

AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS RESINOSOS COMERCIAIS

EVALUATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMMERCIAL COMPOSITE RESINS

Henrique Kors **QUILES**¹
Marcus Vinicius Loureiro **BERTOLO**¹
Victor Pinheiro **FEITOSA**²
Lourenço **CORRER-SOBRINHO**³
Mário Alexandre Coelho **SINHORETI**³

RESUMO

O objetivo no estudo foi avaliar propriedades mecânicas de compósitos resinosos comerciais de baixa viscosidade e convencionais. As amostras foram feitas em forma de barra para teste de flexão, cilindro para teste de compressão e ampulheta para os testes de resistência coesiva, dureza Knoop e densidade de ligações cruzadas. Foram utilizados os compósitos: Filtek Z100, TPH³, Natural Look, Opallis, Fill Magic, Llis, Charisma, Fill Magic Flow, Opallis Flow e Natural Flow. Todos os testes foram realizados após 24 horas da fotoativação das amostras. Os resultados mostraram que no teste de dureza Knoop, Z100 obteve os maiores valores, enquanto as menores durezas foram detectadas com as resinas compostas "flow". No teste de compressão, Z100 obteve os maiores resultados não diferindo estatisticamente de Fill Magic, Llis e TPH³. Natural Flow obteve os piores resultados no teste de compressão. Na resistência à flexão, TPH³ e Z100 obtiveram as maiores médias, enquanto todas as outras resinas compostas tiveram resultados semelhantes estatisticamente. O maior módulo de elasticidade foi obtido com Z100 e os dois menores foram observados no Natural Flow e Fill Magic Flow. As médias de resistência coesiva dos compósitos TPH³ e Z100 foram maiores que a do Charisma e todas as outras resinas compostas não diferiram entre si. DLC foi maior para as resinas compostas "flow", exceto para Fill Magic Flow e foi similar entre as outras resinas compostas. Conclui-se que a resina composta Filtek Z100 mostrou maior resistência frente as diferentes tensões. As resinas compostas Natural Flow e Fill Magic Flow mostram aos mais baixos módulos de elasticidade.

Palavras-chave: Resinas compostas, dureza, Materiais dentários

INTRODUÇÃO

Os compósitos restauradores resinosos trazem grande diversidade de opções de formulação para o cirurgião-dentista. Dentre elas, foram desenvolvidos os compósitos chamados "condensáveis" ou "compactáveis", os quais surgiram como um material com manuseabilidade parecida com a do amálgama de prata, possuindo alta quantidade de carga inorgânica e, consequentemente, elevada resistência mecânica, sendo indicado para uso em dentes posteriores.¹ Pouco tempo depois, após o surgimento dos compósitos compactáveis, surgiram os compósitos de alto escoamento, também conhecidos como "flow", tornando-se materiais bem difundidos, demonstrando ser de grande utilidade para diversas situações clínicas.

Devido a sua menor porcentagem de carga, a contração volumétrica é maior e as propriedades mecânicas são levemente reduzidas; entretanto, o

módulo de elasticidade também é reduzido, o que pode promover tensões de contração menores ou equiparadas aos compósitos convencionais.² Por outro lado, Cadenaro et al.³ (2009) mostraram que nem todos os compósitos de alto escoamento promoveram menor tensão de contração de polimerização que compósitos convencionais. Tais compósitos já foram utilizados como "liners" em restaurações de resina composta, funcionando como uma camada absorvedora de tensões.² Ainda, são indicados como selantes de fósulas e fissuras, materiais para cimentação de brackets ortodônticos e facetas⁴, selador imediato de dentina após preparo para restaurações indiretas⁵ e como material restaurador em cavidades pequenas e não submetidas à intensas tensões mastigatórias.

Como os compósitos resinosos estão em constante evolução, com novas composições sendo constantemente lançadas no mercado, seria

1 - Mestrando do programa de pós graduação em materiais dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP)

2 - Professor do programa de pós-graduação em odontologia da Universidade Federal do Ceará (UFC)

3 - Professor titular da área de materiais dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP)

interessante realizar periodicamente a avaliação de suas propriedades mecânicas. Com os novos compósitos, novas tecnologias surgem e comportamentos diversos são encontrados entre os compósitos. A introdução de nanopartículas para melhor lisura superficial⁶, o surgimento de compósitos baseados em monômeros que se polimerizam por meio da abertura de uma cadeia carbônica cíclica, com conseqüente diminuição da contração volumétrica do compósito⁷ e a introdução de compósitos com substituintes para o BisGMA^{8,9} na matriz orgânica, são os alguns dos avanços recentes dos compósitos restauradores.

Clinicamente, os compósitos são submetidos a diferentes tensões. A tensão mais comum sobre uma restauração em compósito é a de compressão. No entanto, também são encontradas tensões de flexão e, menos frequentemente, tensões de tração. Maior dureza superficial propicia maior resistência ao desgaste e pode ser considerada indicativa de maior grau de conversão do compósito¹⁰, gerando um polímero mais resistente. Isso tem relação direta com todas as propriedades mecânicas do material. Um polímero com alto grau de conversão é desejável; entretanto, compósitos com conversão semelhante podem apresentar cadeias mais lineares ou com maior densidade de ligações cruzadas, o que promove melhores propriedades mecânicas e maior resistência ao desgaste e manchamento.¹¹ A avaliação da densidade de ligações cruzadas pode ser feita de forma direta com análise da calorimetria durante a polimerização ou de forma indireta, por meio da avaliação da redução da dureza após imersão em etanol.¹²

Assim sendo, o objetivo neste estudo foi avaliar a resistência à flexão, compressão e coesiva, além da dureza Knoop e densidade de ligações cruzadas de três compósitos de alto escoamento e de sete compósitos resinosos convencionais, presentes atualmente no mercado odontológico brasileiro. A hipótese a ser testada é que as resinas compostas convencionais e fluidas teriam o mesmo comportamento quando submetidas a diferentes tensões.

MATERIAIS E MÉTODOS

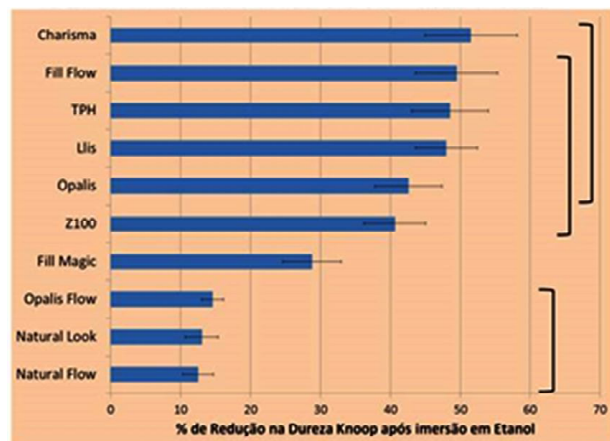
Os compósitos avaliados foram todos na cor A3 e estão descritos na Tabela 1, assim como suas composições.

Resistência à flexão de 3 pontos e módulo flexural

Foram confeccionados corpos-de-prova em forma de barra (2 mm largura x 2 mm espessura x 25 mm comprimento) por meio da inserção dos materiais em moldes pré-fabricados de silicone por adição, seguindo o protocolo da ISO 4049.¹⁷ A fotoativação dos compósitos foi realizada por 40 segundos com o aparelho LED Bluephase G2 (Ivoclar-Vivadent, irradiância 1200mW/cm²), deixando a ponta do aparelho fotoativador encostada em uma lamínula de vidro sobreposta ao material não polimerizado. Foram

feitas 3 sessões de fotoativação ao longo do corpo-de-prova para assegurar a polimerização do compósito. Após, os corpos-de-prova foram cuidadosamente removidos do molde e avaliados em lupa estereoscópica, sendo descartados os que apresentaram defeitos. Para cada grupo, foram confeccionados dez corpos-de-prova (n=10), que foram armazenados por 24 horas em água destilada a 37°C. Após isso, foi avaliada a resistência à flexão de três pontos, com velocidade de 0,5 mm/min., em máquina de ensaio universal Instron (Modelo 4411, Corona, CA, USA). O teste de resistência à flexão foi monitorado pelo software Bluehill 2 (Instron Corporation, Canton, USA) presente em um computador acoplado à máquina de ensaio, que gerou um gráfico tensão x deformação, permitindo a obtenção do módulo de elasticidade ou módulo flexural.

Figura 1 - Gráfico mostrando a densidade de ligações cruzadas das resinas.



As resinas dentro do mesmo arco obtiveram resultado estatisticamente semelhante ($p > 0.05$). Maiores valores no gráfico indicam maior queda na dureza Knoop com a imersão por 24h em etanol absoluto

Resistência coesiva à tração

Moldes de silicone para moldagem foram confeccionados em formato de ampulheta (2mm de altura, 8mm de longo eixo e 1,5mm na região de constrição). Os compósitos foram inseridos em cada molde, preenchendo-o completamente. A superfície do compósito foi coberta com uma tira de poliéster e pressionada com uma lamínula de vidro para retirar o excesso de compósito. O compósito foi fotoativado com o aparelho LED Bluephase G2 por 40s (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Após a fotoativação, as amostras foram removidas dos moldes e polidas manualmente, sob irrigação, com lixas de carbetto de silício de granulacão 400, 600 e 1200, no topo e na base. Para cada compósito foram confeccionadas 10 ampulhetas (n=10). Vinte e quatro horas após a fotoativação, as amostras foram fixadas a um aparato para teste de tração com cola de cianoacrilato (Super Bonder gel, Loctite, Henkel Corp., Rocky Hill, CT, USA) e testados até a fratura sob tração em uma máquina de ensaio universal (EZ-test,

Shimadzu Co., Kyoto, Japan) com célula de carga de 500N, a uma velocidade de 0,5 mm/minuto. A área exata da seção transversal das amostras fraturadas foi mensurada com paquímetro digital. A resistência coesiva à tração (RCT) foi calculada pela divisão da força de fratura pela área da superfície e convertida em MPa.

Dureza Knoop

Para a análise da dureza Knoop (DK), o topo e a base das amostras em ampulheta confeccionadas para o teste de resistência coesiva foram avaliados, antes de serem fixados no dispositivo da máquina de ensaios universal. Assim, após a polimerização, as amostras foram polidas como descrito acima e armazenadas em ambiente seco por 24 horas. Subseqüentemente, as medidas de DK foram feitas usando-se um microdurômetro (HMV-2, Shimadzu Co., Kyoto, Japan) sob uma carga de 490 N (equivalente a 50 gf), por 15 segundos. Assim, cinco leituras (indentações) foram feitas em cada superfície (topo e base) da amostra, previamente ao teste de resistência coesiva. O número de dureza Knoop (KHN, N/mm²) de cada amostra foi considerado a média das cinco indentações.

Densidade de ligação cruzada

A avaliação da densidade de ligações cruzadas seguiu um protocolo previamente descrito na literatura.¹² As amostras em forma de ampulheta fraturadas após o teste de resistência coesiva foram imersas em etanol absoluto (a 100%) por 24 horas. Posteriormente, foram novamente feitas medidas de dureza Knoop, da mesma forma como citado acima, nas superfícies de topo e base. Assim, a análise da densidade de ligações cruzadas foi feita da forma indireta por meio da medida de redução de dureza após imersão em etanol. A porcentagem de redução de dureza foi tomada como a unidade de medida de densidade de ligações cruzadas, sendo que quanto maior a porcentagem de redução de dureza, menor a quantidade de ligações cruzadas.

Resistência à compressão

Amostras cilíndricas com diâmetro de 2 mm e altura de 4 mm foram confeccionadas com o auxílio de matrizes metálicas. Foram testadas 10 amostras (n=10) para cada compósito. O compósito foi inserido na matriz metálica e pressionado com tiras de poliéster e lamínulas de vidro para melhor acomodação no interior da matriz e escoamento dos excessos. Posteriormente, foram feitas duas fotoativações com o aparelho LED Bluephase 2 (Ivoclar[®]-Vivadent) por 40 segundos e irradiância de 1200 mW/cm² nas duas superfícies planas das amostras. As amostras foram subsequentemente armazenadas por 24 horas em água destilada a 37^o C. Após a armazenagem, foi avaliada a resistência à compressão, com velocidade de 0,5 mm/min., em máquina universal de ensaios

Instron (Modelo 4411, Corona, CA, USA), posicionando-se as amostras de forma que a carga fosse exercida sobre o longo eixo das mesmas até ocorrer a fratura.

Análise estatística

Os resultados dos testes de resistência à flexão de 3 pontos e módulo flexural juntamente com resistência coesiva e à tração foram submetidos a ANOVA um fator e Teste de Tukey para comparação das médias, com nível de significância de 5%. Dureza Knoop e densidade de ligações cruzadas foram submetidas a ANOVA dois fatores e as médias ao teste de Tukey (p<0,05). Os resultados de resistência à compressão foram transformados em MPa e avaliados também com ANOVA um fator e teste de Tukey (p<0,05).

RESULTADOS

Os resultados do teste de dureza Knoop no topo e base podem ser observados na Tabela 2. Os resultados de resistência à compressão e resistência coesiva estão sumarizados na Tabela 3. Os resultados de resistência à flexão de três pontos e módulo de elasticidade estão descritos na Tabela 4. Os resultados de densidade de ligações cruzadas podem ser observados na Figura 1. No geral, as resinas compostas de baixa viscosidade apresentaram maior densidade de ligações cruzadas que as convencionais, exceto a Fill Magic Flow. Dentre as resinas compostas convencionais, a Natural Look foi a que demonstrou maior densidade de ligações cruzadas. Os resultados mostraram que no teste de dureza Knoop, Z100 obteve os maiores valores tanto no topo como na base, enquanto os menores valores de dureza foram observados com as resinas compostas "flow", as quais não diferiram da resina composta Fill Magic. No teste de compressão, Z100 obteve os maiores resultados, mas não diferiu estatisticamente das resinas compostas Fill Magic, Llis e TPH³. Natural Flow obteve a mais baixa média no teste de compressão. Na análise de resistência à flexão, TPH³ e Z100 obtiveram as maiores médias, enquanto todas as outras resinas compostas não diferiram estatisticamente entre si. O maior módulo de elasticidade foi observado com o Z100 e os menores foram com as resinas compostas Natural Flow e Fill Magic Flow. A resistência coesiva das resinas compostas TPH³ e Z100 foi maior do que a da Charisma, sendo que todas as outras resinas compostas não diferiram entre si.

DISCUSSÃO

Pelos resultados encontrados neste estudo, a hipótese testada foi rejeitada. Pode-se observar que o compósito resinoso Z100 obteve os maiores valores de resistência à compressão, tração, flexão, coesiva e dureza Knoop, e no teste de densidade de ligações cruzadas ele se manteve entre os melhores

resultados. De modo contrário, os compósitos “flow” de baixa viscosidade obtiveram, em geral, menor dureza e resistência mecânica. No entanto, mostraram maior densidade de ligações cruzadas.

Em relação aos compósitos de baixa viscosidade, já se era esperado baixos valores quanto às propriedades mecânicas, pois o menor módulo de elasticidade característico desses materiais é obtido com a redução na porcentagem de partículas de carga ou com o aumento da porcentagem de monômeros dimetacrilatos diluentes na fase orgânica^{3,13}. Porém, um aumento na concentração de monômeros diluentes permite maior grau de densidade de ligações cruzadas, devido ao fato de estes monômeros apresentarem menor peso molecular e, conseqüentemente, maior mobilidade durante o processo de formação do polímero.¹⁴ Na avaliação da densidade de ligações cruzadas, foi visto exatamente esse comportamento para a maioria dos compósitos de baixa viscosidade, exceto para a resina composta Fill Magic Flow. Esse material possui uma estratégia alternativa (reduzir a porcentagem de partículas de carga) para reduzir a viscosidade do compósito (Tabela 1). A redução da porcentagem de partículas de carga faz com que a resina composta “flow” fique mais susceptível à degradação pelo etanol, pois a matriz orgânica estará em maior quantidade na superfície dos compósitos com menos partículas de carga, explicando a maior redução em sua dureza (Figura 1).

Tabela 1. Compósitos avaliados, composições, volume de carga.

| Compósito (fabricante) / classificação | Matriz Orgânica | Carga Inorgânica | % Carga (volume) |
|---|--|--|-----------------------------|
| Filtek Z100 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) – <i>Híbrido</i> | BisGMA, TEGDMA, UDMA | Zircônia e sílica | 61% |
| Charisma (Heraeus Kulzer, Wehrheim, Germany) – <i>Microparticulado</i> | BisGMA, TEGDMA | Vidro de Bário e Alumínio Fluoretado e Dióxido de Silício | 61% |
| Opallis (FGM, Joinville, SC, Brasil) – <i>Microhíbrido</i> | BisGMA, BisEMA, TEGDMA | Vidro de Bário, Dióxido de Silício. | 58% |
| Llis (FGM, Joinville, SC, Brasil) – <i>Microhíbrido</i> | BisGMA, BisEMA, TEGDMA | Vidro de Bário e Sílica | 56-59% |
| Natural Look (DFL, Rio de Janeiro, Brasil) – <i>Microhíbrido</i> | BisGMA, BisEMA, TEGDMA | Vidro de Bário e Sílica Amorfa Hidrófoba | 59% |
| Fill Magic (Vigodent, Rio de Janeiro, Brasil) – <i>Microhíbrido</i> | BisGMA, TEGDMA | Silicato de Bário e Alumínio e Sílica Priogênica | 57% |
| TPH3³ (Dentsply Caulk, Milford, DE, USA) - <i>Microhíbrido</i> | BisGMA modificado, BisEMA,TEGDMA | Vidro de Bário, Sílica e Dióxido de Titânio | 57% |
| Opallis Flow (FGM, Joinville, SC, Brasil) – <i>Microhíbrido</i> | BisEMA, TEGDMA, UDMA | Vidro de Bário e Dióxido de Silício | 53% |
| Fill Magic Flow (Vigodent, Rio de Janeiro, Brasil) – <i>Microhíbrido</i> | BisGMA, TEGDMA | Vidro de Bário Fluoretado, Sílica | 41% |
| Natural Flow (DFL, Rio de Janeiro, | BisGMA, TEGDMA | Sílica sintética, Vidro de Bário | 53% |

*BisGMA: bisphenol-A glycidyl dimethacrylate; BisEMA: bisphenol-A ethoxilated dimethacrylate; TEGDMA: triethylene glycol dimethacrylate; UDMA: urethane dimethacrylate.

De modo semelhante, a resina composta Charisma é o produto que possui partículas de carga de menor tamanho, o que diminui a fase orgânica por unidade de área. Com a degradação pelo etanol, também ocorre a solubilização e o desprendimento de partículas da superfície, tornando sua superfície mais irregular e diminuindo a dureza. Além disso, a resina composta Charisma demonstrou em estudos prévios que possui alta sorção de água¹⁵, o que está relacionado com menor densidade de ligações cruzadas e pode estar relacionado com maior sorção de etanol durante a imersão. Assim, o maior amolecimento da fase orgânica pode ocorrer promovendo maior redução na dureza como observado na Figura 1.

Teoricamente, as resinas compostas deveriam ter um comportamento isotrópico, ou seja, deveriam se comportar da mesma maneira quando submetidas a diferentes tipos de tensões. Entretanto, os resultados observados nas Tabelas 2 a 4 mostram que principalmente as resinas compostas Charisma e Natural Flow não possuem tal comportamento, já que no teste de resistência a flexão e compressão, a Natural Flow apresentou os piores resultados e no teste de resistência coesiva mostrou valores altos. Por outro lado, Charisma apresentou valores altos em resistência à compressão e baixos para resistência coesiva. A baixa resistência coesiva da Charisma diferiu estatisticamente das demais resinas compostas e isso pode ser explicado pela grande diferença na dureza do topo e da base, como mostrado na Tabela 2. Provavelmente, o tempo de fotoativação não foi o suficiente para a polimerização homogênea em todo o corpo da amostra, fazendo com que o fundo das amostras não estivesse totalmente polimerizado e, conseqüentemente, houve baixa resistência coesiva à tração.

Tabela 2. Valores médios (e desvios padrão entre parênteses) de dureza Knoop (KHN).

| Compósito | Dureza Topo | Dureza Base |
|-----------------|------------------|------------------|
| Natural Flow | 46,5 (4,3) F,a | 37,3 (4,2) E,b |
| Fill Magic Flow | 45,3 (2,4) F,a | 41,1 (4,0) CDE,a |
| Opalis Flow | 48,2 (3,9) F,a | 38,0 (4,5) DE,b |
| Fill Magic | 57,4 (4,7) EF,a | 48,4 (5,7) CDE,b |
| Opalis | 67,3 (8,2) DE,a | 52,0 (7,7) BD,b |
| Charisma | 72,2 (10,6) CD,a | 52,8 (10,7) BC,b |
| Llis | 82,2 (10,1) BC,a | 63,6 (7,5) B,b |
| Natural Look | 82,3 (8,8) BC,a | 63,4 (13,6) B,b |
| TPH3 | 88,0 (10,5) B,a | 63,8 (10,9) B,b |
| Z100 | 140,9 (19,7) A,a | 122,4 (12,2) A,b |

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatisticamente significante entre as resinas compostas e letras minúsculas diferentes mostram diferença significante entre topo e base.

Tabela 3. Médias (Desvios Padrão) de resistências à compressão e coesiva (MPa).

| Compósito | Resistência à Compressão | Resistência Coesiva |
|-----------------|--------------------------|---------------------|
| Natural Flow | 238,3 (27,5) E | 63,4 (11,1) AB |
| Fill Magic Flow | 285,6 (32,1) BCD | 67,1 (21,6) AB |
| Opalis Flow | 267,3(18,7) CDE | 72,7 (17,3) AB |
| Fill Magic | 319,3 (22,3) AB | 68,2 (17,4) AB |
| Opalis | 249,5 (18,6) DE | 69,9 (16,0) AB |
| Charisma | 295,5 (34,0) ABC | 48,7 (10,7) B |
| Llis | 304,5 (20,2) ABC | 60,5 (17,1) AB |
| Natural Look | 286,1 (42,6) BD | 68,1 (15,4) AB |
| TPH3 | 327,0 (46,1) AB | 75,1 (26,1) A |
| Z100 | 336,1 (31,4) A | 74,9 (13,2) A |

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatisticamente significante.

Tabela 4. Médias (Desvios Padrão) de resistência à flexão (MPa) e módulo de elasticidade (GPa).

| Compósito | Resistência à Flexão | Módulo de Elasticidade |
|-----------------|----------------------|------------------------|
| Natural Flow | 116,3 (23,2) B | 2,64 (0,36) EF |
| Fill Magic Flow | 122,6 (22,3) B | 2,48 (0,35) F |
| Opalis Flow | 141,4 (7,6) B | 3,39 (0,54) DE |
| Fill Magic | 131,9 (18,3) B | 3,9 (0,95) CD |
| Opalis | 121,4 (14,0) B | 4,6 (0,30) BC |
| Charisma | 129,9 (10,1) B | 4,0 (0,44) CD |
| Llis | 142,1 (29,8) B | 4,0 (1,25) CD |
| Natural Look | 128,8 (15,8) B | 4,9 (0,51) B |
| TPH3 | 174,3 (20,3) A | 4,5 (0,29) BC |
| Z100 | 173,7 (7,5) A | 6,4 (0,39) A |

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatisticamente significante.

Os resultados do estudo podem inferir que os compósitos que possuem Bis-EMA substituindo totalmente ou parcialmente o Bis-GMA na formulação das matrizes orgânicas, podem melhorar tanto a resistência mecânica, quanto à densidade de ligações cruzadas. O BisGMA é um monômero de alto peso molecular que possui hidroxilas em sua cadeia espaçadora. Essas hidroxilas formam ligações de hidrogênio entre si e aumentam a resistência ao cisalhamento, fazendo com que esse monômero tenha elevada viscosidade. O BisEMA também é um monômero de alto peso molecular mas não possui hidroxilas na sua cadeia espaçadora e isso faz com que tenha uma viscosidade bem menor que o BisGMA. Portanto, o BisEMA possui cadeia espaçadora maior, mais flexível e mais hidrófoba que o BisGMA. Dessa forma, promove menor sorção de água e outros solventes ao compósito, além de maior densidade de ligações cruzadas sem diminuição drástica do módulo de elasticidade.¹⁶

O módulo de elasticidade tem papel importante e merece especial atenção, pois está diretamente relacionado à geração de tensões provenientes da contração de polimerização. Pode-se inferir que dois compósitos com mesma contração volumétrica e diferentes módulos de elasticidade apresentarão tensões de contração diferentes, sendo que o material com maior módulo de elasticidade irá induzir maiores tensões, segundo a lei de Hooke^{3,11}. Os compósitos de baixa viscosidade foram desenvolvidos para fins de melhor manuseio em aplicações e também com o objetivo de servirem como "liners" liberadores de tensões entre a parede cavitária e a resina composta convencional ou "condensável". Entretanto, o estudo de Cadenaro et al.³ mostrou que muitas resinas compostas de baixa viscosidade não geram menores tensões que as convencionais. De acordo com os resultados do presente estudo, somente a resina composta Natural Flow e Fill Magic Flow obtiveram módulos de elasticidade estatisticamente menores que os das resinas compostas convencionais. Dessa forma, pode-se concluir que essas duas marcas comerciais são as que se comportariam melhor para esse propósito de aplicação como "liners" liberadores de tensões. Contudo, considerando a aplicação clínica das duas, a resina composta com menor

susceptibilidade a amolecimento por solventes da dieta e com maior densidade de ligações cruzadas seria a Natural Flow.

Dentro das limitações desse estudo, fica evidente que a maioria das resinas compostas estudadas não possui comportamento semelhante sob diferentes testes mecânicos e que o tipo de resina composta, seja ela convencional ou de baixa viscosidade, influenciam nas propriedades mecânicas, na densidade de ligações cruzadas e nas respectivas indicações clínicas do material.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados observados, pode-se concluir que a resina composta Z100 mostrou as melhores propriedades mecânicas. Com menores módulos de elasticidade, as resinas compostas Natural Flow e Fill Magic Flow seriam as mais indicadas para aplicação como "liners".

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the behavior of several dental resin composites subjected to different mechanical tests. Three flowable composites and seven conventional composites were evaluated. The mechanical properties studied were compression strength, Knoop hardness, bending test, ultimate tensile strength (UTS) and cross linking density. The composites tested were: Filtek Z100, TPH3, Natural Look, Opallis, Fill Magic, Llis, Charisma, Fill Magic Flow, Opallis Flow and Natural Flow. The results were analyzed using one-way ANOVA and Tukey's Test ($p < 0.05$). The results showed that, on the Knoop hardness test, Z100 obtained the highest results, meanwhile the lowest results were shown by the flowable composites, that were equal to Fill Magic composite. In the compression strength test, Z100 obtained the highest results; also, Fill Magic, Llis and TPH3 obtained statistically similarity with the Z100 composite in the later test. Natural Flow obtained the worst results on the compression strength test. In the flexural strength test, TPH3 and Z100 obtained the best results, when all the other composites found statistically similarities. The Z100 composite obtained the best modulus, and the worst ones were Natural Flow and Fill Magic Flow. In the UTS test, Z100 and TPH3 were better than Charisma, and all other composites found statistically similarity. The cross-link density was better on all flowable composites, except Fill Magic Flow, all other composites obtained statistically similarity. It can be concluded that Filtek Z100 showed better overall mechanical strength than all other composites tested.

Keywords. Composite resins, hardness, dental materials

REFERÊNCIAS

- 1) Shi L, Wang X, Zhao Q, Zhang Y, Zhang L, Ren Y, Chen Z. Evaluation of packable and conventional hybrid resin composites in Class I restorations: three-year results of a randomized, double-blind and controlled clinical trial. *Operative dentistry*, v. 35, p. 11–19, 2010.
- 2) Baroudi K, Saleh AM, Silikas N, Watts DC. Shrinkage behavior of flowable resin-composites related to conversion and filler fraction. *J Dent* 2007; 35:651-655.
- 3) Cadenaro M, Marchesi G, Antonioli F, Davidson C, Dorigo E, Breschi L. Flowability of composites is no guarantee for contraction stress reduction. *Dent Mater* 2009; 25: 649-654.
- 4) Park S, Son W, Co C, Garcia-Godoy F, Park M, Kim H, Kwon Y. Influence of flowable resins on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Dent Mater J* 2009; 28: 730-734.
- 5) Feitosa VP, Medina AD, Puppim-Rontani RM, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Effect of resin coat technique on bond strength of indirect restorations after thermal and loading cycling. *Bull Tokyo Dental Coll* 2010; 51:111-118.
- 6) Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 1382-1390
- 7) Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater* 2005; 21:68-74.
- 8) Cramer NB, Couch CL, Schreck KM, Boulden JE, Wydra R, Stansbury JW, Bowman CM. Properties of methacrylate-thiol-ene formulations as dental restorative materials. *Dent Mater* 2010; 26: 799-806.
- 9) Moraes RR, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Ogliari F, Piva E, Petzhold CL. Preparation and evaluation of dental resin luting agents with increasing content of bisphenol-A ethoxylated dimethacrylate. *J Biomater Appl*. 2010; 24: 453-473.
- 10) Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Oper Dent* 2004; 29:698-704.
- 11) Abu-Elenain, D. A; Lewis, S. H; Stansbury. J. W. Property evolution during vitrification of dimethacrylate photopolymer networks. *Dental Materials*, v. 29, n. 11, p. 1173-81, nov. 2013.
- 12) Schneider LF, Moraes RR, Cavalcante LM, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Consani S. Cross-link density evaluation through softening test. Effect of ethanol concentration. *Dent Mater* 2008; 24:199-203.
- 13) Beun S, Bailly C, Devaux J, Leloup G. Physical, mechanical and rheological characterization of resin-based pit and fissure sealants compared to flowable resin composites. *Dent Mater* 2012;28:349-59.

- 14) Stanbury JW. Dimethacrylate network formation and polymer property evolution as determined by the selection of monomers and curing conditions. *Dent Mater* 2012;28:13-22.
- 15) Anfe T, Agra CM, Vieira GF. Evaluation of sorption, solubility and staining of universal and silorane resin-based composites. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2011;19:151-4.
- 16) Gonçalves F, Kawano Y, Pfeifer C, Stansbury JW, Braga RR. Influence of BisGMA, TEGDMA and BisEMA contents on viscosity, conversion, and flexural strength of experimental resins and composites. *Eur J Oral Sci* 2009;117:442-6.
- 17) ISO 4049. Dentistry polymer-based filling, restorative and luting materials. Geneva 2000.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

HENRIQUE KORS QUILES
Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Unicamp
Av. Limeira ,901 – Área de Materiais Dentários
13414-903, Piracicaba, São Paulo
henrique.quiles@yahoo.com

