

# **Trabalho de Conclusão de Curso**

## **A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NA MICRODUREZA DE UMA RESINA COMPOSTA**

**Alexandre Pizzetti Benincá**



**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Odontologia**



Alexandre Pizzetti Benincá

**A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO  
NA MICRODUREZA DE UMA RESINA COMPOSTA**

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Maykot Prates.

Florianópolis  
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Benincá, Alexandre

A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NA  
MICRODUREZA DE UMA RESINA COMPOSTA / Alexandre Benincá ;  
orientador, Luiz Henrique Maykot Prates - Florianópolis,  
SC, 2013.  
50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
da Saúde. Graduação em Odontologia.

Inclui referências

1. Odontologia. 2. resina composta. 3. microdureza. 4.  
acondicionamento. 5. temperatura. I. Maykot Prates, Luiz  
Henrique. II. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Graduação em Odontologia. III. Título.

Alexandre Pizzetti Benincá

**A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO  
NA MICRODUREZA DE UMA RESINA COMPOSTA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de cirurgião-dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 31 de outubro de 2013.

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Luiz Henrique Maykot Prates, UFSC  
*Orientador*

---

Prof. Me. João Adolfo Czernay, UFSC  
*Membro*

---

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Chain, UFSC  
*Membro*



Àqueles que, de uma forma ou de outra,  
apoiaram-me ao longo de todo o  
caminho.





## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, meu porto seguro, com os quais sempre posso contar em qualquer dificuldade.

Às minhas queridas irmãs, pelas dicas na redação do trabalho e por, mesmo distantes, fazerem parte do meu mundo.

Ao meu orientador, por toda a sua dedicação e empenho para que este trabalho atingisse os melhores resultados.

Aos demais mestres que tive pela estrada, por me ensinarem a ser boa parte do que sou nesta profissão.

Aos meus bons amigos, estimados e seletos companheiros, que fizeram de todo este percurso uma trajetória mais tranquila e descontraída.

Muito Obrigado!



Suba o primeiro degrau com convicção. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.

(Martin Luther King Jr.)



## RESUMO

O objetivo deste estudo foi de comparar a microdureza de uma resina composta acondicionada em temperatura ambiente ( $\sim 21^{\circ}\text{C}$ ) com outra armazenada em um refrigerador ( $\sim 3^{\circ}\text{C}$ ). Para tanto, 9 bisnagas de resina Opallis A2 (FGM, Joinville, SC, Brasil) foram divididas em três grupos e acondicionadas por 5 meses em diferentes temperaturas: GA (n=10), à temperatura ambiente; GB(n=10), em ambiente refrigerado, mas com espera de uma hora fora da geladeira para fotoativação; e GC(n=10), com resinas resfriadas durante todo o tempo, até mesmo durante a fotoativação. Metade das amostras de cada grupo foi testada logo após a polimerização e o restante com espera de uma semana. Todos os corpos de prova foram previamente lixados e polidos, para somente então serem submetidos ao teste. Os resultados mostraram melhores valores médios de microdureza imediata no GB (63,89), e após uma semana no GA (73,66). As médias de todos os grupos aumentaram após o tempo de espera.

**Palavras-chave:** Resina Composta. Microdureza. Acondicionamento. Refrigeração. Temperatura.



## ABSTRACT

The aim of this study was to compare the Vicker Hardness of a composite stored at room temperature ( $\sim 21^{\circ}\text{C}$ ) with another stored at a lower temperature ( $3^{\circ}\text{C}$ ). Nine Opallis A2 syringes (FGM, Joinville, SC, Brasil) were divided in 3 groups and stored for 5 months at different temperatures: GA (n=10), stored at room temperature; GB (n=10), stored in a cold environment and light cured after 1 hour out at the room temperature; and GC (n=10), stored and light cured at a lower temperature. Half of the samples from each group were tested right after the light curing process, and the other half was tested after one week. All the samples were previously polished in order to be submitted to the hardness test. The results demonstrated a better immediate hardness medium values on the GB (63,89), and one week later at GA (73,66). All the group's medium values had risen after the waiting time.

**Palavras-chave:** Composite resin. Hardness. Storage. Refrigeração. Temperature





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem esquemática do conjunto para a confecção dos corpos de prova.....	32
Figura 2 - Fluxograma explicando da divisão de amostras. ....	33
Figura 3 - Imagem da superfície do corpo de prova obtida pelo microdurômetro, percebe-se a ausência de riscos ou imperfeições.....	34
Figura 4 - (A) Microdurômetro utilizado para realização dos testes (B) Aparelho realizando a edentação em um corpo de prova.....	35
Figura 5 - Esquema das edentações realizadas nos corpos de prova.....	35
Figura 6 - Imagem obtida pelo microdurômetro após realizada a edentação com a ponta edentadora Vickers. ....	36
Figura 7 - Valores médios de microdureza dos corpos de prova imediatamente e após uma semana. ....	38



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Valores médios de microdureza (Vickers) da resina composta após diferentes métodos de armazenagem (n=5).....	37
--	----



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

bis-GMA – bisfenol-glicidil-metacrilato

TEGDMA – trietilenoglicol-dimethacrilato

EGDMA – etilenoglicol-dimetacrilato

TGPDA – tripopilenoglicol-diacrilato

mm – milímetro

s – segundo

g – grama

$p$  – significância estatística



## **LISTA DE SÍMBOLOS**

°C – grau celsius

μ - micrometro





## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	25
2.	<b>OBJETIVOS</b> .....	29
2.1	OBJETIVO GERAL.....	29
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
3.	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
3.1	ACONDICIONAMENTO DAS RESINAS .....	31
3.2	PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA .....	31
3.3	TESTE VICKERS .....	35
4.	<b>RESULTADOS</b> .....	37
5.	<b>DISCUSSÃO</b> .....	39
6.	<b>CONCLUSÃO</b> .....	41
7.	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	43
8.	<b>APÊNDICES</b> .....	47
8.1	APÊNDICE A – Quadro de análise de variância (ANOVA	
2)	47	
8.2	APÊNDICE B – Valores de p após a aplicação do Teste de	
Tukey	48	



## 1. INTRODUÇÃO

Em virtude da alta versatilidade apresentada pelas resinas compostas atuais, a sua utilização na odontologia vêm crescendo e tende a ser ainda maior nos próximos anos, tanto em relação à frequência quanto à aplicabilidade do material. Alguns dos usos mais comuns incluem, mas não se limitam a: restaurações definitivas, forramentos cavitários, selante de fósulas e fissuras, núcleos de preenchimento, “inlays”, “onlays”, coroas totais, restaurações provisórias, agentes cimentantes de próteses ou aparelhos ortodônticos, cimentos endodônticos e pinos intra-canal (FERRACANE, 2011).

As resinas compostas costumam apresentar uma composição básica padrão que consiste de uma matriz polimérica (tipicamente um dimetacrilato), partículas de carga (geralmente feitas de vidro radiopaco), um agente de união à base de silano para agregar a carga à matriz polimérica, e outras substâncias químicas que promovem ou modulam a reação de polimerização, como um iniciador (tipicamente a canforquinona) e um inibidor (na maioria dos materiais, a hidroquinona). O monômero predominantemente utilizado nas resinas de uso odontológico é o bis-GMA, que devido à sua alta viscosidade tem sido misturado com outros dimetacrilatos, como o TEGDMA, o UDMA, bem como outros monômeros; a fim de deixar o material com uma maior fluidez (FERRACANE, 2011).

Embora os folhetos de recomendações dos fabricantes que acompanham as caixas desses materiais sugiram um acondicionamento do mesmo a uma faixa de temperatura que varia de 5° a 30°C, muitos profissionais guardam suas resinas em refrigeradores, alegando que o resfriamento possa trazer algum benefício em relação à eficácia ou durabilidade do material. Contudo, a literatura ainda carece de estudos específicos que avaliem as diferenças entre um material estocado à temperatura ambiente e outro armazenado em um refrigerador.

Encontra-se amplamente comprovado nos estudos que a temperatura da resina no momento de sua utilização está intimamente relacionada com suas propriedades físicas após a polimerização (DARONCH *et al*, 2006; LUCEY *et al*, 2010; FROES-SALGADO *et al*, 2010; MUNDIM *et al*, 2011). No estudo realizado por Trujillo, Newman e Stansbury (2004), onde foi utilizada uma técnica de espectroscopia para avaliar a polimerização de sistemas resinosos a diferentes temperaturas, concluiu-se que a exposição de resinas compostas à temperaturas elevadas, limitando-se a uma faixa que deve ser biologicamente compatível, traz efeitos significantes à cinética da polimerização. Foi

demonstrado tanto um aumento da taxa de conversão de monômeros em polímeros, quanto da velocidade da reação, nas diversas marcas comerciais e diferentes fontes de luz fotoativadora testadas.

O processo de polimerização das resinas compostas odontológicas inicia-se quando um fator ativador (como, por exemplo, a luz) ativa os compostos iniciadores, os quais liberam radicais livres. Esses radicais ligam-se a um lado da molécula do monômero e formam um novo local de radical livre na outra extremidade da molécula. O complexo monômero-radical livre resultante age como um novo propagador da reação, pois quando sua extremidade reagente se aproxima de outro monômero, eles se unem para formar um dímero, que também se torna um radical livre. Essa reação em cadeia segue até sua terminação, que ocorre quando dois radicais livres finais de cadeia se encontram ou quando há a troca de um átomo de hidrogênio de uma cadeia em crescimento para outra. Teoricamente, as reações em cadeia devem continuar até todo o monômero ter sido convertido em um polímero entre a polimerização inicial e a final. Contudo, a reação de polimerização nunca é totalmente completada. A medida que expressa o percentual de grupamentos metacrilatos polimerizados durante a reação é chamada de grau de conversão (ou taxa de conversão). Quanto maior esse percentual, mais monômeros foram unidos em uma cadeia polimérica e, portanto, melhores são as propriedades mecânicas, a resistência ao desgaste e muitas outras propriedades essenciais para a performance da resina. Em temperatura ambiente de polimerização, frequentemente atinge-se valores de 50% a 70% (ANUSAVICE, 2005).

No início da reação de polimerização, a quantidade de radicais livres aumenta significativamente, fazendo com que a velocidade da reação também seja maior. O polímero formado apresenta uma mobilidade extremamente limitada, dificultando a terminação das cadeias em um primeiro momento. Assim, há um favorecimento da propagação da cadeia ao invés de sua terminação, fenômeno que é denominado autoaceleração. Contudo, à medida que a reação progride, a mobilidade das moléculas reagentes começa a ser ainda menor, dificultando a propagação da reação, do mesmo modo que a terminação da cadeia foi dificultada anteriormente. A esse processo, chama-se autodesaceleração. Portanto, é válido afirmar que a polimerização final das cadeias depende da mobilidade dos espécimes reagentes, e não simplesmente da quantidade de monômeros no sistema (LOVELL; NEWMAN; BOWMAN, 1999; ZHU *et al*, 1990).

Lovell, Newman e Bowman (1999) demonstraram um atraso na autodesaceleração através da elevação da temperatura no momento da

fotoativação. Esse atraso decorre do efeito que o aquecimento causa na viscosidade e na mobilidade do sistema. Com o aumento da temperatura dos comonômeros do sistema reagente inicial, a viscosidade da mistura BisGMA/TEGDMA diminui, apresentando maior mobilidade a 55°C do que a 25°C. Esse aumento da mobilidade permite que a reação ocorra por períodos maiores de tempo, antes que a sua propagação seja limitada pela capacidade de difusão das moléculas, atingindo assim maiores taxas de conversão. Assim, nas reações de polimerização, que têm sua propagação dependente da cinética das moléculas, um tempo de reação maior resulta em um aumento na conversão final dos monômeros reagentes.

A taxa de conversão de monômeros das resinas compostas é um parâmetro muito importante para se avaliar a qualidade da mesma. Um estudo realizado por Ferracane *et al*(1997) mostrou que a resistência à abrasão de uma resina composta experimental está diretamente relacionada à taxa de conversão da matriz polimérica formada durante a polimerização, provando que uma maior resistência à abrasão é resultado de uma máxima conversão de monômeros em polímeros.

Ainda, outro estudo realizado por Hansel *et al* (1998) mostrou que comonômeros residuais, ao serem liberados de materiais resinosos incompletamente polimerizados, podem estimular o crescimento bacteriano e, por sua vez, causar irritações na polpa dental sob as restaurações de resina composta, bem como favorecer a formação de placa bacteriana em possíveis fendas marginais do material restaurador. Sendo assim, os autores recomendam que a taxa de polimerização seja a maior possível, a fim de que liberação de EGDMA e TEGDMA das restaurações seja reduzida em função do seu efeito estimulante sobre o crescimento de bactérias cariogênicas.

Deste modo, os estudos citados mostram um aprimoramento nas propriedades físicas e biológicas das resinas quando as mesmas estão a uma temperatura maior no momento da polimerização, por possibilitar uma maior conversão de monômeros do material.

Além disso, em relação à refrigeração das resinas, a diminuição na temperatura pode acabar comprometendo as propriedades físicas do material. O estudo de Daronch, Rueggeberg e Goes De (2005), ao avaliar a taxa de conversão de monômeros em resinas compostas a diferentes temperaturas, encontrou valores extremamente baixos de conversão (30-40%) naquelas que se encontravam resfriadas durante a polimerização. Deste modo, os pesquisadores advertem para que se tenha um cuidado maior no uso de resinas acondicionadas em geladeira e sugerem que as mesmas atinjam a temperatura ambiente antes da utilização.

Alguns profissionais acreditam que acondicionar as resinas sob refrigeração diminui a degradação das mesmas, possibilitando uma maior vida útil para o material, entretanto na literatura existem poucos estudos avaliando a estabilidade do material em diferentes temperaturas. Um estudo realizado por Scherzer e Decker (2000) utilizando o monômero de tripopilenoglicol diacrilato (TGPDA) em associação a diferentes fotoiniciadores mostrou, por análise de varredura diferencial de calorimetria e termogravimetria, a forte estabilidade dos fotoiniciadores, não se encontrando nenhuma indicação de decomposição ou evaporação do material em temperaturas de até 200°C. Quando o sistema de TGPDA foi aquecido à temperatura de 100°C, e mantido por 10 minutos, foi observada uma perda de massa de 3,8% do peso total da amostra. Contudo, as substâncias volatilizadas nesse período de tempo foram aprisionadas em um espaço confinante e identificadas, com o uso de cromatografia gasosa, como sendo tripopilenoglicol e seus derivados monoacrilados, ou seja, apenas impurezas restantes do processo de síntese da substância e não produtos de degradação da mesma.

Também se supõe que a resina possa auto polimerizar-se aos poucos ao ficar em um ambiente mais quente. Entretanto, um trabalho realizado por Ban *et al* (1990) demonstrou um resultado contrário a esta afirmação. O estudo avaliou resinas de diferentes composições, submetendo-as a um aquecimento lento, a uma taxa constante; a fim de avaliar a que temperatura essas resinas iniciariam sua polimerização em um ambiente completamente escuro, sem irradiação de luz e apenas sob aquecimento. Os resultados mostraram que nenhuma das resinas entrou em autopolimerização em temperaturas abaixo de 110°C, ou seja, bem distante da temperatura ambiente na qual as resinas são costumeiramente acondicionadas.

Entre os métodos utilizados para avaliação das propriedades físicas das resinas, o teste de microdureza de Vickers está fortemente relacionado à taxa de conversão de resinas compostas. Sendo assim esse tipo de teste também pode ser utilizado para testar indiretamente o grau de conversão de polimerização do material (DEWALD; FERRACANE, 1987; FERRACANE, 1985; EMAMI; SÖDERHOLM, 2003; RUEGGEBERG; CRAIG, 1988).

Desta maneira, este trabalho visa investigar as diferenças em uma propriedade física de uma resina composta à base de bis-GMA acondicionada em dois ambientes diferentes: um à temperatura ambiente e outro refrigerado, através da análise de microdureza, utilizando-se o Teste de Dureza de Vickers.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a influência de diferentes temperaturas de armazenamento na microdureza Vickers de uma resina composta.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Comparar a microdureza Vickers de uma resina composta, após a polimerização e uma semana depois, nas seguintes situações:

1. Armazenada por 5 meses em um ambiente refrigerado e imediatamente fotoativada.
2. Armazenada por 5 meses em um ambiente refrigerado, com espera de 1 hora para elevação da temperatura, seguida por fotoativação.
3. Armazenada por 5 meses à temperatura ambiente e fotoativada.





### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste estudo encontra-se baseada em outros trabalhos sobre microdureza de resinas compostas, porém adaptada aos propósitos desta pesquisa (GIORGI *et al*, 2012; CATHERINE, 2011; COSTA, 2011).

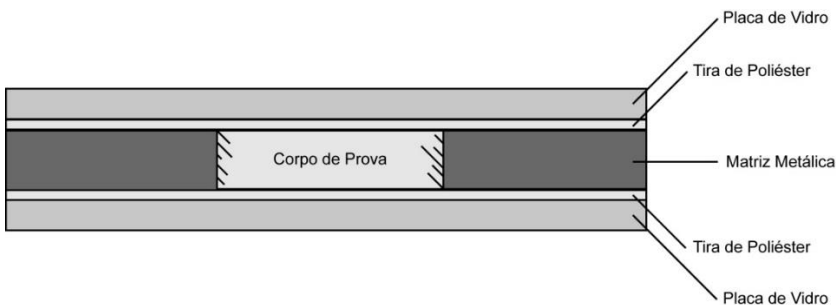
#### 3.1 ACONDICIONAMENTO DAS RESINAS

Para a realização do estudo, nove bisnagas, do mesmo lote, de resina composta Opallis (FGM, Joinville, SC, Brasil), para dentina com cor A2, foram separadas em três grupos (A, B e C) contendo três bisnagas cada. As resinas do grupo A, que compuseram o grupo controle, ficaram acondicionadas à temperatura ambiente (18°C a 25°C), durante cinco meses, em um compartimento fechado e protegido da incidência de luz direta. Já as resinas dos grupos B e C foram armazenadas em um ambiente refrigerado (0°C a 5°C), protegido da incidência de luz direta pelo mesmo período de tempo do grupo anterior. As temperaturas foram monitoradas com o uso de termômetro, possibilitando seu registro diário e um controle maior sobre as condições do local de estocagem.

#### 3.2 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova foram confeccionados utilizando-se uma matriz metálica contendo um orifício com 5,0mm de diâmetro por 2,0mm de espessura. Para seu preenchimento, a matriz foi posicionada sobre uma fita matriz de poliéster (TDV, Pomerode, SC, Brasil), que, por sua vez, colocada sobre uma placa de vidro de 5mm de espessura. O material foi inserido em um único incremento com o auxílio de uma espátula para compósitos. As três resinas compostas do Grupo B foram retiradas da geladeira 1 hora antes da utilização, para o alcance da temperatura ambiente, simulando-se uma situação onde o cirurgião-dentista removeria as bisnagas no início do atendimento para usá-las após o preparo da cavidade. As três resinas compostas do Grupo C foram retiradas do ambiente refrigerado apenas no momento de sua utilização e logo em seguida devolvidas, a fim de que a temperatura da resina durante sua inserção fosse igualmente baixa em todas as amostras. Ainda, as bisnagas do Grupo C foram retiradas uma a uma, de modo sequencial, para a sua utilização em cada corpo de prova. Portanto, um orifício da matriz nunca recebeu resina da mesma bisnaga que acabou de ser utilizada no corpo de prova anterior. Essa medida visou garantir a maior equivalência de

temperatura de polimerização entre todas as amostras. Esses mesmos cuidados não foram necessários com as resinas do grupo A e B, uma vez que elas já se encontravam à temperatura ambiente. Após cada inserção no orifício da matriz metálica, uma nova fita matriz de poliéster foi colocada sobre o conjunto, bem como uma lâmina de vidro com 1mm de espessura, recebendo uma leve pressão digital, por 10s, para uniformizar a superfície e possibilitar o extravasamento do excesso de material (Figura 1).

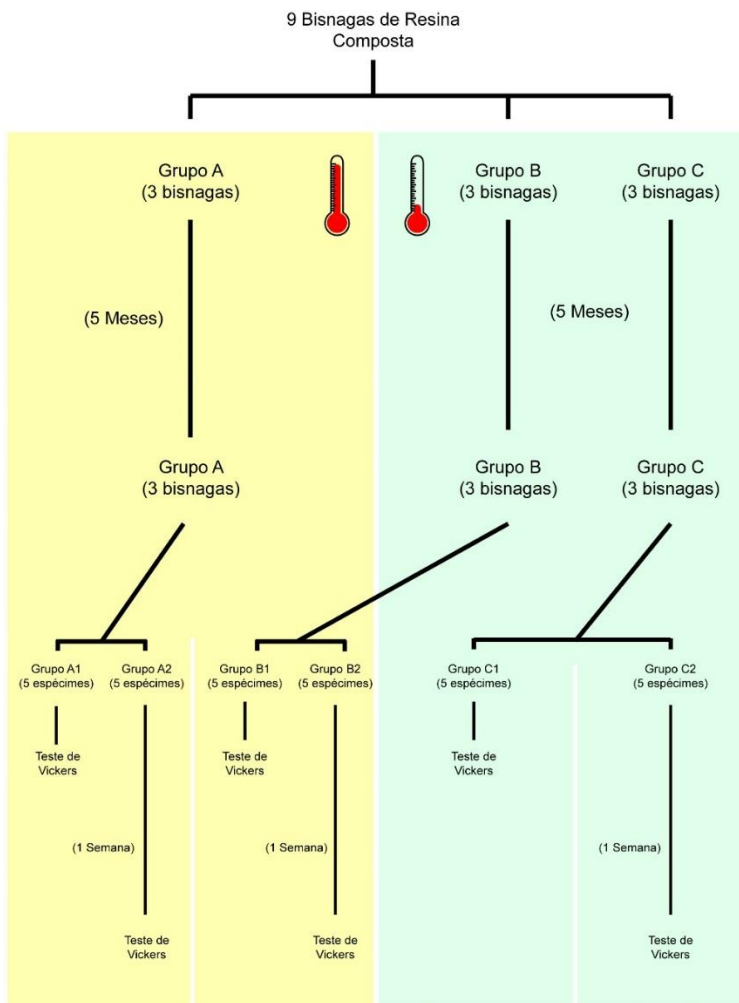


**Figura 1** - Imagem esquemática do conjunto para a confecção dos corpos de prova.

Por fim, a fotoativação do material foi feita com um aparelho fotoativador (Ultra-Lume LED 5 - Ultradent, South Jordan, UT, EUA) com potência entre 1037-1090mW/cm<sup>2</sup>, aferida por meio de radiômetro, posicionando-se a ponta ativa do fotoativador sobre a lamina de vidro, a qual forneceu uma distância padrão de 1mm entre o espécime e o aparelho para todas as amostras. O tempo de fotoativação foi de 40s, de acordo com as recomendações do fabricante. Todo esse processo foi realizado individualmente para a confecção de cada corpo de prova, e não de maneira simultânea. Uma vez polimerizadas, as amostras foram removidas da matriz por pressão digital, realizada no sentido da base para a superfície, com o objetivo de evitar a ocorrência de trincas e fraturas na superfície dos espécimes. Ao final do processo foram obtidos dez corpos de prova para cada grupo, totalizando 30 amostras. A superfície inferior de todos os corpos foi identificada com caneta.

Após a fotoativação, cinco dos corpos de prova de cada grupo ficaram acondicionados em frascos escuros individualizados, imersos em água destilada e mantidos a 37°C, dentro de uma estufa por uma semana, para sua completa polimerização (Grupos A2, B2 e C2). O restante

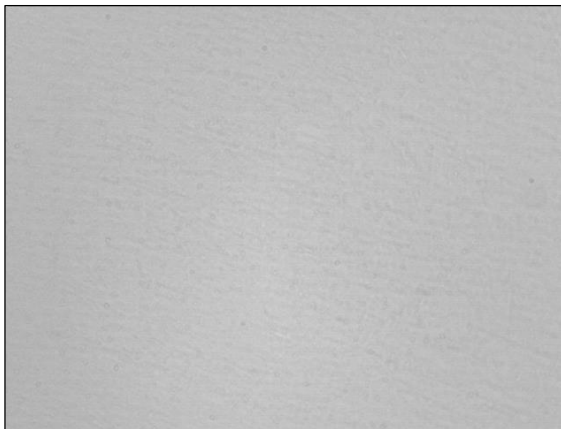
(Grupos A1, B1 e C1) foi imediatamente polido e submetido ao teste de microdureza de Vickers (Figura 2).



**Figura 2** - Fluxograma explicando da divisão de amostras.

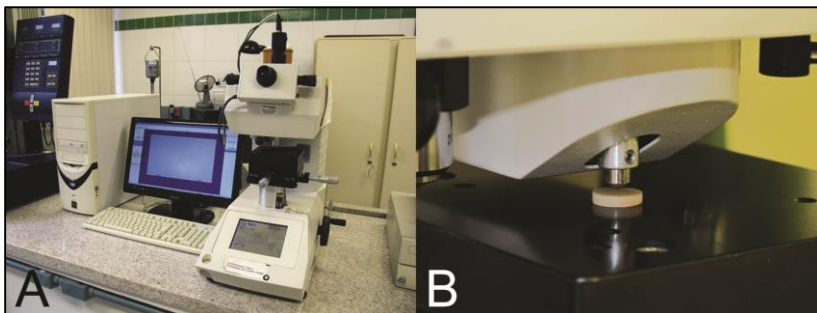
Para o processo de polimento, os espécimes foram acoplados individualmente a uma peça metálica cujo formato se adequa

precisamente àquele do corpo de prova, permitindo o seu polimento de maneira estável e segura. Utilizando-se uma politriz com velocidade de 600rpm, realizou-se o polimento com lixas d'água de granulações 600, 1200, 1500 (3M do Brasil, Sumaré, SP, Brasil) e disco de feltro com pastas de alumina com granulações de  $1\mu$ ,  $0,3\mu$  e  $0,05\mu$  (Arotec, Cotia, SP, Brasil), por 30 segundos cada. Ao final de cada lixa e entre as etapas de polimento, os corpos de prova foram lavados vigorosamente em água corrente por 30 segundos, para a remoção de resíduos provenientes do polimento (Figura 3).



**Figura 3** - Imagem da superfície do corpo de prova obtida pelo microdurômetro, percebe-se a ausência de riscos ou imperfeições.

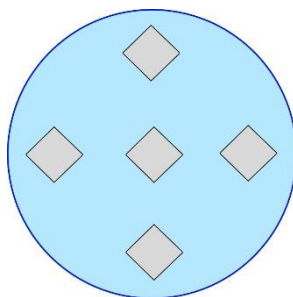
Utilizou-se uma pinça durante todos os momentos da manipulação dos corpos de prova, evitando-se a contaminação com oleosidade ou outras substâncias indesejáveis. Os corpos de prova que foram armazenados por uma semana receberam os mesmos cuidados de polimento que os demais, após o término do tempo estipulado, para somente então serem utilizados no teste.



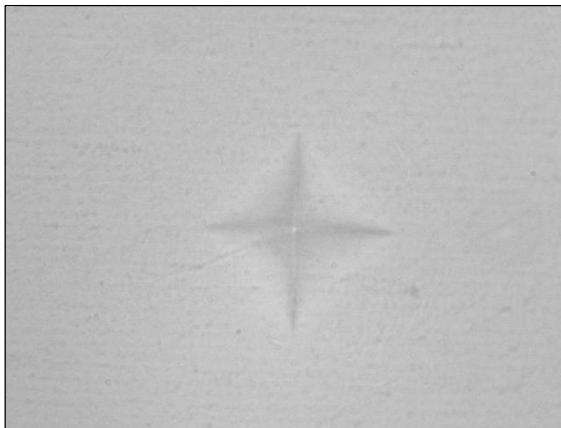
**Figura 4** - (A) Microdurômetro utilizado para realização dos testes (B) Aparelho realizando a edentação em um corpo de prova.

### 3.3 TESTE VICKERS

Os espécimes foram submetidos ao teste de microdureza com o uso de um microdurômetro (Microdurômetro HMV 2 versão 1.23, Shimadzu, Japão), no qual foi adaptada uma ponta edentadora Vickers (Figura 4), com uma carga de 100g por 10s, perfazendo um total de cinco edentações na superfície superior de cada amostra, realizadas por um mesmo operador (Figuras 5 e 6). Para cada corpo de prova foi calculada a média aritmética das cinco medições, obtendo-se um valor único, que se utilizou para análise estatística por meio de Análise de Variância (ANOVA 2) e Teste de Tukey, com nível de significância de 5%.



**Figura 5** - Esquema das edentações realizadas nos corpos de prova.



**Figura 6** - Imagem obtida pelo microdurômetro após a realização de uma das edentações com a ponta Vickers.

#### 4. RESULTADOS

Após a análise estatística dos resultados (Apêndices A e B), foi obtida a seguinte tabela com os valores médios de microdureza:

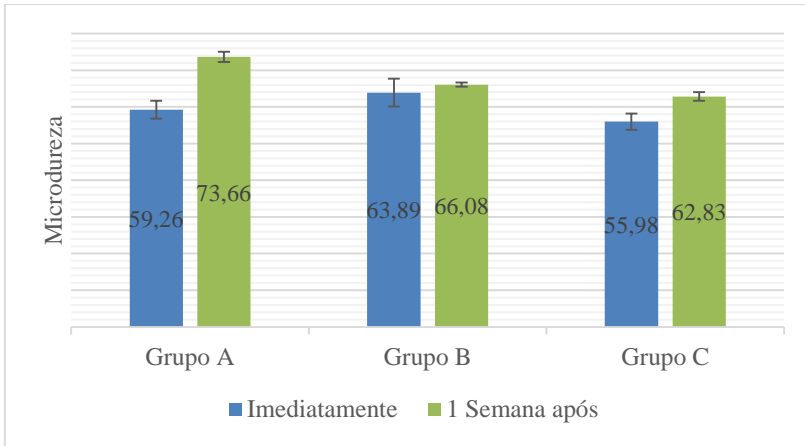
**Tabela 1:** Valores médios de microdureza (Vickers) da resina composta após diferentes métodos de armazenagem (n=5).

Armazenamento	Momentos Avaliados	
	Microdureza imediata	Microdureza após uma semana
Grupo A (Sempre fora da geladeira)	59,26 ( $\pm$ 2,44) Aa	73,66 ( $\pm$ 1,42) Ba
Grupo B (Espera de 1 hora após remoção da geladeira)	63,89 ( $\pm$ 3,80) Ab	66,08 ( $\pm$ 0,58) Ab
Grupo C (Logo após remoção da geladeira)	55,98 ( $\pm$ 2,20) Aa	62,83 ( $\pm$ 1,19) Bb

\* Valores médios seguidos por letras MAIÚSCULAS distintas em uma mesma linha ou letras MINÚSCULAS distintas em uma mesma coluna são estatisticamente diferentes, ANOVA 2 e Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

\* Desvio padrão entre parênteses.

O Grupo B foi o que apresentou melhores resultados de microdureza média imediatamente após a fotoativação, estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ) em relação aos grupos A e C, que foram similares entre si ( $p > 0,05$ ). No que diz respeito à microdureza após uma semana, o Grupo A apresentou a maior microdureza média, estatisticamente significativa em relação aos grupos B e C, que foram similares entre si (Tabela 1).



**Figura 7** - Valores médios de microdureza dos corpos de prova imediatamente e após uma semana.

Em todos os grupos houve um aumento da média de microdureza após uma semana de armazenamento em estufa (Figura 4), sendo estatisticamente significativo nos Grupos A e C. O maior aumento ocorreu no Grupo A (14,4 VHN), seguido pelo Grupo C (6,85 VHN) e Grupo B (2,19 VHN), nesta ordem.

No presente estudo, os piores resultados de microdureza foram obtidos no grupo onde a resina foi polimerizada logo após a remoção da geladeira.



## 5. DISCUSSÃO

Há diversos trabalhos na literatura que relatam a influência da temperatura da resina no grau de conversão de monômeros em polímeros e, conseqüentemente, em suas propriedades físicas. (DARONCH *et al*, 2006; OSTERNACK *et al*, 2009; KASHI *et al*, 2010; LUCEY *et al*, 2010; FROES-SALGADO *et al*, 2010; MUNDIM *et al*, 2011). Essas pesquisas mostram que quanto maior a temperatura da resina durante sua polimerização, maior será a taxa de conversão e melhor serão suas propriedades físicas. No presente estudo, os piores resultados do teste de microdureza imediata e após uma semana, embora com similaridades estatísticas, foram no grupo em que a resina foi polimerizada logo após a retirada da geladeira, sem espera de tempo para atingir a temperatura ambiente. Isso provavelmente ocorre porque quando a resina encontra-se resfriada, a viscosidade dos componentes é maior, levando a uma menor mobilidade dos radicais e conseqüentemente a um menor tempo de reação, resultando no travamento de radicais no interior da matriz formada (LOVELL; NEWMAN; BOWMAN, 1999). Assim, com um grau de polimerização menor, tem-se valores de microdureza reduzidos.

A resina que foi acondicionada em geladeira e removida uma hora antes do uso apresentou a melhor média de microdureza imediata, sendo estatisticamente diferente dos demais nesta variável. Contudo, após uma semana de armazenamento em estufa para a completa polimerização, a média dos resultados do Grupo A, em que a resina foi armazenada fora da geladeira, acabou sendo estatisticamente maior que a média dos outros grupos. Ou seja, assumindo-se a propriedade de microdureza como diretamente proporcional à taxa de conversão das resinas (DEWALD; FERRACANE, 1987; FERRACANE, 1985; EMAMI; SÖDERHOLM, 2003; RUEGGEBERG; CRAIG, 1988), podemos inferir que a pós-polimerização do Grupo A foi maior que a dos demais grupos. Durante o processo de polimerização das resinas compostas, a maior parte da reação ocorre nos primeiros minutos após a iniciação pelo aparelho fotoativador. Contudo, observa-se um aumento significativo da taxa de conversão e evolução da cadeia polimérica por períodos de até mais de 24 horas (LEUNG; FAN; JOHNSTON, 1983). Essa melhora na taxa de conversão da resina decorre da perpetuação da reação a partir dos monômeros residuais que, em um primeiro momento, ficaram sem reagir, e é chamada de pós-polimerização (LOVELL *et al*, 2001). Sendo assim, a razão do aumento dos valores de microdureza das amostras do presente estudo

deve-se, possivelmente, à complementação da polimerização da resina uma semana após a fotoativação.

Quando a o teste foi realizado após uma semana, os resultados mostram que os piores valores de microdureza pertenceram aos grupos em que as resinas foram acondicionadas na geladeira. Contudo, a literatura carece de trabalhos que auxiliem a explicar com precisão os motivos pelo qual o armazenamento em ambiente refrigerado possa ter interferido negativamente nos resultados obtidos.

Alguns materiais de uso odontológico requerem o seu acondicionamento em ambientes refrigerados a fim de aumentar a sua longevidade, como é o caso de alguns adesivos (MA; FUJITA; NISHIYAMA, 2009; SADR *et al*, 2007). Contudo, não há evidencias na literatura de que o armazenamento de resinas compostas em ambiente refrigerado possa trazer benefícios à longevidade do material, ou melhora de suas propriedades. Além disso, os trabalhos de Scherzer e Decker (2000) e Ban e colaboradores (1990), anteriormente citados, mostram uma grande estabilidade do material restaurador em temperaturas ambientes, não justificando a armazenagem em geladeira.

Ressalta-se que, no presente trabalho, apenas a propriedade de microdureza das resinas foi avaliada, o que não é o suficiente para se dizer com certeza o seu melhor método de armazenamento. Outros estudos visando investigar diferentes propriedades, ou até mesmo com aplicação em modelos dentais são requeridos para que se tenha uma posição definitiva.

Sendo assim, os autores do presente estudo, baseado nos resultados encontrados, não recomendam o armazenamento de resinas compostas em ambientes refrigerados, haja vista a influência que a temperatura exerce na microdureza e em outras propriedades físicas da resina composta, bem como a falta de evidencias que denotem a instabilidade do material em temperaturas ambientes a ponto de justificar uma armazenagem refrigerada. Necessita-se de novos estudos no âmbito de avaliar a influência do meio de estocagem desses materiais a fim de elucidar as dúvidas ainda pertinentes sobre o tema.

## 6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados do presente estudo, as seguintes conclusões podem ser estabelecidas:

No que diz respeito à microdureza imediata, a armazenagem em geladeira com espera de uma hora antes da fotoativação proporcionou o maior valor médio, estatisticamente significativo em relação à armazenagem fora da geladeira e à armazenagem em geladeira sem espera para a fotoativação.

Sobre a microdureza após uma semana, a armazenagem fora da geladeira resultou em um valor médio de microdureza significativamente maior que o dos demais grupos.

Todos os valores médios de microdureza aumentaram após uma semana, sendo estatisticamente significativo nas situações em que o compósito foi armazenado fora da geladeira e armazenado em geladeira com fotoativação logo após a sua remoção; e estatisticamente similar naquele armazenado em geladeira com espera de uma hora para a fotoativação.



## 7. REFERÊNCIAS

ANUSAVICE, KJ. **Phillips materiais dentários**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005, p. 146-155.

BAN *et al.* Heat curing behavior of light-cured composite resins investigated by dynamic differential scanning calorimetry. **Dental Materials Journal**, Copenhagen, v. 9, n. 2, p. 153-162, dez. 1990.

CATHERINE, SE. **Comportamento de resinas compostas e de um cimento de ionômero de vidro resinoso após desafio erosivo – estudo in vitro**. 2011. 79 f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

COSTA, DD. **Influência da translucidez e do tipo de partículas da resina composta na microdureza**. 2011. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Curso de Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

DARONCH, M; RUEGGERBERG, FA; GOES DE, MF. Monomer conversion of pre-heated composite. **Journal of Dental Research**, Chicago, v. 84, n. 7, p. 663-667, jul. 2005.

DARONCH *et al.* Polymerization kinetics of pre-heated composite. **Journal of Dental Research**, Chicago, v. 85, n. 1, p. 38-43, jan. 2006.

DEWALD, JP; FERRACANE, JL. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. **Journal of Dental Research**, Chicago, v. 66, n. 3, p. 727-730, mar. 1987.

EMAMI, M; SÖDERHOLM, KJ. How light irradiance and curing time affect monomer conversion in light cured resin composites. **European Journal of Oral Sciences**, Copenhagen, v. 111, n. 6, p. 536-542, dez. 2003.

FERRACANE JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. **Dental Materials**, Copenhagen, v. 1, n. 1, p. 11-14, fev. 1985.

FERRACANE *et al.* Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. **Journal of Dental Research**, Chicago, v. 76, n. 8, p. 1508-1516, ago. 1997.

FERRACANE JL. Resin composite – state of the art. **Dental Materials**, Kidlington d, v. 27, n. 1, p. 29-38, jan. 2011.

FERRACANE JL. Resin-based composite performance: are there some things we can't predict?. **Dental Materials**, Kidlington, v. 29, n. 1, p. 51-58, jan. 2013.

FROES-SALGADO *et al.* Composite pre-heating: effects on marginal adaptation, degree of conversion and mechanical properties. **Dental Materials**, Kidlington, v. 26, n. 9, p. 908-914, set. 2010.

GIORGI *et al.* Does an additional UV LED improve the degree of conversion and Knoop Hardness of light-shade composite resins?. **European Journal of Dentistry**, Turkey, v. 6, n. 4, p. 396-401, out. 2012.

HANSEL *et al.* Effect of various resin composite (co)monomers and extracts on two caries-associated micro-organisms *in vitro*. **Journal of Dental Research**, Chicago, v. 77, n. 1, p. 60-67, jan. 1998.

KASHI *et al.* The effect of temperature on the efficacy of polymerization of a dental resin composite. **Dental Materials**, Kidlington, v. 26, n. S, p. e19-e20. 2010.

LEUNG, RL; FAN, PL; JOHNSTON WM. Post-irradiation polymerization of visible light-activated composite resin. **Journal of Dental Research**, Chicago, v. 62, n. 3, p. 363-365, mar. 1983.

LOVELL, LG; NEWMAN, SM; BOWMAN, CN. The effects of light intensity, temperature, and comonomer composition on the polymerization behavior of dimethacrylate dental resins. **Journal of Dental Research**, Chicago, v. 78, n. 8, p. 1469-1476, ago. 1999.

LOVELL *et al.* Understanding the kinetics and network formation of dimethacrylate dental resins. **Polymers for advanced technologies**, Berlin, v. 12, n. 6, p. 335-345. 2001.

LUCEY *et al.* Effect of pre-heating on the viscosity and microhardness of a resin composite. **Journal of Oral Rehabilitation**, Oxford, v. 37, n. 4, p. 278-282, abr. 2010.

MA, S; FUJITA, K; NISHIYAMA, N. Effects of storage temperature on the shelf life of one-step and two-step self-etch adhesives. **Operative Dentistry**, Matsudo, v. 34, n. 4, p. 472-480, jul. 2009.

MUNDIM *et al.* Color stability, opacity and degree of conversion of pre-heated composites. **Journal of Dentistry**, Bristol, v. 39, n. 1, p. 25-29, jul. 2011.

RUEGGERBERG, FA; CRAIG, RG. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. **Journal of Dental Research**, Chicago, v. 67, n. 6, p. 932-937, jun. 1988.

SADR *et al.* Effects of storage time and temperature on the properties of two self-etching systems. **Journal of Dentistry**, Yushima, v. 35, n. 3, p. 218-225, mar. 2007.

SCHERZER, T; DECKER, U. The effect of temperature on the kinetics of diacrylate photopolymerizations studied by real-time FTIR spectroscopy. **Polymer**, v. 41, n. 21, p. 7681-7690, out. 2000.

TRUJILLO, M; NEWMAN, SM; STANSBURY, JW. Use of near-IR to monitor the influence of external heating on dental composite photopolymerization. **Dental Materials**, Kidlington, v. 20, n. 8, p. 766-777, out. 2004.

OSTERNACK *et al.* Impact of refrigeration on the surface hardness of hybrid and microfilled composite resins. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto, v. 20, n. 1, p. 42-47, jan. 2009.

ZHU *et al.* Radical trapping and termination in free-radical polymerization of methyl-methacrylate. **Macromolecules**, Washington, v. 23, n. 4, p. 1144-1150, fev. 1990.





## 8. APÊNDICES

### 8.1 APÊNDICE A – Quadro de análise de variância (ANOVA 2)

<b>Causas da variação</b>	<b>.Q.</b>	<b>G. L.</b>	<b>Q. M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
<b>Tipo de armazenamento</b>	76,9	2	138,4	28,56	0,000000
<b>Tempo para realização do teste</b>	58,1	1	458,1	94,49	0,000000
<b>Tipo de armazen. * Tempo para o teste</b>	89,8	2	94,9	19,58	0,000009
<b>Resíduo</b>	16,3	4	4,8		

## 8.2 APÊNDICE B – Valores de p após a aplicação do Teste de Tukey

Grupos de acordo com a forma de armazenamento						
	G1A (média 59,26)	G1B (média 73,66)	G2A (média 63,89)	G2B (média 66,08)	G3A (média 55,98)	G3B (média 62,83)
<b>G1A (Fora da geladeira - imediato)</b>		0,0001 38	0,0299 61	0,0007 95	0,2133 26	0,1452 02
<b>G1B (Fora da geladeira -1 semana)</b>	0,0001 38		0,0001 40	0,0003 00	0,0001 38	0,0001 38
<b>G2A (Geladeira 1 h - imediato)</b>	0,0299 61	0,0001 40		0,6205 94	0,0002 21	0,9715 00
<b>G2B (Geladeira 1 h – 1 semana)</b>	0,0007 95	0,0003 00	0,6205 94		0,0001 39	0,2181 16
<b>G3A (Geladeira dir. – 1 imediato)</b>	0,2133 26	0,0001 38	0,0002 21	0,0001 39		0,0007 75
<b>G3B (Geladeira dir. – 1 semana)</b>	0,1452 02	0,0001 38	0,9715 00	0,2181 16	0,0007 75	

\* Valores de  $p < 0,05$  = diferença significativa

\* Valores de  $p > 0,05$  = diferença não significativa (similaridade estatística)