois diminuiu e cessou após a imersão por 7 dias. Os autores concluíram que a utilização de um sistema adesivo fotoativado sem carga é o mais indicado para a proteção superficial do CIV. Os vernizes não foram eficazes na proteção e os sistemas adesivos quimicamente ativados não foram capazes de controlar o movimento da água do material de forma satisfatória.

O'hara et al.<sup>47</sup> (1989) avaliaram a dureza (Knoop) de dois CIV (GC Lining Cement - GC Corporation, Glaslonomer Base Cement - Shofu Dental Corp) após proteção com verniz cavitário (Copalite) e compararam com um cimento de óxido de zinco e eugenol reforçado (IRM

– LD Caulk) que funcionou como grupo controle. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova de cada material. Nos grupos dos CIV, metade dos corpos-de-prova recebeu duas camadas de verniz cavitário como recomendado para o uso clínico. Os espécimes foram submetidos ao teste de microdureza e os resultados avaliados estatisticamente (teste de ANOVA dois fatores medidas repetidas). Os resultados revelaram que houve diferença significativa entre os materiais; e em relação aos CIV houve diferença significativa entre os grupos que receberam a proteção com o verniz e os grupos que não receberam. Os autores concluíram que os CIV apresentaram maiores valores de dureza quando comparados ao óxido de zinco e eugenol e que a aplicação do verniz cavitário reduziu significativamente a dureza dos CIV.

Yao et al.<sup>73</sup> (1990) determinaram a efetividade de diversos procedimentos para proteção do CIV e compararam os procedimentos de acabamento com ou sem umidade desse material antes de sua presa final. Foram utilizados três CIV (Base Cement – Shofu; Fuji Ionomer – GC Dental; Chelon-Silver – ESPE) manipulados de acordo com as recomendações dos fabricantes. Os espécimes foram submetidos a seis tipos de tratamentos: A – grupo controle: placa de vidro mantida sobre o material para evitar perda ou incorporação de água; B - sem proteção; C – Verniz (Shofu); D – Manteiga de cacau (Shofu); E – Teethmate-A (Kuraray) – selante para fossas e fissuras; F – Ketac-Glaze (ESPE); G – Acabamento imediato sem a presença água e posterior aplicação de Teethmate-A; h – Acabamento imediato com a presença de água e posterior aplicação de Teethmate-A. As leituras de microdureza foram realizadas em 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15 e 40 dias para observar as mudanças na maturação do material com o decorrer do tempo. Os resultados revelaram que os valores de microdureza aumentaram durante os primeiros dias, atingindo os valores máximos em tempos diferentes. Foi observada uma diferença estatisticamente significativa entre o grupo A

e os grupos C e D. Contudo, foi observado que os grupos E e F apresentaram resultados semelhantes ao grupo controle. O acabamento imediato sem a presença da água não causou alteração na dureza do material, enquanto a presença de água neste procedimento resultou em um material mais enfraquecido. Os autores concluíram que a proteção por mais de 24 h é necessária para promover um endurecimento adequado do material, uma vez que foi observado que a dureza dos materiais continua a aumentar com o passar dos dias e que a utilização de resinas sem carga fotoativadas como o Teethmate-A e Ketac-Glaze propiciaram uma proteção satisfatória do material. Caso seja necessário um acabamento imediato, nunca deve ser realizado na presença de água.

Yang e Chan<sup>72</sup> (1991) realizaram um estudo para investigar a microdureza superficial de cinco materiais utilizados como base em preparos cavitários associados com quatro vernizes aplicados a eles. Os materiais utilizados foram: Cavitec (Kerr), um material quimicamente ativado à base de óxido de zinco e eugenol; Life (Kerr), um cimento de hidróxido de cálcio; Ketac Bond (ESPE), um CIV convencional, TimeLine (Caulk), uma resina fotoativada que libera flúor e Cavalite (Kerr) um material fotoativado que contém hidróxido de cálcio. Para cada material foram confeccionadas 20 amostras que foram divididas em dois grupos (n=10). Um grupo foi testado 1 h após a mistura ou fotoativação e o outro grupo foi testado após 24 h. O teste de microdureza foi realizado na parte superior e inferior de cada amostra previamente à aplicação do verniz para constituir um valor padrão. Foram utilizados quatro vernizes: Copalite (Cooleyand Cooley); Universal (Mission White Dental); Contact (Harry J. Bosworth Company) e Barrier (Teledyne Getz). Os resultados revelaram que os valores de microdureza de todos os materiais testados foram maiores no tempo de 24 h, quando comparados ao tempo de 1 h. A microdureza dos materiais diminuiu após a aplicação dos vernizes, com exceção do Cavitec associado ao Universal e do Ketac Bond e Life

associados ao Copalite nas amostras examinadas no tempo de 1 h. A microdureza dos materiais diminuiu pouco com o Copalite e Universal, porém com o Contact e Barrier houve uma diminuição significativa.

Haddad et al.<sup>34</sup> (1992) compararam a eficiência de diferentes materiais utilizados para a proteção superficial de CIV, por meio da espectrofotometria de líquido cintilante. Os materiais utilizados foram: sistema adesivo Scotchbond (3M) – somente o componente resinoso; sistema adesivo Scotchbond (3M) – componente resinoso misturado ao primer; Visar Seal (Den-Mat) – componente resinoso; um material experimental fotoativado à base de silicone (Vivotech) e Ketac Glaze (ESPE) que foi considerado como grupo controle. O CIV utilizado foi o ChemFil II (Dentsply) e o líquido do material, que é água destilada, foi substituída por uma água que possuía o trítio (<sup>3</sup>H) como marcador. O CIV foi manipulado de acordo com as recomendações do fabricante, inseridos em anéis e aço com 10 mm de diâmetro e 4 mm de altura. A seguir, os espécimes foram cobertos com tira matriz de poliéster e duas placas de vidro. Após 6 min da mistura inicial do material, os espécimes foram cobertos com o material de proteção superficial a ser testado e após 9 min do tempo inicial da mistura todos os espécimes foram imersos, separadamente, em recipientes com 1,8 ml de solução salina a 37 °C. Cada espécime foi transferido para um novo recipiente com nova solução salina nos intervalos de tempo de 1, 3, 10, 30, 60, 100, 300 min, 1 e 7 dias. A seguir, em cada recipiente foi mensurado, por meio da espectrofotometria de líquido cintilante, a quantidade de marcador (<sup>3</sup>H) presente. Os resultados revelaram que para todos os materiais, após as primeiras 24 h, houve uma diminuição significativa da perda de água do cimento, sugerindo uma redução da atividade química no interior do cimento devido à maturação progressiva do CIV e que não houve diferença na proteção superficial entre os materiais estudados. Os autores concluíram que o Ketac Glaze e o componente resinoso do sistema

adesivo Scotchbond ofereceram uma proteção superficial muito efetiva. O Visar Seal apresenta uma alta viscosidade que dificulta sua utilização, material experimental demonstrou uma boa proteção, porém não permanece firmemente aderido ao CIV e a mistura dos dois componentes do sistema adesivo Scotchbond 2 resultou em porosidade na superfície do CIV que permitiu a passagem da água no período inicial de endurecimento do material.

Hotta et al.<sup>36</sup> (1992) realizaram um estudo para avaliar a efetividade de diferentes materiais para a proteção superficial de CIV, em ambiente úmido, por meio da utilização de um colorímetro que avalia a alteração de cor do material. Além disso, foi observada por meio do microscópio eletrônico de varredura (MEV) a superfície dos materiais de proteção após exposição à água. Foram testados três tipos de CIV (Fuji Ionomer Tipo I – GC; ChemFil – De Trey; Chelon Fil – ESPE) e quatro tipos de proteção superficial (um verniz e três resinas). Os CIV foram manipulados de acordo com as recomendações do fabricante e após 5 min foram protegidos com os diferentes materiais. As amostras foram armazenadas em água destilada a 37 °C por 24 h, 48 h e 7 dias. Os resultados revelaram que a proteção com sistema adesivo fotoativado (Occluding Bonding Agent – ICI Dental e Bellfeel Brightener – Kanebo LTD) e com o *glaze* (Ketac glaze – ESPE) são os métodos mais efetivos para evitar a movimentação de água através da superfície do CIV. Ao MEV, essas camadas apresentaram-se intactas e houve uma menor alteração na coloração do CIV. Por outro lado, os espécimes protegidos com o verniz (Ketac Varnish – ESPE) apresentaram ao MEV uma perda do material de proteção, resultando assim em uma maior penetração de água no material, demonstrando uma maior alteração da cor do CIV.

Um e Oilo<sup>61</sup> (1992) realizaram um estudo para observar o efeito da imersão em água na superfície de três CIV convencional

(AquaCem – De Trey; Fuji I – GC International; Ketac-Cem – ESPE) e um CIV modificado por resina (Vitrebond – 3M) por meio da mensuração da penetração de corante. A solubilidade desses cimentos também foi comparada aos cimentos de fosfato de zinco (Phosphatine – Svedia Dental Industri) e de poliacarboxilato de zinco (Durelon - ESPE). Foram confeccionados discos dos materiais testados e imersos em solução de azul de metileno a 0,05% após 3, 5, 7 e 10 min do início da manipulação do material e mantidos nessa solução por 3 h a 37 °C. Em seguida, os espécimes foram lavados e observados em um microscópio de luz. Os resultados revelaram a formação de uma zona azulada em todos os cimentos, mas na parte interna do disco, somente nos CIV Fuji I e Ketac-Cem houve a formação de uma zona opaca. O aumento do tempo entre o início da manipulação do material e a imersão na água, diminuiu o tamanho da zona azulada e diminuiu significativamente a perda de substâncias da superfície dos CIV convencionais. Porém, nos CIV modificados por resina, cimento de fosfato de zinco e poliacarboxilato o tempo após a mistura apresentou pouco ou nenhum efeito sobre a perda de substância do material.

Watson e Banerjee<sup>66</sup> (1993) compararam a proteção superficial de um CIV com diferentes materiais (verniz de copal, sistema adesivo sem carga - Heliobond e adesivo dentinário – Pertac Universal Bond) por meio da utilização de um microscópio confocal. Foram confeccionadas 40 cavidades em terceiros molares recém extraídos e em seguida, os dentes foram divididos aleatoriamente em 5 grupos. No Grupo 1 (controle) após restauração do dente, não foi realizada nenhuma proteção superficial e o dente foi imerso em água com o corante rodamina B por 24 h, no Grupo 2 a restauração foi protegida com o verniz de copal aplicado por três vezes, no Grupo 3 após restauração com o CIV, a superfície foi protegida por um sistema adesivo sem carga, no grupo 4 após inserção de uma camada de CIV, a superfície foi protegida por um

sistema adesivo sem carga e restaurada com uma resina e no grupo 5 foi utilizado um adesivo dentinário para a proteção do CIV. Os resultados revelaram que nos espécimes que não receberam proteção houve uma dissolução superficial do CIV responsável por um resultado clínico insatisfatório e que a melhor proteção foi observada com a utilização do adesivo dentinário, que foi capaz de manter-se aderido ao CIV subjacente provavelmente devido a sua propriedade hidrofílica, formando uma barreira contínua à penetração de água.

Serra et al.<sup>57</sup> (1994) avaliaram a efetividade de dez materiais utilizados para a proteção superficial de CIV por meio da determinação da quantidade de absorção de corantes pelo espectrofotômetro. Foram confeccionados 60 cilindros, de 4,5 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, divididos em 10 grupos: A – sem proteção – controle positivo; B - sem corante - controle negativo; C - Sistema adesivo quimicamente ativado (ARM – Johnson & Johnson); D – Sistema adesivo fotoativado (Durafill Bond – Kulzer); E – Sistema Adesivo fotoativado (Bondlite – Kerr); F – Esmalte para unha (Colorama); G – Verniz próprio para proteção do CIV (Shofu); H – Verniz de resina Copal (Copalite – Cooley & Cooley); I – Vaselina (Micronal S.A.); J – Vaselina e Copalite. Após 7 min do início da mistura, os espécimes foram protegidos com seus respectivos materiais. Todos os materiais foram aplicados com o auxílio de um pincel, por duas vezes. Após a proteção, cada espécime foi imerso separadamente em 1 ml de solução de azul de metileno a 0,05% a 37 °C durante 24 h, exceto o grupo B que foi imerso em água destilada. Os resultados revelaram que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos e dentre os materiais testados o esmalte para unha foi o que demonstrou melhores resultados. Os autores concluíram que o esmalte foi o melhor material para proteção e que apesar da eficiência dos outros materiais de proteção ser limitada, foram

significativamente melhores quando comparados ao grupo que não recebeu nenhuma proteção.

Carneiro et al.<sup>7</sup> (1995) avaliaram quantitativamente, por meio de espectrofotometria, a efetividade de agentes de proteção superficial para um CIV restaurador. Foram confeccionados cilindros de CIV (tipo II Shofu) e após 7 min do início da manipulação as amostras foram separadas em 9 grupos, de acordo com a proteção superficial recebida. Grupo 1 – controle negativo – sem corante; grupo 2 – controle positivo – sem proteção; grupo 3 – resina fluida Durafill Bond; grupo 4 – esmalte incolor Risqué; grupo 5 – esmalte incolor Elke Maravilha; grupo 6 – esmalte incolor Colorama; grupo 7 – esmalte incolor Monange; grupo 8 – verniz Shofu; grupo 9 – associação vaselina/verniz Shofu. Após o tratamento superficial, os espécimes foram imersos em solução de azul de metileno a 0,05% a 37 °C por 24 h, exceto o grupo 1 que foi mantido em água destilada. Em seguida, as amostras foram lavadas, lixadas e colocadas separadamente em tubos de ensaio contendo 1 ml de ácido nítrico a 65% por 28 h, até a completa dissolução da amostra. As soluções foram centrifugadas e o sobrenadante foi avaliado ao espectrofotômetro, sendo que, quanto menor o valor de corante por amostra ( $\mu\text{g}$ ), melhor a proteção superficial. Os resultados revelaram que os melhores resultados foram obtidos com os grupos dos esmaltes incolores Colorama e Monange, uma vez que não houve diferença estatisticamente significativa com o controle negativo; o esmalte Elke Maravilha foi menos efetivo que o Colorama, porém proporcionou proteção semelhante ao Monange e superior ao Risqué. As proteções com verniz Shofu, associação vaselina/verniz Shofu, resina fluida Durafill Bond e esmalte Risqué, apresentaram o mesmo grau de efetividade, porém os dois últimos não devem ser utilizados, pois não apresentaram diferença estatisticamente significativa com o controle positivo. Os autores concluíram que vários agentes mostraram-se parcialmente efetivos na

proteção do CIV, mas os melhores resultados foram obtidos com esmaltes de baixa viscosidade.

Burgess et al.<sup>5</sup> (1995) observaram o efeito da contaminação por água, na estabilidade de cor e microdureza de um CIV modificado por resina (Fuji II LC – GC International) e um CIV convencional (Fuji II – GC International). Foram confeccionados 120 discos dos materiais, divididos em 3 grupos. No grupo 1 não houve contaminação, no grupo 2 os espécimes foram contaminados com 1ml de água deionizada que foi pipetada na superfície do material 1min após o início da mistura do material, no grupo 3 os espécimes foram contaminados com 1 ml de água pipetada na superfície do material após 3,5 min do início da mistura do material. A microdureza e alteração de cor foram medidas imediatamente depois do endurecimento inicial do material e 4 semanas após. Os resultados revelaram que para o Fuji II, o grupo 3 apresentou maior mudança na cor quando comparado ao grupo 1, enquanto o grupo 2 não apresentou mudança significativa na cor. Para o Fuji II LC, nos grupos 2 e 3 foram observadas mudanças significantes na cor. Em relação à dureza, todos os materiais apresentaram um aumento nos valores de dureza com o tempo, o Fuji II LC apresentou maiores valores quando comparado ao Fuji II e não houve alteração nos valores de dureza dos materiais após a contaminação com água.

Hotta et al.<sup>35</sup> (1995) observaram a ação da proteção superficial (*glaze*) em três CIV (Fuji Ionomer Type II – GC International; ChemFil – De Trey; Chelon Fil – ESPE), por meio da avaliação da rugosidade superficial, alteração de cor e brilho, dureza superficial, desgaste por ação de escova dental e observações ao MEV, após ciclagem térmica em solução de água destilada e em solução de ácido láctico pH 4,0, simulando as condições bucais. Foram confeccionados três espécimes de cada material para cada grupo estudado. No grupo 1, os

espécimes foram protegidos com um *glaze* (Beefel Brightener- Kanebo) e após 15 min de sua mistura inicial, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37 °C por 48 h. No grupo 2, os espécimes foram armazenados a 37 °C por 48 h e polidos com discos de lixa (Super Snap – Shofu Dental Corp.) e no grupo 3, não foi realizado nenhum tipo de tratamento superficial. A seguir, os espécimes foram submetidos à ciclagem térmica (50.000 ciclos com temperatura variando entre 5 – 55 °C) em solução de água destilada e em solução com 1 mm ácido láctico (pH 4,0). Os resultados revelaram que quanto à rugosidade superficial, alteração de cor e brilho do material e desgaste provocado pela escovação, os espécimes protegidos pelo *glaze* apresentaram-se mais estáveis quando comparados aos espécimes dos grupos 2 e 3. Em relação à dureza superficial, os grupos 2 e 3 apresentaram um decréscimo nos valores de dureza, enquanto no grupo 1 não foi observada alteração significativa nos valores de dureza após a termociclagem, tanto para a água destilada quanto para a solução de ácido láctico. Ao MEV as superfícies dos espécimes do grupo 2 e 3 apresentaram-se muito mais danificadas após a termociclagem na solução de ácido láctico. A proteção superficial com o *glaze* proporcionou ao CIV uma superfície aparentemente mais resistente aos ataques ácidos, podendo ser responsável por uma maior longevidade do material. Os autores concluíram que a proteção superficial é extremamente favorável aos procedimentos clínicos.

Valera et al.<sup>62</sup> (1997) realizaram um estudo para verificar a eficácia de diferentes marcas de esmalte para unha, quando utilizados sozinhos ou associados com vaselina, na proteção superficial de dois CIV por meio da avaliação em espectrofotômetro da absorção de corante. Foram confeccionados 168 espécimes, de 3,0 mm diâmetro e 1,0 mm espessura, de cada CIV testado: Chelon Fil (ESPE) e ChemFil (Dentsply). A seguir, para cada material, as amostras foram divididas em 14 grupos

de acordo com o tipo de proteção superficial recebida. Para a comparação dos resultados, um grupo foi deixado sem proteção. Os resultados revelaram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos testados, com exceção do grupo que não recebeu nenhum tipo de proteção. Os autores concluíram que o esmalte para unha, sozinho ou associado à vaselina, oferece uma proteção efetiva durante a reação de geleificação dos CIV estudados, além de ser vantajoso em relação ao custo/benefício, por ser um material de baixo custo.

### **3 PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste estudo *in vitro* foi avaliar a microdureza de diferentes cimentos de ionômero de vidro, empregados na técnica do ART, variando-se a proteção superficial, em diferentes períodos de armazenamento.

## 4 MATERIAL E MÉTODO

### 4.1 Materiais utilizados

Nesta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais, com seus respectivos fabricantes, descritos no Quadro 1 e representados na Figura 1.

Quadro 1 – Relação dos CIV utilizados na pesquisa e siglas

<b>MATERIAL</b>	<b>PRODUTO</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>LOTE</b>
Cimento de ionômero de vidro convencional	Vidrion R (V)	SS White	019
Cimento de ionômero de vidro indicado para ART	Fuji IX GP (F)	GC Corporation	0509271
Cimento de ionômero de vidro indicado para ART	Magic Glass ART (MG)	Vigodent	010/06
Cimento de ionômero de vidro indicado para ART	Maxxion R (MR)	FGM	0509271
Cimento de ionômero de vidro indicado para ART	ChemFlex (CF)	Dentsply	0412002193
Verniz para proteção superficial	GC Fuji Coat LC	GC Corporation	0509271
Esmalte para unha incolor	Colorama	Procosa Produtos de Beleza Ltda.	bC138



FIGURA 1- Materiais utilizados: a) Vidrion R; b) Fuji IX GP; c) Magic Glass ART; d) Maxxion R; e) ChemFlex; f) GC Fuji Coat LC e Esmalte para unha.

## 4.2 Confeção dos corpos-de-prova

Todos os materiais utilizados foram proporcionados e manipulados de acordo com a recomendação de cada fabricante.

Com o objetivo de padronizar a porção de pó e líquido utilizada, foram realizadas 10 medidas consecutivas de uma porção do pó, para cada material, em uma balança analítica (Mettler Toledo AB-204 - Switzerland) e a partir dessas medidas foi obtida uma média, utilizada como valor padrão, correspondente a uma porção do material. O mesmo procedimento foi realizado com o líquido. O material foi espatulado com o auxílio de uma espátula metálica (Duflex) e placa de vidro.

Os corpos-de-prova para o teste de microdureza foram confeccionados utilizando-se uma matriz de teflon bipartida com quatro cavidades cilíndricas de 3 mm de altura e 3 mm de diâmetro cada (Figura 2). Para cada tipo de CIV foram confeccionados 36 corpos-de-prova.

A matriz foi preenchida com o CIV em um único incremento, com o auxílio de uma espátula de inserção (Duflex), deixando um ligeiro excesso do material e tomando-se cuidado para evitar a inserção de bolhas. Em seguida as cavidades da matriz foram recobertas com uma tira matriz de poliéster (3M), seguida de uma lâmina de vidro de 2 mm de espessura. Para pressionar este conjunto contra a porção superior da matriz e mantê-lo em posição durante 7 min<sup>11</sup> sobre este conjunto foi colocado um peso de 200 g, padronizando-se assim a pressão exercida durante a presa inicial do material. Após a presa inicial, a lâmina de vidro e a tira matriz de poliéster foram removidas e os corpos-de-prova de cada material (Figura 3a) foram subdivididos em três grupos, de acordo com a proteção superficial que foi realizada (Figura 3b).

Para o Fuji IX GP (F), os espécimes foram subdivididos aleatoriamente em três grupos. No grupo F1 (n=12) os espécimes não receberam nenhuma proteção superficial, no grupo F2 (n=12) os

espécimes foram protegidos com uma camada de esmalte para unha, aplicados com o auxílio de um pincel descartável, em toda superfície exposta do cimento seguido de um breve jato de ar. No grupo F3 (n=12) as amostras receberam a aplicação de uma camada do verniz preconizado pelo fabricante, com o auxílio de um pincel descartável, em toda superfície exposta do cimento seguido de um breve jato de ar e fotoativação por 10 s com o aparelho Optilux (Demetron Research Corp. – USA) com intensidade de luz de  $550 \text{ mW/cm}^2$ , medido por um radiômetro Curing Radiometer Model 100 (Demetron Research Corp. – USA).

O mesmo procedimento foi repetido para os outros materiais pesquisados: Magic Glass ART (MG), ChemFlex (CF), Maxxion R (MR) que são CIV indicados para a técnica do ART e Vidrion R (V), um CIV convencional considerado como grupo controle.

Em seguida, todos os espécimes foram imersos em água destilada<sup>1</sup> e armazenados a  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 24 h, 7 e 30 dias para a realização do teste de microdureza.

Os corpos-de-prova receberam acabamento e polimento com lixas d'água 800, 1200 e 4000, por 15 s em cada amostra, em politriz a 600 rpm com refrigeração, para promover uma lisura superficial adequada para a leitura da microdureza.

Após cada período de armazenamento foi realizado um polimento previamente à leitura no microdurômetro, com a lixa d'água 4000, em politriz a 600 rpm com refrigeração, com o objetivo de remover a camada de verniz/esmalte, uma vez que a mesma impedia que a superfície ficasse lisa o suficiente para a realização da leitura .

O esquema do delineamento da metodologia está descrito na Figura 4.

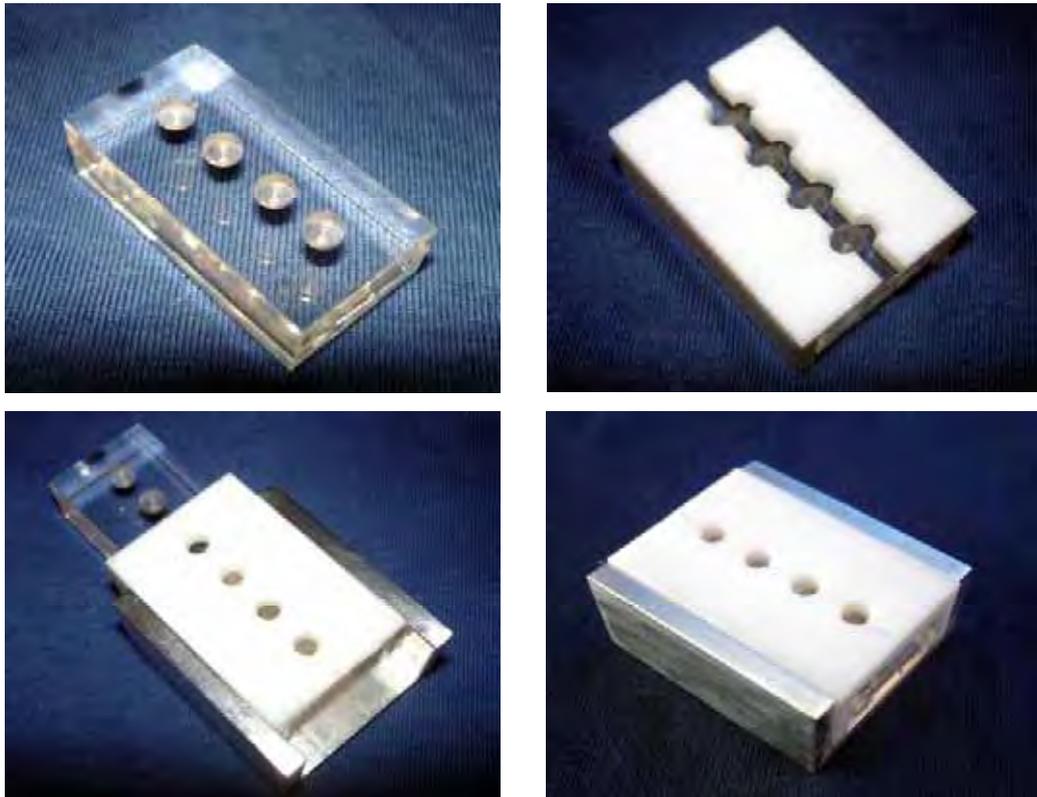


FIGURA 2- Matriz de teflon bipartida utilizada para a confecção dos corpos-de-prova.

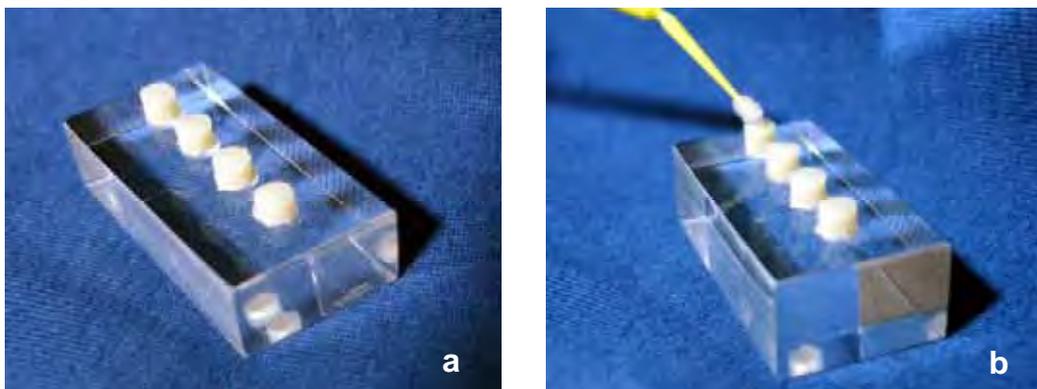


FIGURA 3- Corpos-de-prova: a) sem proteção; b) aplicação do verniz ou esmalte.

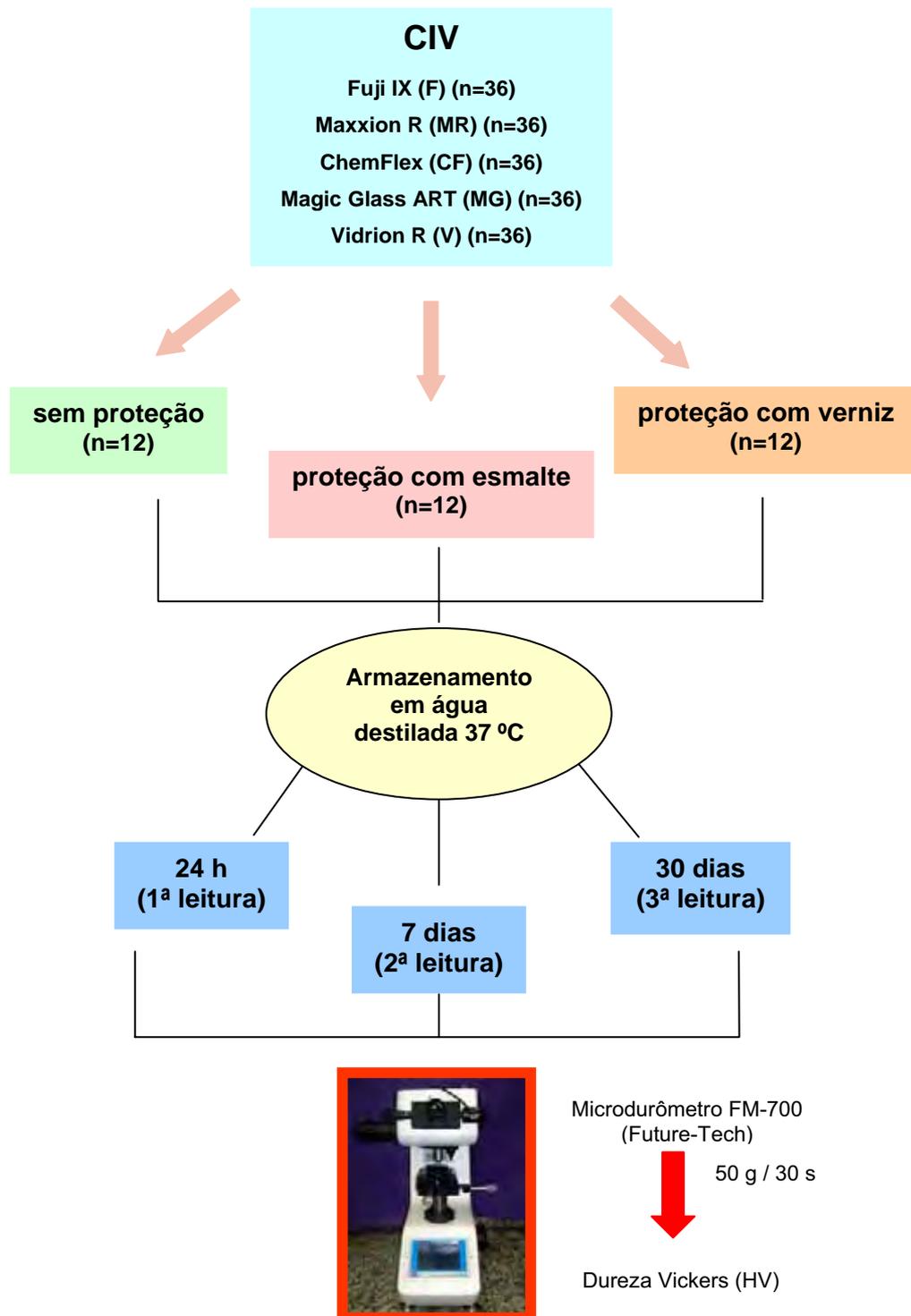


FIGURA 4 – Delineamento da metodologia

### 4.3 Teste de microdureza

Para a avaliação da microdureza, em cada corpo-de-prova foram realizadas duas diagonais, com o auxílio de uma lâmina de bisturi nº 11, dividindo a superfície em quatro quadrantes (Fig. 5). A seguir os corpos-de-prova foram levados ao microdurômetro FM-700 (Future-Tech Corp. Tokyo, Japan), equipado com diamante Vickers que foi aplicado em cada quadrante com uma carga de 50 g por 30 s<sup>74 e 75</sup>.

O diamante Vickers possui uma forma piramidal com base quadrada, produzindo impressões ou edentações com o formato quadrado, sendo que a média da leitura das duas diagonais formadas ( $\mu\text{m}$ ) foi convertida em valores de microdureza Vickers (HV) pelo próprio aparelho (Fig. 5).

Em cada corpo-de-prova foram realizadas quatro leituras (uma em cada quadrante), com o objetivo de compensar a variabilidade das medidas, uma vez que os materiais são de natureza heterogênea, e a média desses valores será utilizada para a análise estatística. Os testes serão repetidos nos tempos de 24h, 7 e 30 dias (Fig. 5).

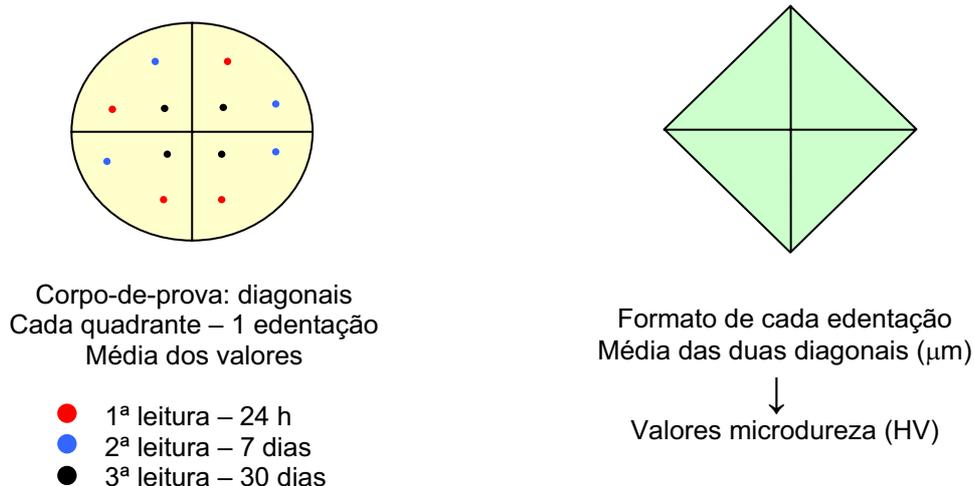


FIGURA 5 – Desenho representativo do corpo-de-prova de CIV, divisões em quadrantes e edentações realizadas.

## 4.4 Análise estatística

### 4.4.1 Delineamento experimental

Com o objetivo de analisar a influência do CIV, da proteção superficial e do tempo de armazenamento na microdureza superficial foi delineado um experimento que segue um esquema fatorial (5x3x3), totalizando 45 condições experimentais sob 12 repetições.

Nesse estudo, cuja unidade experimental é o bloco cilíndrico de CIV, são consideradas três variáveis independentes (ou experimentais): CIV, proteção superficial e o tempo de armazenamento. O primeiro fator relativo ao tipo de CIV apresenta cinco tipos de categoria ou níveis que são os diferentes materiais utilizados: Fuji IX, ChemFlex, Maxxion R, Magic Glass ART e Vidrion R. O segundo fator relativo à proteção superficial apresenta três níveis: sem proteção, proteção com esmalte para unha e proteção com verniz. O terceiro fator relativo ao tempo de armazenamento apresenta três níveis: 24 h, 7 e 30 dias.

A variável dependente (ou resposta) foi a microdureza superficial (HV).

O valor de microdureza considerado na análise estatística foi o valor médio de quatro leituras (uma em cada quadrante) em cada corpo-de-prova.

As condições experimentais estabelecidas pelos fatores CIV e proteção foram designadas aleatoriamente aos blocos de CIV de cada grupo.

As hipóteses de nulidade testadas foram: os diferentes tipos de CIV testados não apresentam diferença nos valores médios de microdureza, a proteção superficial dos CIV não interfere nos valores médios de microdureza dos materiais testados e o tempo de

armazenamento não afeta os valores médios de microdureza dos materiais testados.

#### 4.4.2 Análise dos dados

Obteve-se 540 dados que foram submetidos à análise estatística por meio dos programas computacionais: STATISTIX for Windows (Analytical Software, Inc., versão 8.0, 2003), MINITAB (Minitab, version 14.12, 2004) e STATISTICA (StatSoft, version 5.5, 2000).

A estatística descritiva consistiu no cálculo de médias e desvio padrão.

A estatística inferencial consistiu nos testes: análise de variância de medidas repetidas (a variável tempo como fator repetido) e teste de comparação múltipla de Tukey.

O estudo do efeito interação foi conduzido por meio do gráfico de médias.

O nível de significância escolhido foi o valor convencional de 5%.

## 5 RESULTADOS

Nesse item os dados\* obtidos em nosso ensaio de microdureza serão apresentados em duas partes.

Na primeira, em tabelas, a estatística descritiva dos dados em cada tempo de armazenamento. Na segunda parte, com a inferência estatística, o estudo do relacionamento entre CIV e proteção superficial, separadamente, para os tempo de 24 h, 7 e 30 dias.

As tabelas 1, 2 e 3 apresentam a estatística descritiva dos dados, segundo as condições experimentais.

Tabela 1 - Média ( $\pm$ desvio padrão) dos dados de microdureza (n=12) obtidos no teste segundo as condições experimentais, no tempo de 24 h

CIV	Proteção Superficial		
	Sem proteção	Esmalte	Verniz
Fuji IX	89,85 $\pm$ 3,17	86,89 $\pm$ 3,44	90,42 $\pm$ 2,63
Maxxion R (MR)	64,15 $\pm$ 3,62	62,74 $\pm$ 2,82	59,64 $\pm$ 3,44
ChemFlex	52,52 $\pm$ 3,57	51,76 $\pm$ 3,03	53,66 $\pm$ 5,38
Magic Glass ART (MG)	49,18 $\pm$ 2,88	46,84 $\pm$ 3,89	45,21 $\pm$ 1,89
Vidrion R	35,08 $\pm$ 1,65	37,49 $\pm$ 2,94	38,19 $\pm$ 2,75

\* os dados encontram-se no apêndice

Tabela 2 - Média ( $\pm$ desvio padrão) dos dados de microdureza (n=12) obtidos no teste segundo as condições experimentais, no tempo de 7 dias

CIV	Proteção Superficial		
	Sem proteção	Esmalte	Verniz
Fuji IX	97,79 $\pm$ 3,71	100,80 $\pm$ 3,39	95,87 $\pm$ 3,23
Maxxion R (MR)	61,56 $\pm$ 4,10	63,15 $\pm$ 2,74	62,64 $\pm$ 3,25
ChemFlex	64,68 $\pm$ 1,70	63,91 $\pm$ 4,54	66,89 $\pm$ 3,22
Magic Glass ART (MG)	50,90 $\pm$ 1,96	54,37 $\pm$ 2,42	52,83 $\pm$ 2,32
Vidrion R	42,55 $\pm$ 1,76	50,33 $\pm$ 3,47	50,40 $\pm$ 2,98

Tabela 3 - Média ( $\pm$ desvio padrão) dos dados de microdureza (n=12) obtidos no teste segundo as condições experimentais, no tempo de 30 dias

CIV	Proteção Superficial		
	Sem proteção	Esmalte	Verniz
Fuji IX	98,77 $\pm$ 2,64	100,99 $\pm$ 4,10	103,27 $\pm$ 4,39
Maxxion R (MR)	68,88 $\pm$ 3,91	68,68 $\pm$ 3,05	68,92 $\pm$ 4,19
ChemFlex	69,13 $\pm$ 3,58	68,29 $\pm$ 2,81	67,46 $\pm$ 3,63
Magic Glass ART (MG)	50,87 $\pm$ 2,02	53,89 $\pm$ 1,52	52,47 $\pm$ 1,83
Vidrion R	45,95 $\pm$ 1,34	51,10 $\pm$ 2,62	49,59 $\pm$ 1,72

Pode-se verificar, pelas Tabelas 1, 2 e 3 que o CIV Fuji IX apresentou os maiores valores médios de microdureza, independentemente do tipo de proteção superficial utilizada e do tempo de armazenamento, enquanto o Vidrion R apresentou os menores valores médios de microdureza e os outros materiais testados ocuparam posições intermediárias.

Os valores médios de microdureza dos CIV estudados, com exceção do tempo de 24 h, seguem a seguinte ordem decrescente: Fuji IX > ChemFlex > Maxxion R > Magic Glass ART > Vidrion R.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste estatístico da análise de variância (ANOVA de medidas repetidas), para estudarmos a influência das variáveis: tipo de CIV, proteção superficial e tempo de armazenamento nos valores de microdureza obtidos e foi observado que houve diferença estatisticamente significativa entre todas as variáveis estudadas, Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados ANOVA (medidas repetidas) para os três fatores em estudo

Fonte de variação	gl	SQ	QM	F	p
CIV	4	171439	42859,8	3950,89	0,0001*
Proteção superficial (PS)	2	169	84,5	7,79	0,0006*
CIV X PS	8	566	70,8	6,52	0,0001*
Resíduo I	165	1790	10,8		
Tempo (T)	2	10322	5161,2	554,00	0,0001*
CIV X T	8	2298	287,3	30,83	0,0001*
PS X T	4	281	70,3	7,55	0,0001*
CIV X PS X T	16	523	32,7	3,51	0,0001*
Resíduo II	330	3074	9,3		
Total	539	190463			

\*p<0,05

Verificou-se que o teste de ANOVA de medidas repetidas para os três fatores em estudo (Tabela 4) indica que o efeito interação entre as três variáveis em estudo é estatisticamente significativo ( $F_{gl(16;330)} = 3,51$ ;  $p = 0,001 < 0,05$ ). Esse efeito pode ser observado, mediante o gráfico de médias, Figura 6, indicando que o relacionamento CIV X tempo de armazenamento sem a proteção superficial, não é o mesmo relacionamento com a proteção superficial com o esmalte e com o verniz.

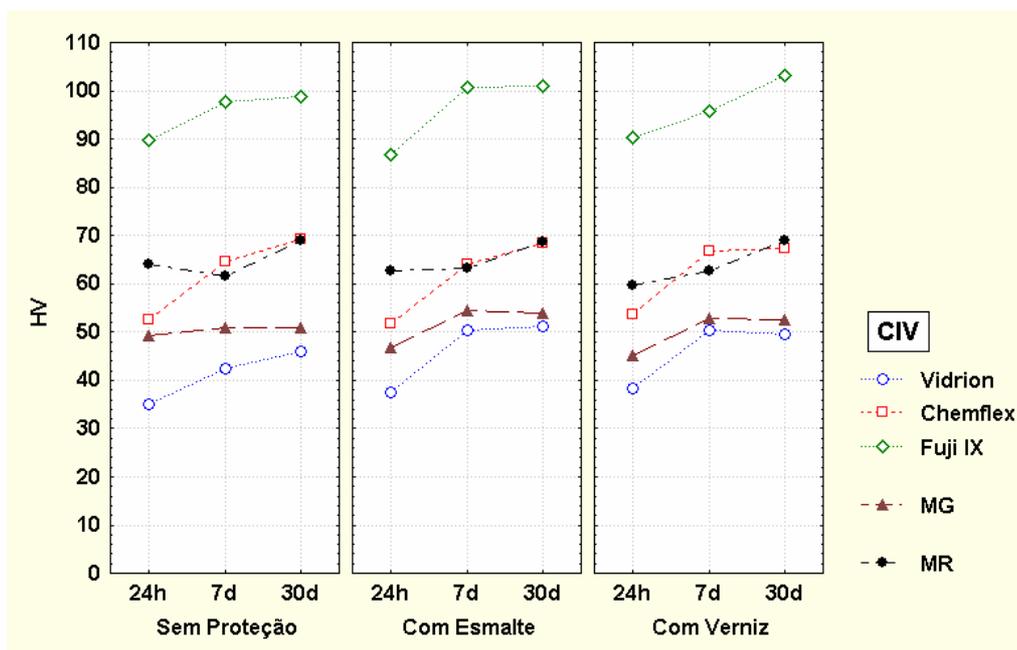


FIGURA 6 - Gráfico dos valores médios de microdureza referente às condições experimentais estabelecidas pelas três variáveis experimentais em estudo: CIV, proteção superficial e tempo de armazenamento.

De uma forma geral com exceção do CIV Maxxion R, podemos observar que as médias dos CIV foram aumentando com o aumento do tempo de armazenamento. No intervalo entre o 24 h e 7 dias o aumento das médias foi mais acentuado quando comparado ao intervalo entre 7 e 30 dias, na maior parte dos materiais.

A seguir, estudaremos o relacionamento entre CIV e proteção superficial, separadamente, para os tempos de 24 h, 7 e 30 dias, com o auxílio da estatística inferencial.

### Tempo de 24 h

A tabela 5 mostra a comparação das médias obtidas para o tempo de 24 h.

Tabela 5 - Tempo de 24 h. Comparação de médias. Resultado do teste de Tukey (5%) para as 15 condições experimentais estabelecidas pelas variáveis: CIV e proteção superficial

Condições experimentais		Média (HV)	Grupos homogêneos*	
CIV	Proteção Superficial			
Fuji IX	Sem	89,850	A	
Fuji IX	Esmalte	86,891	A	
Fuji IX	Verniz	90,424	A	
Maxxion R	Sem	64,148	B	
Maxxion R	Esmalte	62,744	B C	
Maxxion R	Verniz	59,636	C	
Chemflex	Sem	52,521	D	
Chemflex	Esmalte	51,763	D	
Chemflex	Verniz	53,662	D	
Magic Glass ART	Sem	49,184	D E	
Magic Glass ART	Esmalte	46,837	E	
Magic Glass ART	Verniz	45,212	E	
Vidrion	Sem	36,920	F	
Vidrion	Esmalte	37,492	F	
Vidrion	Verniz	38,192	F	

\*valores médios seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente

Para o Tempo de 24 h, quando se efetuou o teste de comparação de médias de Tukey (5%) para as 15 condições experimentais estabelecidas pelas variáveis CIV e proteção superficial foi possível estabelecer seis grupos, que indicam o mesmo comportamento (Tabela 5).

Os maiores valores médios de microdureza foram obtidos pelo Fuji IX, sem apresentar diferença significativa entre os tipos de proteção utilizados. O CIV que apresentou os menores valores médios de microdureza, após 24 h de armazenamento foi o Vidrion R e não houve diferença entre os diferentes tipos de proteção utilizados.

Em relação aos CIV ChemFlex e Magic Glass ART, não foi observada diferença significativa nos valores médios de microdureza quando comparados os diferentes tipos de proteção superficial utilizados, contudo os espécimes do CIV Chemflex apresentaram valores médios de microdureza significativamente maiores quando comparados aos do Magic Glass ART que receberam a proteção com esmalte ou verniz.

O Maxxion R foi o único material que apresentou valores médios de microdureza que apresentaram diferenças estatisticamente significantes com os diferentes tipos de proteção utilizados. A condição proteção com verniz apresentou valores médios de microdureza significativamente menores quando comparada à condição sem proteção. Contudo, a condição proteção com esmalte não diferiu estatisticamente da condição sem proteção.

### **Tempo de 7 dias**

A tabela 6 mostra a comparação das médias obtidas para o tempo de 7 dias.

Tabela 6 - Tempo de 7 dias. Comparação de médias. Resultado do teste de Tukey (5%) para as 15 condições experimentais estabelecidas pelas variáveis: CIV e proteção superficial

Condições experimentais		Média (HV)	Grupos homogêneos*
CIV	Proteção Superficial		
Fuji IX	Sem	97,79	A B
Fuji IX	Esmalte	100,80	A
Fuji IX	Verniz	95,87	B
Maxxion R	Sem	61,56	C
Maxxion R	Esmalte	63,15	C D
Maxxion R	Verniz	62,64	C D
Chemflex	Sem	64,68	C D
Chemflex	Esmalte	63,91	C D
Chemflex	Verniz	66,89	D
Magic Glass ART	Sem	50,90	E
Magic Glass ART	Esmalte	54,37	E
Magic Glass ART	Verniz	52,83	E
Vidrion	Sem	42,55	F
Vidrion	Esmalte	50,32	F
Vidrion	Verniz	50,40	F

\*valores médios seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente

Para o tempo de 7 dias, quando se efetuou o teste de comparação de médias de Tukey (5%) para as 15 condições experimentais estabelecidas pelas variáveis CIV e proteção superficial foi possível estabelecer seis grupos, que indicam o mesmo comportamento (Tabela 6).

O CIV que apresentou as melhores médias de microdureza, após 7 dias de armazenamento, foi o Fuji IX. A proteção com esmalte para unha apresentou médias significativamente maiores quando comparadas às obtidas com a proteção com verniz, porém não houve diferença significativa entre a condição sem proteção e os dois tipos de proteção utilizados.

Nos CIV Maxxion R e ChemFlex, não houve diferença estatisticamente significativa nos valores médios de microdureza com a utilização dos diferentes tipos de proteção superficial, com exceção das amostras do CIV Chemflex que receberam a proteção com o verniz que apresentaram valores médios de microdureza significativamente maiores quando comparadas às amostras do CIV Maxxion R que não receberam nenhum tipo de proteção.

O Magic Glass ART e o Vidrion R foram os materiais que apresentaram as menores médias de microdureza, pode-se observar que, para ambos os materiais, a utilização do esmalte para unha ou do verniz para a proteção superficial dos espécimes não promoveu nenhuma alteração nos valores médios de microdureza observados.

### **Tempo de 30 dias**

A tabela 7 mostra a comparação das médias obtidas para o tempo de 30 dias.

Tabela 7 - Tempo de 30 dias. Comparação de médias. Resultado do teste de Tukey (5%) para as 15 condições experimentais estabelecidas pelas variáveis: CIV e proteção superficial

Condições experimentais		Média (HV)	Grupos homogêneos*
CIV	Proteção Superficial		
Fuji IX	Sem	98,77	B
Fuji IX	Esmalte	100,99	A B
Fuji IX	Verniz	103,27	A
Maxxion R	Sem	68,88	C
Maxxion R	Esmalte	68,68	C
Maxxion R	Verniz	68,92	C
Chemflex	Sem	69,13	C
Chemflex	Esmalte	68,29	C
Chemflex	Verniz	67,46	C
Magic Glass ART	Sem	50,88	D E
Magic Glass ART	Esmalte	53,89	E
Magic Glass ART	Verniz	52,47	D E
Vidrion	Sem	45,95	F
Vidrion	Esmalte	51,10	D E
Vidrion	Verniz	49,59	E F

\*valores médios seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente

Para o tempo de 30 dias, quando se efetuou o teste de comparação de médias de Tukey (5%) para as 15 condições experimentais estabelecidas pelas variáveis CIV e proteção superficial foi possível estabelecer seis grupos, que indicam o mesmo comportamento (Tabela 7).

O Fuji IX apresentou os maiores valores médios de microdureza, sendo que os maiores valores médios de microdureza correspondem às amostras que receberam a proteção com verniz e houve uma diferença estatisticamente significativa quando comparados aos valores médios das amostras que não receberam nenhum tipo de proteção superficial.

Pode ser observado que os CIV Maxxion R e o ChemFlex não apresentaram valores médios de microdureza que diferiram estatisticamente, independente da proteção superficial utilizada.

No grupo do CIV Magic Glass ART não houve diferença estatisticamente significativa entre os tipos de proteção superficial utilizados.

Para o Vidrion R, a condição sem proteção foi a que apresentou os menores valores médios de microdureza, diferindo estatisticamente da condição que recebeu proteção com esmalte para unha.

## 6 DISCUSSÃO

O CIV é um material restaurador que surgiu da evolução do cimento de silicato e do cimento de policarboxilato de zinco, na tentativa de combinar as características de biocompatibilidade e adesividade de ambos os materiais<sup>69</sup>. Devido suas características adesivas e de liberação de flúor foi o material de eleição para a utilização na técnica do ART<sup>29</sup>.

Os CIV indicados para a técnica do ART são os CIV de alta viscosidade, que possuem uma maior proporção pó-líquido, resultando em um material que apresenta um menor desgaste superficial e tempo de presa, quando comparados aos CIV convencionais<sup>26 e 33</sup>, o que facilita sua utilização em áreas onde há ausência de energia elétrica para a utilização de sugadores de saliva.

Contudo, o custo desses materiais para a aplicação em saúde pública, no Brasil, é muito elevado (aproximadamente \$ 106,00) o que levou ao surgimento de materiais nacionais indicados para tal fim. Nesta pesquisa, estudamos a microdureza de diferentes materiais indicados para a técnica do ART e verificamos também a influência da proteção superficial e o tempo de armazenamento, que são fatores que podem ser relacionados com a longevidade do material.

De acordo com Anusavice<sup>3</sup>, em 2005, o termo dureza está relacionado à resistência que um material apresenta à edentação. Os testes de dureza superficial parecem apropriados para avaliar a degradação e durabilidade de materiais dentários, para observar o efeito de meios de armazenamento na superfície, como indicativo de resistência ao desgaste e durabilidade e também para monitorar o processo de endurecimento dos cimentos<sup>1, 2, 5, 20, 24, 31, 32, 35, 44 e 48</sup>.

A análise da dureza superficial tem sido utilizada como metodologia para avaliar e comparar o comportamento da estrutura dental e de materiais odontológicos quando estes são submetidos a diversas condições e tratamentos, fornecendo dados a respeito da perda e ganho mineral nos tecidos dentais ou variação na consistência, e, conseqüentemente, nas propriedades finais dos materiais<sup>11</sup>.

Em nosso estudo, com a utilização do teste de dureza Vickers, foi possível comparar os diferentes CIV indicados para a técnica do ART, a influência da presença ou ausência de proteção superficial e do tempo de armazenamento nesses materiais.

A dureza superficial pode ter uma correlação negativa com o desgaste dos materiais, ou seja, quanto maior a dureza superficial, menor será o desgaste do material quando submetido às cargas mastigatórias<sup>14, 15, 49 e 53</sup>.

Em estudos realizados por Ellakuria et al.<sup>20</sup>; Peutzfeldt et al.<sup>49</sup>; Wang et al.<sup>65</sup>; Xie et al.<sup>71</sup> e Yap et al.<sup>76</sup> os CIV indicados para a técnica do ART apresentaram valores de microdureza maiores quando comparados aos CIV convencionais, aos CIV-MR e aos CIV reforçados com partículas metálicas. Estes estudos concordam com nossos achados, uma vez que os CIV indicados para a técnica do ART utilizados nesta pesquisa demonstraram valores médios de microdureza significativamente maiores quando comparados ao grupo controle (Vidrion R), com exceção do CIV Magic Glass ART, no tempo de 30 dias, que não apresentou diferença significativa quando comparado ao grupo controle.

Neste estudo podemos observar que o CIV Fuji IX, em todas as condições experimentais estudadas, apresentou valores médios de microdureza significativamente maiores quando comparado aos outros CIV estudados (Tabelas 1, 2 e 3), provavelmente devido ao aumento da proporção pó-líquido, concordando com os achados de Guggenberger et al.<sup>33</sup>; Peutzfeldt et al.<sup>49</sup>; Raggio<sup>53</sup>; Xie et al.<sup>71</sup> e Yap et al.<sup>74</sup>.

Alguns fatores como o meio e o tempo de armazenamento e o tipo de proteção superficial utilizada nas amostras podem alterar a microdureza dos CIV.

Em relação ao meio de armazenamento, foi observado por Mojon et al.<sup>44</sup> e Okada et al.<sup>48</sup> que o armazenamento realizado em saliva artificial apresentou melhores valores de microdureza quando comparados ao armazenamento em água destilada. De acordo com Okada et al.<sup>48</sup>, os valores de microdureza nas amostras armazenadas em saliva artificial foram maiores quando comparadas às amostras armazenadas em água destilada provavelmente devido à incorporação de íons cálcio e fósforo provenientes da saliva. Em um estudo realizado por Raggio<sup>53</sup> as amostras foram armazenadas em solução oleosa (parafina líquida) para que não houvesse nenhuma interação da água proveniente do meio externo no processo de endurecimento do material, que poderia alterar os valores de microdureza.

Em nosso estudo, o armazenamento dos corpos-de-prova foi realizado em água destilada, baseado nos achados de Aliping-McKenzie<sup>1</sup>, onde foi observado que não houve alterações relacionadas com a dureza superficial após armazenamento do CIV em água destilada após um ano.

Com relação ao tempo de armazenamento podemos observar que em nosso estudo, com exceção do Maxxion R, houve um aumento dos valores de microdureza com o aumento do tempo de armazenamento (Figura 10), concordando com os achados de Aliping-McKenzie<sup>1</sup>; Burgess et al.<sup>5</sup>; Earl et al.<sup>18</sup>; Okada et al.<sup>48</sup>; Raggio<sup>53</sup>; Van Duinen et al.<sup>64</sup>; Xie et al.<sup>71</sup>; Yao et al.<sup>73</sup> e Yap et al.<sup>74 e 75</sup>, o que nos leva a rejeitar a hipótese de nulidade, uma vez que o tempo de armazenamento influenciou nos valores médios de microdureza dos CIV testados.

Pode-se observar (Figura 6) que o aumento dos valores de microdureza em nosso estudo, no intervalo entre 24 h e 7 dias, foi mais acentuado e no intervalo entre 7 e 30 dias esse aumento foi mais

uniforme, o que caracteriza a reação de presa do material<sup>15, 20, 73 e 74</sup>. Esse aumento da microdureza dos materiais estudados provavelmente está relacionado com a reação ácido-básica que ocorre de forma lenta e contínua, onde prótons atacam e degradam a estrutura do vidro de aluminossilicato, liberando íons cálcio, estrôncio e alumínio que reagem com os grupos carboxílicos. Esta última reação, que forma a ligação cruzada das cadeias de policarboxilatos é um processo contínuo e que perdura por um longo período<sup>45</sup>.

Nos trabalhos que comparam os valores de microdureza dos CIV com leituras realizadas imediatamente após a presa inicial do material, após 15 min, 1 h e 24 h de armazenamento, foi observado que após o armazenamento por 24 h há um aumento significativo nos valores de microdureza<sup>5, 11, 20, 31, 51 e 71</sup>. Este fenômeno ocorre, pois a reação de presa dos CIV convencionais ocorre basicamente pela interação do vidro de alumínio silicato de cálcio com uma solução aquosa de ácido poliacrílico. Logo após a mistura do pó e do líquido, as partículas de vidro são atacadas pelo ácido, liberando íons cálcio e alumínio. Em seguida há a formação de ligações iônicas, entre cátions e poliânions, formando sais que constituem a matriz do cimento. Nesta fase denominada fase inicial ou de geleificação, formam-se cadeias de poliacrilato de cálcio extremamente susceptíveis à exposição a fluidos aquosos. Com a maturação do cimento que ocorre aproximadamente em 24h, há a formação de cadeias mais resistentes e menos solúveis, de poliacrilato de alumínio originando uma matriz final mais estável<sup>7, 20, 31 e 70</sup>, por isso o tempo inicial para a leitura dos valores de microdureza, em nosso estudo, foi realizada em 24h.

O equilíbrio hídrico é de fundamental importância para a formação de uma matriz estável, portanto para que haja maturação satisfatória do cimento, é necessária uma proteção superficial do material durante a presa inicial<sup>17, 34, 35, 36, 65 e 68</sup>. De acordo com Causton<sup>10</sup>, Mount e Makinson<sup>46</sup>, um agente ideal deve proteger o CIV no mínimo por uma

hora. Porém, estudos realizados por Earl e Ibbetson<sup>18</sup> demonstraram que a proteção por 24 h aumenta a resistência relativa à desintegração.

Os estudos para avaliar as proteções superficiais utilizadas durante a presa do material são escassos. Foram encontrados estudos que quantificam a liberação do trítio marcado da superfície do CIV por meio da espectrofotometria<sup>17, 19 e 34</sup>, que avaliam por meio da utilização de um colorímetro a efetividade de diferentes materiais utilizados para a proteção superficial<sup>36 e 51</sup> e outros quantificam a penetração de corantes no material<sup>7, 46, 57 e 61</sup>. Esses estudos evidenciam que a umidade ou ressecamento precoce do CIV causaram danos que comprometem as propriedades físicas do material.

Alguns trabalhos correlacionam a microdureza superficial com a proteção superficial. Em um estudo realizado por Hotta et al.<sup>35</sup> foi observado que os CIV que receberam proteção superficial previamente à termociclagem em água destilada ou em ácido láctico apresentaram melhores valores de microdureza quando comparados aos CIV que não receberam nenhum tipo de proteção superficial. Mojon et al.<sup>44</sup> observaram que um CIV utilizado para cimentação de peças protéticas apresentou piores valores de microdureza após armazenamento em água por uma semana, evidenciando que a presença de água durante a fase de geleificação do material pode resultar em um material mais fragilizado.

Por outro lado, foi observado por O'hara et al.<sup>47</sup>; Yang e Chan<sup>72</sup> que a utilização de um verniz cavitário para a proteção superficial de CIV diminuiu os valores de microdureza superficial. Este fenômeno provavelmente ocorreu porque a medida dos valores médios de microdureza correspondeu à camada de verniz e não do material testado.

Em nosso estudo, imediatamente antes de cada leitura do material, os corpos-de-prova receberam polimento com lixas d'água granulações 1200 e 4000 com o objetivo de se remover a camada de verniz ou esmalte para evitar que o teste de microdureza realizado aferisse a camada de verniz ou esmalte e para melhorar a lisura de

superfície, pois a proteção superficial impossibilitava a leitura das edentações.

Diante dos resultados obtidos, pudemos observar em nosso estudo que, em relação à proteção superficial, os valores médios de microdureza dos CIV estudados não apresentaram o mesmo comportamento independentemente dos tempos testados, o que nos leva a rejeitar a hipótese de nulidade.

No tempo de 24 h (Tabela 5), foi observado em nosso estudo que somente o CIV Maxxion R (MR) apresentou valores médios de microdureza que diferiram estatisticamente em relação à proteção superficial utilizada. As amostras que não receberam a proteção superficial apresentaram melhores médias de microdureza quando comparadas às amostras que receberam a proteção com verniz, concordando com os achados de Serra et al.<sup>57</sup>, onde sistemas adesivos fotoativados ou ativados quimicamente não promoveram uma proteção superficial satisfatória, provavelmente devido ao elevado ângulo de contato formado entre o adesivo e o cimento que pode ter prejudicado a união destes dois materiais. De acordo com Earl et al.<sup>19</sup> e Watson e Banerjee<sup>66</sup> a utilização de vernizes para a proteção superficial, específicos ou não, não impediu o movimento da água do CIV para o ambiente externo provavelmente devido à evaporação do solvente que está presente em sua composição, que torna o verniz poroso permitindo assim o movimento de água no interior do material.

Em relação ao tempo de 7 dias (Tabela 6), foi observado em nossos resultados que somente o CIV Fuji IX apresentou diferença estatisticamente significativa em relação ao tipo de proteção superficial utilizada. As amostras que receberam a proteção superficial com esmalte para unha apresentaram valores médios de microdureza significativamente melhores quando comparadas às amostras protegidas com o verniz, concordando com os achados de Valera et al.<sup>62</sup> e Serra et al.<sup>57</sup>, que acreditam que a efetividade do esmalte está relacionada com a

resistência à desintegração, baixa permeabilidade e a sua natureza hidrofóbica, além do esmalte apresentar uma baixa viscosidade. De acordo com Mount<sup>45</sup>, essa baixa viscosidade do esmalte favorece a formação de um ângulo de contato que permite uma melhor adaptação do esmalte ao cimento ionomérico, proporcionando assim um melhor selamento.

Para o tempo de 30 dias (Tabela 7) foi observado em nosso estudo que as amostras do CIV Fuji IX que foram protegidas com verniz apresentaram valores médios de microdureza significativamente maiores quando comparadas às amostras que não receberam nenhum tipo de proteção, concordando com os achados de Yao et al.<sup>73</sup> que concluíram que a utilização da proteção superficial com vernizes fotoativados sem carga à base de Bis-GMA (bisfenol A-diglicidil éter dimetacrilato) demonstrou uma proteção satisfatória dos CIV. Causton et al.<sup>10</sup> observaram que a utilização de um verniz para proteção superficial, durante 30 dias, proporcionou uma redução no coeficiente de difusão de água em 89% e uma perda de água de 5,5%, indicando que os CIV que foram protegidos com verniz apresentaram uma hidratação melhor quando comparados aos CIV expostos à água precocemente. No estudo realizado por Watson e Banerjee<sup>66</sup> foi observado que adesivos sem carga para a proteção do CIV permitem a penetração de água entre o CIV e o adesivo, contudo essa proteção produziu um CIV menos fragilizado quando comparado ao CIV que foi deixado sem proteção e que uma proteção com um material hidrofílico e não volátil seria mais efetiva.

Neste mesmo tempo de estudo, podemos observar que as amostras do CIV Vidrion R apresentaram melhores valores médios de microdureza quando foram protegidas com esmalte para unha, comparadas àquelas que não receberam proteção, concordando com os achados de Carneiro et al.<sup>7</sup> e Cerqueira-Leite et al.<sup>11</sup>, evidenciando que a proteção superficial contra a umidade foi fundamental para a manutenção do processo de endurecimento do material.

Uma grande vantagem na utilização dos esmaltes para unha na proteção superficial de CIV, considerando-se especialmente a técnica do ART é o seu baixo custo quando comparado ao verniz do Fuji IX (o custo do verniz é aproximadamente 30 vezes mais elevado quando comparado ao esmalte) e, atualmente o verniz fornecido pelo fabricante do material no kit do Fuji IX é fotoativado, o que dificulta a utilização na técnica do ART propriamente dita, sem a presença de energia elétrica.

Em relação à toxicidade do esmalte para unha, de acordo com Doviak<sup>16</sup> citado por Carneiro et al.<sup>7</sup>, normalmente os componentes dos esmaltes para unha geralmente são: nitrocelulose, resina incolor obtida de formaldeído e tolueno sulfonamida, dibutilflalato, acetato de etila, acetato de butila e tolueno. Embora a inalação ou ingestão desses compostos em quantidades elevadas possa levar a uma intoxicação, os acidentes são raros, mesmo em nível ocupacional ou industrial. A quantidade a ser usada para proteger uma restauração é mínima, e por um curto espaço de tempo, podendo considerar que o emprego de esmalte incolor como agente de proteção superficial para os CIV não apresenta riscos à saúde.

Podemos observar em nosso estudo, que para alguns CIV, nos diferentes tempos de armazenamento estudados, não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores médios de microdureza na presença da proteção superficial (esmalte ou verniz) ou na sua ausência. Contudo, sugere-se que a proteção superficial ainda seja realizada, devido a prolongada reação de geleificação do material e sua grande susceptibilidade em absorver ou perder a água.

De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, o CIV Fuji IX indicado para a técnica do ART apresentou os melhores valores médios de microdureza quando comparado aos outros materiais testados, porém seu alto custo dificulta seu emprego na saúde pública. Dentre os materiais nacionais testados, o CIV Maxxion R apresentou melhor desempenho, podendo ser utilizado para tal fim.

Portanto, sugere-se que outros estudos com o objetivo de complementação para este trabalho sejam desenvolvidos para que a utilização dos CIV seja realizada aproveitando-se ao máximo de suas propriedades e tentando-se minimizar suas deficiências.

## 7 CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia empregada neste estudo e a análise estatística dos dados obtidos podemos concluir que:

- a) os CIV indicados para a técnica do ART apresentaram maiores valores médios de microdureza superficial quando comparados ao grupo controle;
- b) a proteção superficial dos CIV não foi significativa em algumas condições experimentais estudadas, sendo significativa somente para o Maxxion R no tempo de 24h, para o Fuji IX no tempo de 7 dias e para o Fuji IX e Vidrion R no tempo de 30 dias;
- c) o fator armazenamento interferiu na microdureza superficial de todos os CIV testados, houve um aumento dos valores médios de microdureza com o aumento do período de armazenamento.

## 8 REFERÊNCIAS \*

1. Aliping-McKenzie M, Linden RWA, Nicholson JW. The effect of saliva on surface hardness and water sorption of glass ionomers and compomers. *J Mater Sci Mater Med.* 2003 Oct.; 14(10): 869-73.
2. Andrade MF, Porto CLA, Cicilini S, Porto Neto ST. Estudo da dureza superficial dos cimentos de ionômero de vidro. *ROBRAC.* 1994 set.; 4(12): 10-3.
3. Anusavice KJ. *Philips, materiais dentários.* Rio de Janeiro: Elsevier; 2005. p. 92-4.
4. Bresciani E, Barata TJE, Fagundes TC, Adachi A, Terrin MM, Navarro MFL. Compressive and diametral tensile bond strength of glass ionomer cements. *J Appl Oral Sci.* 2004 Dec.; 12(4): 344-8.
5. Burgess JO, Berry TG, Nicholson JW, Cardenas HL. Color and microhardness of glass ionomer normal and contaminated [Abstract 773]. *J Dent Res.* 1995; 74 (sp.iss): 108.

---

\*Baseado em:

International Committee of Medical Journal Editors. Bibliographic Services Division. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals: simple references [homepage na Internet]. Bethesda: US Nacional Library; c2003 [ disponibilidade em 2006 fev; citado em 20 mar.]. Disponível em: [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)

6. Caldas Júnior AF, Marcenes W, Sheiham A. Reasons for tooth extraction in a Brazilian population. *Int Dent J*. 2000 Oct.; 50(5): 267-73.
7. Carneiro MM, Serra MC, Paulillo LAMS, Navarro, MFL, Taga E. Avaliação de agentes de proteção superficial para cimento de ionômero de vidro. *Rev Bras Odontol*. 1995 maio/jun.; 52(3):12-5.
8. Carvalho CKS, Bezerra ACB. Microbiological assessment of saliva from children subsequent to atraumatic restorative treatment (ART). *Int J Paediatr Dent*. 2003 May; 13(3): 186-92.
9. Cattani-Lorente MA, Godin C, Meyer JM. Mechanical behavior of glass ionomer cements affected by long term storage in water. *Dent Mater*. 1994 Jan.; 10(1): 37-44.
10. Causton BE. The physico-mechanical consequences of exposing glass ionomer cements to water during setting. *Biomaterials*. 1981 Apr.; 2(2): 112-5.
11. Cerqueira-Leite JBB, Giro EMA, Cruz CAS. Estudo comparativo da dureza superficial de cimentos ionoméricos restauradores submetidos a condições de umidade e dessecação. *Rev Odontol UNESP*. 1999 jan./jun.; 28(1): 119-35.
12. Cole BOI, Welbury RR. The atraumatic restorative treatment (ART) technique: does it have a place in everyday practice? *Dent Update*. 2000 Apr.; 27(3): 118-23.

13. Cox CF, Suzuki S. Re-evaluating pulp reaction: calcium hydroxide liners vs cohesive hybridization. *J Am Dent Assoc.* 1994 July; 125(7): 823-31.
14. De Gee AJ, Van Duinen RNB, Werner A, Davidson CL. Early and long-term wear of conventional and resin-modified glass ionomers. *J Dent Res.* 1996 Aug.; 75(8): 1613-9.
15. De Moor RJG, Verbeeck RMH. Changes in surface hardness of conventional restorative glass ionomer cements. *Biomaterials.* 1998 Dec.; 19(24): 2269-75.
16. Doviak WC. Nail lacquers removers. In: Balsam MS, Sagarin E. *Cosmetics: science and technology.* 2ed. New York: John Wiley e Sons, 1972. 2v. *apud* Carneiro MM, Serra MC, Paulillo LAMS, Navarro, MFL, Taga E. Avaliação de agentes de proteção superficial para cimento de ionômero de vidro. *Rev Bras Odontol.* 1995 maio/jun.; 52(3): 12-5.
17. Earl MSA, Hume WR, Mount GJ. Effect of varnishes and other surface treatments on water movement across glass ionomer cement surface. *Austr Dent J.* 1985 Aug.; 30(4): 298-301.
18. Earl MSA, Ibbetson RJ. The clinical disintegration of a glass ionomer cement. *Br Dent J.* 1986 Oct.; 161(8): 287-91.
19. Earl MSA, Mount GJ, Hume WR. The effect of varnishes and other surface treatments on water movement across glass ionomer cement surface II. *Austr Dent J.* 1989 Aug.; 34(4): 326-9.

20. Ellakuria J, Triana R, Mínguez N, Soler I, Ibaseta G, Maza J et al. Effect of one-year water storage on the surface microhardness of resin-modified versus conventional glass ionomer cements. *Dent Mater.* 2003 June; 19(4): 286-90.
21. El Mallakh BF, Sarkar NK. Fluoride release from glass ionomer cement de-ionized water and artificial saliva. *Dent Mater.* 1990 Apr.; 6(2): 118-22.
22. Ewoldsen N, Covey D, Lavin M. The physical and adhesive properties of dental cements used for Atraumatic Restorative Treatment. *Spec Care Dent.* 1997 Jan./Feb; 17(1): 19-24.
23. Figueiredo MC, Fröner AM, Rosito DB, Gallarreta FWM, Sampaio MS. Utilização da técnica de Tratamento Restaurador Atraumático (ART) em bebês – avaliação clínica de um ano. *JBP – J Bras Odontopediatr. bebê.* 1999 set./out.; 2(9): 365-8.
24. Forss H, Seppä L, Lappalainen R. *In vitro* abrasion resistance and hardness of glass-ionomer cements. *Dent Mat.* 1991 Jan.; 7(1): 36-9.
25. Forsten L. Fluoride release from glass ionomer cement. *Scand J Dent Res.* 1977 Sept.; 85(6): 503-5.
26. Frencken JE, Holmgren CJ. How effective is ART in the management of dental caries? *Community Dent Oral Epidemiol.* 1999 Dec.; 27(6): 423-30.

27. Frencken JE, Holmgren CJ. ART: a minimal intervention approach to manage dental caries. *Dent Update*. 2004 June; 31(5): 295-8, 301.
28. Frencken JE, Pilot T, Songpaisan Y, Phantumvanit P. Atraumatic restorative treatment (ART): rationale, technique and development. *J Public Health Dent*. 1996; 56(3 Spec No.): 135-40; discussion 161-3.
29. Frencken JE, Songpaisan Y, Phantumvanit P, Pilot T. An atraumatic restorative treatment (ART) technique: evaluation after one year. *Int Dent J*. 1994 Oct.; 44(5): 460-4.
30. Garcia R, Caffesse RG, Chaberneau GT. Gingival tissue response to restoration of deficient cervical contours using a glass ionomer material. A 12-month report. *J Prosthet Dent*. 1981 Oct.; 46(4): 393-8.
31. Garcia KC, Consani S, Goes MF, Sinhoretti MAC, Correr Sobrinho L. Influência do tempo de armazenagem sobre a dureza superficial e a resistência à compressão de cimentos ionoméricos restauradores. *Rev Paul Odontol*. 1997 mar./abr.; 19(2): 30-4.
32. Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. *J Dent Res*. 1997 Apr.; 76(4): 883-94.
33. Guggenberger R, May R, Stefan, KP. New trends in glass-ionomer chemistry. *Biomaterials*. 1998 Mar.; 19(6): 479-83.

34. Haddad D, Mount GJ, Makinson OF. Efficiency of protective sealants for glass ionomer cements. *Am J Dent*. 1992 Oct.; 5(5): 286-8.
35. Hotta M, Hirukawa H, Aono M. The effect of glaze on restorative glass-ionomer cements: evaluation of environmental durability in lactic acid solution. *J Oral Rehabil*. 1995 Sept.; 22(9): 685-9.
36. Hotta M, Hirukawa H, Yamamoto K. Effect of coating materials on restorative glass-ionomer cement surface. *Oper Dent*. 1992 Mar./Apr.; 17(2):57-61.
37. Lin A, Mc Intyre NS, Davidson RD. Studies on the adhesion of glass ionomer cements to dentin. *J Dent Res*. 1992 Nov.; 71(11): 1836-41.
38. Lind V, Wennerholm G, Nyström, S. Contact caries in connection with silver amalgam, copper amalgam and silicate fillings. *Acta Odontol Scand* 1964 Aug.; 22(3): 333-41.
39. Lo ECM, Luo Y, Fan MW, Wei SHY. Clinical investigation of two glass-ionomer restoratives used with Atraumatic Restorative Treatment approach in China: two-years results. *Caries Res*. 2001 Nov./Dec.; 35(6): 458-63.
40. Maldonado A, Swartz ML, Phillips, RW. An *in vitro* study of certain properties of a glass ionomer cement. *J Am Dent Assoc*. 1978 May; 96(5): 785-92.

41. Massara MLA, Alves JB, Brandão PRG. Atraumatic Restorative Treatment: clinical, ultrastructural and chemical analysis. *Caries Res.* 2002 Nov./Dec.; 36(6): 430-6.
42. Mc Lean JW. Cermet cements. *J Am Dent Assoc.* 1990 Jan.; 120(1): 43-7.
43. Mc Lean JW, Wilson AD. The clinical development of the glass ionomer cement. I Formulations and properties. *Aust Dent J.* 1977 June; 22(1): 31-6.
44. Mojon P, Kaltio R, Feduik D, Hawbolt EB, Mac Entee M I. Short-term contamination of luting cements by water and saliva. *Dent Mater.* 1996 Mar.; 12(2): 83-7.
45. Mount GJ. Atlas de cimento de ionômero de vidro: guia para o clínico. 2 ed. São Paulo: Ed. Santos; 1996. 150p.
46. Mount GJ, Makinson OF. Glass-ionomer restorative cements: clinical implications of the setting reaction. *Oper Dent.* 1982 Autumn; 7(4): 134-41.
47. O'hara JW, Lentz DL, Taylor JT. Surface characteristics of glass ionomer cements when treated with cavity varnish. *Oper Dent.* 1989 Summer; 14(3): 133-5.
48. Okada K, Tosaki S, Hirota K, Hume WR. Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva. *Dent Mater* 2001 Jan.; 17(1): 34-9.

49. Peutzfeldt A, García-Godoy F, Asmussen E. Surface hardness and wear of glass ionomers and compomers. *Am J Dent.* 1997 Feb.; 10(1):15-7.
50. Phantumvanit P, Songpaisan Y, Pilot T, Frencken JE. Atraumatic restorative treatment (ART): a three-year community field trial in Thailand – survival of one-surface restorations in permanent dentition. *J Publ Health Dent* 1996; 56(3 Spec No): 141-5; discussion 161-3.
51. Philips S, Bishop BM. An in vitro study of the effect of moisture on glass-ionomer cement. *Quintessence Int.* 1985 Feb.; 16(2): 175-7.
52. Pilot T. Introduction – ART from a global perspective. *Community Dent Oral Epidemiol* 1999 Dec.; 27(6): 421-2.
53. Raggio DP. Dureza Knoop de cimentos de ionômero de vidro indicados para o tratamento restaurador atraumático (TRA) [tese]. São Paulo: Faculdade de Odontologia USP, Universidade de São Paulo; 2004.
54. Rahimtoola S, Van Amerongen E, Maher R, Groen H. Pain related to different ways of minimal intervention in the treatment of small caries lesions. *ASDC J Dent Child* 2000 Mar./Apr.; 67(2): 123-7.
55. Santiago BM, Ventin DA, Primo LG, Barcelos R. Microhardness of dentine underlying ART restorations in primary molars: an *in vivo* pilot study. *Br Dent J.* 2005 July; 199(2): 103-6.
56. Schriks MCM, Van Amerongen WE. Atraumatic perspectives of ART: psychological and physiological aspects of treatment with and

without rotary instruments. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2003 Feb.; 31(1): 15-20.

57. Serra MC, Navarro MFL, Freitas SFT, Carvalho RM, Cury JA, Retief H. Glass ionomer cement surface protection. *Am J Dent*, 1994 Aug.; 7(4): 203-6.
58. Six N, Lasfargues JJ, Goldberg M. In vivo study of the pulp reaction to Fuji IX, a glass ionomer cement. *J Dent* 2000 Aug.; 28(6): 413-22.
59. Smith DC. Composition and characteristics of glass ionomer cements. *J Am Dent Assoc.* 1990 Jan.; 120(1): 20-2.
60. Ten Cate JM, Van Duinen RNB. Hypermineralization of dentinal lesions adjacent to glass ionomer cement restorations. *J Dent Res* 1995 June; 74(6): 1266-71.
61. Um CM, Oilo G. The effect of early water contact on glass-ionomer cements. *Quintessence Int.* 1992 Apr.; 23(3): 209-14.
62. Valera VC, Navarro, MFL, Taga EM, Pascotto RC. Effect of nail varnishes and petroleum jelly combinations on glass ionomer dye uptake. *Am J Dent.* 1997 Oct.; 10(5): 251-3.
63. Van Amerongen WE, Rahimtoola S. Is ART really atraumatic? *Community Dent Oral Epidemiol.* 1999 Dec.; 27(6): 431-5.
64. Van Duinen RNB, Kleverlaan CJ, De Gee AJ, Werner A, Feilzer AJ. Early and long-term wear of "fast-set" conventional glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 2005 Aug.; 21(8): 716-20.

65. Wang XY, Yap AUJ, Ngo HC, Chung SM. Environmental degradation of glass-ionomer cements: a depth-sensing microindentation study [abstract on line]. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2006 [cited 2007 mar 01] 2006 Sept.-Oct.; 31(5): 584-9  
Disponível em :[http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/113391973/main.html,ftx\\_abs](http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/113391973/main.html,ftx_abs)
66. Watson T, Banerjee A. Effectiveness of glass ionomer surface protection treatments: a scanning optical microscope study. *Eur J Prosthodont Rest Dent* 1993 Dec.; 2(2): 85-90.
67. Weerheijm KL, Soet JJ, Van Amerongen WE, Graaff J. The effect of glass ionomer cement on carious dentine: an in vivo study. *Caries Res*. 1993 Sept./Oct.; 27(5): 417-23.
68. Wilson AD. Development in glass ionomer cements. *Int J Prosthodont*. 1989 Sept./Oct.; 2(5): 438-46.
69. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J*. 1972 Feb.; 15(4): 132-35.
70. Wilson AD, Mc Lean JW. *Glass ionomer cement*. Chicago: Quintessence Pub. Co.; 1988. 274 p.
71. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dent Mater* 2000 Mar.; 16(2): 129-38.
72. Yang YK, Chan KC. Effect of varnishes on surface microhardness of basing materials. *J Esthet Dent*. 1991 June; 3(3): 103-5.

73. Yao K, Chien M, Kohara, Chikamori M, Kushida K, Hieda T. Effect of water isolation and early finishing on hardness of glass ionomer cements. *J Osaka Dent Univ.* 1990 Oct.; 24(2): 141-7.
74. Yap AUJ, Cheang PHN, Chay PL. Mechanical properties of two restorative reinforced glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil.* 2002 July; 29(7): 682-8.
75. Yap AUJ, Pek, YS, Cheang PHN. Physico-mechanical properties of a fast-set highly viscous GIC restorative. *J Oral Rehabil.* 2003 Jan.; 30(1): 1-8.
76. Yap AUJ, Wang X, Wu X, Chung SM. Comparative hardness and modulus of tooth-colored restoratives: a depth-sensing microindentation study. *Biomaterials.* 2004 May; 25(11): 2179-85.

Apêndice A – Valores médios de microdureza dos CIV estudados

Quadro 2 – Valores médios de microdureza do CIV Fuji IX

Sem proteção			Proteção com esmalte			Proteção com verniz		
24h	7 dias	30 dias	24h	7 dias	30 dias	24h	7 dias	30 dias
89,93	98,9	102,17	87,97	99,93	101,4	91,9	94,37	100,9
86,2	104,93	100,6	86,5	98,77	97,87	88,27	98,3	105,97
90,1	98,3	97,57	82,93	101,67	107,03	90,4	98,6	107,6
95,1	103,87	98,93	85,37	100,2	101,8	95,63	103,23	108,17
88	98,37	97,5	84,3	103,47	101,57	91,37	94,77	104
85,97	96,76	98,6	86,43	100,03	92,6	90,53	91,57	108,1
87,37	94,1	97,37	85,93	99,67	107,1	86,47	92,2	102,17
91,63	94,3	101,13	82,93	97	97,23	94,33	95,8	106,43
89,8	96	95,27	93,2	102,3	101,8	88,53	94,2	100,27
86,57	94,16	95,93	93,26	98,3	102,77	88,43	97,26	102,7
94,1	93,97	96,4	88,77	98,36	102,7	90,43	93,43	93,37
93,43	99,77	103,8	85,1	109,9	97,97	88,8	96,76	99,53

Quadro 3 - Valores médios de microdureza do CIV Maxxion R

Sem proteção			Proteção com esmalte			Proteção com verniz		
24h	7 dias	30 dias	24h	7 dias	30 dias	24h	7 dias	30 dias
68,27	64,37	68,13	64,4	63,37	67,5	54,27	65,53	65,83
70,6	69,93	70,83	64,8	64,73	69,27	55,6	63,3	75,17
62	57	76,27	61,33	62,07	72,07	65,1	65,53	76,07
66,17	62,43	70,27	62,93	61,83	66,47	62,33	59,57	68,77
65,4	55,63	70,9	65,8	67,4	70,4	55,9	63,43	65,27
64,1	63,5	67,6	62,97	56,4	72,37	58,36	64,63	63,93
61,37	58,03	69,97	62,5	64,1	68,47	57,97	62,43	66,37
57,07	62,67	71,47	65,2	64,1	67,13	62,03	61,53	66,57
60,53	62,83	64,07	60,33	63,57	63,07	58	64,87	73,37
63,4	65,17	61,87	60,1	61,07	68,9	61,87	56,83	64,7
65,67	58,27	70,57	56,5	65,77	73,3	60,67	66,73	69,87
65,2	58,93	64,6	66,07	63,4	65,17	63,53	57,33	71,1

Quadro 4 - Valores médios de microdureza do CIV ChemFlex

Sem proteção			Proteção com esmalte			Proteção com verniz		
24h	7 dias	30 dias	24h	7 dias	30 dias	24h	7 dias	30 dias
54,97	63,17	71	51,13	64,77	73,1	45,7	67,87	64,9
53,93	63,7	71,63	55,26	66,67	68,33	51,17	67,77	74,27
60,07	63,87	74,33	50,33	66,73	68,97	52,4	71,23	71,43
46,17	65,8	75,1	48,63	61,27	69,03	63,13	70,3	66,93
51,5	64	69,4	53,93	57,57	65,67	57,3	68,5	65,47
53,8	68,87	66,33	45,76	65,5	66,6	51,06	63,17	63
53,4	63,33	69,53	48,7	59,1	69,1	46,13	65,2	61,73
50,8	66,03	69,47	53,3	60,03	68,73	52,73	70,7	65,87
52,16	63,43	65,83	51,9	61,53	69,37	53,46	64,8	70,8
54,06	63,93	68,33	53,03	66,1	63,9	53,06	68,4	67
51,96	63,9	65,2	52,86	63,23	64,37	62,4	62,1	69,23
47,43	66,13	63,37	56,33	74,47	72,33	55,4	62,6	68,87

Quadro 5 - Valores médios de microdureza do CIV Magic Glass ART

Sem proteção			Proteção com esmalte			Proteção com verniz		
24h	7 dias	30 dias	24h	7 dias	30 dias	24h	7 dias	30 dias
50,37	54,2	47,5	43,37	53,9	54,37	46,4	52,1	52,1
48,53	49,47	50,3	43,67	53,2	56,7	42,23	55,83	51,77
50,63	48,13	51,23	45,53	54,77	54,1	49,27	50,3	51,23
50,1	49,97	50,6	51	52,37	54,1	43,27	49,86	54,37
49,67	53,57	50,9	44,03	50,6	53,9	45,2	56,47	53,23
45,53	50,67	48,23	45,67	55,6	51,83	44,5	53,7	54,33
47,4	50,5	50,87	48,07	51,33	52,9	45	50,3	48,53
44,87	50,13	52,47	44,4	59,27	51,4	43,77	51,1	52,43
50,27	49,03	49,27	44	53,53	53,83	44,93	51,2	51,93
47,07	49,5	53,3	46,9	56,83	56,23	44,67	53,47	52
55,87	52,9	51,1	48,7	56	54,07	47,5	54,77	52
49,9	52,7	54,73	56,7	55,06	53,3	45,8	54,9	55,73

Quadro 6 - Valores médios de microdureza do CIV Vidrion R

Sem proteção			Proteção com esmalte			Proteção com verniz		
24h	7 dias	30 dias	24h	7 dias	30 dias	24h	7 dias	30 dias
32,83	39,67	45	35,13	48,6	53,17	35,57	55,2	46,17
34,83	43,33	46	35,63	55,3	48,67	36,33	54,4	49,7
35,53	45,63	47,17	36,6	56,6	49,7	35,6	50,57	49,87
33,17	43,6	45,23	38,13	49,1	53,73	40,37	45,73	49,2
38,36	42,2	47,3	37,57	51,7	52,67	36,77	50,8	50,7
34,87	41	48,37	39,53	47,6	52,97	38,1	47,23	49,1
35,87	43,4	45,13	40,77	49,6	50,3	35,2	51,06	50,6
35,07	40,13	47,13	37,87	52,2	45	36,73	46,17	51,07
37,17	43,87	46,2	32,17	50,3	49,3	39,57	53,1	46,7
34,03	42,3	45,5	34,57	52,03	53,97	41,17	50,27	49,7
35,9	41,43	44,63	38,9	45,2	51,57	44,3	49,47	52,33
33,27	44,03	43,73	43,03	45,67	52,13	38,6	50,83	49,9

Shintome, L.K. *Microhardness of glass ionomer cement indicated for ART technique, varying surface protection and storage times*. [tesis]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2007.

### **ABSTRACT**

*The aim of this study was to evaluate the microhardness of glass ionomer cement (GIC): Vidrion R (V) – SS White; Fuji IX (F) – GC Corp.; Magic Glass ART (MG) – Vigodent; Maxxion R (MR) - FGM and ChemFlex (CF) – Dentsply, with or without surface protection in different storage time. Thirty six specimens for each GIC (3 mm diameter X 3 mm height) were made and these specimens were divided into three groups, according to the surface protection (without protection, varnish protection of the Fuji IX or protection with nail varnish). The samples were stored in distilled water for 24 h, 7 and 30 days and the microhardness test was carried out using a microhardner in those times. The data were submitted to repeated measures analysis of variance test and Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ) and showed that mean microhardness values, in general, of the GIC followed the decrescent order:  $F > CF = MR > MG > V$ ; the surface protection was significant for MR in 24 h without protection ( $64.2 \pm 3.6a$ ), protection with varnish ( $59.6 \pm 3.4b$ ) and nail varnish ( $62.7 \pm 2.8ab$ ); for F in 7 days without protection ( $97.8 \pm 3.7ab$ ), protection with varnish ( $95.9 \pm 3.2b$ ) and nail varnish ( $100.8 \pm 3.4a$ ); for F in 30 days without protection ( $98.8 \pm 2.6b$ ), protection with varnish ( $103.3 \pm 4.4a$ ) and nail varnish ( $101 \pm 4.1ab$ ) and for V in 30 days without protection ( $46 \pm 1.3b$ ), protection with varnish ( $49.6 \pm 1.7ab$ ) and nail varnish ( $51.1 \pm 2.6a$ ) and surface microhardness generally increased with time. It was concluded that different trade mark, surface protection and storage times can influence microhardness of GIC.*

**KEY WORDS:** *glass ionomer cement; microhardness; dental cavity lining.*