

## **Influência do tempo de estocagem em meio úmido sobre a microdureza inicial de materiais restauradores estéticos**

### **The humidity environment influence about initial microhardness of aesthetics restorative materials**

**Ana Flávia Sanches BORGES**

Mestranda – Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Concentração em Materiais Dentários – Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP

**Regina Maria PUPPIN-RONTANI**

Professora Titular – Disciplina Odontopediatria – Departamento de Clínica Infantil – Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP

**Mario Alexandre Coelho SINHORETI**

Professor Associado – Disciplina Materiais Dentários – Departamento de Odontologia Restauradora – Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP

**Lourenço CORRER SOBRINHO**

Professor Titular – Disciplina Materiais Dentários – Departamento de Odontologia Restauradora – Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP

---

#### **RESUMO**

Objetivo: avaliar a influência do tempo de armazenagem em meio úmido, saturado de vapor e imerso em água destilada, sobre a dureza Knoop de materiais restauradores. Metodologia: Foram confeccionados dez corpos-de-prova (CP) para cada grupo segundo o tempo de armazenagem: 30min (inicial) e 24h, e, material: Fuji IX (F); Z250 (Z); Dyract AP(D), utilizando-se uma matriz cilíndrica de latão (5mm-diâmetro x 2,5mm-altura), de acordo com as especificações dos fabricantes. Após a confecção dos CP dos grupos de 30min, estes foram mantidos em 100% de umidade a 37°C e os dos grupos de 24h foram armazenados em água destilada a 37°C até a realização das mensurações. Foram feitas cinco leituras no maior diâmetro da superfície plana superior de cada amostra no microdurômetro Shimadzu (HMV2). Os dados obtidos foram submetidos a ANOVA e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Resultados: Observou-se diferença significativa entre as médias de dureza (KHN) iniciais ( $50,2 \pm 3,69$ ) e após 24h ( $42,3 \pm 5,6$ ) de armazenagem. Na fase inicial, os materiais apresentaram significativas diferenças entre si:  $Z > D > F$ , enquanto que após 24h apenas diferiram significativamente  $Z > F$ . Inicialmente o D ( $34,98 \pm 2,59$ ) e o F ( $21,53 \pm 12,98$ ) exibiram médias significativamente menores de dureza que D ( $51,5 \pm 22,53$ ) e F ( $35,8 \pm 5,61$ ), após 24h. Entretanto, não houve influência significativa da armazenagem em água para o Z ( $70,5 \pm 12,98$  e  $63,28 \pm 13,02$ ). Concluiu-se que o tempo de armazenagem em água destilada e o tipo de material podem influenciar diferentemente a microdureza inicial de materiais estéticos, aumentando a dureza inicial de materiais contendo poliácidos.

#### **UNITERMOS**

Materiais dentários, restauradores; armazenagem, cimentos de ionômeros de vidro, microdureza

---

#### **INTRODUÇÃO**

Alguns materiais odontológicos, como os utilizados em restaurações diretas, passam por um período crítico inicial com relação às suas propriedades mecânicas logo ao serem inseridos na cavidade bucal,

fato esse inerente ao meio, que apresenta condições de nem sempre fácil controle como a presença de umidade. Mesmo com toda a técnica de um bom isolamento absoluto durante o ato restaurador, a umidade da cavidade bucal interfere em algumas propriedades dos materiais, uma vez que eles con-

tinuam seus processos de cura por um determinado período<sup>3,7,10,15,16,19,27</sup>.

Materiais considerados estéticos por apresentarem suas cores semelhantes à dos dentes, como os compósitos restauradores, os compósitos modificados por poliácidos (compômeros) e os cimentos de ionômero de vidro, se comportam diferentemente frente à umidade do meio bucal e esse fato está diretamente relacionado com a composição química de cada material<sup>1,2,7</sup>. Esses materiais são muito utilizados em restaurações diretas, especialmente na clínica odontopediátrica, sendo que o último atualmente se restringe à procedimentos como adequação do meio bucal, base para restaurações e à Técnica de Restauração Atraumática (TRA)<sup>4,22</sup>.

Uma das propriedades mecânicas que é alterada na presença de umidade é a microdureza superficial dos materiais, definida como sendo a atividade da textura microestrutural<sup>11</sup>, a qual é empregada para se prever a resistência de um material e sua capacidade de abrasionar estruturas opostas<sup>3</sup>.

O objetivo do aprimoramento dos materiais restauradores é a aproximação das funções da estrutura dental, tanto no quesito estética quanto em relação às propriedades físicas e mecânicas. Sendo assim, o conhecimento da microdureza superficial de materiais restauradores considerados estéticos é essencial para se obter comparações com o substrato dentário, uma vez que esta propriedade revela valores da microdureza do esmalte<sup>12</sup> e dentina<sup>14,19</sup>, apesar de serem estruturas anisotrópicas.

Os testes de dureza são baseados na capacidade da superfície do material de resistir à penetração por uma ponta sob uma carga específica. Em Odontologia, os testes mais utilizados são: Barcol, Brinell, Rockwell, Shore, Vickers e Knoop, sendo que cada

tipo de teste é determinado de acordo com o material a ser mensurado<sup>5,17</sup>.

O objetivo deste estudo *in-vitro* foi avaliar a dureza (Knoop) inicial (30 minutos e 24 horas), do compósito Z250, do compósito modificado por poliácidos Dyract AP e do cimento de ionômero de vidro convencional Fuji IX, na presença de umidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais investigados neste estudo bem como seus fabricantes e lotes estão listados na Quadro 1.

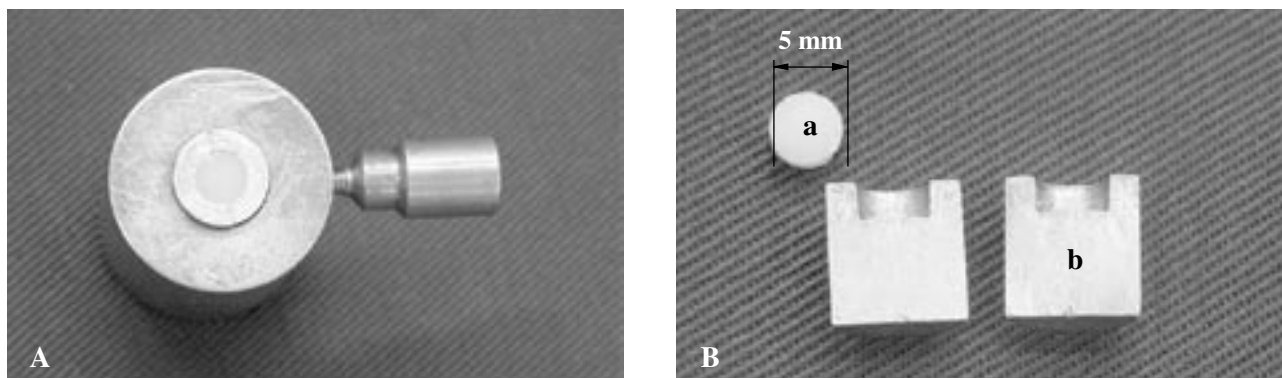
Confecção dos corpos-de-prova: dez corpos-de-prova foram obtidos de cada material (Z250, Dyract AP e Fuji IX), dentro de seus respectivos prazos de validade, a partir de uma matriz cilíndrica de latão, com 5mm de diâmetro e 2,5mm de profundidade (Figura 1), sendo que cinco foram designados para o teste após 30 minutos e cinco para o teste após 24 horas, totalizando trinta espécimes.

A inserção do compósito Z250 (Z) foi realizada em duas partes iguais, fotoativando-se cada uma separadamente com o fotoativador Triligth-Elipar (ESPE) seguindo o tempo de fotoativação de 40 segundos de acordo com as instruções do fabricante. Uma tira de poliéster foi posicionada antes da polimerização sobre a segunda camada, e sobre ela, uma placa de vidro foi colocada e pressionada para escoamento do excesso de material.

O compósito modificado por poliácidos Dyract AP (D) pré-dosado em ponteiras, foi acoplado em seringa e então duas porções foram dispensadas no orifício da matriz, seguindo-se o mesmo procedimento para inserção e fotoativação realizado para o compósito.

**Quadro 1– Descrição dos materiais utilizados no estudo**

Produto	Fabricante	Lote	Composição
Z250	3M/Espe	1NE 2004-07	Matriz (40% em volume): Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA; Carga (60% em volume): zircônia/silica.
Dyract AP	Dentsply/DeTrey	0110000192	Matriz (44% em volume): UDMA, monômeros metacrilatos; Carga (66% em volume): vidro de estrôncio-Alumínio-sódio-flúor-P-silicato, fluoreto de estrôncio.
Fuji IX	GC Corporation	0001141	Pó: 95 % de vidro de flúor-alumínio-silicato, 5% de pó de ácido poliacrílico, pigmentos Líquido: 40% de ácido poliacrílico, 50% de água destilada, 10% de ácido polibásico carboxilato.



**FIGURA 1** – Confeção do corpo-de-prova. A – Vista superior da matriz de latão acoplada à base. B – a: corpo-de-prova confeccionado; b: matriz bipartida.

Para padronização, a intensidade de luz emitida pelo fotoativador foi mensurada no início da confecção dos corpos-de-prova e a cada três polimerizações, utilizando-se o radiômetro do fotoativador.

O Fuji IX (F), após espatulação pó-líquido, foi acomodado no orifício da matriz utilizando-se uma seringa tipo Centrix, deixando-se ocorrer a reação de presa por 10 minutos, fazendo-se o uso também da tira de poliéster e da placa de vidro. Todos os materiais foram manipulados em uma sala com temperatura e umidade controladas, sendo 23°C e 50%, respectivamente.

Os espécimes dos materiais resinosos (Z250 e Dyract) foram armazenados em 100% de umidade relativa à 37°C durante 30 minutos, seguindo-se o teste de microdureza Knoop imediatamente após o polimento com pontas Super Snap (SHOFU) para compósitos. Os demais espécimes de cada material foram imersos em água destilada logo após a fotoativação, os quais permaneceram durante 24 horas e as mensurações foram realizadas de forma similar ao descrito para o outro grupo, após o polimento com as pontas de polimento utilizadas anteriormente.

Os corpos-de-prova do Fuji IX foram isolados com vaselina após 10 minutos da inserção do material na matriz, seguido da armazenagem em 100% de umidade relativa à 37°C durante 30 minutos. Cinco espécimes foram mensurados após os 30 minutos iniciais e a outra metade foi imersa em água destilada durante 24 horas, sendo as medidas então realizadas.

As mensurações foram realizadas no microdurômetro Shimadzu (HNV2) com o diamante Knoop, sendo as medidas fornecidas em Knoop Hardness

Number (KHN). Para cada corpo-de-prova, o maior diâmetro foi demarcado, sobre o qual cinco medidas por amostra foram tomadas com a medida inicial tomada à distância de 0,5mm da borda do cilindro e 1mm de cada edentação realizada, totalizando 150 edentações, com uma carga de 50 gramas aplicada durante 15 segundos. Os dados obtidos para cada grupo foram submetidos à análise estatística ANOVA e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS

Os maiores valores de microdureza superficial Knoop (KHN) após 30 minutos foram, respectivamente, para o compósito Z250 ( $70,5 \pm 12,98$ ), compômero Dyract AP ( $34,98 \pm 2,58$ ) e cimento de ionômero de vidro convencional Fuji IX ( $21,53 \pm 3,7$ ) resultando em diferenças significativas entre os três materiais. Após 24 horas, os materiais se mantiveram na mesma ordem decrescente de valores de dureza superficial: Z250 > Dyract AP > Fuji IX, porém, observou-se a diminuição da média de dureza para o Z250 ( $63,28 \pm 13,02$ ) em relação à dureza após 30 minutos (inicial) sem significância estatística. Pode ser observado o aumento significativo das médias de dureza superficial para o Dyract AP ( $51,5 \pm 22,52$ ) e para o Fuji IX ( $35,8 \pm 5,6$ ), sendo que as médias observadas para o Dyract AP não diferiram estatisticamente daquelas do Z250 e do Fuji IX, e apenas as médias obtidas para estes materiais diferiram significativamente após 24 horas. Comparando-se as médias de dureza superficial entre os materiais, após 24 horas, nenhum apresentou diferença estatisticamente significativa (Tabela 2; Figura 2).

**Tabela 2 - Valores médios da dureza superficial dos materiais estudados em relação ao tempo de armazenagem e desvio padrão**

Material	30 min	24 h
Z 250	70,5 ± 12,98Aa	63,28 ± 13,02Aa
Dyract AP	34,98 ± 2,58 Bb	51,5 ± 22,52 ABa
Fuji IX	21,53 ± 3,7 Cb	35,8 ± 5,6B Ba

Letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

Letras minúsculas diferentes nas linhas diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

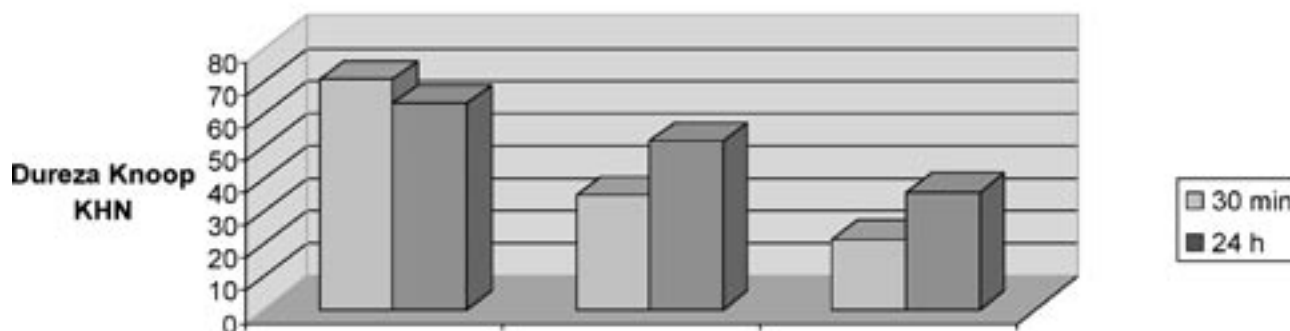


FIGURA 2 - Ilustração dos valores médios da dureza superficial de acordo com o tempo de armazenagem.

## DISCUSSÃO

Neste estudo o compósito Z250 apresentou maiores médias de microdureza superficial após 30 minutos de armazenagem, comparadas às do Dyract, seguida pelas médias demonstradas pelo Fuji IX.

Pode-se observar pelos resultados obtidos que as maiores médias de microdureza superficial aos 30 minutos foram apresentadas pelo material com distribuição monomodal de carga zircônia/sílica, variando em tamanho entre 0,19 e 3,3mm e 60% em volume (Z250), segundo informações do fabricante. Comparado ao compósito Z250, o Dyract AP se comportou como um material de dureza superficial intermediária, posto que apresenta características de composição que varia entre compósitos e cimentos de ionômero de vidro

sendo resultado da adição de monômeros como os dimetacrilatos e iniciadores, aos componentes ionoméricos<sup>25</sup>. Apesar da reação de polimerização do Dyract AP ser essencialmente por fotoiniciação<sup>1</sup>, o que proporciona uma rápida rigidez ao material, sua composição, quantidade e forma de partículas parecem não terem sido determinantes em proporcionar a dureza superficial, semelhante ao do material Z250, após 30 min.

Após a mistura dos componentes pó e líquido os espécimes do material Fuji IX, foram deixados 10 minutos dentro da matriz para que ocorresse maturação inicial da reação de presa, onde as partículas de vidro são atacadas pelo ácido e os íons cálcio, alumínio, sódio e flúor são deslocados para o meio aquoso, resultando em uma massa sólida após as cadeias de ácido poliacrílico formarem ligações cruzadas com os íons cálcio<sup>3,19</sup>. Em análise

por espectroscopia por impedância dielétrica foi constatado uma significativa diminuição na taxa do fluxo de corrente de íons (impedância) no final de 5 minutos após a manipulação de CIV convencionais<sup>29</sup>, embasando os 10 minutos de maturação da reação utilizado no presente estudo.

Após 30 min, a dureza superficial do Fuji IX apresentou a menor média entre os três materiais estudados. Deve-se considerar que nesse período de tempo inicial, diferentemente das reações iniciais de presa dos materiais resinosos, o CIV ainda não completou a maturação da matriz, apresentando-se na fase inicial das ligações cruzadas produzidas pelos íons cálcio com as cadeias do ácido poliacrílico, produzindo uma massa sólida, mas de baixa resistência. Enquanto que os materiais resinosos apresentam a reação de presa inicial mais rápida pela ativação dos fotoiniciadores, deflagrando a polimerização em cadeia<sup>3,26,27</sup>.

Embora alguns trabalhos constataram que a dureza de compósitos estocados em água é menor que em amostras estocadas em meio seco<sup>18,28</sup>, neste estudo, o material Z250 não apresentou alterações estatisticamente significativas nos valores médios da microdureza superficial após 24 h de armazenamento em água destilada, mostrando que não houve interferência do armazenamento na dureza superficial do material. Este fato pode ser atribuído à diminuição da absorção de água produzida pela forma esférica e pela distribuição das partículas de carga (zircônia/sílica), as quais podem contribuir para a diminuição das tensões geradas na interface partícula/matriz orgânica e portanto, reduzir a possibilidade de trincas nesses locais que facilitaríamos a permeação de água e o efeito de degradação do material<sup>18,9,24,25</sup>. Adicionalmente, as características hidrófilas dos monômeros Bis-GMA, UDMA e Bis-EMA, fazem com que a quantidade de água absorvida, embora em quantidade reduzida, atue como um plastificante externo<sup>8,13,20,30</sup>, visto que um agente plastificante aumenta o espaço intermolecular diminuindo a dureza<sup>3</sup>, somando-se à característica de plastificantes internos dos monômeros UDMA e Bis-EMA na cadeia polimérica<sup>23</sup>.

O material Dyract, após 24 h, mostrou aumento significativo na dureza superficial em relação às médias apresentadas aos 30 minutos pós-polimerização. Este material é composto de uma grande quantidade de matriz orgânica, que após fotoativação, continua seu processo de ligações monoméricas durante um certo período de tempo<sup>3,27</sup>, o que resulta em aumento da dureza<sup>29</sup>. Somando-se a isso, as partículas de vidro

do compósito modificado por poliácido são similares às dos cimentos de ionômeros de vidro, portanto são susceptíveis ao ataque ácido que se dá através de íons hidrogênio oriundos de grupos carboxílicos (-COOH) contendo monômeros polimerizáveis, os quais copolimerizam com monômeros dimetacrilatos como o UDMA<sup>27</sup>. A água absorvida do meio de estocagem permite, mesmo que pequena, reação ácido-base entre o vidro e os grupos policarboxílicos<sup>27</sup> que pode ter contribuído para o aumento da dureza do estágio após 24 horas<sup>2</sup>, propriedade esta que provavelmente diminuiria em períodos subsequentes pela contínua liberação de íons flúor<sup>3</sup> e absorção de água pela matriz orgânica<sup>10</sup>. Paralelamente, a grande semelhança dos compômeros com os compósitos quanto à alta quantidade de partículas inorgânicas é um fator predisponente para a diminuição da dureza pela susceptibilidade da degradação silânica durante o armazenamento em água<sup>10,14</sup>. Abu-Bakr et al.<sup>2</sup>, 2000 constataram um aumento na dureza dos materiais Dyract e Compoglass após 24 h em água destilada seguido de uma diminuição gradativa da dureza após sete, trinta, e sessenta dias.

No presente estudo, a dureza superficial do Fuji IX aumentou significativamente após 24h em água destilada, como demonstrado por Khouw-Liu et al.<sup>14</sup>, 1999, para os materiais Ketac-Fil e Ketac-Molar, os quais como o Fuji IX, contém copolímeros de ácido acrílico e maleico, e, devido à sua grande reatividade proporciona uma rápida reação que se sobrepõe sobre a influencia negativa da água extrínseca na microdureza superficial.

Provavelmente, o isolamento dos espécimes ionoméricos com vaselina sólida preveniu a perda de íons para o meio aquoso por um período, além de preservar a água intrínseca do cimento firmemente aderida, hidratando e conferindo a resistência ao cimento<sup>19</sup>. Em análise e comparação da maturação da reação de dez diferentes cimentos de ionômero de vidro convencionais em 85% de umidade relativa e água destilada após 24h, todas as diferentes marcas de CIV tiveram a dureza superficial (Knoop) aumentada em ambos os meios, apesar de os menores valores terem sido obtidos pelo meio aquoso, sugerindo uma menor extensão da reação de presa própria da perda de íons que formam a matriz<sup>7</sup>.

A dessecação também foi prevenida nos primeiros dez minutos da reação pela utilização da tira de poliéster e a placa de vidro que impediram o contato do material direto com o ar, além de regularizar e planificar

a superfície a ser analisada. Valores decrescentes de dureza superficial de três cimentos de ionômero de vidro foram relatados após 15min, 24h, 28 dias e um ano armazenados em meio úmido e sem isolamento dos espécimes<sup>6</sup>.

A ausência do efeito plastificante da água do meio<sup>16</sup> durante a presa do material Fuji IX pode ter sido um fator que influenciou no aumento da dureza deste material após 24h. De acordo com McKinney et al.<sup>16</sup>, 1987, O CIV convencional Chemfil II, DeTrey, o qual contém no pó polímeros de ácido poliacrílico e partículas de vidro e no líquido água pura, apresentou um aumento na dureza quando armazenado em água, o que pode ser um indicativo de uma maior reação pós-cura e/ou uma menor plastificação que a água do meio exerceria.

A continuidade da reação de presa do cimento de ionômero de vidro com o tempo, resulta, em um cimento totalmente endurecido consistindo em uma matriz organometálica com alto conteúdo de carbono, a qual envolve firmemente partículas de vidro parcialmente reagidas e a forte adesão entre matriz e partículas de vidro é predominantemente iônica, com uma atuação também de embricação micromecânica<sup>3,15</sup>. Todo esse mecanismo parece ter atuado, produzindo o aumento da microdureza do material Fuji IX após 24h.

Os materiais Z250 e Dyract AP não diferiram estatisticamente entre si após 24h, fato esse que pode ser atribuído à similaridade do compósito modificado por poliácidos com o compósito convencional<sup>2</sup>, caracterizado por uma alta quantidade de matriz orgânica<sup>20</sup> e alto conteúdo de carga<sup>10,14</sup>, que atuaram conjuntamente com a reação de cura deste material na determinação da microdureza superficial após a imersão em água.

Apenas o material Fuji IX diferiu estatisticamente após 24 horas dos outros dois materiais estudados. A reação de presa do cimento de ionômero de vidro convencional no período após 24h ainda não se completou totalmente, apesar dos íons alumínio proporcionarem maior resistência ao material ao longo deste período, reações químicas envolvendo os componentes do material e a umidade do meio continuam ocorrendo, finalizando aproximadamente por volta de uma semana sem considerar que esse

material é altamente solúvel, portanto passível de constantes modificações<sup>3,5,27</sup>. Além disso, a matriz formada pelos materiais ionoméricos constitui-se de partículas de vidro não reagidas envoltas por gel de sílica<sup>3,5,27</sup> enquanto que os materiais resinosos apresentam ligações cruzadas formando cadeias poliméricas tridimensionais rígidas e/ou densas, de acordo com os monômeros empregados<sup>23</sup>, o que proporcionam melhores propriedades mecânicas se comparados aos materiais ionoméricos.

O conhecimento do comportamento de microdureza superficial de materiais restauradores estéticos nas fases iniciais de cura, 30min e 24h, é fundamental para a realização da escolha do melhor material a ser utilizado, posto que esta propriedade sofre alterações em meio úmido, condições similares à cavidade bucal.

Situações clínicas como condições de trabalho, sensibilidade à técnica de manipulação destes materiais, atividade e risco de cárie do paciente, custo, entre outros como preferência pessoal de cada profissional, somadas às informações dadas de cada material neste período crítico, são alicerces para reflexões e atitudes a serem tomadas, visando a prevenção da deterioração das propriedades mecânicas dos materiais e, conseqüentemente, a longevidade e sucesso clínico dos procedimentos realizados.

## CONCLUSÃO

Baseados nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- As maiores médias de microdureza (KHN) em 30min foram observadas para o compósito Z250, seguido pelo compósito modificado por poliácido Dyract AP e o cimento de ionômero de vidro convencional Fuji IX.
- Não houve influência significativa da armazenagem em água para o compósito Z250.
- Após 24h, apenas os materiais Z250 e Fuji IX diferiram significativamente dos valores iniciais de microdureza.
- Houve um aumento significativo das médias de microdureza entre os intervalos 30min e 24h, para os materiais Dyract AP e Fuji IX.

**ABSTRACT**

*Objective: to evaluate the storage time influence on the hardness Knoop of restorative materials. Methodology: Ten specimens (CP) were made for each group according to the time of storage: 30min-initial and 24 h, and, material: Fuji IX(F); Z250(Z); Dyract AP(D), using a brass cylindrical matrix (5mm-diameter x 2.5mm-height), according to the manufacturers' specifications. Next, CP from 30min groups were kept in 100% humidity at 37°C and 24h groups were stored in distilled water until the measurements were accomplished. The hardness was measured in a Shimadzu (HMV2) machine, taking place five readings on the largest diameter of the superior plane surface of each sample (KHN). The obtained data were submitted to ANOVA and Tukey's test ( $p>0.05$ ). Results: significant difference were observed among the initials hardness averages ( $50.2 \pm 3.69$ ) and after 24h ( $42.3 \pm 5.6$ ) of storage. In the initial phase, the materials presented significant differences to each other:  $Z>D>F$ , while after 24h just  $Z>F$  differed significantly. Initially D ( $34.98 \pm 2.59$ ) and the F ( $21.53 \pm 12.98$ ) exhibited significantly smaller averages of hardness than that D ( $51.5 \pm 22.53$  and F ( $35.8 \pm 5.61$ ), after 24h. However, there was not influence of the water for Z ( $70.51 \pm 2.98$  and  $63.28 \pm 13.02$ ). It was concluded that the time of storage in distilled water and material type can influence the initial microhardness of aesthetic materials differently, increasing the initial hardness of polyacid content materials.*

**UNITERMS**

*Dental materials, restauration; drugstorage; glass ionomer cements, microhardness*

**REFERÊNCIAS**

- Abate PF, Zahra VN, Macchi RL. Effect of photopolymerization variables on composite hardness. *J Prosthet Dent* 2001; 86: 632-5.
- Abu-Bakr N, Han L, Okamoto A, Iwaku M. Changes in the mechanical properties and surface texture of compomer immersed in various media. *J Prosthet Dent* 2000; 84: 444-52.
- Anusavice. Propriedades mecânicas dos materiais dentários. In: Anusavice Materiais Dentários. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998. p.40-1.
- Bonow MLM, Oliveira MAF. Desempenho clínico do tratamento restaurador atraumático (TRA) – uma revisão sistemática. *RPG Rev Pós Grad* 2001; 8:83-7.
- Craig RG. Restorative dental materials. St Louis: Mosby; 1993.
- Crisp S, Lewis BG, Wilson AD. Characterization of glass-ionomer cements I. Long term hardness and compressive strength. *J Ades Dent* 1976; 162-6.
- De Moor R J G, Verbeeck R M H. Changes in surface hardness of conventional restorative glass ionomer cements. *Biomaterials* 1998; 19: 2.269-75.
- Ellakuria J, Triana R, Mínguez N, Soler I, Isabeta G, Maza J, García-Godoy F. Effect of one-year storage on the surface microhardness of resin-modified versus conventional glass-ionomer cement. *Dent Mater* 2003; 19: 286-90.
- Fan PL, Edahl A, Leung RL, Standford JW. Alternative interpretations of water sorption values of composite resins. *J Dent Res* 1985; 64: 78-80.
- Geurtsen W, Leyhausen G, Garcia-Godoy F. Effect of storage media on the release and surface microhardness of four polyacid-modified composite resins ("compomers"). *Dent Mater* 1999; 15:196-201.
- Habelitz S, Grayson W, Marshal Jr, Balooch M, Marshall SJ. Nanoindentation and storage of teeth. *J Biomec* 2002; 35:995-8.
- Habelitz S, Marshal SJ, Marshal JrGW, Balooch M. Mechanical properties of human dental enamel on the nanometre scale. *Arch Oral Biol* 2001; 46: 173-83.
- Kanchanasavita W, Anstice HM, Parson GJ. Long-term surface micro-hardness of resin-modified glass ionomers. *J Dent* 1998; 26: 707-12.
- Khouw-Liu VHW, Anstice HM, Person GJ. An in vitro investigation of a poly (vinyl phosphonic acid) based cement with four conventional glass-ionomer cements Part 2: maturation in relation to surface hardness. *J Dent* 1999; 27:359-65.
- Mc Kinney JE, Antonucci LM, Rupp NW. Wear and microhardness of glass-ionomer cements. *J Dent Res* 1987; 66(6): 134-9.
- Mc Kinney JE, Antonucci LM, Rupp NW. Wear and microhardness of a silver sintered glass-ionomer cements. *J Dent Res* 1988; 67(5): 833-5.
- Meredith N, Sherriff M. Measurement of the microhardness and Young, s modulus of human enamel and dentine using na indentation technique. *Arch Oral Biol* 1996; 41: 539-45.
- Milleding P, Ahlgren F, Wennerberg A, Örtengren U, Karlsson S. Microhardness and surface topography of a composite resin cement after water storage. *Int J Prosthodont* 1998; 1: 21-6.
- Nicholson JW. Chemistry of glass-ionomer cements: a review. *Biomaterials* 1998; 19: 485-94.
- Okada K, Tosaki S, Hirota K, Hume WR. Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva. *Dent Mater* 2001; 17: 34-9.
- Oysaed H, Ruyter IE. Composites for use in posterior teeth: mechanical properties tested under dry and wet conditions. *J Biomater Res* 1986; 20: 261-71.
- Ramos ME, Santos MA, Carvalho FC, de Piro S, Medeiros U. TRA – Uma história de sucesso. *Rev Bras Odontol* 2001; 58:13-5.
- Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus od elasticity of ligh-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2003; 24: 655-65.
- Söderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. *J Dent Res* 1984; 63: 1248-54.
- Toledano M; Osorio R, Osorio E, Funes V, Prati C, García-Godoy F. Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials. *J Dent* 2003; 31: 43-50.

26. Uhl A, Michaelis C, Mills RW, Jandt KD. The influence of storage and indenter load on the Knoop hardness of dental composites polymerized with LED and halogen technologies. *Dent Mater* 2004; 20: 21-8.
27. Van Noort R. Resin composites and polyacid-modified resin composites in: Van Noort R. *Introduction to dental materials* St Louis: Mosby, 2003 .p. 120-1.
28. Watts DC. Analysis of reactions in glass-polyalkenoate/resin systems by dielectric impedance spectroscopy. *Biomaterials* 1998; 19: 551-7.
29. Watts DC, McNaughton V, Grant AA. The development of surface hardness in visible light-cured posterior composites. *J Dent* 1989; 14: 169-74.
30. Yap AUJ. Post-irradiation hardness of resin-modified glass ionomer cements and a polyacid-modified composite resin. *J Mater Sci: Mat Med* 1997; 8: 413-6.

Recebido em: 13/02/04

Aprovado em: 01/04/04

Ana Flávia Sanches Borges  
Rua Santa Cruz, 150 ap. 54  
Bairro Dos Alemães  
CEP: 13.420-019 – Piracicaba – SP  
anaflavia@fop.unicamp.br