

Resinas bulk-fill – O estado da arte

Recebido em: ago/2016

Aprovado em: ago/2016

Bulk-fill resin composites – The state-of-the-art

Taciana Marco Ferraz Caneppele –
Professora doutora do Departamento de
Odontologia Restauradora do Instituto de
Ciência e Tecnologia do Campus de São
José dos Campos – (Universidade Estadual
Paulista – Unesp)

Eduardo Bresciani – Professor doutor do
Departamento de Odontologia Restaura-
dora do Instituto de Ciência e Tecnologia
do Campus de São José dos Campos –
Unesp

Autor de correspondência:

Eduardo Bresciani

Departamento de Odontologia Restauradora - ICT - Unesp

Av. Eng. Francisco José Longo, 777

Jardim São Dimas - São José dos Campos - SP

12245-000

Brasil

eduardob@fosjc.unesp.br

RESUMO

Apesar de as resinas compostas serem amplamente utilizadas, as mesmas ainda apresentam propriedades a serem melhoradas para um desempenho clínico estendido. A contração de polimerização, resultando em estresse na interface dente-restauração, talvez seja a principal característica a ser melhorada. Assim surgiram as resinas bulk-fill, ou de preenchimento único. Não se sabe se estas resinas devem ou podem substituir as resinas atuais, geralmente de nanotecnologia. Com isso, o objetivo desta revisão é situar o leitor frente às informações disponíveis sobre estas resinas, tanto em estudos laboratoriais quanto em estudos clínicos. Foram selecionados artigos científicos dos anos de 2014, 2015 e 2016, disponíveis no Pubmed, contendo trabalhos que comparassem as resinas bulk com resinas convencionais, para que o panorama atual pudesse ser traçado. Os resultados *in vitro* mostram uma tendência de contração de polimerização e geração de estresse maior para as resinas bulk fluidas, enquanto que as resinas bulk de consistência regular geralmente apresentam valores de contração e geração de estresse similar às resinas convencionais. Para o grau de conversão em 4mm de profundidade, a maioria dos estudos relata que as resinas atingem fotoativação adequada. Para a resistência flexural, há distribuição similar entre resultados inferiores e similares/superiores para as bulk-fill. Para a fenda e deflexão de cúspide, a grande maioria relata resultados similares ou superiores quando da comparação com resinas convencionais. Os estudos clínicos, com avaliação de 1 a 5 anos, mostram similaridade de comportamento tanto para as resinas bulk-fill fluidas ou regulares. Conclui-se que este novo grupo de materiais representa uma possibilidade para restaurações diretas, principalmente pela facilidade de técnica e similaridade de propriedades em comparação com as resinas convencionais. Não se sabe frente ao exposto, se estes materiais devem ou podem substituir as resinas convencionais, sendo que mais estudos e controles clínicos maiores são necessários.

Descritores: resina composta, propriedades mecânicas, fenda marginal, avaliação clínica

ABSTRACT

Although composite resins are widely used, their properties still require improvements for extended clinical service. The polymerization shrinkage, resulting in stress at the tooth-restoration interface, is the main characteristic to be improved. Bulk-fill or single increment composites are currently marketed and whether they can or must replace existing nanotechnology resins is still not known. Thus, the aim of this review is to provide information available on these resins, both from laboratory and clinical studies. Articles available on Pubmed from 2014 to 2016, containing studies comparing conventional and bulk-fill resins were selected, aiming to picture the current scenario of the bulk-fill composites. *In vitro* results show a trend of greater polymerization shrinkage and generation stress for flowable bulk-fill resins, while regular consistency bulk-fill resins present similar shrinkage and stress generation values as conventional resins. For the conversion degree, most studies reported adequate values at 4mm thickness. For the flexural strength, similar distribution is observed between inferior and similar/higher results when comparing to conventional resins. For the leakage and cusp deflection, the majority of reports present similar or superior results when compared to conventional resins. One to five-year clinical studies present similar behavior for both flowable and regular consistency bulk-fill resins in comparison to conventional ones. We conclude this "new" group of materials represents a possibility for direct restorations, especially due to simplified technique and to similar properties compared to conventional resins. At the current status, it is not known if these materials can or must replace conventional resins, thus more laboratorial and longer-term clinical studies are needed.

Descriptors: resin composite, mechanical properties, marginal leakage, clinical evaluation

INTRODUÇÃO

A Odontologia adesiva, desde a introdução do condicionamento ácido por Buonocore em 1955¹, vem evoluindo como resultado do melhor conhecimento dos tecidos a serem aderidos, maior desenvolvimento de materiais e aprimoramento de técnicas. Atualmente, apesar de as restaurações de resina composta em dentes posteriores serem o padrão ouro dentre as restaurações adesivas, não existe um protocolo padrão e várias possibilidades de técnicas e materiais estão disponíveis com o intuito de se alcançar o sucesso desejado.²

De forma geral, o sucesso de restaurações de resinas compostas depende da condição dos tecidos a serem aderidos, das características do sistema adesivo e protocolo de aplicação, das propriedades da resina composta e protocolo de aplicação, da influência do operador, assim como das condições bucais de envelhecimento às quais as restaurações são submetidas. Por depender de inúmeros fatores, os resultados clínicos muitas vezes não reportam os mesmos resultados obtidos com pesquisas laboratoriais.²

Dentre as várias causas de falha, as restaurações de resina composta em dentes posteriores falham principalmente por cárie secundária e fratura da restauração³, levando a uma constante evolução da técnica, incluindo os materiais empregados (sistemas adesivos e resinas compostas).

Uma das principais limitações das resinas compostas está relacionada à contração de polimerização⁴, propriedade inerente a este tipo de material. Esta propriedade resulta em forças de estresse na interface dente-restauração, consequência geralmente reduzida pela utilização de protocolo específico de inserção do material na cavidade, conhecido por técnica incremental de inserção. Quando estas forças são maiores que a força de adesão, fendas se formam e a restauração possivelmente falhará por recidiva de cárie. O ideal seria que estes materiais não contraíssem com a polimerização, facilitando a sua inserção, evitando problemas operacionais, e ainda aumentando a longevidade da restauração.

Na tentativa de se melhorar esta característica do material, foram inseridas no mercado resinas a base de silorano, as quais são reportadas por apresentarem menor contração de polimerização e menor geração de estresse.⁵ Problemas relacionados principalmente à necessidade de sistemas adesivos específicos associados à similaridade de comportamento clínico com as resinas convencionais⁶, inviabilizaram a disseminação mais eficiente destes materiais.

Com o mesmo intuito de resolver o problema da contração de polimerização e consequente técnica sensível (incremental), surgiram no mercado as resinas bulk-fill, ou resinas de preenchimento. A tecnologia deste novo grupo de materiais é muito variável de fabricante para fabricante. Ainda não há um consenso sobre a utilização destes materiais. Vários trabalhos laboratoriais e poucos estudos in vivo estão disponíveis para que se possa empregar uma Odontologia baseada em evidências.

O objetivo desta revisão é descrever as características dos

materiais disponíveis no mercado, assim como os resultados clínicos já descritos na literatura, na tentativa de informar e dar suporte para a decisão de emprego ou não deste tipo de materiais.

REVISÃO DE LITERATURA

Características das resinas presentes no mercado

As resinas bulk-fill, ou resinas de preenchimento único, podem ser classificadas de acordo com a consistência em fluidas ou resinas de consistência regular. De forma geral, a principal propriedade que caracteriza este material é o baixo grau de contração após a polimerização, o que possibilita a utilização destes materiais em camadas de 4-5 mm, deixando de lado características importantes como fator C e técnica incremental, sempre discutida na técnica de restauração com resinas convencionais.

O mecanismo pelo qual estas resinas sofre contração volumétrica, possivelmente reduzida, é muito variável, sendo que cada fabricante apresenta sua própria tecnologia. Dentre os princípios utilizados pelos diversos fabricantes, podemos citar a utilização de monômeros específicos, monômeros co-adjuvantes, diferentes fotoiniciadores, inclusão de diferentes cargas inorgânicas (fibras de vidro) e utilização de energia ultrassônica anteriormente à fotopolimerização. A descrição de algumas marcas comerciais presentes no mercado brasileiro e seus princípios de polimerização estão descritos na tabela 1.

Além destes produtos descritos na tabela e disponíveis no mercado brasileiro, ainda há uma categoria de material que se enquadra nesta descrição de material de preenchimento único e que apresenta outra tecnologia, os Giomers. Estes materiais apresentam matriz resinosa acrescida de partículas convencionais de uma resina composta e fibras de vidro curtas. Existem dois materiais disponíveis em outros países com esta tecnologia, o EverX (GC Europa) e Beautifull bulk (Shofu). Vários trabalhos presentes neste estudo relatam resultados do emprego deste tipo de material.

Propriedades das resinas – estudos laboratoriais

Dentro das pesquisas laboratoriais realizadas para caracterizar as resinas bulk-fill destacam-se neste artigo as propriedades mais importantes e mais analisadas. Foram localizados estudos laboratoriais publicados sobre o assunto na base Pubmed nos anos de 2014 a 2016. Foram localizados diversos artigos. Dividimos a apresentação das características dos materiais em 4 propriedades: contração de polimerização, tensão de contração, profundidade de cura e resistência flexural. Duas análises de restaurações realizadas com estes materiais também foram estudadas: formação de fendas (marginal e interna) e deflexão de cúspides.

A representação gráfica da compilação dos resultados dos estudos está representada pelas figuras 1 a 6. Foram incluídos estudos nos quais os materiais bulk-fill testados foram comparados às resinas compostas convencionais. Apenas para a avaliação da profundidade de cura, esta condição não foi

TABELA 1
Apresentação das resinas bulk-fill presentes no mercado brasileiro de acordo com a consistência, necessidade de cobertura de resina convencional, mecanismo de fotopolimerização, e apresentação comercial

Marca comercial (Fabricante)	Classificação em relação à consistência	Espessura máxima por incremento	Cobertura com resina convencional	Mecanismo responsável pela contração reduzida	Apresentação comercial	Disponível em
Surefil SDR flow (Dentsply)	Fluida	4 mm	Sim	Modulador incluído na estrutura do monômero resinoso – menor número de ligações cruzadas e cadeias poliméricas mais regulares	Cápsulas pré-dosadas - cores U (universal), A1, A2 e A3	http://dentsplymea.com/sites/default/files/SDR_OPL_factfile_3p.pdf
Filtek Bulk Fill Flow (3M)	Fluida	4 mm	Sim	Combinação de 4 monômeros com alto peso molecular e alta fluidez: BisGMA, BisEMA, Procrilat e UDMA	Seringa de 2g - cores A1, A2, A3 e U	http://multimedia.3m.com/mws/media/7923210/filtek-bulk-fill-flowable-restorative-technical-product-profile.pdf
x-tra base (VOCO)	Fluida	4 mm	Sim	Carga em 75% (base) e monômeros especiais	Seringa de 2g ou cápsulas - cores U ou A2	http://www.voco.com.br/br/product/x-tra_base/index.html
Opus Bulk Fill flow (FGM)	Fluida	4 mm	Sim	Combinação específica de carga e monômeros	Seringa de 2g - cores A1, A2 e A3	http://www.fgm.ind.br/site/wp-content/uploads/2016/06/Manual_Opus_Bulk_Fill_Flow.pdf
Filtek Bulk Fill (3M)	Consistência regular	5 mm	Não	2 monômeros: AUDMA – reduz o número de ligações cruzadas e AFM – cliva a cadeia durante o processo de polimerização – relaxamento das cadeias e menor estresse	Seringa de 4g - cores A1, A2, A3 e B1	http://multimedia.3m.com/mws/media/9766340/filtek-bulk-fill-posterior-restorative-technical-product-profile.pdf
comercial6.apcd@apcdcentral.com.br	Consistência regular	4 mm	Não	Carga em 85% (base) e monômeros especiais	Seringa de 5g ou cápsulas 0,25g - cor U (universal)	http://www.voco.com.br/br/product/x_tra_fil/index.html
Admira Fusion x-tra (VOCO)	Consistência regular	4 mm	Não	Moléculas especiais de ligação ORMOCER	Seringa de 3g ou cápsulas de 0,2g - cor U (universal)	http://www.voco.com.br/br/product/AdmiraFusion/VC-84-002750-BR.pdf
Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent)	Consistência regular	4 mm	Não	Fotoiniciador específico a base de germânio	Seringa com 3,5g - cores IVA, IVB e IVW (para dentes A, B e clareados)	http://www.ivoclarvivadent.com.br/pt-br/compositos/tetric-n-ceram-bulk-fill
SonicFill (Kerr)	Consistência regular	4 mm	Não	Energia sônica – redução da viscosidade	Cápsulas de 0,3g - cores A1, A2, A3 ou B1.	http://www.kerrdental.com.br/site/wp-content/uploads/web_Catalogo_sonicfill_A4_02_09_15.pdf
Aura Bulk Fill (SDI)	Consistência regular	4 mm	Não	Não informado	Seringa com 4 g - Cor Universal	http://www.sdi.com.au/images/stories/brochures/brochures_PT/Aura_Bro_PT.pdf

considerada. Os materiais foram listados e acompanhados da citação bibliográfica em número sobrescrito. Os nomes foram posicionados nas figuras, de acordo com o seu desempenho. Quando o material teve um comportamento melhor que a resina convencional, seu nome foi colocado na área verde da figura. Na área vermelha foram posicionados os nomes dos materiais que tiveram um comportamento significativamente inferior às resinas convencionais. E, por último, quando o material teve um comportamento similar à resina convencional, foi listado na área amarela do gráfico. Para facilitar a visualização, o tamanho da área de cada cor em cada uma das figuras é proporcional ao número de materiais posicionados em cada situação. Observa-se em várias figuras que o mesmo material aparece em áreas diferentes, significando que em determinado estudo ele se comportou de uma maneira e em outro, de maneira diferente. Isto pode acontecer devido às condições experimentais de cada estudo, as quais variam bastante.

Foram encontrados seis estudos que analisaram a contração de polimerização das resinas bulk-fill⁷⁻¹² e compararam às resinas convencionais (Figura 1); e cinco estudos^{9,10,12-14} que analisaram a tensão de contração (Figura 2). A contração de polimerização da resina composta ocorre devido à conversão das moléculas de monômeros em polímero, que é realizado através da substituição dos espaços de van der Waals por ligações covalentes e, conseqüentemente, redução do volume do material livre.^{15,16} A contração de polimerização pode gerar tensões nas paredes das cavidades, podendo gerar falhas na interface adesiva.^{16,17} Nas resinas convencionais a técnica de inserção incremental tem sido preconizada para contornar as tensões geradas pela contração. Com o advento dos materiais bulk-fill, a investigação da contração e das tensões geradas por ela se fazem importantes, desde que a técnica incremental não é mais utilizada. Pela análise das figuras, observamos que nas resinas bulk-fill de consistência regular a contração de polimerização parece ser similar às resinas convencionais. O mesmo não se observa nas resinas bulk-fill de consistência fluida, em que a maioria dos estudos apontou uma maior contração destes materiais. Na análise da tensão de polimerização, observa-se uma melhora dos materiais fluidos, com alguns estudos apontando uma similaridade às resinas convencionais.

Entre as propriedades mecânicas que podem ser testadas em laboratório, a resistência à flexão fornece uma estimativa do potencial da resina composta para servir como substituição da dentina e esmalte em áreas concentração de tensão.¹⁸ Três estudos avaliaram esta propriedade para as resinas bulk-fill.^{8,18,19} Somente consideramos as resinas bulk-fill de consistência regular desde que as de consistência fluida necessitam de camada de cobertura e não ficam diretamente sujeitas às tensões oclusais durante a função (Figura 3).

Alguns materiais foram similares ou melhores que as resinas convencionais, porém alguns materiais apresentaram comportamento inferior. Observa-se que alguns materiais

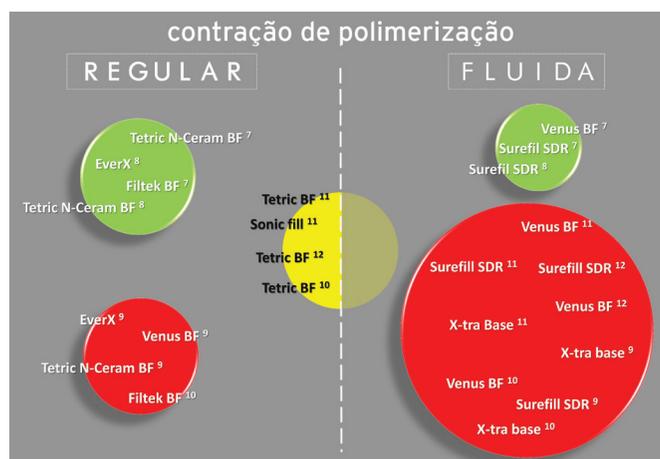


FIGURA 1
Representação gráfica da contração de polimerização. À esquerda foram posicionadas as resinas bulk-fill de consistência regular e à direita as resinas de consistência fluida



FIGURA 2
Representação gráfica da tensão de contração de polimerização. À esquerda foram posicionadas as resinas bulk-fill de consistência regular e à direita as resinas de consistência fluida

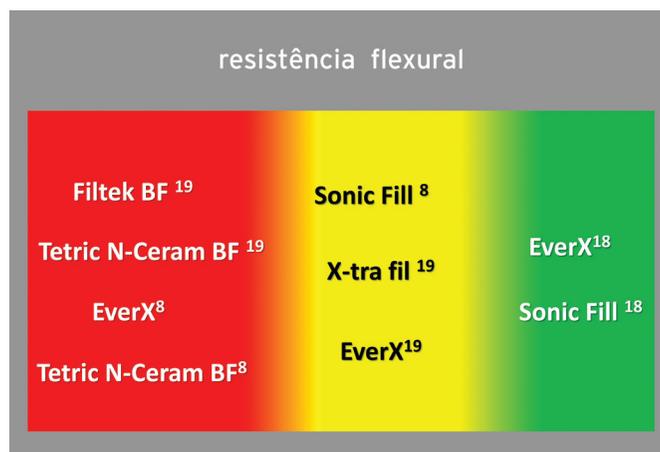


FIGURA 3
Representação gráfica dos estudos que analisaram a resistência flexural

tiveram comportamentos distintos dependendo do estudo realizado. Estas discrepâncias acontecem, pois as condições dos estudos são muitas vezes diferentes entre si, e dependem também com qual material foram comparados.

A profundidade de cura foi à propriedade mais avaliada, segundo o levantamento aqui realizado. Isto deve ao fato de que os materiais bulk-fill, segundo os fabricantes, podem ser polimerizados em espessura de 4mm. Assim, existe uma preocupação latente em se verificar se realmente estes materiais conseguem atingir um grau de conversão satisfatório nesta espessura. Encontramos 11 estudos^{10,12,14,20-27} que avaliaram esta propriedade por meio da avaliação da relação da dureza entre a base e o topo de amostras de resina de 4mm de profundidade. Quando são obtidos valores de dureza, a relação base/topo é geralmente utilizada para estabelecer a profundidade de cura do material. Isto reflete a extensão relativa de conversão das superfícies mais profundas em relação à superfície de topo. Muitos autores²⁸⁻³¹ têm afirmado que uma proporção de 0,80 é um valor mínimo clinicamente aceitável. A figura 4 mostra a representação gráfica dos estudos levantados.

Observa-se que muitos estudos relataram que os materiais bulk-fill conseguiram atingir uma polimerização adequada a 4mm. Alguns materiais foram suficientemente polimerizados, segundo alguns estudos e os mesmos materiais, em outras condições experimentais não foram tão favoráveis. Isto deve ao fato de que o grau de conversão de resinas depende da energia total recebida pela resina composta representada pela irradiância da ponta do aparelho em função do tempo.^{32,33} Trabalhos relatam esta propriedade quando da utilização de diversos aparelhos de fotoativação³⁴, sendo que algumas resinas bulk-fill apresentam maior translucidez³⁵ para uma melhor penetração da luz e melhor profundidade de conversão. Diferentes modos de cura também podem influenciar o grau de conversão do material.³⁶ Apesar desta observação não ter sido relatada em outro estudo, técnicas de modo pulsado, diminuíram o força de contração em comparação com técnicas de polimerização de alta intensidade³⁷, sem influência no grau de conversão das resinas testadas. Torna-se importante também ressaltar que dependendo da irradiância da ponta da luz, há necessidade de aumento no tempo de polimerização para uma cura adequada, fato comprovado por estudos que verificam a necessidade de aumento do tempo de exposição.²⁴

Esta propriedade é importante, pois além da relação com as propriedades mecânicas, também está relacionada com a liberação de monômeros não polimerizados³⁸, que possivelmente podem causar irritações ao dente.

As avaliações de fenda marginal e interna e deflexão de cúspides são realizadas simulando-se em laboratório a realização de restaurações. Localizamos 11 estudos^{11,13,39-47} que analisaram a formação de fenda marginal ou interna de restaurações realizadas em resina bulk-fill, comparadas à

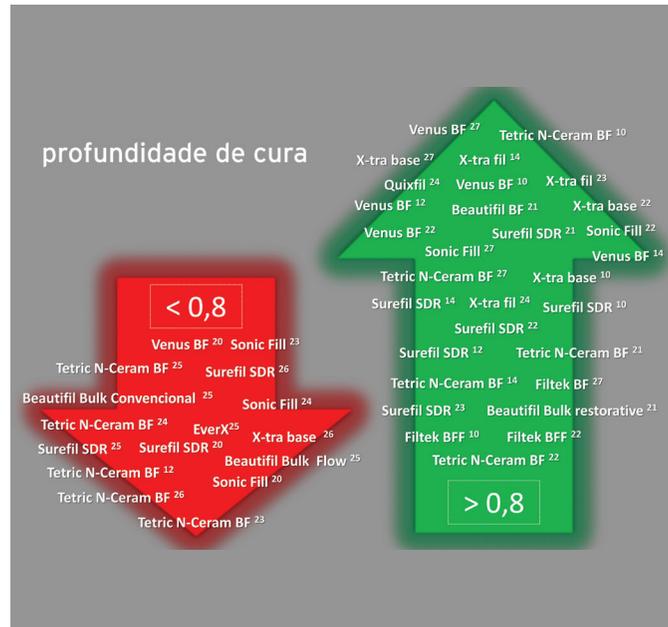


FIGURA 4
Representação gráfica dos estudos que analisaram a profundidade de cura



FIGURA 5
Representação gráfica dos resultados dos estudos de análise de fenda marginal e interna de restaurações com resina bulk-fill comparadas às resinas convencionais

restaurações com resina convencional. A figura 5 ilustra os resultados destes estudos.

Pela análise da figura 5, observa-se que na grande maioria dos estudos o comportamento das restaurações com resina bulk-fill em relação à formação de fendas marginais ou internas foram similares às restaurações com resina composta convencional.

Em restaurações de tamanho moderado, as tensões ge-



FIGURA 6
Representação gráfica dos estudos que analisaram a deflexão de cúspides de dentes restaurados com resinas bulk-fill comparados às restaurações em resina composta convencional

radadas pela contração de polimerização podem levar à deformação de cúspide, causando microfraturas de esmalte ou perda da integridade da ligação entre o adesivo e dente ou resina composta. Por isso, a análise da deflexão se faz importante na análise do comportamento in vitro das resinas bulk-fill. Identificamos 5 estudos^{44,46,48-50} que avaliaram a deflexão das cúspides em dentes restaurados com resinas bulk-fill.

Pela figura 6 observamos que nenhum estudo reportou comportamento pior das resinas bulk-fill na análise da deflexão de cúspide, mostrando assim resultados que se assemelham ou são melhores que as resinas compostas convencionais.

Propriedades clínicas – estudos clínicos

Em relação ao desempenho clínico destes materiais, de acordo com os estudos disponíveis na literatura, tem-se pouca informação para compará-los efetivamente com os materiais resinosos já consagrados.

Dentre os cinco estudos clínicos disponíveis, três utilizaram resina composta bulk-fill fluida e dois utilizaram a resina composta bulk de consistência regular. A diferença de protocolo pode influenciar os resultados, principalmente em relação às características oclusais (desgaste, fratura, rugosidade superficial), uma vez que as resinas fluidas requerem uma cobertura com resina convencional enquanto que as bulk de consistência regular não requerem.

No primeiro trabalho clínico aleatório controlado, não houve falhas para as restaurações realizadas com resina bulk fluida em um período de três anos em comparação com a

taxa anual de falha de 1,3% para o grupo das restaurações de resina realizadas pelo protocolo tradicional.⁵¹

No outro trabalho que se avaliou uma resina bulk flow com cobertura oclusal de resina nanohíbrida, a falha anual para cavidades classe I foi de 1,2% e 1,0% para a resina bulk e convencional, respectivamente; enquanto que para cavidades de classe II a taxa anual de falha foi de 2,2% e 1,6%, ambas num período de três anos de comparação. Dentre as causas de falha destacam-se a fratura dentária seguida de fratura do material restaurador.⁵² Apesar de fraturas de cúspide não serem a principal causa de falhas quando se trata de restaurações de resinas compostas, os autores discutem a falta de correlação desta ocorrência com a utilização de resinas bulk, uma vez que houve fraturas também em dentes recebendo a técnica convencional.

Em um controle de cinco anos da utilização das resinas bulk-fill fluidas, as mesmas se mostraram com índice de sucesso adequado, com índice de falha anual variando de 1,1% de modo geral e 1,4% quando da observação de somente cavidades de classe II.⁵³ Dentre as principais causas de falha neste trabalho tem-se a fratura de cúspide com 40% de frequência dentre os tipos de falha. Os autores concluem que no período de avaliação de cinco anos, estes materiais apresentam resultados adequados que suportam a indicação dos mesmos na prática clínica.

Dentre os trabalhos com resinas bulk-fill de consistência regular, os mesmos mostram que em controles de um ano, não há diferença de comportamento quando da comparação com resinas convencionais, mesmo quando resinas com várias tecnologias são testadas.^{54,55}

Como ainda não existem relatos maiores que um ano de trabalhos que utilizam resinas bulk-fill regulares e também existe somente um trabalho com acompanhamento de cinco anos de resinas bulk-fill fluidas, a conclusão clínica para a indicação destes materiais fica restrita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente ao exposto, nota-se que, de forma geral, as resinas bulk-fill apresentam propriedades similares às resinas convencionais, quando seguindo o protocolo de utilização de cada uma delas. Como com a utilização de resinas bulk-fill elimina-se uma etapa de muitos passos, a inserção por incrementos, várias suposições podem ser feitas: há possibilidades de diminuição de erros do operador, há menores chances de incorporação de bolhas e a interface possivelmente será melhorada. Como de forma geral as propriedades são similares às resinas convencionais, este fator também é favorável para a indicação deste tipo de material em situações clínicas. Os resultados clínicos disponíveis ainda são insuficientes para indicar este tipo de material em detrimento à utilização de resinas compostas convencionais.

Não se sabe frente ao exposto, se estes materiais devem ou podem substituir as resinas convencionais, sendo que mais estudos e controles clínicos maiores são necessários.

REFERÊNCIAS

- Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849-53.
- Schwendicke F, Gostemeyer G, Blunck U, Paris S, Hsu LY, Tu YK. Directly Placed Restorative Materials: Review and Network Meta-analysis. *J Dent Res.* 2016;95(6):613-22.
- Opdam NJ, van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, et al. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res.* 2014;93(10):943-9.
- Mantri SP, Mantri SS. Management of shrinkage stresses in direct restorative light-cured composites: a review. *J Esthet Restor Dent.* 2013;25(5):305-13.
- Gregor L, Bortolotto T, Feilzer AJ, Krejci I. Shrinkage kinetics of a methacrylate- and a silorane-based resin composite: effect on marginal integrity. *J Adhes Dent.* 2013;15(3):245-50.
- Schmidt M, Dige I, Kirkevang LL, Vaeth M, Horsted-Bindslev P. Five-year evaluation of a low-shrinkage Silorane resin composite material: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2015;19(2):245-51.
- Rosatto CM, Bicalho AA, Verissimo C, Braganca GF, Rodrigues MP, Tantbirojn D, et al. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *J Dent.* 2015;43(12):1519-28.
- Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Mechanical properties, volumetric shrinkage and depth of cure of short fiber-reinforced resin composite. *Dent Mater J.* 2016;35(3):418-24.
- Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Polymerization shrinkage kinetics and shrinkage-stress in dental resin-composites. *Dent Mater.* 2016;32(8):998-1006.
- Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli R, Lohbauer U, et al. Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. *Dent Mater.* 2015;31(3):293-301.
- Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honore D, Pedersen MK, Pallesen U. Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent.* 2015;40(2):190-200.
- Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. *Oper Dent.* 2015;40(2):172-80.
- Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LE, Martin AA, et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater.* 2015;31(12):1542-51.
- El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent.* 2014;39(4):374-82.
- Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci.* 1997;105(2):97-116.
- Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dent Mater.* 2005;21(10):962-70.
- Hilton TJ. Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro investigations. Part 1. *Am J Dent.* 2002;15(3):198-210.
- Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, Giangrosso G, Juloski J, Vichi A, et al. Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. *Dent Mater.* 2014;30(6):688-94.
- Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent.* 2014;42(8):993-1000.
- Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Oper Dent.* 2014;39(4):441-8.
- Ilie N, Fleming GJ. In vitro comparison of polymerisation kinetics and the micro-mechanical properties of low and high viscosity comonomers and RBC materials. *J Dent.* 2015;43(7):814-22.
- Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. *J Dent.* 2015;43(2):209-18.
- Alshaafi MM, Haenel T, Sullivan B, Labrie D, Alqahtani MQ, Price RB. Effect of a broad-spectrum LED curing light on the Knoop microhardness of four posterior resin based composites at 2, 4 and 6-mm depths. *Journal of Dentistry.* 2016;45:14-18.
- Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Taubock TT. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig.* 2015;19(4):831-40.
- Yap AU, Pandya M, Toh WS. Depth of cure of contemporary bulk-fill resin-based composites. *Dent Mater J.* 2016;35(3):503-10.
- Soygun K, Ünal M, Özer A, Gülnahar E, Bolayir G. An investigation of microhardness cured different flow bulk fill composites. *Cumhuriyet Dental Journal.* 2014;17(1):64-69.
- Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dent Mater.* 2014;30(2):149-54.
- Price RB, Felix CA, Andreou P. Knoop hardness of ten resin composites irradiated with high-power LED and quartz-tungsten-halogen lights. *Biomaterials.* 2005;26(15):2631-41.
- Rueggeberg FA, Ergle JW, Mettenberg DJ. Polymerization depths of contemporary light-curing units using microhardness. *J Esthet Dent.* 2000;12(6):340-9.
- Rueggeberg FA, Craig RG. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. *J Dent Res.* 1988;67(6):932-7.
- 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(6):698-704.
- Ilie N, Stark K. Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low-viscosity bulk-fill composites. *Clin Oral Investig.* 2015;19(2):271-9.
- Moharam LM, Nagi SM, Zaazou MH. The effect of different resin composite thicknesses and irradiation times on the degree of conversion of two bulk-fill resin composites. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2015;6(5):567-73.
- AlQahtani MQ, Michaud PL, Sullivan B, Labrie D, AlShaafi MM, Price RB. Effect of High Irradiance on Depth of Cure of a Conventional and a Bulk Fill Resin-Based Composite. *Oper Dent.* 2015;40(6):662-72.
- Garoushi S, Vallittu P, Shinya A, Lassila L. Influence of increment thickness on light transmission, degree of conversion and micro hardness of bulk fill composites. *Odontology.* 2015; [Epub ahead of print].
- Dionysopoulos D, Tolidis K, Gerasimou P. Polymerization efficiency of bulk-fill dental resin composites with different curing modes. *J Appl Polym Science.* 2016;133(18):1-8.
- Taubock TT, Feilzer AJ, Buchalla W, Kleverlaan CJ, Krejci I, Attin T. Effect of modulated photo-activation on polymerization shrinkage behavior of dental restorative resin composites. *Eur J Oral Sci.* 2014;122(4):293-302.
- Pongprueksa P, De Munck J, Duca RC, Poels K, Covaci A, Hoet P, et al. Monomer elution in relation to degree of conversion for different types of composite. *J Dent.* 2015;43(12):1448-55.
- Agarwal RS, Hiremath H, Agarwal J, Garg A. Evaluation of cervical marginal and internal adaptation using newer bulk fill composites: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2015;18(1):56-61.
- Al-Harbi F, Kaisarly D, Bader D, El Gezawi M. Marginal Integrity of Bulk Versus Incremental Fill Class II Composite Restorations. *Oper Dent.* 2016;41(2):146-56.
- Heintze SD, Monreal D, Peschke A. Marginal Quality of Class II Composite Restorations Placed in Bulk Compared to an Incremental Technique: Evaluation with SEM and Stereomicroscopy. *J Adhes Dent.* 2015;17(2):147-54.
- Kalmowicz J, Phebus JG, Owens BM, Johnson WW, King GT. Microleakage of Class I and II Composite Resin Restorations Using a Sonic-Resin Placement System. *Oper Dent.* 2015;40(6):653-61.
- Kapoor N, Bahuguna N, Anand S. Influence of composite insertion technique on gap formation. *J Conserv Dent.* 2016;19(1):77-81.
- Güler E, Karaman E. Cuspal deflection and microleakage in pre molar teeth restored with bulk-fill resin-based composites. *Journal of Adhesion Science and Technology.* 2014;28(20):2089-99.
- Furness A, Tador MY, Looney SW, Rueggeberg FA. Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *J Dent.* 2014;42(4):439-49.
- Do T, Church B, Verissimo C, Hackmyer SP, Tantbirojn D, Simon JF, et al. Cuspal flexure, depth-of-cure, and bond integrity of bulk-fill composites. *Pediatr Dent.* 2014;36(7):468-73.
- Campos EA, Ardu S, Lefever D, Jasse FF, Bortolotto T, Krejci I. Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. *J Dent.* 2014;42(5):575-81.
- Francis AV, Braxton AD, Ahmad W, Tantbirojn D, Simon JF, Versluis A. Cuspal Flexure and Extent of Cure of a Bulk-fill Flowable Base Composite. *Oper Dent.* 2015;40(5):515-23.
- Nguyen KV, Wong RH, Palamara J, Burrow MF. The Effect of Resin-modified Glass-ionomer Cement Base and Bulk-fill Resin Composite on Cuspal Deformation. *Oper Dent.* 2015;41(2):208-18.
- Vinagre A, Ramos J, Alves S, Messias A, Alberto N, Nogueira R. Cuspal Displacement Induced by Bulk Fill Resin Composite Polymerization: Biomechanical Evaluation Using Fiber Bragg Grating Sensors. *Int J Biomater.* 2016;2016:7134283.
- van Dijken JW, Pallesen U. A randomized controlled three year evaluation of "bulk-filled" posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology. *Dent Mater.* 2014;30(9):e245-51.
- van Dijken JW, Pallesen U. Randomized 3-year clinical evaluation of Class I and II posterior resin restorations placed with a bulk-fill resin composite and a one-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent.* 2015;17(1):81-8.
- van Dijken JW, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations. A 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent.* 2016;51:29-35.
- Alkurdi RM, Abboud SA. Clinical evaluation of class II composite: Resin restorations placed by two different bulk-fill techniques. *Journal of Orofacial Sciences.* 2016;8(1):34-39.
- Bayraktar Y, Ercan E, Hamidi MM, Colak H. One-year clinical evaluation of different types of bulk-fill composites. *J Investig Clin Dent.* 2016; [Epub ahead of print].