

Influência da Temperatura e de Quatro Marcas Comerciais de Compósitos Odontológicos nas Propriedades de Sorção e Solubilidade do Material

Influence of Temperature and Four Brands of Composite Resins on Materials Sorption and Solubility

Juliana R. VIRGULINO¹, Fabrício L. A. CASTRO², Rogério V. REGES³, Bruno B. CAMPOS⁴

1 - Graduanda da Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Paulista, Campus Flamboyant, Goiânia, GO.

2 - Professor Titular, Dentística e Materiais Dentários, Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Campus Flamboyant, Goiânia, GO.

3 - Professor Titular, Dentística e Materiais Dentários, Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Campus Flamboyant, Goiânia, GO.

4 - Professor Titular, Dentística Restauradora, Faculdade de Odontologia, Instituto de Ciências da Saúde, Campus Flamboyant, Goiânia, GO.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a influência da temperatura e da marca comercial de resina composta nas propriedades de sorção e solubilidade do material. **Material e método:** Sessenta corpos de prova foram confeccionados usando matriz metálica (8 x 2mm) e 4 marcas de resina composta: 1- Durafill VS (Hareaus kulzer); 2 - Z-250 (3M/ESPE); 3 - Z-350 (3M/ESPE); 4- P-90 (3M/ESPE). Três temperaturas foram testadas (10°, 25° e 60°). Os corpos de prova foram pesados antes de serem armazenados em água/etanol 25%/75% (M1), após 7 dias armazenados (M2) e após 8 dias - 7 dias armazenados + 1 dia secados (M3). Com a altura, diâmetro e massa de cada espécime foram calculados a sorção e a solubilidade. Os dados foram analisados pelos testes de ANOVA e Tukey ($\alpha=5\%$). **Resultados:** Para sorção, temperatura e tipo de resina influenciaram nos valores obtidos ($p<0,05$). Observou-

-se relação inversa entre temperatura e sorção ($p<0,05$). A resina Durafill apresentou os maiores valores ($p<0,05$), porém as demais não foram diferentes entre si ($p>0,05$). Para solubilidade, os dois fatores, separadamente ou em conjunto, influenciaram as médias obtidas ($p<0,05$). As médias encontradas com 60°C foram menores do que as obtidas com 10°C ($p<0,05$). Para o tipo de resina, os resultados foram semelhantes aos encontrados para sorção. Para a interação, observou-se semelhança entre as médias em todos os grupos, exceto naqueles em que a Durafill foi usada à 10 e 25°C, onde se viu os maiores valores de solubilidade ($p<0,05$). **Conclusões:** Sorção e solubilidade da resina composta são influenciadas pela temperatura e pelo tipo de compósito usado.

PALAVRAS-CHAVE: Resinas compostas, temperatura alta, absorção.

INTRODUÇÃO

Os compósitos odontológicos, que são constituídos de matrizes de resina polimérica e material inorgânico, estão disponíveis há mais de quatro décadas. Em comparação com o amálgama, estes materiais possuem estética, com variedade de cores que confere um pigmento semelhante ao esmalte adjacente e têm demonstrado resultados clínicos bastante satisfatórios, sendo, portanto amplamente adotados pela profissão como materiais restauradores de primeira de escolha^{1,2}. A resina composta possui em sua estrutura uma matriz orgânica e partículas de carga inorgânica, ligados por agente de união silanos, e foto-iniciadores^{2,3}. O tipo de monômero resinoso empregado; a quantidade, tamanho, tipo e distribuição das partículas de carga na matriz resinosa; e a qualidade da união entre as matrizes orgânica e inorgânica da resina serão fatores determinantes nas propriedades do material^{4,5}. O sucesso clínico de uma restauração de compósito está intimamente relacionado com a composição do material e, conseqüentemente, com as propriedades determinadas por esta composição, como a contração de polimerização e o grau de conversão de monômeros em polímeros.

A contração de polimerização é uma propriedade que influencia decisivamente no desempenho clínico das restaurações

de resina composta⁶. A magnitude da contração de polimerização é determinada pelo número de ligações covalentes formadas, isto é, pelo grau de conversão das ligações duplas de carbono dos monômeros em ligações simples, bem como pelo tamanho das moléculas⁶. Ferracane⁷ (2005) relatou que moléculas de monômero estão a distâncias intermoleculares de 3-4 Å, mas quando ocorre a polimerização, a distância entre as unidades de polímero formado é tão somente 1,5 Å. Isso explica a retração durante o processo de polimerização, tipicamente da ordem de 1,5-5%.

Por outro lado, Lovell et al.¹ (2001) demonstraram que apesar de gerar maior contração do compósito, um elevado grau de conversão de monômeros em polímeros, ou seja, uma adequada polimerização do material é desejável. Quanto mais polimerizado o material menor será a quantidade de monômeros residuais, por conseqüência, maior será sua biocompatibilidade⁸. Também quando se aumenta o grau de conversão de monômeros em polímero, tem-se o aumento da dureza superficial, da resistência à flexão, do módulo de elasticidade, da tenacidade à fratura e da resistência a ruptura¹.

Desta forma, o desafio parece ser conseguir um aumento do grau de conversão de monômeros em polímero para se obter

um material com suas melhores propriedades, sem, no entanto, alterar a cinética de polimerização da resina, evitando assim, os efeitos negativos da contração de polimerização no desempenho do material⁹. Assim, o pré-aquecimento de resinas compostas com os devidos dispositivos têm sido defendido como um método para reduzir a viscosidade do material, melhorando sua adaptação marginal¹⁰, além de aumentar o grau de conversão, o que promove mais ligações cruzadas e melhor desempenho da resina¹¹⁻²¹. Daronch et al.⁹ (2005) mostrou que o pré-aquecimento da resina previamente a sua polimerização aumentou o grau de conversão do material, até mesmo com tempos reduzidos de fotoativação. Prasana et al.²² (2007) demonstraram que o pré-aquecimento da resina pode melhorar propriedades como resistência à flexão, tenacidade à fratura e resistência ao desgaste sem comprometer o desempenho clínico e a estética.

Entretanto, de acordo com Eick et al.²³ (2007) e diferentes compósitos com diferentes composições podem reagir de formas distintas. Diversos materiais têm sido lançados no mercado com diferentes formulações, principalmente no que diz respeito à quantidade e distribuição de partículas inorgânicas na estrutura da resina, dando origem às resinas híbridas, microparticuladas e as nanoestruturadas, implicando em diferentes propriedades físicas, químicas e mecânicas. As resinas variam não só em relação à matriz inorgânica, mas também no que diz respeito aos monômeros resinosos presentes em sua composição. Recentemente, um material com tecnologia distinta da existente foi lançado no mercado, contendo monômeros conhecidos como Siloranos. O silorano é o produto da reação de oxirano e siloxano. Assim, esse material apresenta propriedades mecânicas semelhantes aos que contém metacrilato, porém, o siloxano promove hidrofobicidade e o oxirano tem a característica de contrair menos durante a polimerização²³. Segundo Weinmann et al.²⁴ (2005), a polimerização do silorano é feita por uma reação catiônica de abertura de anéis enquanto a dos metacrilatos por uma reação de adição de radicais, o que garante a menor contração de polimerização para o primeiro em relação ao último. O grau de conversão difere entre os materiais, especialmente pela variação encontrada na concentração de partículas de carga, no formato e disposição das mesmas, assim como pela constituição da matriz orgânica¹⁹.

Diante do exposto, faz-se necessário investigar o comportamento de diferentes resinas compostas em relação ao pré-aquecimento. Assim, o objetivo deste estudo será o de avaliar o efeito da temperatura de quatro marcas comerciais de compósitos odontológicos disponíveis no mercado previamente a sua polimerização em suas propriedades de sorção e solubilidade. Três temperaturas (10^o, 25^o e 60^o) e quatro compósitos disponíveis no mercado (microparticulado, híbrido, nanoestruturado e com matriz de silorano) serão testadas. A hipótese nula levantada é que a sorção e a solubilidade da resina não são influenciadas nem pela temperatura em que o material se encontra no momento da polimerização nem pela marca comercial de compósito usado.

MATERIAL E MÉTODO

Para a realização desta pesquisa foram confeccionados 60 corpos-de-prova, divididos em doze grupos, usando-se quatro marcas comerciais de resinas compostas fotopolimerizáveis dis-

poníveis no mercado (Tabela 1), todas na cor A2.

Tabela 1. Resinas Compostas utilizadas no estudo com classificação de acordo com a matriz inorgânica e composições de cada material.

Resina	Classificação	Composição
Durafill VS (Heraeus Kulzer)	Microparticulas	UDMA; Canforoquinona; Carga: Sílica (0,04µm), Carga Orgânica (10-20 µm) - 37,5% em volume
Filtek Z250 (3M/ESPE)	Híbrida	BIS-GMA, BIS-EMA, UDMA; Canforoquinona; Carga: Sílica(0,6 µm)-60% em volume
Filtek Z350 (3M/ESPE)	Nanoparticulas	BIS-GMA, BIS-EMA, UDMA; Canforoquinona; Carga: Sílica não aglomerada (20nm) + Nanoaglomerados de sílica/zircônia (0,6-1,4 µm) - 60-66% em volume
Filtek P-90 (3M/ESPE)	Microhíbrida	Silorano; Canforoquinona, Sal Iodônio, Doador de Elétron; Carga: Quartzo, Fluoreto de itrio - 76%

* UDMA: Uretana Dimetacrilato; BIS-GMA: Bisfenol A Glicidil Dimetacrilato; BIS-EMA: Bisfenol A Metacrilato Etoxilado

As três temperaturas da resina composta testadas foram obtidas da seguinte maneira:

- 1) 10°C – manutenção do material em refrigerador até o momento de seu uso;
- 2) 25°C – manutenção do material em temperatura ambiente durante o uso;
- 3) 60°C – aquecimento do material via aquecedor desenvolvido.

Os corpos de provas foram obtidos por meio do uso de uma matriz de aço inoxidável com as dimensões de 8 mm de diâmetro por 2 mm de profundidade. A matriz foi posicionada sobre o dispositivo de aquecimento (nos grupos em que a resina foi aquecida) e a resina composta foi inserida em um único incremento com auxílio de uma seringa Centrix (DFL, Indústria e Comércio SA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) para evitar a formação de bolhas de ar. Para o pré-aquecimento da resina foi utilizada uma caixa de madeira com dois compartimentos internos separados por lâmina de metal e com três orifícios na parte superior. Na parte interna da caixa estão duas lâmpadas incandescentes de 100W de potência cada para gerar calor. O calor é mantido pelas paredes da caixa que são espelhadas. A lâmina de metal que separa os dois compartimentos internos serve para evitar a passagem da luz e consequente polimerização do compósito. Nos três orifícios da parte superior estão um termômetro digital que realiza medidas entre -10°C e 200°C, com precisão de +/- 1°C, para controle da temperatura (MV-363, ETL-Eletronics Tomorrow Ltd., China; importado por Minipa Indústria e Comércio Ltda), a matriz metálica, onde a resina composta foi inserida, e a seringa Centrix (DFL Indústria e Comércio SA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) contendo resina composta no compule.

Na parte superior da matriz, sobre a resina composta, foi colocada uma tira de poliéster e sobre esta, uma lamínula de vidro. Através de aplicação de ligeira pressão digital, foi extravasado o

excesso da resina composta, obtendo-se, assim, uma superfície lisa, uniforme e livre de oxigênio. Além disso, tira e laminula proporcionaram padronização da distância entre a resina composta e a ponteira do fotopolimerizador. Os corpos-de-prova foram então fotopolimerizados com um aparelho de luz led (Radii-Cal, SDI LTD, Bayswater, Victoria, Austrália), que teve sua ponteira encostada no vidro, sendo polimerizado por 40s.

Para realização do pré-aquecimento da resina, primeiramente, a caixa foi aquecida, estando acoplados a seringa Centrix, o termômetro digital e a matriz metálica. Para a confirmação da temperatura da resina em 60°C antes da polimerização da mesma foi utilizado um termômetro de infravermelho (G-Tech, Modelo IR1DB1 Accumed Produtos Médico-Hospitalares LTDA, Duque de Caxias, RJ). Quando a matriz metálica se encontrava na temperatura de 60°C era inserida a resina composta (aferida novamente a temperatura), a tira de poliéster e a laminula de vidro, então fotopolimerizada por 40 segundos. Desse modo, evitou-se a possibilidade de somente a caixa de madeira apresentar a temperatura adequada. Assim, foram feitos 5 repetições para cada tipo de resina em 60°C. Cabe ressaltar que toda vez que a seringa Centrix foi removida do aquecedor para inserção da resina na matriz, o termômetro digital acoplado à caixa também foi removido, buscando-se simular as condições de temperatura da resina durante a retirada/inserção no aquecedor para controle da temperatura da resina. Além disso, o termômetro digital em questão simula as condições da resina dentro do compule, pois o mesmo não foi colocado diretamente no aquecedor, mas sim teve seu bulbo inserido dentro de um compule igual ao da seringa Centrix e também contendo resina composta.

Para a temperatura de 10°C, a matriz metálica era levada ao congelador juntamente com a seringa Centrix. Quando a matriz metálica atingia a temperatura de 10°C a resina era inserida e também confirmada a temperatura com o termômetro de infravermelho, só então fotopolimerizada nas mesmas condições. As temperaturas foram controladas constantemente por um termômetro digital. Para os procedimentos à temperatura 25°C também foram utilizadas as mesmas condições sendo a umidade e a temperatura ambiente controlada por meio de termômetro digital (Relógio Termo-Higrômetro, Modelo MT-241, MT-241, ETL-Eletronics Tomorrow Ltd., China; importado por Minipa Indústria e Comércio Ltda.).

Todos os corpos-de-prova foram retirados da matriz de aço inoxidável à temperatura ambiente 25+1°C e avaliados por um mesmo pesquisador com auxílio de uma lupa de 10x de aumento para verificar a qualidade das superfícies. Os possíveis excessos foram removidos utilizando-se uma lâmina de bisturi nº15. Os corpos-de-prova foram colocados no interior de um vidro âmbar com auxílio de uma pinça clínica e etiquetados com a identificação de cada grupo. Em seguida, os frascos abertos foram colocados dentro de um dessecador de vidro contendo sílica gel, e foram mantidos por um período de 24h a 37+1°C, dentro de uma estufa biológica.

Após esse período, o dessecador foi retirado da estufa com os respectivos corpos-de-prova e colocado sobre uma bancada durante 1h, à temperatura ambiente de 25+1°C. Depois disso, cada corpo-de-prova foi retirado do interior do frasco e pesado para obter a massa M1. Foi utilizada uma balança analítica (FA2104N, Bioprecisa) instalada e nivelada sobre uma bancada.

Antes de cada pesagem, a balança foi devidamente tarada. Posteriormente, os corpos-de-prova foram colocados novamente em seus respectivos frascos, adicionando-se, com pipeta de vidro, 1,5 ml de uma solução contendo 75% de álcool etílico e 25% de água destilada. Os frascos foram tampados e levados novamente para o interior de uma estufa biológica mantida a 37+1°C, permanecendo durante 7 dias. Após este período, todos os frascos foram removidos da estufa e mantidos à temperatura ambiente 25+1°C por 1 hora. Os corpos-de-prova foram retirados dos frascos com uma pinça clínica romba, enxutos com papel absorvente ultramacio duplo (Kiss, Santher) por 15 segundos e deixados em uma cubeta estéril por 1 minuto antes da pesagem para obtenção da massa constante M2.

Logo depois, os corpos-de-prova foram recolocados nos frascos que estarão limpos e secos. Os frascos abertos contendo os corpos-de-prova foram novamente posicionados no interior do dessecador e levados à estufa onde permaneceram por mais 24h a 37+1°C. Passado esse período, os corpos-de-prova foram novamente pesados até a obtenção de uma massa constante denominada M3.

Com auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo, Digimatic Caliper, Tóquio, Japão) foram obtidas as dimensões dos corpos de prova, em quatro pontos equidistantes, determinando a espessura e o diâmetro, obtendo-se assim uma média para cada uma dessas medidas, estas que foram usadas para o cálculo do volume do corpo de prova, aplicando-se a fórmula $V = \pi R^2 h$, com valores expressos em mm³.

Para calcular os valores de sorção, W_{sp} , em mg/mm³ para cada corpo-de-prova, foi utilizada a seguinte equação:

$$W/Asp = \frac{M2-M3}{V}$$

Onde:

M2 – é a massa do corpo-de-prova, em microgramas, após 7 dias de imersão no permeante;

M3 – é a massa do corpo-de-prova, em microgramas, depois de retirado do permeante e dessecado por 24 horas;

V – é o volume do corpo-de-prova em milímetros cúbicos.

Para calcular os valores de solubilidade, W_{sl} , em mg/mm³ para cada corpo-de-prova, foi utilizada a seguinte equação:

$$W/Asl = \frac{M1-M3}{V}$$

Onde:

M1 – é a massa do corpo-de-prova, em microgramas, após sua confecção e dessecação por 24 horas;

M3 e V – como citados na fórmula anterior.

Os resultados obtidos, tanto para sorção quanto para solubilidade, foram analisados estatisticamente usando-se o teste de análise de variâncias com dois critérios fixos, tipo de resina composta e temperatura. Para realização das comparações a posteriori, foi utilizado o teste de Tukey. Todas as análises foram feitas considerando-se o nível de 5% de significância.

RESULTADOS

Sorção

A Tabela 2 mostra as médias e desvios padrão dos dados de sorção para o presente estudo.

A análise de variâncias mostrou que as variáveis tempera-

tura e tipo de resina composta usada influenciaram nas médias de sorção encontradas ($p < 0,001$). Encontradas diferenças com o teste de ANOVA, foi aplicado o teste de Tukey. Considerando a temperatura do material, observou-se relação inversa com a sorção ($p < 0,05$). Para o tipo de resina composta, verificou-se que os materiais estudados produziram medias semelhantes de sorção ($p > 0,05$), exceto pela resina Durafill VS, que produziu as maiores médias de sorção entre todos os compósitos avaliados ($p < 0,01$). Os resultados do teste de Tukey podem ser vistos na Figura 1.

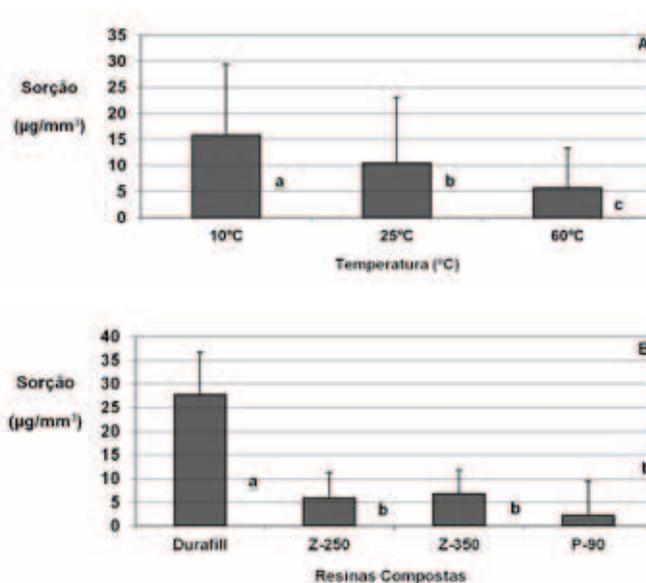
Tabela 2. Médias e desvios padrão dos valores de sorção nas diferentes condições experimentais avaliadas.

Temperatura °C	Resina Composta	N	Média (DP) µg/mm ³
10°C	Durafill	5	35,52 (6,04)
	Z-250	5	11,45 (3,17)
	Z-350	5	11,11 (3,25)
	P-90	5	5,57 (11,58)
	Total	20	15,91 (13,45)
25°C	Durafill	5	30,16 (4,73)
	Z-250	5	2,77 (5,25)
	Z-350	5	7,52 (3,99)
	P-90	5	1,19 (3,61)
	Total	20	10,41 (12,62)
60°C	Durafill	5	17,66 (2,27)
	Z-250	5	3,37 (2,17)
	Z-350	5	1,98 (2,53)
	P-90	5	-0,18 (4,11)
	Total	20	5,70 (7,67)
Total	Durafill	15	27,78 (8,85)
	Z-250	15	5,86 (5,37)
	Z-350	15	6,87 (4,95)
	P-90	15	2,19 (7,30)
	Total	60	10,68 (12,09)

Solubilidade

A Tabela 3 mostra as médias e desvios padrão dos dados de solubilidade para o presente estudo.

A análise de variâncias mostrou que as variáveis temperatura e tipo de resina composta usada, bem como sua interação, influenciaram nas médias de solubilidade encontradas ($p < 0,05$). Encontradas diferenças com o teste de ANOVA, foi aplicado o teste de Tukey. Para temperatura, observou-se relação inversa entre esta e a solubilidade, porém, apenas as temperaturas de 10° e 60°C produziram médias de solubilidade diferentes entre si ($p < 0,05$). Para o tipo de resina composta, verificou-se resultado semelhante ao encontrado para sorção, ou seja, os materiais estudados produziram medias semelhantes de solubilidade ($p > 0,05$),



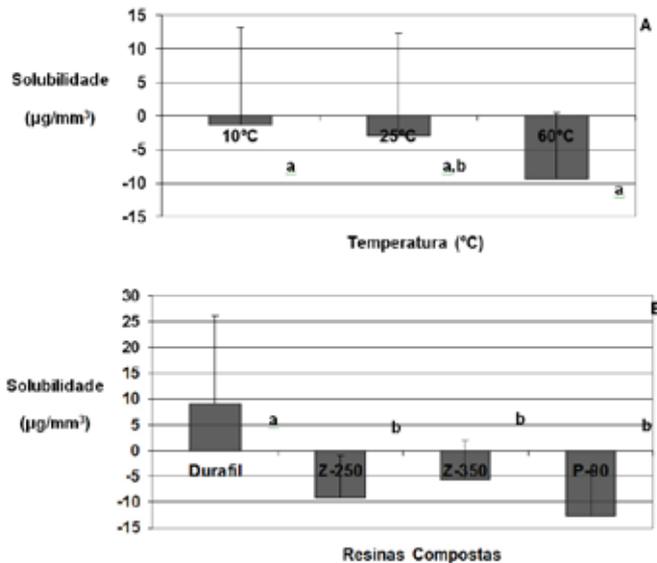
* Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$)

Figura 1. Comparação entre as médias de sorção pelo teste de Tukey para os espécimes confeccionados nas diferentes temperaturas (A) e resinas compostas testadas (B), considerando $\alpha=5\%$.

Tabela 3. Médias e desvios padrão dos valores de solubilidade nas diferentes condições experimentais avaliada

Temperatura °C	Resina Composta	N	Média (DP) µg/mm ³
10°C	Durafill	5	19,64 (19,64)
	Z-250	5	-8,68 (8,05)
	Z-350	5	-9,13 (8,05)
	P-90	5	-7,28 (11,03)
	Total	20	-1,36 (14,59)
25°C	Durafill	5	17,66 (11,13)
	Z-250	5	-11,79 (11,66)
	Z-350	5	-2,97 (3,29)
	P-90	5	-14,54 (5,37)
	Total	20	-2,91 (15,19)
60°C	Durafill	5	-9,71 (14,13)
	Z-250	5	-6,98 (4,80)
	Z-350	5	-4,57 (9,66)
	P-90	5	-16,20 (7,26)
	Total	20	-9,36 (9,88)
Total	Durafill	15	9,19 (17,06)
	Z-250	15	-9,13 (8,26)
	Z-350	15	-5,56 (7,45)
	P-90	15	-12,67 (8,61)
	Total	60	-4,54 (13,65)

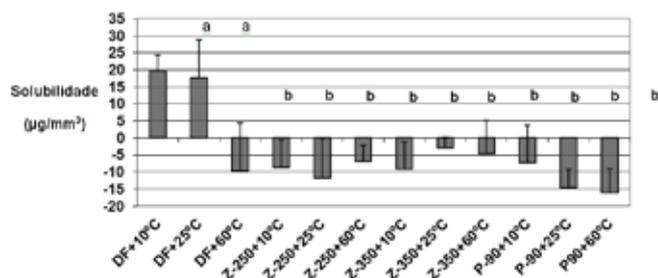
exceto pela resina Durafill VS, que produziu as maiores médias de solubilidade entre todos os compósitos avaliados ($p < 0,01$). Os resultados do teste de Tukey para as variáveis temperatura e tipo de resina composta utilizada podem ser vistos na Figura 2.



* Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$)

Figura 2. Comparação entre as médias de solubilidade pelo teste de Tukey para os espécimes confeccionados nas diferentes temperaturas (A) e resinas compostas testadas (B), considerando $\alpha=5\%$.

Para a interação entre as variáveis, observou-se que todos os grupos experimentais exibiram médias de solubilidade estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$), exceto aqueles em que a resina Durafill VS foi usada nas temperaturas de 10°C e 25°C, estes que exibiram as maiores médias de solubilidade encontradas entre todos ($p < 0,05$), porém, estes não foram diferentes entre si ($p > 0,05$). Estes resultados são apresentados graficamente na Figura 3.



** Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$)

Figura 3. Comparação entre as médias de solubilidade pelo teste de Tukey analisando-se a interação entre as variáveis (grupos), considerando $\alpha=5\%$.

DISCUSSÃO

Os resultados encontrados neste estudo, considerando-se a variável temperatura, demonstraram haver influência do pré-aquecimento nas propriedades de sorção e solubilidade da resina composta. A temperatura na qual o corpo de prova é foto-

ativado afeta a cinética de polimerização e conseqüentemente as propriedades estudadas. O aumento da temperatura como um método de obter maior conversão de monômeros e melhora do compósito tem sido relatado na literatura⁹⁻²². Um maior grau de conversão pode levar o polímero a apresentar melhores propriedades, como menor sorção e solubilidade²⁵⁻²⁹. Considerando a sorção, houve uma relação inversa entre temperatura e esta propriedade, ou seja, a resina polimerizada a 60°C apresentou menores valores de sorção do que aquela polimerizada a 25°C e 10°C, sendo que a resina refrigerada foi quem gerou os maiores valores de sorção. Estes resultados podem ser explicados pela cinética de polimerização alterada da resina com a mudança da temperatura, com redução da mobilidade dos monômeros e diminuição do grau de conversão e da formação de ligações cruzadas em baixas temperaturas¹⁴.

Também para solubilidade, houve aumento das médias obtidas com a temperatura de 10°C em relação à temperatura de 60°C, porém, os resultados obtidos com estas temperaturas foram semelhantes aos obtidos com 25°C. Da mesma forma como foi discutido para sorção, há redução da mobilidade dos monômeros com propagação lenta dos mesmos na reação, diminuindo sua conversão em polímero, sendo que os monômeros não reagidos dissolvem-se e vão para fora do corpo de prova o que resulta na perda de peso, tornando a amostra solúvel quando comparada ao corpo de prova que obteve maior conversão de monômero^{25,26}. Há maior degradação hidrolítica, ou seja, maior quebra de ligação química do corpo de prova devido à absorção de água causar descolamento da matriz polimérica²⁵. Assim, na menor temperatura estudada, observam-se maiores médias de sorção e solubilidade nas amostras.

As composições diferentes com compósitos diferentes podem reagir de forma distinta ao pré-aquecimento²³. As partículas de carga, os tipos de monômeros, as interações entre a matriz são fatores que afetam a conversão de polimerização dos compósitos odontológicos^{4,7}. Analisando os dados obtidos, há maior influência do compósito microparticulado àqueles com origem microhíbridas, nanoparticuladas e a base de siloranos. Para sorção, foi clara a influência do tipo de resina nos resultados obtidos, já que este fator afetou os resultados e não houve efeito significativo da interação compósito x temperatura. A resina Durafill VS obteve maior média de sorção, isto provavelmente devido à maior quantidade de matriz orgânica presente no material. Como mostrado na Tabela 1, a resina Durafill VS apresenta cerca de 37,5% de carga em volume, enquanto a Z-250, Z-350 e P-90 apresentam, respectivamente, 60,60-66 e 76%. Resinas microparticuladas apresentam menor quantidade de partículas inorgânicas, de forma a não sofrerem alterações significativas nas suas características de manipulação. A sílica presente neste material possui tamanho médio de 0,04µm e grande área de superfície, de forma que o carregamento que se consegue neste tipo de resina não ultrapassa valores aproximados de 30 a 45% em volume. Para solubilidade, houve efeito significativo não só do tipo de resina empregada, com a Durafill VS apresentando maiores médias que os demais, mas também da interação entre os fatores. Nota-se que o aumento da temperatura a 60°C levou a resina Durafill VS a se comportar de maneira semelhante aos demais materiais, estes, que por sua vez, foram similares entre si, independentemente da temperatura estudada. Assim, o

pré-aquecimento da resina pode ter melhorado o grau de conversão deste material, levando à menor perda de componentes para o meio, portanto, à menor solubilidade, ao ponto de fazer com que o material se comportasse semelhantemente às demais resinas. Estes resultados podem estar associados também a maior conversão de monômeros em polímeros e à formação de maior quantidade de ligações cruzadas à temperatura de 60°C em comparação às demais temperaturas. Por apresentar maior quantidade de matriz orgânica, a resina Durafill VS, hipoteticamente, sofreu maior influência do pré-aquecimento, evidenciando assim o efeito provocado pela temperatura elevada na polimerização. Entretanto, serão necessários estudos posteriores para se verificar, em longo prazo, os efeitos da temperatura na solubilidade do material. Seguindo esta lógica, se este material apresenta maior quantidade de matriz orgânica, teoricamente, o mesmo estaria sujeito a sofrer maiores alterações em presença de solventes como a água e o álcool num período de tempo mais longo que sete dias, que foi o adotado neste estudo.

Poderia se esperar menor sorção e solubilidade para a resina a base de silorano, devido à natureza hidrofóbica dos monômeros presentes no material^{23,24}, porém isto não ocorreu. Duas hipóteses podem ser levantadas para explicar estes resultados: 1-os parâmetros de solubilidade do compósito em relação ao solvente usado podem ser diferentes para este material em relação aos demais; 2- o tempo de avaliação de uma semana pode não ter sido suficiente para se observar diferenças entre os grupos. Em relação aos parâmetros de solubilidade, a solução de álcool a 75% é a que melhor se assemelha às resinas a base de metacrilato, ou seja, há uma tendência da resina absorver mais solvente nesta composição³⁰. Porém, não se conhece os parâmetros de solubilidade do compósito a base de silorano e desta forma a mudança da solução de armazenamento usada poderia trazer resultados distintos. Futuras investigações devem contemplar todos estes aspectos.

CONCLUSÕES

Considerando as limitações da presente investigação, pôde-se concluir que:

1.A sorção dos compósitos avaliados foi influenciada pela temperatura em que o material se encontrava previamente à polimerização e pelo tipo de material empregado, desta forma, a hipótese nula foi rejeitada;

2.A temperatura de 60°C gerou os menores valores de sorção, seguida pela temperatura de 25°C e pela temperatura de 10°C;

3.A resina Durafill VS apresentou os maiores valores de sorção entre os compósitos avaliados, sendo que os demais não foram diferentes entre si;

4.A solubilidade dos compósitos avaliados foi influenciada pela temperatura, pelo tipo de compósito e pela interação entre estas variáveis. Assim, também para solubilidade, a hipótese nula foi rejeitada;

5.A temperatura de 60°C gerou valores de solubilidade menores que a temperatura de 10°C;

6.A resina Durafill VS apresentou os maiores valores de solubilidade entre os materiais estudados, sendo que os demais não foram diferentes entre si;

7.Os materiais se comportaram de maneira semelhante nas temperaturas estudadas, exceto a resina Durafill VS que apre-

sentou valores mais elevados de solubilidade nas temperaturas de 10° e 25°C em comparação com ela mesma em 60°C e comparada aos demais produtos em qualquer temperatura, sendo estes últimos iguais entre si.

REFERÊNCIAS

01. Lovell LG, Lu H, Elliott JE, Stansbury JW, Bowman CN. The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins. *Dent Mater.* 2001;17(6):504-11.
02. Tian M, Gao Y, Liu Y, Liao Y, Hedin Ne, Fong H. Fabrication and evaluation of Bis-GMA/TEGDMA dental resins/composites containing nano fibrillar silicate. *Dent Mater.* 2008; 24(2):235-43.
03. Amore R, Pagani C, Youssef MN, Anauate Netto C, Lewgoy HR. Polymerization shrinkage evaluation of three packable composite resins using a gas pycnometer. *Pesq Odontol Bras.* 2003;17(3):273-7.
04. Pereira RA, Araujo PA, Castañeda-Espinosa JC, Mondelli RF. Comparative analysis of the shrinkage stress of composite resins. *J Appl Oral Sci.* 2008;16(1):30-4.
05. Yoon TH, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Degree of polymerization of resin composites by different light sources. *J Oral Rehabil.* 2002;29(12):1165-73.
06. Alvarez-Gayosso C, Barceló-Santana F, Guerrero-Ibarra J, Sáez-Espínola G, Canseco-Marínez MA, Alvarez G et al. Calculation of contraction rates due to shrinkage in light-cured composites. *Dent Mater.* 2004;20(3):228-35.
07. Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dent Mater.* 2005;21(1):36-42.
08. Geurtsen W, Leyhausen GC. Chemical-Biological interactions of the resin monomer triethyleneglycol-dimethacrylate (TEGDMA). *J Dent Res.* 2001;80(12): 2046-50.
09. Daronch M; Rueggeberg FA, De Goes MF. Monomer conversion of pre-heated composite. *J Dent Res.* 2005;84(7):663-7.
10. Froes-Salgado NR, Silva LM, Kawano Y, Francci C, Reis A, Loguercio AD. Composite pre-heating: effects on marginal adaptation, degree of conversion and mechanical properties. *Dent Mater.* 2010;26(9):908-14.
11. Lohbauer U, Zinelis S, Rahiotis C, Petschelt A, Eliades G.. The effect of resin composite pre-heating on monomer conversion and polymerization shrinkage. *Dent Mater.* 2009; 25(4):514-19.
12. Uctasli MB, Arisu HD, Lasilla LV, Valittu PK. Effect of preheating on the mechanical properties of resin composites. *Eur J Dent.* 2008;2(4):263-8.
13. Da Costa JB, Hilton TJ, Swift Jr EJ. Preheating composites. *J Esthet Rest Dent.* 2011;23(4):269-75.
14. Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF, Giudici R. Polymerization kinetics of pre-heated composite. *J Dent Res.* 2006;85(1):38-43.
15. Deb S, Di Silvio L, Mackler HE, Millar BJ. Pre-warming of dental composites. *Dent Mater.* 2011;27:e51-e59.
16. Daronch M, Rueggeberg FA, Moss L, De Goes MF. Clinically relevant issues related to preheating composites. *J Esthet Restor Dent.* 2006;18(6):340-51.
17. El-Korashy DI. Post-gel shrinkage strain and degree of conversion of pre-heated resin composite cured using different regimens. *Oper Dent.* 2010;2:172-9.
18. Muñoz CA, Bond PR, Sy-Muñoz J, Tan D, Peterson J. Effect of pre-heating on depth of cure and surface hardness of light-polymerized resin composites. *Am J Dent.* 2008;21 (4):215-22.
19. Wagner WC, Asku MN, Neme AL, Linger JB, Pink FE, Walker S.

- Effect of pre-heating resin composite on restoration microleakage. *Oper Dent.* 2008;33(1):72-8
20. Woolum JA, Berry TG, Wilson DE, Hatch R. Benefits of preheating resin composite before placement. *Gen Dent.* 2008;332-5.
21. Lucey S, Lynch CD, Ray NJ, Burke FM, Hannigan A. Effect of pre-heating on the viscosity and microhardness of a resin composite. *J Oral Rehab.* 2010;37(4):278-82.
22. Prasana N, Pallavi Reddy Y, Kavitha S, Lakshmi Narayanan L. Degree of conversion and residual stress of preheated and room-temperature composites. *Indian J Dent Res.* 2007;18(4):173-6.
23. Eick JD. Properties of silorane-based dental resins and composites containing a stress-reducing monomer. *Dent Mater.* 2007;23(8):1011-7.
24. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater.* 2005;21(1):68-74.
25. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Fuentes V, Prati C, Garcia-Godoy F. Sorption e solubility of resin-based restorative dental materials. *J Dent.* 2003;31(1):43-50.
26. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006;22(3):211-22.
27. Asmussen, E, Peutzfeldt A. Two-step curing: influence on conversion and softening of a dental polymer. *Dent Mater.* 2003;19:466-70.
28. Benetti AR, Peutzfeldt A, Asmussen E, Pallesen U, Franco EB. Influence of curing rate on softening in ethanol, degree of conversion, and wear of resin composite. *Am J Dent.* 2011;24(2):115-8.
29. Soh MS, Yap AUJ. Influence of curing modes on crosslink density in polymer structures. *J Dent.* 2004;32(4):321-6.
30. McKinney JE, Wu W. Chemical softening and wear of dental composites. *J Dent Res.* 1985;64(11):1326-31.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the influence of composite temperature and brand on sorption and solubility properties of the material. **Material and Method:** Sixty specimens were built up using metallic matrix (8 x 2 mm) and four brands of composite resins: 1 - Durafill VS (Heraeus Kulzer), 2 -Z-250 (3M/ESPE) 3 - Z-350 (3M/ESPE); 4 - P-90 (3M/ESPE). Three temperatures (10°C, 25°C, and 60°) were tested. The specimens were weighed before being stored in water / ethanol 25% / 75% (M1), after 7 days stored (M2) and after 8 days - 7 days + 1 day stored dried (M3). Sorption and solubility were calculated using the height, diameter and mass of each exemplar. The data was analyzed by ANOVA and Tukey tests ($\alpha = 5\%$). **Results:** For sorption, temperature and resin type influenced means ($p < 0.05$). There was an inverse re-

lationship between temperature and sorption ($p < 0.05$). Durafill resin presented the highest values ($p < 0.05$), but the values in between the remainder were not different ($p > 0.05$). For solubility, the two factors, separately or together, influenced the means ($p < 0.05$). The means found with 60°C were lower than those obtained with 10°C ($p < 0.05$). The results for the type of resin were similar to those found for sorption. For interaction, there was similarity between the average in all groups except those in which the Durafill was used at 10° and 25° °C, those showed the highest solubility ($p < 0.05$). **Conclusion:** Sorption and solubility of composite resin are influenced by temperature and type of composite used.

KEYWORDS: Composite resin, high temperature, absorption

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Prof.Dr.Fabrcio Luscino Alves de Castro
Universidade Paulista, Instituto de Ciências da Saúde,
Faculdade de Odontologia, Campus Flamboyant,
Rodovia BR 153, Km 503, Fazenda Botafogo,
Goiânia, GO, Brasil. CEP 74845-090.
Tel: +55-62-32394004; +55-62-3239-4008.
E-mail: fabriciocalastro.odontogo@unip.br