

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
ODONTOLÓGICAS**

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NAS  
PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESINAS  
COMPOSTAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Patrícia Graziela Henke**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2013**

# **INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESINAS COMPOSTAS**

**Patrícia Graziela Henke**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Área de Concentração em Biomateriais, Ênfase em Odontopediatria, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Odontológicas com ênfase em Odontopediatria.**

**Orientadora: Profa. Dra. Rachel de Oliveira Rocha**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Henke, Patrícia Graziela  
INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NAS PROPRIEDADES  
MECÂNICAS DE RESINAS COMPOSTAS / Patrícia Graziela  
Henke.-2013.  
41 f.; 30cm

Orientadora: Rachel de Oliveira Rocha  
Coorientadores: Leonardo Eloy Rodrigues Filho, Fabio  
Zovico Maxnuck Soares  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Odontológicas, RS, 2013

1. Resinas Compostas 2. Tratamento Térmico 3.  
Resistência à Tração 4. Resistência à Flexão I. Rocha,  
Rachel de Oliveira II. Rodrigues Filho, Leonardo Eloy  
III. Soares, Fabio Zovico Maxnuck IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
ODONTOLÓGICAS**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NAS  
PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESINAS  
COMPOSTAS**

elaborada por  
**Patrícia Graziela Henke**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciências Odontológicas com Ênfase em  
Odontopediatria.**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**



**Rachel de Oliveira Rocha, Dra.**  
(Presidente/Orientadora)



**Márcia Borba, Dra.(UPF)**



**Alexandre Henrique Susin, Dr.(UFSM)**

Santa Maria, 31 de Julho de 2013.

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço a Deus pelo Amor Incondicional, pela Graça Infinita derramada todos os dias na minha vida, pelo cuidado comigo sempre... Tu és tudo pra mim!!*

*Agradeço a Deus pelos meus pais maravilhosos, Alceu e Lúcia os quais são fontes de inspiração, conduta, ética, perseverança, dedicação, amor, sacrifício... Meu pai sempre foi motivo de exemplo; pessoa dedicada à família, aos estudos, ao trabalho, um ótimo pai e amigo, sempre em busca da excelência e do sucesso. Minha mãe guerreira sempre, pronta a apoiar e a ouvir, segurando firme e com otimismo as tempestades da vida, mãe em tempo integral sem pausa para descanso ou para fraquejar! Obrigada amados, amo vocês!*

*Agradeço ao meu marido Daniel; Paixão da minha vida... Quem sempre soube me apoiar, me incentivar e acreditar em mim... Te amo!*

*Até que a morte nos separe.*

*Agradeço à minha irmã e amiga Pri e as minhas amigas amadas mais chegadas que irmã... Gris e Tami por estarem sempre prontas a me ouvir, pelas palavras certas, pelas orações, pelo companheirismo e pelas confidências; pelo ombro amigo sempre a disposição, pelas risadas e pelas lágrimas; pelo incentivo, ânimo e força quando eu não aguentava mais...*

*Agradeço às colegas, amigas e companheiras de mestrado e futuramente de doutorado Sara, Joci, Tici (Liga do K.A) pelos momentos de alegria, pelos momentos de conquistas, pelas conversas, pelos desabafos, pelo choro e todo o apoio, torcida, compreensão que vocês sempre tiveram, pelo aprendizado dividido, pelos materiais emprestados e ânimo em todo tempo...*

*Agradeço às colegas e amigas Aura, Renata, Raquel, Joana, Pauline, Bojejo, Guiabá, Grazi, Marcos e Lu que sempre estão na torcida e na espera de mais conquistas, que se alegram com a minha alegria e se entristecem com o meu choro.*

*Agradeço às amigas Taren e Deby pelo apoio, pelo incentivo e pelas conversas!*

*Agradeço à Maria Neli, à Dona Arlinda, Filipe, Pâmela e Rafa pelas orações!  
Agradeço à Universidade Federal de Santa Maria pela qualidade do ensino público e gratuito, pela Coordenação e docentes do Programa de Pós-Graduação que sempre estiveram buscando melhorar o ensino e a qualidade do mestrado nos estimulando na busca pelo conhecimento!*

*Agradeço à minha orientadora... mais que maravilhosa, exemplo sempre a ser seguido...querida Rachel de Oliveira Rocha pelo apoio sempre...pela compreensão, pela dedicação, pela paciência, pelos ensinamentos, pela amizade, pelas conversas, pelas correções, pelas dicas, pelo exemplo a ser seguido como pessoa e docente, seu sua fé!  
Te admiro cada vez mais! Nunca vou poder retribuir esse carinho e esse empenho que você investe e dedica a mim...Muito..muito Obrigada!!!*

*Agradeço pelo querido professor Alexandre Henrique Susin que me inspirou a fazer especialização em Dentística, sempre acreditando em mim e me incentivando a cada dificuldade, admiro sua dedicação à docência e à pesquisa, um exemplo! Muito obrigada pelo carinho!*

*Agradeço ao professor Fábio Soares pelo tempo investido no estudo e nas correções da tese...*

*Agradeço à secretária Jéssica que sempre está pronta a ajudar direta e indiretamente, você facilitou muito a resolução dos problemas do mestrado!*

*A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, e não estão nominalmente citados.*

*Enfim... nessa caminhada tive um Deus todo poderoso sempre do meu lado, uma família maravilhosa, um marido perfeito, amigos sempre e mestres exemplares e admiráveis, sempre fui cercada de pessoas maravilhosas que me ajudaram a chegar até aqui!!*

## EPÍGRAFE

*“Não vou reclamar da situação;  
Os meus sábios sempre te adorarão;  
Vou colocar a esperança em Deus...”*

*Sim, eu elevo os meus olhos;*

*Do alto vem o meu socorro;*

*Minhas forças se renovam*

*Porque espero no Senhor...*

*Obrigada, Senhor!”*

*(Megafone)*

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas  
Universidade Federal de Santa Maria

### **INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESINAS COMPOSTAS**

**AUTORA: PATRÍCIA GRAZIELA HENKE**

**ORIENTADORA: RACHEL DE OLIVEIRA ROCHA**

**Data e Local da Defesa: Santa Maria, 31 de Julho de 2013.**

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tratamento térmico na resistência flexural e à tração diametral de resinas compostas. Foram selecionadas 5 marcas comerciais de resinas compostas de uso direto (Filtek Z250®, 3M ESPE; Filtek Z350®, 3M ESPE; Charisma®, Heraeus Kulzer; Opallis®, FGM; Evolu-X®; Dentsply) e uma de uso indireto (Solidex®, Shofu), considerada como padrão de comparação. Com cada resina composta foram confeccionados 16 corpos de prova (cps) (6mmx4mm) para o ensaio de tração diametral e 16 cps (10mmx2mmx1mm) para o ensaio de resistência flexural de três pontos. Os cps foram divididos aleatoriamente em dois grupos: grupo controle (armazenamento em água a 37° C por 24 horas) e grupo tratamento (tratamento térmico pela aplicação de calor seco a 170°C por 10 minutos). Após, os cps foram submetidos aos ensaios mecânicos em máquina de ensaios universal. Os dados transformados em Mega Pascal (MPa) foram submetidos à Análise de Variância e o teste de Turkey (5%). O efeito do tratamento térmico foi observado dependendo da resina composta e do teste mecânico e, quando presente, aumentou a resistência entre 8 e 23%. As diferenças entre as resinas compostas foram mais evidentes no teste de flexão. Correlação significativa foi encontrada entre os testes ( $r$  de Pearson= 0,6,  $p > 0,01$ ). Conclui-se que o efeito do tratamento térmico na resistência mecânica de resinas compostas depende do material e do ensaio utilizado.

**Palavras-chave:** Resinas Compostas, Tratamento Térmico, Resistência a Tração.



## ABSTRACT

**Master's Dissertation  
Graduate Program in Dental Science  
Federal University of Santa Maria**

### **INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE RESINS**

**AUTHOR: PATRÍCIA GRAZIELA HENKE  
ADVISER: RACHEL DE OLIVEIRA ROCHA  
Defense Place and Date: Santa Maria, July 31<sup>nd</sup>, 2013.**

The aim of this study was to evaluate the influence of heat treatment on the flexural strength and diametral tensile composite resins. We selected five brands of composite resins for direct use (Filtek® Z250, 3M ESPE, Filtek® Z350®, 3M ESPE, Charisma®, Heraeus Kulzer; Opallis®, FGM; Evolu-X®, Dentsply) and indirect use (Solidex®, Shofu), as a standard of comparison. With each composite were prepared 16 specimens (sps) (6mmx4mm) for the diametral tensile test and 16 sps (10mmx2mmx1mm) for testing flexural strength of three points. The sps were randomly divided in two groups: control group (storage in water at 37 ° C for 24 hours) and treatment group (heat treatment by the application of dry heat at 170 ° C for 10 minutes). After the sps were subjected to mechanical testing in a universal testing machine. The transformed data in Mega Pascal (MPa) were submitted to ANOVA and Turkey test (5%). The effect of heat treatment was observed depending on the composite resin and mechanical testing and, when present, increased the resistance between 8 and 23%. The differences between the resins were more evident in the bending test. Significant correlation was found between tests (Pearson's  $r = 0.6$ ,  $p > .01$ ). Conclude that the effect of heat treatment on mechanical strength of composite resin material and depends on the assay used.

**Keywords:** Composite Resins, Heat Treatment, Tensile Strength.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Tg	Temperatura de Transição Vítrea
°C	Grau Centígrado
µm	Micrometro
cps	Corpos de Prova
mm	Milímetros
mW/cm	Miliwatt por centímetro
mm/min	Milímetros por minuto
N	Newton
MPa	Megapascal

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	13
ARTIGO – <i>INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NA RESISTÊNCIA FLEXURAL E TRAÇÃO DIAMETRAL DE RESINAS COMPOSTAS DIRETAS</i> .....	15
Resumo .....	16
Introdução .....	17
Materiais e Métodos .....	18
Resistência à Tração Diametral.....	19
Resistência à Flexão.....	19
Análise Estatística.....	20
Resultados.....	20
Discussão.....	21
Referências .....	26
Quadro 1 .....	29
Tabela 1 .....	30
CONCLUSÃO .....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
ANEXO.....	36

## INTRODUÇÃO

Os procedimentos restauradores em dentes decíduos e permanentes jovens, apesar do declínio da prevalência de cárie observado como fenômeno global (MARTHALER, 2004) ainda são necessários e eventualmente, de alta complexidade. Isso porque grandes destruições de molares decíduos e primeiros molares permanentes decorrentes de lesões de cárie exigem competência técnica, adequada seleção do material restaurador e, sempre que possível, sessões clínicas de curta duração.

As resinas compostas são, sem dúvida, o material restaurador mais comumente empregado na restauração de dentes decíduos e permanentes jovens (NASCIMENTO et al., 2010; YENGOPAL et al., 2009) uma vez que suas características mecânicas e estéticas permitem a substituição dos tecidos dentários perdidos de maneira altamente aceitável (CETIN; UNLU, 2012; DA ROSA RODOLPHO et al., 2006). No entanto, ainda há necessidade de emprego por técnica incremental, dificuldade de restabelecimento de pontos de contato e efeitos indesejáveis decorrentes da contração de polimerização, que fomentam o melhoramento das resinas compostas e o desenvolvimento de técnicas que minimizem esses aspectos.

As restaurações indiretas de resinas compostas têm sido sugeridas a fim de superar algumas das desvantagens das resinas diretas e ainda, permitir a obtenção facilitada dos pontos de contato, anatomia oclusal e adaptação marginal (PIANELLI; DEVAUX; BEBELMAN, 1999; TERRY; TOUATI, 2001). Contudo as restaurações indiretas exigem processamento laboratorial e, portanto, maior número de consultas clínicas e custo superior.

Considerando que os compósitos de uso indireto, apresentam composição química semelhante aos de uso direto, alguns pesquisadores propuseram a aplicação das resinas compostas convencionais para a confecção das restaurações indiretas, com a sugestão da realização do tratamento térmico pós-polimerização, com o intuito de favorecer a obtenção de melhores propriedades mecânicas, decorrentes do maior grau de conversão e relaxação de tensões, que estão associados ao emprego de calor e/ou pressão

(BAUSCH JR; DE LANGE; DAVIDSON, 1981; TERRY; TOUATI, 2001; VAIDYNATHAN et al., 1992; WENDT JR, 1987a; WENDT JR, 1989).

Vários são os estudos que avaliaram as propriedades mecânicas das resinas compostas após diversos tratamentos térmicos pós-polimerização (BAUSCH JR; DE LANGE; DAVIDSON, 1981; REINHARDT; BOYER; STEPHENS, 1994; WENDT JR, 1987a, 1987b, 1989) sem existir, no entanto, um protocolo de consenso. O estudo de Miyazaki et al. (2010) foi desenvolvido na tentativa de encontrar um protocolo de tratamento térmico, com especificação da temperatura e tempo ideais para a obtenção das melhores propriedades mecânicas das resinas compostas. A caracterização térmica, por termogravimetria e calorimetria exploratória diferencial, permitiu a indicação da temperatura de 170° C como aquela superior ao pico de exotermia e mais próxima da temperatura de transição vítrea, a qual permite ativação dos monômeros residuais (LOZA-HERRERO et al.,1998; TRUJILLO et al., 2004), relaxação das tensões decorrentes da fotoativação (RUEGGEBERG; CRAIG, 1988) e aumento das propriedades mecânicas.

Esse estudo foi realizado de forma a complementar os de Miyazaki et al. (2009,2010) e Santana et al. (2005,2009) que propuseram o tratamento térmico pós polimerização a uma temperatura de 170° C,a fim de trazer informações adicionais sobre resinas compostas distintas submetidas também ao ensaio de tração diametral.

# **ARTIGO – INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NA RESISTÊNCIA FLEXURAL E TRAÇÃO DIAMETRAL DE RESINAS COMPOSTAS DIRETAS\***

Patrícia G. Henke<sup>1</sup>

Leonardo Eloy Rodrigues Filho <sup>2</sup>

Fabio ZovicoMaxnuck Soares <sup>3</sup>

Rachel de Oliveira Rocha <sup>4</sup>

1 Programa de Pós Graduação em Ciências Odontológicas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

2 Departamento de Biomateriais e Biologia Oral, Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

3 Departamento de Odontologia Restauradora, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

4 Departamento de Estomatologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

## **Tratamento térmico em resinas compostas diretas.**

### **Autor de correspondência:**

Rachel de Oliveira Rocha

Rua Floriano Peixoto 1184, sala 209 Santa Maria, RS, Brazil

55 55 3220 9266 [rarocho@usp.br](mailto:rarocho@usp.br)

\* Artigo formatado de acordo com as normas do periódico Dental Materials – Anexo.

**Resumo**

*Objetivo:* O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tratamento térmico na resistência flexural e à tração diametral de resinas compostas. *Métodos:* Foram selecionadas 5 marcas comerciais de resinas compostas de uso direto (Filtek Z250®, 3M ESPE; Filtek Z350®, 3M ESPE; Charisma®, HeraeusKulzer; Opallis®, FGM; Evolu-X®, Dentsply) e uma de uso indireto (Solidex®, Shofu), considerada como padrão de comparação. Com cada resina composta foram confeccionados 16 corpos de prova (cps) (6mmx4mm) para o ensaio de tração diametral e 16 cps (10mmx2mmx1mm) para o ensaio de resistência flexural de três pontos. Os cps foram divididos aleatoriamente em dois grupos: grupo controle (armazenamento em água a 37°C por 24h) e grupo tratamento (tratamento térmico pela aplicação de calor seco a 170°C por 10 minutos). Após, os cps foram submetidos aos ensaios mecânicos em máquina de ensaios universal. Os dados transformados em Mega Pascal (MPa) foram submetidos à Análise de Variância e o teste de Turkey (5%). *Resultados:* O efeito do tratamento térmico foi observado dependendo da resina composta e do teste mecânico e, quando presente, aumentou a resistência entre 8 e 23%. As diferenças entre as resinas compostas foram mais evidentes no teste de flexão. Correlação significativa foi encontrada entre os testes ( $r$  de Pearson= 0,6,  $p > 0,01$ ). *Significância:* O efeito do tratamento térmico na resistência mecânica de resinas compostas é material dependente.

**Palavras-chave:** Resinas Compostas, Tratamento Térmico, Resistência a Tração.

## Introdução

O uso das resinas compostas na restauração de dentes posteriores é cada vez mais frequente e universal, podendo, em alguns países, superar o amálgama como material de eleição para estas situações [1]. Ainda assim, dúvidas persistem no que se refere longevidade das restaurações de resina composta em dentes posteriores. Isto porque não são muitas as evidências que asseguram o sucesso clínico das restaurações de resinas compostas em dentes posteriores [2,3].

A longevidade das restaurações de resina composta, especialmente em dentes posteriores, depende, em parte, das propriedades mecânicas do material, que estão diretamente ligadas à composição da resina [4] e ao grau de conversão [5]. Em temperatura ambiente, o grau de conversão dificilmente ocorre por completo e a presença de monômeros residuais e ligações insaturadas remanescentes podem comprometer as propriedades mecânicas [6], a estabilidade de cor e a resistência ao desgaste do material [7,8].

A preocupação com as consequências do incompleto grau de conversão e contração de polimerização das resinas compostas fez com que os sistemas de resinas compostas indiretas se tornassem usuais, pois permitem minimizar as desvantagens das resinas de uso direto, proporcionando melhor controle da adaptação marginal, facilidade no restabelecimento de contatos proximais e forma anatômica e ainda, menor tensão de contração, pois a fotopolimerização é fora do ambiente bucal [7,9]. Além disso, as resinas compostas de uso indireto podem receber tratamentos adicionais por luz, calor e/ou pressão, que promovem maior grau de conversão e conseqüentemente, melhores propriedades mecânicas [7,8], representando assim, uma alternativa restauradora para dentes posteriores, em especial quando há grande destruição coronária.

Contudo, as restaurações indiretas de resinas compostas são confeccionadas em laboratório, com a utilização de equipamentos específicos, o que, somado ao fato de envolver maior número de sessões clínicas, podem resultar em maior custo da restauração.



Diante disso, o emprego de resinas compostas de uso direto na confecção de restaurações indiretas foi sugerido na tentativa alcançar as vantagens das resinas indiretas com técnica simplificada e menor custo[10]. A técnica combinada (resinas compostas diretas usadas de forma indireta) exige a associação entre a fotoativação convencional do material e a polimerização adicional ou secundária, seja por luz, calor e/ou pressão. Várias são as formas de polimerização adicional que têm sido avaliadas na tentativa de melhorar as propriedades mecânicas, em especial o tratamento térmico, com resultados significativos percebidos em ensaios de tração diametral [11,12], compressão e flexão[11], desgaste, dureza[10] e grau de conversão [13,14].

No entanto, não existe consenso com relação à temperatura ideal e ao tempo de realização do tratamento térmico. Na tentativa de alcançar um protocolo de tratamento térmico, Miyazaki et al., 2009 [15], realizaram a caracterização térmica por termogravimetria e calorimetria exploratória diferencial de diferentes resinas compostas e verificaram que, a aplicação por 10 minutos de calor em temperatura de 170° C, parece ser aquela que na qual se tem aumento significativo do grau de conversão, dureza e de resistência a flexão, achados confirmados, em parte, por Santana et al.,2009 [16]. O presente estudo teve como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de diferentes resinas compostas submetidas a tratamento térmico pós-polimerização, em ensaios de tração diametral e flexão.

## **Materiais e Métodos**

O efeito do tratamento térmico pós-polimerização foi avaliado considerando cinco resinas compostas comerciais, sendo 4 de uso direto e uma de uso laboratorial (indireto)(Quadro 1). O tratamento térmico foi conduzido em estufa de calor seco, à temperatura de 170° C por 10 minutos.

### ***Resistência à Tração Diametral***

Com cada resina composta foram confeccionados, em incremento único, 16 corpos de prova (cps) cilíndricos, utilizando matriz metálica (6mm x 4mm). A fotoativação foi feita com aparelho de luz halógena (Schuster Comércio de Equipamentos Odontológicos Ltda, Santa Maria, RS, Brasil) com potência de 600mW/cm, pelo tempo recomendado pelos respectivos fabricantes, com a fonte de luz posicionada em cada uma das extremidades da matriz. Após terem as suas dimensões aferidas com paquímetro digital, os cps foram divididos aleatoriamente em dois grupos (n=8), de acordo com a realização ou não do tratamento térmico. Os cps foram armazenados em água a 37°C por 24 horas e submetidos ao ensaio mecânico. O teste de tração diametral foi realizado em máquina de ensaios universal (Emic Equipamentos e Sistemas de Ensaios Ltda, São José dos Pinhais, PR, Brasil), com carga aplicada na porção lateral dos cps, com velocidade de 0,5mm/min até o momento da ruptura. Os valores referentes à carga de fratura em Newtons (N) foram convertidos para MPa de acordo com a equação:

$$\sigma = 2F/\pi dh$$

onde:

F: carga de fratura;

d: diâmetro do cp;

h: altura do cp;

$\pi$ : 3,1416.

### ***Resistência à Flexão***

Foram confeccionados, com cada resina composta, 16 cps em forma de barra, utilizando uma matriz metálica (10mmx2mmx1mm). As resinas compostas foram inseridas em incremento único, fotoativadas pelos tempos sugeridos pelos respectivos fabricantes, com a fonte de luz posicionada na superfície e após na base da matriz. Da mesma maneira que para o ensaio de tração diametral, os cps foram divididos em dois grupos (n=8), submetidos ou não ao tratamento térmico.

Após 24 horas de armazenamento em água a 37°C, foi realizado o ensaio de flexão de três pontos, com 8mm de distância entre os apoios, em máquina de ensaios universal (EmicEquipamentos e Sistemas de Ensaios Ltda, São José dos Pinhais, PR, Brasil), com velocidade de 0,5mm/min. Os valores de resistência flexural foram obtidos a partir da carga de ruptura em Newtons (N), utilizando a seguinte equação:

$$\sigma = 3FL/2bh^2,$$

onde:

F: carga de fratura;

L: distância entre os suportes;

b: largura dos espécimes;

h: espessura dos espécimes.

### ***Análise Estatística***

Os valores de resistência à tração diametral e flexão foram analisados utilizando a Análise de Variância de dois fatores e teste de Tukey. A correlação entre os ensaios foi verificada empregando o teste de correlação de Pearson. O nível de significância empregado foi de 5%.

### **Resultados**

Os valores de resistência à tração diametral e flexão considerando a realização ou não do tratamento térmico são mostrados na Tabela 1.

O efeito do tratamento térmico foi observado dependendo do material (resina composta). Quando presente, aumentou a resistência mecânica da resina entre 8 e 23%.

As diferenças entre as resinas compostas foram mais evidentes no teste de flexão, no qual as médias de resistência mecânica apresentaram maior amplitude de variação.

Foi encontrada correlação moderada significativa entre os testes de resistência flexural e tração diametral ( $r = 0,6; p < 0,01$ ).

## **Discussão**

Uma eficiente polimerização das resinas compostas é necessária para se alcançar propriedades mecânicas adequadas às solicitações do ambiente oral. A polimerização das resinas compostas em condições clínicas não acontece por completo, e o grau de conversão, dado pela porcentagem de duplas ligações de carbono que foram convertidas em simples durante a reação de polimerização, havendo sempre a presença de monômeros residuais e ligações insaturadas remanescentes [17,18]. Isto pode resultar em propriedades físico-mecânicas inferiores [19], que são fundamentais para a longevidade das restaurações. Assim, o tratamento térmico adicional tem sido sugerido a fim de aumentar o grau de conversão e, conseqüentemente atingir, ótimas propriedades mecânicas e satisfatória performance clínica [20,21]. O efeito do tratamento térmico não foi uniforme para as resinas compostas avaliadas no presente estudo, da mesma forma que não foi observado de maneira coincidente nos ensaios de tração diametral e flexão.

As resinas compostas avaliadas diferem em vários aspectos, incluindo o tipo e proporção dos monômeros que compõem a matriz resinosa, concentração, tipo e tamanho das partículas de carga e sistema iniciador. Desta forma, era de se esperar comportamentos distintos quando da realização do tratamento térmico. No entanto, algumas questões devem ser consideradas.

De forma geral, a única resina composta indicada para uso indireto incluída no estudo (Solidex<sup>®</sup>) apresentou os piores resultados de resistência à flexão, independente da realização do tratamento térmico. Embora essa resina seja de uso laboratorial, seu processamento não inclui tratamento de polimerização adicional por calor e/ou pressão, comumente empregados quando do uso desta classe de resinas compostas. A polimerização unicamente por luz pode, em parte, justificar os resultados obtidos com esta resina, já que neste caso, o problema da polimerização incompleta não é suprimido com o emprego laboratorial. Quando submetida ao tratamento térmico, os valores de

resistência mecânica distanciaram-se ainda mais das demais resinas compostas, exceto da Opallis®, no ensaio de tração diametral. A menor porcentagem volumétrica de carga (53%) tem relação direta com os baixos valores obtidos, assim como observado em estudos anteriores [22,23]. É importante considerar que os valores de resistência flexural obtidos com a resina Solidex® foram inferiores ao valor mínimo de 100MPa, estabelecido pela normativa ISO 4049 [24]. O ensaio de flexão, juntamente com o módulo de resiliência e tenacidade à fratura, tem sido considerado como um importante preditor do desgaste clínico das resinas compostas [25] e os baixos valores obtidos com a resina Solidex® neste teste podem suscitar dúvidas com relação ao desempenho e durabilidade das restaurações confeccionadas com este material.

Já as resinas Filtek Z250® e Filtek Z350®, independente do ensaio ou do tratamento, apresentaram elevados valores de resistência mecânica, o que parece estar de acordo com estudos anteriores [24,26], os quais apontam a presença de UDMA, que apresenta estrutura molecular mais flexível comparada ao BisGMA, e BisEMA, que apresenta, também comparado ao BisGMA, menos ligações insaturadas. Essas características combinadas aumentam o grau de conversão [27] e reduzem a contração de polimerização, consequentemente reduzindo o estresse intrínseco do material. Os maiores valores de resistência mecânica da resina Filtek Z350®, em especial no ensaio de tração diametral, provavelmente estão relacionados ao menor conteúdo de BisGMA, substituído em parte, por TEGDMA, UDMA e BisEMA, que permitem aumento do grau de conversão [28]. No entanto, a presença de TEGDMA nesta resina pode justificar também o seu comportamento no ensaio de flexão, visto que, a substituição de BisGMA por TEGDMA que embora diminua a viscosidade da matriz permitindo maior incorporação de carga, possui baixo grau de conversão e tende a reduzir os valores de resistência flexural [28]. Além disso, o alto conteúdo inorgânico provavelmente contribui para as melhores propriedades mecânicas destas resinas [26].

A Charisma® foi a única resina composta para a qual o efeito do tratamento térmico pode ser confirmado, independente do ensaio, contrastando com resultados anteriores [29], provavelmente em razão de diferenças no tratamento térmico utilizado.

O tratamento térmico parece não beneficiar igualmente as resinas compostas, provavelmente em razão das possíveis diferenças nas temperaturas de transição vítrea ( $T_g$ ) – momento no qual há aumento do coeficiente de expansão térmica linear, redução da viscosidade e módulo elástico. A temperatura utilizada no tratamento térmico deve ser ligeiramente acima da  $T_g$ , para que ocorra um enfraquecimento das interações moleculares secundárias, permitindo relaxamento dos grupos laterais e, como consequência, aumento das reações dos radicais livres e do grau de conversão. Os estudos de Santana et al. (2009) [16] e Miyazaki et al. (2009) [15] suportam a realização do tratamento térmico (170°C por 10 minutos) empregado neste estudo e que difere de avaliações prévias [11,30]. Apesar disso, as características de composição de cada resina composta podem influenciar individualmente a  $T_g$ , impossibilitando a adoção de uma temperatura única para o tratamento térmico e consequentemente, dificultando a observação de melhores propriedades mecânicas decorrentes da polimerização adicional.

Além disso, o ensaio de flexão parece ter sido mais sensível para apontar as diferenças entre as resinas compostas, permitindo classificá-las, de acordo com os valores de resistência mecânica, em quatro grupos distintos, com maior amplitude de valores quando comparado ao ensaio de tração diametral. Por submeter o espécime ao dobramento, o ensaio de flexão tem uma distribuição de tensões complexa, com a interação de tensões compressivas e de tração. Comparado ao ensaio de tração diametral, isto parece propiciar uma maior sensibilidade em apontar diferenças entre materiais [31], ou ainda em apontar a influência de aspectos da composição, como a porcentagem de carga [32].

Muito embora o ensaio de flexão possa ser considerado como padrão para testar a resistência mecânica de resinas compostas (ISO 4049), o ensaio de tração diametral parece ser um bom indicador da resistência mecânica do material quando submetidos às tensões as quais as restaurações são expostas durante a mastigação e assim, considerando que a maioria das falhas das resinas compostas se dá justamente como consequência de tensões de tração [33,34], ainda útil em estimar o comportamento dos materiais restauradores. A dificuldade em se realizar ensaios que verdadeiramente mensurem a

resistência à tensões de tração, justifica o emprego do teste de tração diametral, que pode, de modo indireto, predizer essa propriedade das resinas compostas. A aplicabilidade do ensaio de tração diametral pode ser questionada no que se refere às características intrínsecas do material, dado que este ensaio foi desenvolvido para materiais friáveis [35] e que as constantes modificações na composição das resinas compostas podem alterar seu comportamento. No entanto, estudos recentes validam o emprego do ensaio de tração diametral na avaliação de compósitos contemporâneos [31, 36] e apontam uma relação positiva entre os ensaios de flexão e tração diametral [24,32]. Além do mais, altos valores de resistência à compressão, flexão e tração diametral são indicadores importantes da capacidade do material de suportar as cargas mastigatórias [35].

É difícil apontar uma única razão para justificar o comportamento distinto das resinas compostas, mas este pode ser justificado, em parte, pelas diferenças não apenas no conjunto de monômeros presentes, mas também, no tipo, quantidade e tamanho de carga, iniciadores, silanização das partículas de carga, que influenciam fortemente a caracterização do compósito, bem como suas propriedades mecânicas.

Tal multifatoriedade do desfecho das diversas variáveis composicionais nas propriedades do material final ficam evidentes ao comparar o desempenho das resinas Evolux® e Opallis® que apesar de apresentarem proporções volumétricas e tamanho médio de carga bastante semelhantes (ao redor de 58% e 0,5µm respectivamente), a resistência flexural da resina Evolux® foi significativamente superior, o que além de diferenças na matriz orgânica, pode ser decorrente do menor tamanho médio das nanopartículas de sílica e consequente melhor distribuição de tamanho de partículas em torno da média. Muito embora dentre estes, com a aplicação do tratamento térmico, somente a resina Opallis® apresentou aumento significativo alcançando a resina Evolux® nesta condição.

Adicionalmente, comparando as resina Charisma® a FiltekZ350®, ambas com aproximadamente 63% em volume de carga, a adição de nanopartículas e nanoaglomerados a composição da FiltekZ350® pode ser um dos fatores que justificam os maiores valores de resistência mecânica

[32], superiores mesmo com o significativo acréscimo mostrado pela resina Charisma® após o tratamento térmico.

Apesar de inúmeros estudos mostrarem que o tratamento térmico pós-polimerização melhora as propriedades mecânicas das resinas compostas, esse efeito não é ubiquamente observado para todas as resinas compostas e depende da sensibilidade do ensaio mecânico empregado.



## Referências

- [1] Nascimento MM, Gordan VV, Qvist V, Litaker MS, Rindal DB, Williams, Fellows J, Lloyd K, Ritchie, Jr, Mjor IA, McClelland J and Gilbert GH. Reasons for placement of restoration on previously unrestored tooth surfaces by dentists in the dental practice-based research network. **J Am Dent Assoc**,2010;141:441-448.
- [2] Mair LH. Ten-year clinical assessment of three posterior composites and two amalgams. **QuintessenceInt**,1998;29:483-490.
- [3] Da Rosa Rodolpho PA, Donassollo TA, Cenci MS, Loguércio AD, Moraes RR, Bronkhorst EM, Opdam NJM and Demarco FF. 22-year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. **Dent Mater**,2011; 27:955-963.
- [4] Kim KH, Ong JL and Okuno O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. **J Prosthet Dent**, 2002; 87:642-649.
- [5] Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. **Dent Mater**,1985; 1:11-14.
- [6] Rueggeberg FA, Ergle JW and Lockwood PE. Effect of photoinitiator level on properties of a light-cured and post-cure heated model resin system. **Dent Mater**,1997; 13:360- 364.
- [7] Terry DA and Touati B. Clinical considerations for aesthetic laboratory-fabricated inlay/onlay restorations: a review. **Pract Proced Aesthet Dent**,2001; 13:51-58.
- [8] Cesar PF, Miranda Jr. WG and Braga RR. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. **J Prosthet Dent**,2001; 86:289-296.
- [9] Wassel RW, Walls AW and McCabe JF. Direct composite inlays versus conventional composite restorations: three-year clinical results. **Br Dent J**,1995;179:343-349.
- [10] Blankenau RJ, Kelsey WP and Cavel WT. A direct posterior restorative resin inlay technique. **QuintessenceInt**, 1984;15:515-516.
- [11] Wendt Jr SL. The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resin. I. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability. **QuintessenceInt**,1987a; 18:265-271.

[12] Soares CJ, Pizi EC, Fonseca RB and Martins LR. Mechanical properties of light-cured composites polymerized with several additional post-curing methods. **Oper Dent**,2005; 30:389-394.

[13] Ferracane JL, Hopkin JK and Condon, Jr. Properties of heat-treated composites after aging in water. **Dent Mater**,1995; 11:354-358.

[14] Park SH and Lee CS. The difference in degree of conversion between light-polymerized and additional heat-polymerized composites.**OperDent**,1996;21:213-217.

[15] Miyazaki CL, Medeiros IS, Santana IL, Matos JR and Rodrigues Filho LE.Heat treatment of a direct composite resin: influence on flexural strength. **Braz Oral Res**,2009; 23:241-247.

[16] Santana IL, Lodovici E, Matos JR, Medeiros IS, Miyazaki CL and Rodrigues Filho LE.Effect of experimental heat treatment on mechanical properties of resin composites.**Braz Dent J**, 2009; 20:205-210.

[17] Wendt Jr SL. The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resin. II. Wear, hardness, and color stability. **QuintessenceInt**,1987b; 18:351-356.

[18] Sideriou I, Tserki V andPapanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. **Biomater**, 2002;23:1819-1829.

[19] Osternack FH, Caldas DBM, Almeida JB, Souza EM andMazur RF. Effects of preheating and precooling on the hardness and shrinkage of a composite resin cured with QTH and LED. **Oper Dent**,2012; 38:38-43.

[20] Ferracane JL and Condon JR. Post-cure heat treatment for composites: properties and fractography. **Dent Mater**,1992; 8:290-295.

[21] Shah MB, Ferracane JL andKruzic JJ. R-curve behavior and toughening mechanisms of resin-based dental composites: effects of hydration and post-cure heat treatment. **Dent Mater**,2009; 25:760-770.

[22] Chung KH and Greener EH.Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composites resins. **J Oral Rehabil**,1990; 17:487-494.

[23] Zandinejad AA, AtaiM andPahlevan A. The effect of ceramic and porous fillers on the mechanical properties of experimental dental composites.**Dent Mater**,2006; 22:382-387.

[24] Della BonaA, Bennetti P, Borba M andCecchetti D. Flexural and diametral tensile strength of composite resins. **Braz Oral Res**,2008; 22:84-89.

- [25] Peutzfeldt A and Asmussen E. Modulus of resilience as predictor for clinical wear of restorative resins. **Dent Mater**,1992;8:146–148.
- [26] Boaro LC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane JL, Pfeifer CS and Braga RR. Sorption, solubility, shrinkage and mechanical properties of “low-shrinkage” commercial resin composites. **Dent Mater**,2013; 29:398-404.
- [27] Ozturk B, Cobanoglu N, CetinAR and Gunduz B. Conversion the degrees of resin composite using different light sources. **Eur J Dent**,2013; 7:103-109.
- [28] Asmussen E and Peutzfeldt A. An influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. **Dent Mater**,1998; 14:51-56.
- [29] Casselli DSM, Worschech CC, Paulillo LAMS and Dias CTS. Diametral tensile strength of composite resins submitted to different activation techniques. **Braz Oral Res**,2006; 20:214-218.
- [30] Wendt Jr SL. Time as a factor in the heat curing of composite resins. **QuintessenceInt**,1989; 20:259-263.
- [31] Atai M, Pahlavan A and Niloofar M. Nano-porous thermally sintered nano silica as novel fillers for dental composites. **Dent Mater**,2012;28:133-145.
- [32] Ilie N, Ahickel R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. **Clin Oral Investig**,2009; 13:427-438.
- [33] Bernardo M, Luis H, Martin MD, Leroux BG, Rue T, Leitão J, et al. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical Trial. **J Am Dent Assoc**,2007;138:775-783.
- [34] Da Rosa Rodolpho PA, Maximiliano SC, Donassollo TA, Loguécio AD and Demarco FF. A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-years findings. **J Dent**,2006; 34:427-435.
- [35] Anusavise, KJ. **Materiais Dentários**. 10<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998.
- [36] Jun SK, Kim DA, Goo HJ and Lee HH. Investigation of the correlation between the different mechanical properties of resin composites. **Dent Mater**, 2013;32:48-57.

<b>Quadro 1. Resinas compostas consideradas no estudo (informações fornecidas pelos respectivos fabricantes).</b>				
<b>Material</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Tempo de Fotoativação*</b>	<b>Composição</b>	<b>Lote / Validade</b>
<b>Filtek Z350®</b>	3M ESPE (St. Paul, MN, EUA)	20 segundos	<b>Carga:</b> partículas de zircônia e sílica (59,5% vol, 78,5% peso); tamanho médio entre 0,6 e 1,4 µm. Matriz: BisGMA, TEGDMA, UDMA, BisEMA e PEGDMA. Cor A2.	N331806Br\set 2014 N39899Br\mar 2015
<b>Filtek Z250®</b>	3M ESPE (St. Paul, MN, EUA)	20 segundos	<b>Carga:</b> partículas de zircônia e sílica (60% vol, sem silano, 82% peso); tamanho médio entre 0,19 e 3,3 µm. Matriz: BisGMA, UDMA, BisEMA, TEGDMA e PEGDMA. Cor A2.	N348529Br\dez 2014
<b>Charisma®</b>	HeraeusKulzer (Hanau, Alemanha)	15 segundos	<b>Carga:</b> partículas de vidro de bário alumínio fluoretado (0,002 a 0,2 µm) e sílica altamente dispersa (0,02 a 0,7 µm), sendo o tamanho médio de 0,7 µm (61% vol, 78% peso). Matriz: BisGMA e TEGDMA. Cor A2.	010525\dez 2015 010525\dez 2015
<b>Opallis®</b>	FGM (Joinville, SC, Brasil)	15 segundos	<b>Carga:</b> partículas de vidro de bário alumínio silicato; tamanho médio de 0,4 µm,(79,8% vol). Matriz: BisEMA, BisGMA, TEGDMA e UDMA. Cor A2.	201012\out 2015 201012\out 2015
<b>Evolu - X®</b>	Dentsply (Milford, DE, EUA)	20 segundos	<b>Carga:</b> partículas de vidro de bário alumínio borossilicato e vidro de bário fluoralumínioborosilicatosilanizado . Matriz: BisGMA eBisEMADimetacrilato. Cor: A2.	L594832D\dez 2014
<b>Solidex®</b>	Shofu Dental Corporation (San Marcos, USA)	3 minutos*	53%Microcarga de cerâmica inorgânica, 25% co-polímeros com resina multifuncional, 22% resinas convencionais/fotoiniciadores.	G34623\ out 2015

\*Tempo de polimerização de 2 mm de espessura.

Tabela 1 – Médias e desvios padrão para a resistência (MPa) à tração diametral e à flexão considerando a realização ou não do tratamento térmico. Valores seguidos pelas mesmas letras (maiúsculas para a mesma linha e minúsculas para a mesma coluna) são similares estatisticamente (5%)

Resina	Tração diametral (MPa)			Flexão (MPa)		
	Controle	TT	Efeito (%)	Controle	TT	Efeito (%)
Z250	53,40 (6,69) <sup>Aa</sup>	50,74 (6,48) <sup>Aab</sup>	-	170,78 (15,86) <sup>Ba</sup>	185,27 (9,85) <sup>Aa</sup>	8
Charisma	39,46 (8,63) <sup>Bb</sup>	51,10 (8,28) <sup>Aab</sup>	23	101,18 (7,84) <sup>Bc</sup>	126,03 (10,48) <sup>Ac</sup>	20
Evolux	46,37 (7,21) <sup>Aab</sup>	51,41(10,57) <sup>Aab</sup>	-	133,51 (10,54) <sup>Ab</sup>	131,92 (9,68) <sup>Ac</sup>	-
Z350	50,68 (5,92) <sup>Ba</sup>	60,16 (7,32) <sup>Aa</sup>	16	160,85 (14,81) <sup>Aa</sup>	151,07 (11,72) <sup>Ab</sup>	-
Opallis	43,47 (9,74) <sup>Aab</sup>	44,29 (5,69) <sup>Abc</sup>	-	94,5 (7,15) <sup>Bc</sup>	117,86 (8,90) <sup>Ac</sup>	20
Solidex	36,64 (3,91) <sup>Ab</sup>	34,67 (7,59) <sup>Ac</sup>	-	39,15 (8,42) <sup>Ad</sup>	42,18 (10,67) <sup>Ad</sup>	-

## **CONCLUSÃO**

O efeito do tratamento térmico nos valores de resistência a tração diametral e a flexão não é observado de forma significativa para todas as resinas compostas avaliadas, podendo ser considerado, portanto, como material dependente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUSAVISE, K.J. **Materiais Dentários**. 10<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. An influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. **Dental Materials**, v. 14, n. 1, p. 51-56,1998.

ATAI, M.; PAHLAVAN, A.; NILOOFAR, M. Nano-porous thermally sintered nano silica as novel fillers for dental composites. **Dental Materials**, v. 28, n. 2, p. 133-145, 2012.

BAUSCH, J.R.; DE LANGE, C.; DAVIDSON, C.L. The influence of temperature on some physical properties of dental composites. **Journal of Oral Rehabilitation**,v. 8, n. 4, p. 309-317,1981.

BERNARDO, M. et al. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical Trial. **The Journal the of American Dental Association**, v. 138, n. 6, p. 775-783, 2007.

BLANKENAU, R.J.; KELSEY, W.P.; CAVEL, W.T. A direct posterior restorative resin inlay technique. **Quintessence International**, v.15, n. 5, p. 515-516,1984.

BOARO, L.C. et al. Sorption, solubility, shrinkage and mechanical properties of “low-shrinkage” commercial resin composites. **Dental Materials**, v. 29, n. 4, p. 398-404, 2013.

CASSELLI, D.S.M. et al. Diametral tensile strength of composite resins submitted to different activation techniques. **Brazilian Oral Research**, v.20, n. 3,p. 214- 218, 2006.

CESAR, P.F.; MIRANDA, JR. W.G.; BRAGA, R.R. Influence of shade and storage time on the flexural strenght, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v.86, n. 3, p. 289-296, 2001.

CETIN, A.R.; UNLU, N. Clinical wear rate of direct and indirect posterior composite resin restorations. **The International Journal of Periodontics e Restorative Dentistry**, v. 32, n.3, p. 87-94, 2012.

CHUNG, K.H.; GREENER, E.H. Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composites resins. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 17, n. 5, p. 487-494,1990.

- DA ROSA RODOLPHO, P.A. et al. A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-years findings. **Journal of Dentistry**, v.34, n. 3, p. 427-435, 2006.
- DA ROSA RODOLPHO, P.A. et al. 22-year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. **Dental Materials**,v. 27, n. 10, p. 955- 963, 2011.
- DELLA BONA, A. et al. Flexural and diametral tensile strength of composite resins. **Brazilian Oral Research**,v. 22, n. 1, p. 84-89, 2008.
- FERRACANE, J.L. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. **Dental Materials**, v. 1, n. 1, p. 11-14,1985.
- FERRACANE, J.L.; CONDON, J.R. Post-cure heat treatment for composites: properties and fractography. **Dental Materials**, v. 8, n. 5, p. 290-295,1992.
- FERRACANE, J.L.; HOPKIN, J.K.; CONDON, JR. Properties of heat-treated composites after aging in water. **Dental Materials**, v. 11, n. 6, p. 354-358,1995.
- ILIE, N.; AHICKEL, R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. **Clinical Oral Investigations**,v. 13, n. 4, p. 427-438,2009.
- JUN, S.K. et al. Investigation of the correlation between the different mechanical properties of resin composites. **Dental Materials**. v. 32, n. 1, p. 48-57, 2013.
- KIM, K.H.; ONG, J.L.; OKUNO, O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 87,n. 6, p. 642-649,2002.
- LOZA-HERRERO, M.A. et al. Effect of heating delay on conversion and strength of a post-cured resin composite. **Journal of Dental Research**,v. 77, n. 2, p. 426-431, 1998.
- MAIR, L.H. Ten -year clinical assessment of three posterior composites and two amalgams. **Quintessence International**, v. 29, n. 8, p. 483-490,1998.
- MARTHALER, TM. Changes in dental caries 1953 – 2003. **Caries Research**,v. 38, n. 3, p. 173-181, 2004.
- MIYAZAKI, C.L. et al. Heat treatment of a direct composite resin: influence on flexural strength. **Brazilian Oral Research**,v. 23, n. 3, p. 241-247, 2009.
- MIYAZAKI, C.L. **Caracterização térmica, grau de conversão, resistência à flexão e dureza de compósitos comerciais tratados termicamente**. SP. 2010.106f. [Tese de Doutorado] Universidade de São Paulo.
- NASCIMENTO, M.M. et al. Reasons for placement of restoration on previously unrestored tooth surfaces by dentists in the dental practice-based research



network. **The Journal the of American Dental Association**, v. 141, n. 1, p. 441-448,2010.

OSTERNACK, F.H. et al. Effects of preheating and precooling on the hardness and shrinkage of a composite resin cured with QTH and LED. **Operative Dentistry**, v. 38 , n. 3, p. 38-43,2012.

OZTURK, B, Cobanoglu N, Cetin AR and Gunduz B. Conversion the degrees of resin composite using different light sources. **European Journalof Dentistry**, v. 7, n. 1, p. 103-109, 2013.

PARK SH.; LEE, C.S. The difference in degree of conversion between light-polymerized and additional heat-polymerized composites. **Operative Dentistry**. v. 21, n. 5, p. 213-217, 1996.

PEUTZFELDT, A.; ASMUSSEN, E. Modulus of resilience as predictor for clinical wear of restorative resins. **Dental Materials**, v. 8, n. 3, p. 146-148, 1992.

PIANELLI, C. et al. The micro-Raman spectroscopy, a useful tool to determine the degree of conversion of light – activated composite resins. **Journal Biomedical Materials**, v. 48, n. 5, p. 675- 681,1999.

REINHARDT, J.W; BOYER, D.B; STHEPHENS, N.H. Effects of secondary curing on mechanical posterior composite resins. **OperativeDentistry**, v. 19, n. 4/6, p. 217-220,1994.

RUEGGERBERG, F.A.; CRAIG, R.G. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light cured composite. **Journal of Dental Research**,v. 67, n. 6, p. 932-937,1988.

RUEGGERBERG, F.A.; ERGLE, J.W.; LOCKWOOD, P.E. Effect of photoinitiator level on properties of a light-cured and post-cure heated model resin system. **Dental Materials**, v. 13, n. 6, p. 360-364,1997.

SANTANA, I.L. **Estudo da influência do tratamento por calor em propriedades mecânicas de resinas compostas** [tese de Doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2005.82p.

SANTANA, I.L. et al. Effect of experimental heat treatment on mechanical properties of resin composites. **BrazilianDentistryJournal**, v. 20, n. 3, p. 205-210,2009.

SHAH, M.B; FERRACANE, J.L; KRUZIC, J.J. R-curve behavior and toughening mechanisms of resin-based dental composites: effects of hydration and post-cure heat treatment. **Dental Materials**, v. 25, n. 6, p. 760-770,2009.

SIDERIOU, I.; TSERKI, V.; PAPANASTASIOU, G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. **Biomaterials**, v. 23, n. 8, p. 1819-1829, 2002.

SOARES, C.J. et al. Mechanical properties of light-cured composites polymerized with several additional post-curing methods. **Operative Dentistry**, v. 30, n. 3, p. 389-394,2005.

TERRY, D.A.; TOUATI, B. Clinical considerations for aesthetic laboratory-fabricated inlay/onlay restorations: a review. **Practical Procedures in Aesthetic Dentistry**, v. 13, n. 1, p. 51-58, 2001.

TRUJILLO, M.; NEWMAN, S.M.; STANSBURRY, J.W. Use of near-IR to monitor the influence of external heating on dental composite photopolymerization. **Dental Materials**, v. 20, n. 8, p. 766-777,2004.

VAIDYNATHAN J. et al. Thermoanalytical characterization of visible light cure dental composites. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 19, n. 1, p. 49-64,1992.

WASSEL, R.W.; WALLS, A.W.; MCCABE, J.F. Direct composite inlays versus conventional composite restorations: three-year clinical results. **Brazilian Dentistry Journal**, v. 179, n. 9, p. 343-349,1995.

WENDT JR, S.L. The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resin. I. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability. **Quintessence International**, v. 18, n. 4, p. 265-271,1987a.

WENDT JR, S.L. The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resin. II. Wear, hardness, and color stability. **Quintessence International**,v. 18, n. 5, p. 351-356, 1987b.

WENDT JR, S.L. Time as a factor in the heat curing of composite resins. **Quintessence International**, v. 20, n. 4, p. 259-263,1989.

YENGOPAL, V; HARNEKER, S.Y; PATEL, N; SIEGFRIED, N. Dental fillings for the treatment of caries in the primary dentition. **Cochrane Database Systematic Review**, v. 15, n. 2, p. CD004483,2009.

ZANDINEJAD, A.A.; ATAI. M.; PAHLEVAN, A. The effect of ceramic and porous fillers on the mechanical properties of experimental dental composites. **Dental Materials**, v. 22, n. 4, p. 382-387,2006.

## ANEXO

### Normas para publicação no periódico *Dental Materials*.

---

#### GUIDE OF AUTHORS

Authors are requested to submit their original manuscript and figures via the online submission and editorial system for Dental Materials. Using this online system, authors may submit manuscripts and track their progress through the system to publication. Reviewers can download manuscripts and submit their opinions to the editor. Editors can manage the whole submission/review/revise/publish process. Please register at:

<http://ees.elsevier.com/dema>.

Dental Materials now only accepts online submissions.

The Artwork Quality Control Tool is now available to users of the online submission system. To help authors submit high-quality artwork early in the process, this tool checks the submitted artwork and other file types against the artwork requirements outlined in the Artwork Instructions to Authors on [www.elsevier.com/artworkinstructions](http://www.elsevier.com/artworkinstructions). The Artwork Quality Control Tool automatically checks all artwork files when they are first uploaded. Each figure/file is checked only once, so further along in the process only new uploaded files will be checked.

#### Manuscripts

The journal is principally for publication of **Original Research Reports**, which should preferably investigate a defined hypothesis. Maximum length 6 journal pages (approximately 20 double-spaced typescript pages) including illustrations and tables.

**Systematic Reviews** will however be considered. Intending authors should communicate with the Editor beforehand, by email, outlining the proposed scope of the review. Maximum length 10 journal pages (approximately 33 double-spaced typescript pages) including figures and tables.

Three copies of the manuscript should be submitted: each accompanied by a set of illustrations. The requirements for submission are in accordance with the "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals", *Annals of Internal Medicine*, 1997,126, 36-47. All manuscripts must be written in American English. Authors are urged to write as concisely as possible.

The Editor and Publisher reserve the right to make minimal literary corrections for the sake of clarity. Authors for whom English is not the first language should have their manuscripts read by colleagues fluent in English. If extensive English corrections are needed, authors may be charged for the cost of editing. For

additional reference, consult issues of Dental Materials published after January 1999 or the Council of Biology Editors Style Manual (1995 ed.).

All manuscripts should be accompanied by a **letter of transmittal**, signed by each author, and stating that the manuscript is not concurrently under consideration for publication in another journal, that all of the named authors were involved in the work leading to the publication of the paper, and that all the named authors have read the paper before it is submitted for publication.

**Always keep a backup copy of the electronic file for reference and safety.**

Manuscripts not conforming to the journal style will be returned. In addition, manuscripts which are not written in fluent English will be rejected automatically without refereeing.

---

- **Format**

*General*

- number all pages consecutively.
  - type double-spaced on A4 or 8.5 x 11-inch bond paper, with margins of 30 mm.
  - double-space references.
  - indent or space paragraphs.
  - arrange article in the following order: Title, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figures, Captions.
  - start each section on a separate page.
- 

*Title page*

- Title (capitalize the first letter of the first word) e.g. Comparison of the color stability of ten new composites.
- Authors (first name, middle initial, surname) e.g. Kenneth J. Anusavice 1, Victoria Marker 2
- Authors' addresses (abbreviated) e.g.  
1 Department of Biomaterials, University of Florida, Gainesville, Florida, USA  
2 Department of Biomaterials Science, Baylor College of Dentistry, Dallas, Texas, USA
- Short Title (45 characters) e.g. Color stability of composites
- **Corresponding Author details (essential): Name, complete address, phone, fax, and E-mail numbers**

*Abstract* (structured format)

- 250 words or less.
- subheadings should appear in the text of the abstract as follows: Objectives, Methods, Results, Significance. (For Systematic Reviews: Objectives, Data, Sources, Study selection, Conclusions). The Results section may incorporate small tabulations of data, normally 3 rows maximum.

---

### *Keywords*

Up to 10 keywords should be supplied e.g. dental material, composite resin, adhesion.

### *Introduction*

This must be presented in a structured format, covering the following subjects, although actual subheadings should not be included:

- succinct statements of the issue in question;
- the essence of existing knowledge and understanding pertinent to the issue (reference);
- the aims and objectives of the research being reported relating the research to dentistry, where not obvious.

### *Materials and methods*

- describe the procedures and analytical techniques.
- only cite references to published methods.
- include at least general composition details and batch numbers for all materials.
- identify names and sources of all commercial products e.g.  
"The composite (Silar, 3M Co., St. Paul, MN, USA)..."  
"... an Au-Pd alloy (Estheticor Opal, Cendres et Metaux, Switzerland)."
- specify statistical significance test methods.

### *Results*

- refer to appropriate tables and figures.
- refrain from subjective comments.
- make no reference to previous literature.
- report statistical findings.

### *Discussion*

- explain and interpret data.
- state implications of the results, relate to composition.
- indicate limitations of findings.
- relate to other relevant research.
- suggest directions for future research.

### *Conclusion* (if included)

- must NOT repeat Results or Discussion
- must concisely state inference, significance, or consequences

### *Acknowledgements*

As appropriate, e.g.:

"Based on a thesis submitted to the graduate faculty, University of Virginia, in partial fulfilment of the requirements for the M.S. degree."

"This investigation was supported in part by Research Grant DE 00000 from the National Institute of Dental Research, Bethesda, MD20892."

*References* - must now be given **according to the following numeric system**:

Cite references in text in numerical order. Use square brackets: in-line, not

superscript e.g. [23]. All references must be listed at the end of the paper, double-spaced, without indents. For example:

1. Moulin P, Picard B and Degrange M. Water resistance of resin-bonded joints with time related to alloy surface treatments. *J Dent*, 1999; 27:79-87.
2. Taylor DF, Bayne SC, Sturdevant JR and Wilder AD. Comparison of direct and indirect methods for analyzing wear of posterior composite restorations. *Dent Mater*, 1989; 5:157-160.

Avoid referencing abstracts if possible. If unavoidable, reference as follows:

3. Demarest VA and Greener EH. Storage moduli and interaction parameters of experimental dental composites. *J Dent Res*, 1996; 67:221, Abstr. No. 868.
- 

- **Tables and figures**

All tables and figures must be thoroughly discussed in the text of the manuscript.

---

#### *Tables*

- one table to a page, each with a title.
- number tables in order of mention using Arabic numerals.
- must be able to "stand alone" apart from text.
- when appropriate, standard deviations of values should be indicated in parentheses; (do NOT use  $\pm$  notation).
- results of statistical analysis must be included, use superscript letters to indicate significant differences.
- for explanatory footnotes, use symbols (\*, #, \*\*, ##).

#### *Figures*

- Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text. Images to be supplied separately in jpg, gif or other graphics file.
- only black and white photographs for print publication.
- omit titles and other information contained in the figure caption.
- maximum of 6 figures per manuscript.
- figures grouped together should have similar dimensions and be labelled "a, b, c", etc.
- place magnification markers directly on the micrographs.
- authors should consider that the majority of figures will be reduced to the width of a single column (approximately 85 mm). Preferably figures should exactly match, or be no more than 1.5 times that width.
- authors can indicate if they feel a figure should be full page width.

*Dental Materials* has been selected for inclusion in a new 'colourful e-products' workflow. Figures that appear in black and white in the printed version of the journal can be IN COLOUR, online, in ScienceDirect. Authors wishing to make use of this facility should ensure that 1. the artwork is in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and at the correct resolution 2. RGB colour space is used and 3. for colour online and black and white in print, both colour and

black and white artwork (file and/or hardcopy) is provided. **There will be no charges to the authors for colour figures online.**

#### *Graphs*

- unique, concise axis labels; do not repeat the Figure caption.
- uniform size for graphs of similar type.
- type size that will be easily read when the graph is reduced to one column width.
- lines that are thick and solid (100% black).

#### *Captions to tables and figures*

- list together on a separate page.
- should be complete and understandable apart from the text.
- include key for symbols or abbreviations used in Figures.
- individual teeth should be identified using the FDI two-digit system.

#### **General Notes on Text**

*Abbreviations and acronyms:* terms and names to be referred to in the form of abbreviations or acronyms must be given in full when first mentioned.

#### *Correct Usage*

- use S.I. units (International System of Units). If non-SI units must be quoted, the SI equivalent must immediately follow in parentheses.
- use correct symbols for &mgr;, L (as in &mgr;m, mL, etc.)
- put leading zeros in all numbers less than 1.0
- write out number of ten or fewer (ten rats) except when indicating inanimate quantities (10 mL)
- always use digits for dates, dimensions, degrees, doses, time, percentages, ratios, statistical results, measurements, culture cells, and teeth.
- the complete names of individual teeth must be given in the text.

#### **General Policy**

- receipt of manuscripts will be acknowledged.
- after initial review, authors will be notified of status.
- every effort is made to obtain timely reviews; please remember that the referees and the editor are volunteers.
- a list of revisions and responses to reviewers' critiques must accompany resubmitted revised manuscripts.

On Submission: Agreement, by the act of ticking a box, to the statement, "This paper has been compiled with the knowledge, input and approval of all the named authors."

On acceptance, authors will be required to sign a **transfer of copyright agreement**. If figures, tables, or other excerpts, are included from copyrighted works the author is responsible for obtaining written permission from the copyright holder prior to submitting the final version of the paper. Full credit must be given to such sources.

*Offprints and page charges:* no page charges are levied on articles published in *Dental Materials*. Each corresponding author receives 25 offprints of their article

free of charge after it has been published; they will also have the opportunity to order additional copies.

**Submission Package Checklist:**

- *letter of transmittal* signed by all authors.
- One electronic copy of the manuscript.
- One electronic copy of each image and table, all labelled.

For further guidance on electronic submission, please contact Author Services, Log-In Department, Elsevier Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK. E-mail: [authors@elsevier.co.uk](mailto:authors@elsevier.co.uk), fax: +44 (0)1865 843905, tel: +44 (0)1865 843900.