



**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE RESINAS  
COMPOSTAS *BULK-FILL*, NANOHÍBRIDAS E  
NANOPARTICULADAS ATUAIS**

“COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN CURRENT BULK-FILL,  
NANOHYBRID AND NANOFILLED COMPOSITE RESINS”

Clara Margarida Monteiro Gonçalves Dias Benedetto

Porto, 2020



# **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE RESINAS COMPOSTAS *BULK-FILL*, NANOHÍBRIDAS E NANOPARTICULADAS ATUAIS**

Dissertação de Revisão Científica do Programa do Mestrado Integrado em Medicina Dentária apresentado à Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

## **Autora**

Clara Margarida Monteiro Gonçalves Dias Benedetto

Aluna do 5º ano do Mestrado Integrado da Faculdade de Medicina Dentária da  
Universidade do Porto | clara.margarida.benedetto@gmail.com

## **Orientador**

Prof. Doutor João Ricardo Cardoso Ferreira

Porto, 2020



## **Agradecimentos**

*Ao meus pais, ao Rui, à Mariana e a todas as pessoas que me acompanharam ao longo destes anos.*

*Ao meu orientador pela paciência, profissionalismo e disponibilidade.*

*“A Medicina Dentária é uma profissão que exige daqueles que a ela se dedicam, o senso estético dum artista, os conhecimentos científicos de um médico, a habilidade de um cirurgião e a paciência de um monge.”*

*S.S. PIO XII*



## RESUMO

**Introdução:** Durante os últimos anos, as restaurações diretas em resina composta tornaram-se num procedimento de rotina, bem estabelecido na prática clínica. As preocupações estéticas e a utilização de um procedimento minimamente invasivo estão implicados neste conceito terapêutico.

**Objetivos:** Revisão sistemática da literatura para estudos laboratoriais e clínicos que incluam as resinas *bulk-fill*, nanohíbridas e nanoparticuladas atuais, enfatizando as suas características, comparando-as entre si, de modo a fornecer um suporte para a decisão da sua utilização ou não na prática clínica diária.

**Materiais e Métodos:** A pesquisa foi realizada utilizando as bases de dados disponíveis no *PubMed*, *SciELO*, *Google Scholar*, e *ScienceDirect* onde se obtiveram 124 artigos. Com base nos critérios de inclusão e exclusão específicos, foram selecionados 30 artigos para análise.

**Desenvolvimento:** O desenvolvimento e a implementação das resinas compostas implicam uma compreensão abrangente de cada resina e a sua indicação. As resinas *bulk-fill* apareceram para colmatar as dificuldades apresentadas pelas resinas convencionais. São introduzidas em incrementos de 4 a 5 mm e estão disponíveis em forma de resina *bulk-fill* fluída, usada como base de cavidade, resina *bulk-fill* fluída ativada por ultrassom e resina *bulk-fill* com viscosidade normal indicada para restauração de cavidades classe I e II. Apresentam composição semelhante à das resinas convencionais, baixa ou nenhuma citotoxicidade, tamanho de partículas de 0,1 -1 $\mu$ , percentagem menor de partículas de carga, menor contração de polimerização, integridade marginal sem diferenças significativas quando comparado com as resinas convencionais. Em termos de propriedades mecânicas são menos satisfatórias do que as nanohíbridas, no entanto, a sua dureza é superior comparado com as nanohíbridas. Como vantagem apresentam menor tempo de trabalho. Tem mau acabamento e conseqüente polimento. As resinas que apresentam nanotecnologia na sua composição estão indicadas para restaurações de dentes anteriores e posteriores, através da técnica incremental. A sua composição é semelhante à das resinas convencionais, exceto pela adição de nanopartículas e *nanoclusters*, sendo o tamanho das suas partículas variável entre 2-75nm. Apresentam uma contração de polimerização superior comparado com resinas *bulk-fill*, maior longevidade quando incorporado *nanoclusters*. Requerem maior tempo de trabalho e apresentam alto acabamento e polimento.

**Conclusões:** Até ao momento, nenhum material atingiu todos os requisitos para ser considerado o material “ideal”. Tanto as resinas *bulk-fill* com as que contêm nanotecnologia apresentam vantagens e desvantagens. Cabe ao médico dentista a identificação do correto material para o tratamento de acordo com as características do procedimento e a relação custo-benefício.

**Palavras-chave:** resina *bulk-fill*, resina nanohíbrida, resina nanoparticulada, nanocompósitos, composição, propriedades mecânicas, polimerização, integridade marginal, avaliação clínica.

## ABSTRACT

**Introduction:** Over the past few years, direct composite resin restorations have become a routine procedure, well established in clinical practice. Aesthetic concerns and the use of minimally invasive procedures are implicated in this therapeutic concept.

**Objectives:** Systematic literature review for laboratory and clinical studies that include bulk-fill, nanohybrid and nanoparticulated resins, emphasizing their properties, comparing them with each other, to provide support for decision of their use or not in daily clinical practice.

**Materials and Methods:** The research was carried out using the databases available at PubMed, SciELO, Google Scholar, and ScienceDirect where 124 articles were obtained. Based on the specific inclusion and exclusion criteria, 30 articles were selected for analysis.

**Development:** The development and implementation of composite resins requires a comprehensive understanding of each resin and its indication. Bulk-fill resins appeared to overcome difficulties presented by conventional resins. They are introduced in increments of 4 to 5 mm and are available in the form of fluid bulk-fill resin, used as a cavity base, ultrasound-activated fluid bulk-fill resin and bulk-fill resin with normal viscosity indicated for class I and II cavities. Their composition does not differ much from that of conventional resins, low or no cytotoxicity, particle size of 0.1-1 $\mu$ , lower percentage of filler particles, less polymerization shrinkage, marginal integrity without significant differences when compared with conventional resins. In terms of mechanical properties, they are less satisfactory than nanohybrids. As an advantage, they present less working time. It has poor finish and consequent polishing. The resins that present nanotechnology in their composition are indicated for anterior and posterior restorations, through the incremental technique. Its composition is similar to that of conventional resins, except for the addition of nanoparticles and nanoclusters with particles size varying between 2-75nm. They present a higher polymerization contraction compared to bulk-fill resins, greater longevity when incorporating nanoclusters. They require a longer working time and are highly finished and polished.

**Conclusions:** So far, no material has met all the requirements to be considered the “ideal” material. It is up to the dentist to identify the correct material for the treatment according to the characteristics of the procedure and the cost-benefit ratio.

**Key-words:** composite resin, bulk-fill, nanohybrid, nanofilled, nanocomposites, properties, mechanical properties, polymerization, marginal integrity, clinical evaluation.

# Índice

Agradecimentos .....	IV
RESUMO .....	VI
ABSTRACT .....	VII
Índice de figuras.....	IX
Índice de Abreviaturas e Siglas .....	X
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	12
3. DESENVOLVIMENTO .....	13
3.1. Resinas <i>bulk-fill</i> .....	14
3.1.1. Composição.....	15
3.1.2. Profundidade de polimerização .....	17
3.1.3. Contração e <i>stress</i> de polimerização .....	18
3.1.4. Integridade marginal.....	20
3.1.5. Propriedades mecânicas .....	21
3.1.6. Propriedades clínicas .....	22
3.2. Resinas nanohíbridas e nanoparticuladas .....	25
3.2.1. Composição.....	25
3.2.2. Profundidade de polimerização .....	27
3.2.3. Integridade marginal.....	28
3.2.4. Propriedades mecânicas .....	28
3.2.5. Propriedades clínicas .....	29
4. DISCUSSÃO.....	32
5. CONCLUSÃO .....	32
6. Referências bibliográficas .....	33
7. Anexo .....	36



## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Ilustração da aplicação de resinas convencionais pela técnica incremental oblíqua e da aplicação das três variedades de resinas <i>bulk-fill</i> . .....	15
<b>Tabela 1</b> - Composição das resinas compostas <i>bulk-fill</i> . .....	16
<b>Figura 2</b> - Tecnologia de nanopartículas. ....	26
<b>Tabela 2</b> - Características e propriedades das resinas <i>bulk-fill</i> , nanohíbridas e nanoparticuladas. ....	31

## Índice de Abreviaturas e Siglas

<b>%</b>	Porcentagem
<b>ADA</b>	<i>American Dental Association</i>
<b>Bis-EMA</b>	Bisfenol 2-hidroxietil metacrilato
<b>Bis-GMA</b>	Bisfenol-A-glicidilmetacrilato
<b>DMABEE</b>	Ácido 4-dimetilaminobenzóicoetil éster
<b>EBPDMA</b>	Dimetacrilato de bisfenol-A etoxilado
<b>EDS</b>	Espectroscopia de raios-X de energia dispersa
<b>EGDMA</b>	Etilenoglicol dimetacrilato
<b>et al.</b>	Et. Alii
<b>HEMA</b>	2-hidroxietil metacrilato
<b>ISO</b>	<i>International Standards Organization</i>
<b>mm</b>	Milímetro
<b>MPa</b>	Mega pascal
<b>TEGDMA</b>	Trietilenoglicol dimetacrilato
<b>UDMA</b>	Uretano dimetacrilato
<b>µm</b>	Micrómetro

# 1. INTRODUÇÃO

A cárie dentária provoca uma destruição local dos tecidos duros dentários e ocorre com o tempo devido a produtos acídicos produzidos pela fermentação bacteriana de hidratos de carbono presentes na alimentação. É um processo dinâmico que resulta em vários ciclos de desmineralização e remineralização. É então, uma doença crónica de progressão lenta que afeta principalmente fossas e fissuras, que são as áreas mais suscetíveis, assim como, superfícies lisas e superfícies radiculares, e ocorre maioritariamente nos dentes posteriores. (1)

Apesar dos avanços no diagnóstico, prevenção e controlo da cárie dentária, esta ainda permanece como uma doença oral com grande significado clínico. Uma mudança para uma abordagem amplamente preventiva para o controlo da cárie com ênfase na restauração e retenção de dentes esteticamente agradáveis resultou numa diminuição na extração de dentes cariados. (1)

Assim, um dos objetivos da restauração prende-se com o fato de melhorar a estética e fazer com que possa haver uma melhor higienização das superfícies dentárias. Isto pode ser obtido usando um material dentário que substitui a estrutura dentária perdida. Vários materiais e técnicas estão disponíveis no mercado para a restauração de dentes afetados por cárie. Por mais de uma década, a amálgama dentária foi usada como material para a restauração oclusal e proximal de cavidades, devido à sua força, relativa facilidade de manipulação e baixo custo. Há, no entanto, uma diminuição do seu uso devido à exigência estética e controvérsias devido aos efeitos do mercúrio na saúde geral do indivíduo. A preocupação geral pelos impactos negativos do mercúrio na saúde da população fez com que fosse assinado o tratado de *Minamata* no Japão em 2013. Este tratado decretou uma diminuição e controlo do uso de mercúrio com um intervalo de tempo de 10 anos e o uso alternativo de materiais como resinas compostas, cimentos de ionómero de vidro, cerâmicas e ligas de ouro. (1)

As resinas compostas tornaram-se assim o material eleito para a restauração direta de cavidades, tanto em dentes anteriores como em dentes posteriores, devido às suas propriedades estéticas e clínicas. Isto justifica uma necessidade de haver mais estudos que avaliam as suas propriedades mecânicas, físicas e clínicas. Desde o seu aparecimento na medicina dentária, a sua estrutura química sofreu imensas alterações, de forma a colmatar problemas como a contração de polimerização e a expansão térmica. (1)

Nos últimos anos, várias resinas com diferentes formulações e indicações foram introduzidas no mercado, entre estas, estão as resinas *bulk-fill* e as resinas onde é empregue a nanotecnologia. Até ao momento, não se sabe se as resinas *bulk-fill* tem a capacidade de substituir as resinas atuais, geralmente de nanotecnologia. Assim, o objetivo desta revisão bibliográfica é fornecer uma base para a decisão do seu uso na prática clínica diária, frente às informações disponíveis sobre estas resinas, tanto em estudos laboratoriais como clínicos. (2)

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de revisão, foi realizado a partir de uma pesquisa utilizando as bases de dados disponíveis no *PubMed*, *SciELO*, *Google Scholar*, e *ScienceDirect* via rede de acesso da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto. Também foram consultados livros de referência nas áreas de Dentisteria e Biomateriais. A pesquisa de artigos, monografias e livros publicados foi conduzida com a aplicação de forma isolada ou em combinação das seguintes palavras-chave: resina *bulk-fill*, resina nanohíbrida, resina nanoparticulada, nanocompósitos, composição, propriedades mecânicas, polimerização, integridade marginal e avaliação clínica, obtendo-se 127 artigos.

Restringiu-se a pesquisa a publicações em língua inglesa e portuguesa entre os anos 2000-2020, na qual a metodologia empregue baseia-se na leitura e análise de textos, selecionando a informação atual em relação as propriedades mecânicas, físicas e clínicas das resinas *bulk-fill*, nanohíbridas e nanoparticuladas, com intuito de gerar conclusões gerais sobre o tema de interesse.

Foram adotados como critérios de inclusão, aqueles artigos que apresentavam especificidade com o tema, que estavam disponíveis de forma integral na base de dados, que contivessem as palavras-chave selecionadas e que respeitassem o período supracitado.

Foram excluídos os artigos que não tinham relação com o objetivo dos estudos e aqueles trabalhos que não foram encontrados na íntegra. Foram então selecionados e analisados 30 artigos no total com relevo para o desenvolvimento do tema e elaboração da tese.

### 3. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento de materiais utilizados nas restaurações dentárias, nomeadamente as resinas compostas, é um dos contributos mais significativos para a prática da dentisteria restauradora e representa um dos muitos sucessos da pesquisa de biomateriais modernos, pois os mesmos têm a capacidade de substituir o tecido biológico perdido, tanto em aparência como em função. Estima-se que pelo menos metade das restaurações diretas posteriores sejam em resina composta. (3)

As resinas compostas apareceram no início dos anos 60 do século passado devido à necessidade de ter um material que apresentasse características óticas semelhantes à estrutura dentária. (4)

Entre as principais vantagens das restaurações adesivas estão a estética, pois trata-se de um material que é capaz de mimetizar a cor natural dos dentes e a conservação de estrutura dentária intacta, permitindo um restauro extremamente conservador. Estas também oferecem a possibilidade de reforço da estrutura dentária, uma vez que as restaurações infiltradas podem ser reparadas com mínima ou nenhuma perda da estrutura dentária e recontorno do dente com pouca ou nenhuma preparação. (5)

No entanto, as resinas compostas representam também uma classe de biomateriais com restrições severas de biocompatibilidade, comportamento de polimerização, fragilidade, possibilidade de pigmentação superficial (associado à estética), microinfiltração e sensibilidade da técnica restauradora. (6)

Como material restaurador apresentam várias aplicações, incluindo, restauração de cavidades, selantes de fissuras e fossas, *inlays*, *onlays*, coroas (as últimas três com uma taxa de conversão monomérica aumentada por serem pré-polimerizadas laboratorialmente) restaurações provisórias, cimentos para próteses únicas ou múltiplas e para dispositivos ortodônticos, selantes endodônticos e revestimento de pinos radiculares. É provável que o uso destes materiais continue a crescer em frequência e aplicação devido à sua versatilidade, sugerindo uma continua evolução do estado de arte. (6)

A evolução progressiva deste material, proporcionou ao longo dos anos, uma grande variabilidade de produtos, tornando difícil a escolha do Médico Dentista em selecionar corretamente o tipo de resina composta para cada situação clínica. (4) O desenvolvimento e a implementação das resinas compostas implicam uma compreensão abrangente de cada componente e de métodos para mudar cada componente. (7) Atualmente, as melhorias nas formulações, otimização de propriedades e o desenvolvimento de novas técnicas fizeram com que as restaurações com resinas compostas diretas sejam mais confiáveis e previsíveis. (6)

### 3.1. Resinas *bulk-fill*

De forma a colmatar as dificuldades apresentadas pelas resinas convencionais, uma nova geração de resinas compostas foi introduzida como resinas *bulk-fill*. Este termo é usado pelos fabricantes para se referir a resinas compostas que podem ser usadas em incrementos de 4 ou 5 mm, através de uma técnica de monobloco ou camada única, apresentando uma menor concentração de polimerização, resultando numa menor tensão de contração. (8,9)

Estas resinas apresentam baixa viscosidade, sendo que a principal mudança é a sua maior translucidez obtida através da percentagem reduzida de partículas inorgânicas (44-55% do volume) e maior quantidade de matriz orgânica, o que permite que apresente maior escoamento proporcionando facilidade de manipulação e menor tempo de aplicação. Durante a polimerização apresenta uma contração com menor *stress* na interface. Estas resinas podem também ser aplicadas com uma ponta de seringa o que possibilita a sua utilização em regiões de difícil acesso. (9)

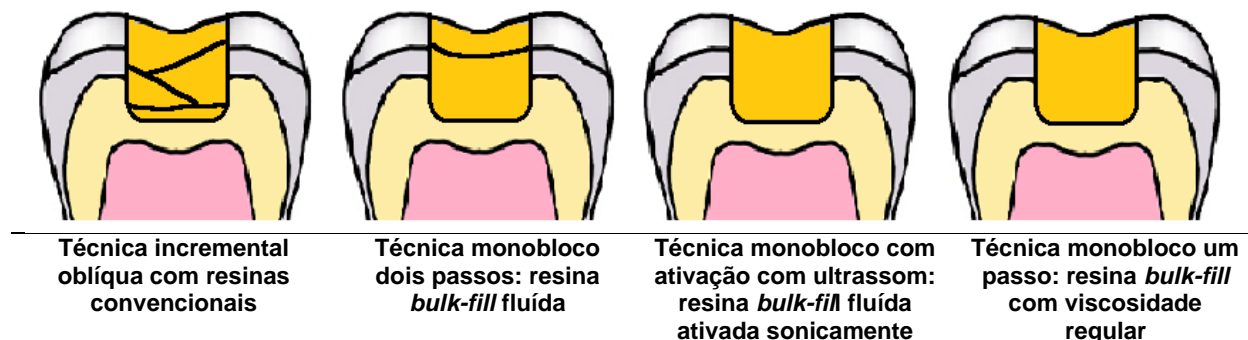
*Surefil® SDR® flow (Dentsply Caulk)* apareceu em 2010, tornando-se na primeira resina composta do seu tipo que apresentava a possibilidade de ser aplicada em incrementos superiores a 4 mm. A consistência desta resina *bulk-fill*, assim como de outras que apareceram mais tarde (*x-tra base, VOCO; Filtek BulkFill Flowable, 3M ESPE; Venus BulkFill, Heraeus Kulzer*) é semelhante à das resinas fluídas e estão indicadas para base de restauração em classes I e II de Black, requerendo uma camada oclusal final adicional de 2 mm de uma resina composta convencional. (8)

Outras resinas com consistência semelhante à das convencionais apareceram mais tarde, incluindo *Tetric EvoCeram Bulk-Fill (Ivoclar Vivadent)* e *x-tra fill (VOCO)*, que podem ser usadas em incrementos superiores a 4 mm sem a necessidade de aplicar uma camada extra oclusal de um material diferente. Existe também uma terceira variedade, *SonicFill (Kerr)* que precisa de ser ativada com vibração para a sua aplicação e que o fabricante diz poder ser usada em incrementos de 5 mm, indicada também para a restauração de classes I e II sem a necessidade de uma camada adicional final de outro material. (8)

É então possível estabelecer uma classificação destes materiais de acordo com a sua viscosidade, indicação de uso e técnica de aplicação:

- Resinas *bulk-fill* fluídas que são usadas como base de cavidade;
- Resinas *bulk-fill* fluídas que são ativadas com ultrassom e podem ser usadas como material direto de restauração (pode, no entanto, ser necessário uma camada extra de uma resina convencional por oclusal);
- Resinas *bulk-fill* com alta viscosidade que devem ser usadas como material direto de restauração, podendo ser expostas ao ambiente oral (geralmente com melhores propriedades mecânicas, mas pior acabamento, sendo que as partículas acabam por se destacar). Apesar do fabricante indicar o seu uso no preenchimento total da cavidade, é importante referir que em alguns casos é recomendado a adição de uma camada final

de uma resina convencional para proporcionar melhores propriedades mecânicas e estéticas. (8,10)



**Figura 1** Ilustração da aplicação de resinas convencionais pela técnica incremental oblíqua e da aplicação das três variedades de resinas *bulk-fill*. Fonte: Adaptado de Corral C, et al. (2015)

### 3.1.1. Composição

Em termos gerais, a composição das resinas *bulk-fill* não difere muito das resinas convencionais. A matriz destas resinas é majoritariamente baseada em monómeros de Bis-GMA, UDMA, TEGDMA e EBPDMA. No entanto, em alguns casos vários monómeros são adicionados e/ou o monómero clássico de *Bowen* está modificado por monómeros com menor viscosidade. (8) Apesar de vários materiais com diferentes viscosidades e características de manipulação serem frequentemente classificados como resinas *bulk-fill*, as suas propriedades podem ser alteradas consideravelmente, especialmente devido a modificações na sua matriz orgânica, com a incorporação de monómeros com maior peso molecular, assim como alterações na quantidade de partículas de carga e incorporação de aliviadores de *stress*. (11)

A citotoxicidade destes materiais está diretamente relacionada com a quantidade e tipo de monómero residual libertado e maior densidade de ligações cruzadas. (12,13) Apesar das resinas compostas serem biologicamente toleráveis, existe evidência de efeitos alérgicos nos tecidos da mucosa oral, devido à dissolução de metacrilatos e lixiviação dos seus componentes, resultante de forças mastigatórias e da degradação química. Um estudo realizado por Nascimento et al., para verificar se há comprometimento do grau de conversão a profundidades de 4 mm, (o que pode aumentar o potencial de citotoxicidade, especialmente no caso de resinas *bulk-fill* fluídas que possuem um conteúdo superior de matéria orgânica), utilizando células L929 (fibroblastos provenientes de ratos) mostrou que as resinas *bulk-fill* apresentam baixo e/ou nenhuma citotoxicidade em incrementos de 4 mm, exceto para a resina *OPUS Bulk Fill Flow (FGM)* que apresentou citotoxicidade moderada. Mostrou ainda que a viabilidade celular diminui com o tempo, especialmente para resinas *bulk-fill* fluídas, o que indica que os componentes das resinas são continuamente libertados depois da fotopolimerização. (12)

Para além do tipo de monómero libertado, outros componentes da matriz orgânica podem apresentar um potencial citotóxico. Um exemplo é DMABEE, co iniciador presente em concentrações semelhantes em resinas *Sonic Fill* e *Filtek Bulk Fill Posterior*, componente lipofílico relacionado com apoptose e necrose celular devido ao seu potencial de induzir a rutura da membrana celular. Curiosamente, um estudo de Gonçalves et al., demonstrou que a presença de DMABEE não pareceu aumentar o potencial citotóxico da resina *Filtek Bulk Fill Posterior* comparado com outras resinas. Concluiu também que nenhum das resinas *bulk-fill* testadas são tóxicas para os fibroblastos gengivais em incrementos de 4 mm, nem mesmo para resinas nanohíbridas, em que é esperado maior conteúdo residual de monómeros devido ao modo de polimerização. (13)

Fronza et al., num estudo de 2017, verificou microscopicamente que o tamanho das partículas de carga inorgânica de várias resinas *bulk-fill* comerciais varia de 0,1 micrómetros a 1 micrómetros. Estas são constituídas por alumínio, silício e bário e apresentam formas irregulares, esféricas ou cilíndricas. (14)

É conhecido que estas resinas possuem maior translucidez e para isso a percentagem de partículas de carga presente nas resinas *bulk-fill* está diminuída (mas possuem maior percentagem em peso), em relação a resinas microhíbridas e nanohíbridas, resultando numa menor dispersão da luz e conseqüente aumento da penetração da luz em profundidade. (14)

**Tabela 1** – Composição das resinas compostas *bulk-fill*.

Nome comercial	Fabricante	Espessura do incremento em mm (de acordo com o fabricante)	Matriz	Partículas de carga	% de partículas inorgânicas (por volume / peso)
<b>Resinas <i>Bulk-fill</i> com viscosidade fluida</b>					
Venus Bulk Fill	Heraeus Kulzer	4	UDMA, EBPDMA	Silicatos de Ba-Al-F, YbF <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub>	38% / 65%
Filtek <i>Bulk-Fill</i> Flowable restorative	3M ESPE	4	BisGMA, UDMA, BisEMA, Procylat	Combinação de trifluoreto de itérbio e partículas de zircónio/silica	42.5% / 64.5%
Surefil® SDR® flow	Dentsply Caulk	4	UDMA modificado, TEGDMA, EBPDMA	Bário e estrôncio Silicatos de F-AL	45% / 68%
x-tra base	VOCO	4	Matriz de metacrilatos	Partículas de carga inorgânica	- / 75%
<b>Resinas <i>Bulk-fill</i> com ativação sônica</b>					
Sonic Fill	Kerr	5	BisGMA, TEGDMA, EBPDMA	SiO <sub>2</sub> , vidro, óxidos	- / 83.5%
<b>Resinas <i>Bulk-fill</i> com viscosidade normal</b>					
Evoceram Bulkfill	Ivoclar-Vivadent	4	BisGMA, UDMA, Dimetacrilatos	Vidro de bário, trifluoreto de itérbio, pré-polímero e óxidos	80% (incluindo pré-polímero) / 60%
x-tra fill	VOCO	4	BisGMA, UDMA, TEGDMA	Partículas de carga inorgânica	70.1% / 86%

Fonte: Adaptado de Corral C et al. (2015)



### 3.1.2. Profundidade de polimerização

Uma das características que precisa de ser avaliada neste tipo de resinas é se é possível ou não obter uma polimerização adequada em incrementos de 4 mm ou superior como indicado pelos fabricantes. Uma das desvantagens comuns das resinas fotopolimerizáveis é a limitação da profundidade de polimerização e a possibilidade da conversão insuficiente do monómero no fundo da preparação cavitária. Isto é relevante pois foi provado que uma baixa percentagem de fotopolimerização em resinas compostas, pode causar degradação, menores propriedades mecânicas e reações biológicas indesejáveis devido à libertação de componentes monoméricos que não foram polimerizados. (8)

De acordo com a norma ISO 4049-2009, a profundidade de polimerização não deve ser menor que 0,5 mm daquela que foi estabelecida pelo fabricante. Um estudo recente conduzido pela ADA (*American Dental Association*) avaliou a profundidade de polimerização de nove resinas *bulk-fill* diferentes. Os resultados mostraram que os valores da profundidade de polimerização são iguais ou maiores do que aqueles requeridos pela ISO em: *Quixx Posterior Restorative, x-tra fill, Filtek Bulk Fill Flowable, Surefil SDR, Venus Bulk Fill e x-tra base*. No entanto, *SonicFill, Tetric EvoCeram BulkFill e Alert Condensable Composite* não atingiram os valores requeridos pela norma ISO. (8)

Outros estudos também usaram a metodologia pela especificação ISO, obtendo resultados semelhantes. Garcia et al., reportou valores de profundidade de polimerização médios de 3,46 mm para *SonicFill*, que é abaixo do exigido pela norma ISO, enquanto *Surefil SDR e Venus Bulkfill* apresentou valores que cumpriram com a especificação (profundidade de polimerização média: 5,01 mm). Os autores explicaram que a menor profundidade de polimerização da resina *SonicFill* pode ser devida a uma menor transmissão da luz pelo material, possivelmente devido aos pigmentos da resina, pois foi descrito que estes podem afetar diretamente a profundidade de polimerização em adição a uma maior quantidade de *filler*. (8)

Um estudo conduzido por Flury et al., registou valores de profundidade de polimerização aceitáveis pela norma ISO para as resinas *Tetric EvoCeram Bulkfill, Surefil SDR, Venus Bulk Fill, Quixxfill* quando fotopolimerizados por um período de 20 segundos, mas quando medido a dureza de *Vickers* a norma ISO sobrestimou o valor de profundidade de polimerização. (8)

Porém, outros estudos usaram outros métodos para medir a profundidade de polimerização, concluindo que estes materiais obedecem aos valores indicados pelos fabricantes, incluindo *Tetric EvoCeram Bulkfill, x-tra base, Venus Bulk Fill, Filtek Bulk Fill e SonicFill*. No entanto, está mostrado que existe uma grande variabilidade nos resultados das propriedades mecânicas que dependem da variação da espessura do incremento, tempo de irradiação da luz e da distância da ponta do fotopolimerizador ao material. Isto deve-se ao fato de que o grau de conversão das resinas depende da energia total recebida pela resina composta representada pela irradiância da ponta do aparelho em função do tempo. (2,8)

Várias razões foram sugeridas para explicar a maior profundidade de polimerização observadas nas resinas *bulk-fill* em comparação com outros sistemas convencionais. Três razões principais foram propostas: incorporação de sistemas de iniciação mais eficientes em algumas resinas, maior translucidez - que permite uma penetração maior da luz através da redução da absorção da luz pelos pigmentos -, e uma diminuição interface matriz/*filler* superfície, que reduz a refração da luz. (8)

Segundo Reis et al., as resinas *bulk-fill* são parcialmente prováveis de cumprir os requisitos de correta profundidade de polimerização a 4 mm, medido pela profundidade de polimerização e grau de conversão. Em geral, resinas *bulk-fill* de baixa viscosidade tiveram melhor desempenho quando comparado com resinas *bulk-fill* de alta viscosidade. (15)

### 3.1.3. Contração e *stress* de polimerização

Uma das desvantagens da reação de polimerização que ocorre nas resinas compostas é o desenvolvimento de contração e *stress* no material. A contração de polimerização ocorre devido à conversão de moléculas de monómeros em polímeros, através da substituição dos espaços de *van der Waals* por ligações covalentes, e conseqüente redução do volume do material. (2,8) A quantidade de *stress* é mediada, entre outros fatores, pela rigidez, capacidade de libertação e taxa de polimerização. Foi reportado que o efeito do *stress* de polimerização pode causar vários problemas como flexão da cúspide, fratura do dente, formação de *microgaps*, resultando em infiltração de saliva e bactérias, descoloração marginal, sensibilidade pós-operatória, cáries secundárias, e redução das propriedades mecânicas do material e conseqüentemente, falha clínica da restauração. (8,11,16) A técnica incremental foi desenvolvida como uma das estratégias para reduzir estes efeitos e como tentativa de reduzir o fator C das preparações (fator C: relação entre superfícies aderidas/superfícies não aderidas à restauração). A lógica desta técnica é que a aplicação de pequenas camadas de incrementos é realizada para que se assegure a penetração da luz de polimerização o mais profundamente possível para que a polimerização se inicie e complete, aumentando assim a área livre de superfície não aderida às paredes da preparação, libertando a contração (*shrinkage*) gerada pela contração (*contracting*) em direção ao material, minimizando a contração e o *stress* induzido pela fotopolimerização do material. (8,15)

Apesar do anterior, alguns autores questionaram a atual capacidade da técnica incremental em reduzir ou evitar os efeitos da contração e do *stress* de polimerização. Mesmo antes da introdução das resinas *bulk-fill* era inevitável a aplicação de incrementos até 2 mm, uma vez que esta espessura permite uma profundidade de polimerização apropriada, implicando sempre sensibilidade técnica e um tempo clínico elevado. (8,14) Com o aparecimento das resinas *bulk-fill* que permitem incrementos até 4-5 mm, a utilidade da aplicação da técnica incremental é agora controversa. (8)

Num estudo de Rizzante et al., onde o objetivo era avaliar o *stress* da contração de polimerização de diferentes resinas *bulk-fill* e o seu módulo de elasticidade, foi observado que, compósitos *bulk-fill* de alta viscosidade geram valores menores ou próximos de *stress* quando comparados com uma resina nanoparticulada, mesmo quando se aumenta a espessura da camada incremental. Foi também concluído que estas resinas apresentam uma grande variedade de valores de módulo de elasticidade de Young, mas que se assemelham ao das resinas convencionais nanoparticuladas. (11)

As resinas *bulk-fill* fluídas tem uma maior contração de *stress* uma vez que estes possuem maior conteúdo orgânico comparado com compósitos nano particulados e microhíbridos, o que resulta numa contração de polimerização maior e menores propriedades mecânicas. Analogamente, um módulo de Young menor pode permitir dissipação do *stress* durante o processo de polimerização, reduzindo assim o *stress* quando se utiliza uma espessura maior de incrementos. (11)

El-Damanhoury e Platt, demonstraram que as resinas *bulk-fill* demoram mais tempo a atingir o *stress* máximo, quando comparado com uma resina convencional microhíbrida, sugerindo que é a sua composição química modificada que ajuda na diminuição da proporção da polimerização de forma a diminuir o *stress* de contração. (17)

Quando avaliado a flexão da cúspide em pré-molares com restaurações classe II com resinas *bulk-fill* foram observados valores significativamente menores, aplicando a técnica monobloco em comparação com a técnica incremental. Foi também observado que o desenvolvimento do *stress* de polimerização é menor em resinas *bulk-fill* quando comparado com resinas convencionais e resinas convencionais fluídas. (8)

Os valores menores da flexão da cúspide observados nas resinas *bulk-fill* podem ser devidos principalmente à técnica de aplicação. No entanto, mais estudos são necessários para corroborar essa premissa. (8)

No entanto, os valores da contração de polimerização encontrados quando comparados com resinas fluídas podem variar significativamente de acordo com o produto. No estudo de Garcia et al., os valores de contração de polimerização eram menores, maiores e semelhantes aos da resina convencional fluída. Portanto, a relação entre a proporção do *filler* e a contração de polimerização tornou-se aparente: a resina com o menor conteúdo de *filler*, e, portanto, com a maior proporção de matriz resinosa, obteve valores maiores de contração de polimerização, e vice-versa. *Sonic Fill* obteve valores de contração de polimerização (1,78% média) consideravelmente menores que as resinas *bulk-fill* fluídas (*Venus Bulk-fill* 5.5% e *Surefill SDR* 3.57%) com menor quantidade de *filler*. (8)

Kumagi et al., demonstrou que os valores de força de união de paredes gengivais são significativamente maiores quando é utilizado uma resina *bulk-fill* (*SureFil SDR Flow*) em comparação com uma resina convencional nanoparticulada (*Filtek Z350*),

independentemente de se usar a técnica incremental ou *bulk-fill* (preenchimento ou monobloco). (14)

O tempo de polimerização pode afetar potencialmente as propriedades das resinas *bulk-fill*. Uma taxa de polimerização mais lenta, conseguida através de fotoiniciadores, diminui a tensão de contração em 60% a 70% e a contração de polimerização em 20%, quando comparado com resinas convencionais. (14)

Diferentes modos de cura podem também influenciar o grau de conversão do material. Apesar desta observação não ter sido relatada noutros estudos, técnicas de modo pulsado diminuíram a força de contração em comparação com técnicas de polimerização de alta intensidade. Torna-se importante também ressaltar que dependendo da irradiância da ponta da luz, há necessidade de aumentar o tempo de polimerização para uma cura adequada, fato comprovado por estudos que verificam a necessidade de aumento do tempo de exposição. Esta propriedade é importante, pois além da relação com as propriedades mecânicas, também está relacionada com a libertação de monómeros não polimerizados, que possivelmente podem causar irritações no dente. (2)

#### **3.1.4. Integridade marginal**

A habilidade de produzir uma adequada integridade marginal está intimamente relacionada com o desenvolvimento de contração e *stress* de polimerização destes materiais, visto que estes estão indicados para preencher cavidades classes I e II com um único incremento. É esperado que estes materiais produzam uma integridade marginal adequada em cavidades com condições adversas com fator C elevado. No geral, os resultados não mostraram diferenças significativas na integridade marginal quando usadas resinas *bulk-fill* ou convencionais. (8)

Furness et al. comparou as resinas *bulk-fill* às convencionais quando usadas em cavidades classe I com a técnica *bulk-fill* e incremental. Os resultados mostraram que não existem diferenças significativas na integridade marginal das restaurações. Ambas as técnicas produziram proporções elevadas de margens livres de gaps em esmalte e dentina comparado com as paredes pulpares. Nas paredes pulpares, as percentagens de margens livres de gaps eram baixas para ambas as técnicas (média de 18% para incremental e 9% para a técnica *bulk-fill*), sem diferenças significativas entre estas, demonstrando que o uso de resinas *bulk-fill* não elimina o potencial de formação de gaps nas paredes internas da cavidade. (8)

A microinfiltração das resinas *bulk-fill* na parede cervical de restaurações classe II também foi avaliada, sem diferenças significativas quando comparada com resinas convencionais. Este resultado é consistente com outros estudos que mostram que, em termos de percentagem de margens contínuas, não existem diferenças significativas entre as resinas *bulk-fill* e as resinas convencionais. (8)

Com resultados semelhantes, um estudo por Arslan et al., avaliou a microinfiltração marginal em restaurações classes V com o uso de resinas *bulk-fill* como base de cavidade. Não foram encontradas diferenças significativas na microinfiltração marginal com o uso de resinas *bulk-fill* fluídas ou sem o uso de outro tipo de base de cavidade, tanto em esmalte como em dentina. (8)

Os estudos *in vitro* parecem concordar com o fato de que as resinas *bulk-fill* são capazes de fornecer um selamento marginal comparável com o das resinas convencionais quando usada a técnica incremental. (8)

Foi reportado por vários investigadores que o aumento do fator C associado a uma diminuição progressiva da força de ligação tem efeitos deletérios na formação de *gaps* e na integridade marginal. Alternativamente, um aumento das forças de ligação pode causar deflexão da cúspide e fraturas no esmalte. (17)

### 3.1.5. Propriedades mecânicas

Outra característica importante das resinas *bulk-fill* a ter em conta são as suas propriedades mecânicas. Uma vez que estão indicadas para o uso de restaurações posteriores (especialmente resinas compostas de viscosidade normal, que são indicadas para receber forças oclusais), é importante avaliar se possuem ou não as propriedades mecânicas para receber elevadas cargas oclusais. (8)

A avaliação da conversão de monómeros em polímeros entre as resinas *bulk-fill* não fornece informações suficientes das suas propriedades mecânicas, uma vez que estas possuem diferentes monómeros e/ou modificações, e portanto, um maior nível de conversão numa resina composta com componentes diferentes não quer dizer necessariamente melhores propriedades mecânicas. (8)

As novas resinas *bulk-fill* que tem surgido no mercado tem apresentado propriedades mecânicas excelentes, no entanto quando comparadas com resinas nanohíbridas e microhíbridas estas tem-se mostrado menos satisfatórias. (14)

Uma avaliação conduzida pela ADA em termos de força flexural de resinas *bulk-fill* encontrou valores nos 80 MPa (de acordo com a norma ISO valor standard) para todas as resinas testadas: *Quixx Posterior Restorative, x-tra fill, Filtek Bulk Fill Flowable, Surefill SDR, Venus Bulk Fill, x-tra base, SonicFill, Tetric EvoCeram Bulkfill, e Alert Condensable Composite*. Os valores da força flexural das resinas *bulk-fill* são semelhantes aos das resinas nanohíbridas convencionais e maiores do que o das resinas convencionais fluídas. (8)

A ADA também conduziu uma avaliação na dureza da superfície de resinas *bulk-fill* com viscosidade normal – que são relevantes uma vez que podem ser usadas sem a aplicação de uma camada extra de resina convencional – e verificou que cumprem as especificações. (8)

Sete resinas *bulk-fill* foram avaliadas num estudo conduzido por Ilie et al.. Estes estabeleceram que o valor do módulo de flexão, módulo de edentação (*indentation*) e a dureza de *Vickers* das resinas *bulk-fill* encontram-se entre o das resinas híbridas e resinas fluídas. Resultados semelhantes foram obtidos por Czasch et al, que avaliou duas resinas *bulk-fill* fluídas, e encontrou uma relação direta entre a força de flexão, módulo de edentação e a dureza de *Vickers* em relação à percentagem de carga por volume. (8)

Identicamente, numa avaliação da resistência de deformação nas resinas *bulk-fill*, uma relação direta foi encontrada com a proporção de carga por volume. Resinas *bulk-fill* fluídas (Venus Bulk-fill e Surefil SDR) mostraram uma menor resistência quando comparadas com resinas *bulk-fill* de viscosidade normal (Tetric EvoCeram), assim como resinas *bulk-fill* fluídas com maior percentagem de filler (x-tra base). No entanto, a resistência de torção da Tetric EvoCeram e x-tra base são apropriadas, em comparação com resinas nanohíbridas convencionais. (8)

Em termos de resistência à flexão, medida que fornece uma estimativa do potencial da resina composta para servir como substituição de dentina e esmalte em áreas de maior tensão, verificou-se que as resinas *bulk-fill* apresentam valores semelhantes ao das resinas convencionais híbridas, mas em termos de valores módulo de edentação, dureza, módulo de flexão e torção, estas apresentam uma proporção indireta em relação à quantidade de carga por volume de resina, o que é significativamente baixo em algumas resinas *bulk-fill*. É então necessário, como o fabricante sugere, adicionar uma camada oclusal de resina convencional com menor percentagem de filler, ou seja, resinas fluídas, para fornecer as propriedades mecânicas necessárias em áreas de grande carga oclusal. (8)

Rizzante et al., num estudo realizado para avaliar a microdureza do material verificou que todas as resinas *bulk-fill* com baixa viscosidade apresentaram valores baixos para a microdureza da superfície do que os compósitos com alta viscosidade, conferindo a correlação existente entre a percentagem de *filler* e a microdureza, sendo que, quanto maior for a quantidade de *filler* maior será a sua dureza. Mostrou ainda, que quando comparado com uma resina nanoparticulada convencional Filtek Z350XT, esta apresentou os maiores valores de microdureza, seguindo-se de *x-tra fil*, *Filtek Bulk Fill Posterior* e *Tetric Evo Ceram Bulk Fill*. (10)

### 3.1.6. Propriedades clínicas

As resinas compostas são usadas para restaurar os dentes imitando a anatomia natural do dente. Uma serie de características que favorecem o uso destas incluem, fácil aplicação na cavidade, fácil manipulação, adesão à superfície do dente em vez do instrumento e capacidade em manter a sua forma. (8)

Num estudo de Al-Ahdal et al., que compara a viscosidade, *Filtek Bulkfill flowable restorative* apresentou a menor viscosidade comparado com resinas nanohíbridas e

microhíbridas; de acordo com os autores, isto deve-se à baixa carga de filler por volume das resinas *bulk-fill*, que parece ser o mais próxima das resinas convencionais fluídas. Enquanto que as resinas fluídas, que são aplicadas com uma seringa, são úteis em situações em que o acesso é difícil ou é necessário uma boa penetração do material, estas são difíceis de dar forma. (8,18)

Petrovic et al., ao avaliar as propriedades viscoelásticas de Surefil SDR, descobriu que o seu comportamento difere de outras resinas fluídas, que em condições clínicas permite que esta se auto nivele na cavidade. (8)

A técnica monobloco usada para aplicação de resinas *bulk-fill* pode potencialmente ajudar a ultrapassar alguma das desvantagens associadas ao uso da técnica incremental, como por exemplo, aumento da probabilidade de adicionar espaços ou contaminação entre incrementos, dificuldade de aplicação da resina em cavidades extremamente conservadoras, tempo clínico de trabalho aumentando para uma correta aplicação das camadas de resina, e subsequentemente, fotopolimerização de cada incremento. (8)

Han e Park, realizaram um estudo com intuito de avaliar a influência do uso da técnica incremental e *bulk-fill* em cavidades com fatores C diferentes. Concluíram que, em cavidades com fator C elevado, a técnica incremental mostrou uma força de adesão maior do que a técnica *bulk-fill* ao pavimento da cavidade. Nas cavidades com fator C baixo, não encontrou diferenças da força de ligação entre as duas técnicas. (19)

Relativamente as vantagens de reduzir o tempo de trabalho, é interessante avaliar se realmente a técnica de monobloco reduz o tempo clínico. No caso das resinas *bulk-fill* fluídas, é necessário uma adição de uma camada de 2 mm de resina convencional, ou seja, é necessário o selamento da cavidade com pelo menos 2 incrementos de diferentes resinas, o que pode não estar longe do tempo de trabalho de cavidades de 4 mm, restaurado com resinas convencionais. (8)

Um estudo conduzido por Tardem et al. com objetivo de avaliar a ocorrência e severidade de sensibilidade pós-operatória, o tempo de trabalho para a realização de uma restauração com a técnica incremental e a técnica *bulk-fill* assim como a influência da apresentação da resina *bulk-fill* em seringa ou cápsula revelou que, a técnica *bulk-fill* requer menor tempo de trabalho quando comparado com a técnica incremental com o uso de resinas convencionais, podendo reduzir o tempo de trabalho até 60% do tempo necessário para completar uma restauração a resina convencional. Para além disso, a restauração com resina *bulk-fill* demora mais tempo quando é utilizado um sistema em seringa (18,70 segundos por mm<sup>3</sup>) em comparação com um sistema em cápsula (12,32 segundos por mm<sup>3</sup>), sendo esta mais fácil de executar, principalmente nos passos de colocação do compósito na cavidade, acabamento e polimento. Nenhuma das técnicas incremental ou *bulk-fill* apresentaram riscos acrescidos de sensibilidade pós-operatória. (16)

Assim como em qualquer técnica nova, é fundamental seguir as instruções do fabricante corretamente. Os sistemas de resinas *bulk-fill* variam em composição e tem sistemas de fotoiniciação diferentes; é por isso que é importante usar a fonte correta de luz para obter resultados consistentes. Outro aspecto a reter, é que a viscosidade de algumas destas resinas é mais fluída, por isso o uso correto de bandas de matriz é essencial para obter o correto ponto de contato. (8)



## 3.2. Resinas nanohíbridas e nanoparticuladas

A longevidade das resinas compostas é influenciada por um número de fatores, tais como localização, tipo e tamanho da cavidade, técnica do operador, idade e prevalência de cárie do paciente. Estudos recentes mostraram taxas satisfatórias de sobrevivência de restaurações a resina composta. Para além disso, a incorporação de partículas de carga de tamanho reduzido nas resinas compostas e o consequente aumento na carga das partículas visam a produção de materiais que satisfazem os requerimentos das resinas compostas, tais como excelente estética e propriedades mecânicas. Um esforço contínuo para melhorar as suas propriedades levou à aplicação da nanotecnologia nas resinas compostas. Quando aplicado às resinas, o seu objetivo é produzir materiais com propriedades mecânicas melhoradas e propriedades estéticas atribuídas ao seu tamanho reduzido (nanopartículas) e grande distribuição das partículas de carga. As propriedades inerentes das partículas de carga dos nanocompósitos estão maximizadas enquanto preservam propriedades clínicas de manipulação e ao mesmo tempo minimizam o conteúdo orgânico da matriz resinosa, produzindo assim compósitos com propriedades mecânicas melhoradas. (1) Os compósitos nanohíbridos e nanoparticulados constituem assim o estado da arte em termos de formulação de carga. (20)

Os compósitos nanohíbridos e nanoparticulados foram introduzidos como um material que fornecem um excelente polimento inicial combinado com uma boa retenção do brilho. (21)

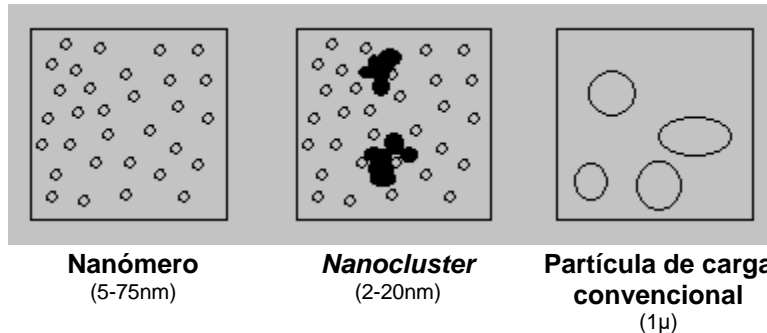
### 3.2.1. Composição

A matriz resina destes nanocompósitos consistem numa mistura de monómeros que incluem Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA e TEGDMA, que é adicionado para controlar a viscosidade dos restantes monómeros. Os componentes da matriz também incluem um iniciador, inibidores da polimerização (para aumentar o tempo de trabalho e estabilidade de armazenamento), opacificadores e vários pigmentos. As partículas de carga fornecem força e reforçam a matriz. (22)

Cada componente presente nas resinas compostas é então crítico para o sucesso da restauração final. No entanto, o desenvolvimento mais importante até a data é resultado direto da modificação dos componentes das partículas de carga. (23)

Estão disponíveis duas formas de nanopartículas: partículas soltas nanométricas e grupos de nanopartículas – *nanoclusters*. (23) Os nanocompósitos usam partículas nanométricas ao longo da matriz resinosa, enquanto que as resinas nanohíbridas resultam de uma combinação de nanopartículas com uma tecnologia de partículas de carga mais convencional.

As nanopartículas são partículas de carga individual principalmente de formato esférico. O tamanho de uma partícula de carga nanométrica é aproximadamente 5-75 nm comparado com o tamanho aproximado de 1  $\mu$  das partículas de carga convencionais. Os *nanoclusters* consistem em aglomerados livres destas partículas de tamanho aproximado de 2-20nm. (22)



**Figura 2** - Tecnologia de nanopartículas. Fonte: Adaptado de Kaur P, Luthra R, Puneel.

Nas resinas nanohíbridas a presença de partículas com tamanhos variáveis permite uma distribuição homogênea das partículas de carga na matriz, pois as nanopartículas ocupam de forma perfeita os espaços entre as partículas de maior tamanho. Esta característica é semelhante à que é encontrada em resinas microhíbridas. (1,21)

Um estudo de Moraes et al., em relação à morfologia das partículas de carga, revelou que as resinas nanohíbridas apresentam grandes *clusters* formados por tamanhos variados de partículas de carga. Uma análise *EDS* mostrou ainda que a composição das resinas nanohíbridas é semelhante à das resinas híbridas tradicionais, contendo partículas de vidro de Ba-Al-Si. A forma destas é diferente quando comparado com resinas nanoparticuladas. Isto é devido em parte, à forma como é produzida as nanopartículas. No caso das resinas nanohíbridas, opta-se por uma abordagem *top-down*, em que as partículas macroscópicas são diminuídas através de meios físicos, como moagem mecânica ou moagem de alta energia. Esta abordagem apresenta limitações tais como, partículas com formas irregulares e a impossibilidade de obter partículas com dimensão inferior a 500nm. As resinas nanoparticuladas são obtidas por uma abordagem *bottom-up*, em que os materiais são obtidos através de meios físicos ou químicos a partir de compostos precursores que formam partículas de carga nanométricas, permitindo a produção de partículas de forma arredondada, com um diâmetro inferior a 100nm. (21)

### 3.2.2. Profundidade de polimerização

Existem vários fatores que afetam a quantidade de luz recebida pela porção superior e inferior de uma restauração a resina composta que pode afetar a polimerização, tais como o *design* e tamanho da ponta do fotopolimerizador, distância deste à resina composta, densidade da potência, duração da exposição, cor e opacidade da resina, espessura dos incrementos e a composição do material. Se a restauração não receber energia suficiente, podem surgir vários problemas tais como, baixa taxa de conversão de polimerização, aumento da citotoxicidade, diminuição da dureza, aumento da pigmentação, diminuição do módulo de elasticidade, aumento do desgaste, aumento da infiltração marginal e ligação fraca ao substrato dentário, adesivo e material restaurador. (24)

A reação de polimerização depende principalmente de uma absorção adequada da energia luminosa de forma a ativar as moléculas fotoiniciadoras, começar a sua colisão com as aminas e formar radicais livres que iniciam a polimerização. No entanto, em algumas situações clínicas, as resinas compostas podem não ter um acesso ideal à ponta do fotopolimerizador. (25) A distância à ponta do fotopolimerizador é um fator difícil de controlar, pois depende diretamente da progressão da cárie, tamanho da cavidade e da sua posição. Quando a distância é superior a 2 mm, a dispersão da luz do fotopolimerizador aumenta, e torna-se difícil obter uma polimerização adequada. Clinicamente, uma deficiente polimerização pode ocorrer em classes I e II profundas, devido à dispersão da luz que ocorre devido à distância da ponta do fotopolimerizador ao primeiro incremento de resina composta. (24)

De acordo com Saby et al., uma maior percentagem de partículas de carga pode levar a uma maior absorção da luz, no entanto, o aumento da distância da resina à ponta do fotopolimerizador pode diminuir a polimerização geral do material, diminuindo a força flexural. Um aumento de 6 mm pode diminuir a polimerização na base da cavidade comparado com porções mais superficiais de uma resina nanohíbrida e 1 mm de camada de ar reduz a intensidade da luz em 10% aproximadamente. (24,25)

Aguiar et al., num estudo para avaliar a influência da cor da resina e a distância entre a resina e a ponta do fotopolimerizador, chegaram a conclusão que, para obter uma adequada fotopolimerização, devem ser usados incrementos de resina composta com um cor mais clara do que a cor adequada para a restauração. Isto deve-se ao fato de que, resinas de cor opaca diminuem a capacidade de penetração da luz. No entanto, diferentes resinas da mesma cor da escala *Vita* apresentam diferentes valores, sendo que os resultados podem variar de acordo com a composição da resina usada. (24)

Quando comparado às resinas híbridas, as propriedades mecânicas tais como resistência à compressão, resistência à flexão e ao módulo de elasticidade, dureza superficial e desgaste, permanecem inalteradas. (26)

### 3.2.3. Integridade marginal

A adesão dos biomateriais restauradores aos tecidos duros mineralizados do dente é um fator que controla a adaptação marginal e o selamento, melhorando a longevidade e segurança das restaurações adesivas. O tamanho das partículas de carga convencionais são muito diferentes do tamanho dos cristais de hidroxiapatite, túbulos dentinários e bastões de esmalte, ao ponto de que pode ocorrer perda de adesão entre o material restaurador macroscópico (40nm a 0,7nm) e a estrutura nanoscópica dentária (1nm a 10nm). A nanotecnologia aplicada na produção de compósitos com nanopartículas possui a habilidade de melhorar a continuidade entre a estrutura dentária e as nanopartículas, promovendo um bom selamento marginal entre a estrutura dentária e estes biomateriais restauradores. (22)

### 3.2.4. Propriedades mecânicas

Durante as últimas décadas, houve uma evolução substancial no que toca as resinas compostas, fornecendo aos médicos dentistas uma variedade de tratamentos minimamente invasivos para a restauração dos dentes. Uma vez que as restaurações dentárias são frequentemente submetidas a forças durante a função mastigatória provocando elevado *stress*, é esperado que estas apresentem propriedades mecânicas que se adequem aos requerimentos necessários para as restaurações dentárias posteriores e anteriores. (25) A alteração das partículas de carga é um dos desenvolvimentos mais significativos na evolução das resinas compostas, pois o seu tamanho, distribuição e incorporação influencia drasticamente as propriedades mecânicas e o sucesso clínico das resinas compostas. Em geral, as propriedades mecânicas e físicas das resinas aumentam em relação à quantidade de partículas de carga adicionadas. Muitas das propriedades mecânicas dependem da fase dispersa (partículas de carga), incluindo força de compressão e/ou dureza, força flexural, módulo de elasticidade, coeficiente de expansão térmico, absorção de água e a resistência ao uso. (22)

A norma 4049 da Organização Internacional de Padronização (ISO) defende que a força flexural é uma importante propriedade que espelha as propriedades mecânicas de materiais resinosos e faz uma previsão do seu desempenho clínico quando é aplicada carga. É definida como o máximo de *stress* que um material consegue resistir antes de ocorrer a falha quando submetido a carga flexural. Consequentemente, propriedades flexurais elevadas são desejáveis quando existem grandes forças mastigatórias. (25)

À medida que as dimensões das partículas diminuem, o *stress* induzido pela carga das partículas na resina é diminuído, inibindo a formação de fendas e a sua propagação. A forma esférica das nanopartículas fornece margens arredondadas e lisas, distribuindo o *stress* uniformemente pela resina composta. Este fenómeno, foi denominado como o efeito “roller bearing”, e parece melhorar as características inerentes à escultura e manipulação. (22)

Um estudo de Andrade et al., revelou que resinas nanoparticuladas estão sujeitas a alterações na microdureza do material quando em contato com agentes de branqueamento, resultando no amolecimento da resina e escurecimento devido ao consumo de bebidas como café e vinho. (27)

Curtis et al., verificou que a incorporação de *nanoclusters* resulta em melhorias significativas no que toca à resistência à fratura, realçando a longevidade clínica das restaurações com resinas que contêm *nanoclusters*. (28)

### 3.2.5. Propriedades clínicas

Estudos prévios de avaliação da estabilidade da cor clínica de nanocompósitos, sugeriram que substâncias que contêm etanol são absorvidas imediatamente pelo monômero resinoso presente nas resinas nanohíbridas, como por exemplo, bis-EMA, UDMA e TEGDMA. Estes resultados estão de acordo com o estudo de Hwang et al., que confirmou que existe uma maior suscetibilidade de resinas como *Filtek Z350XT* que contem bis-GMA, bis-EMA, UDAM e TEGDMA, para que ocorra descoloração devido à absorção de álcool, presente em bebidas alcoólicas, pela matriz resinosa. (29)

Kramer et al., não encontrou diferenças no comportamento clínico das resinas compostas nanohíbridas comparado com uma resina híbrida na restauração de cavidades ocluso-proximais. Ambos os materiais tiveram um desempenho satisfatório num período de follow-up superior a 4 anos. (1)

Num estudo de Ca-Say et al., em que o objetivo era avaliar a rugosidade da superfície depois do polimento, conclui-se que as resinas nanohíbridas não apresentam um desempenho tão satisfatório como as resinas nanoparticuladas depois do polimento, apresentando superfícies mais rugosas, mas o seu desempenho é semelhante ao apresentada por resinas microhíbridas. (20)

Estudos mostram que resinas compostas com nanopartículas são caracterizadas por baixas incidências de rugosidades e desgaste depois de realizar o acabamento e polimento. Ao contrário de outras resinas híbridas, grandes partículas de carga não são separadas da matriz resinosa de compostos nanohíbridos e apenas os *nanoclusters* que não se encontram suficientemente ligados à matriz é que se libertam durante a abrasão, mantendo um superfície bem polida. As partículas que se separam da superfície formam defeitos na escala nanométrica, sendo invisíveis a olho nu. Outros estudos mostram que os compósitos que contêm *nanofillers* apresentam um polimento igual ou superior, devido ao tamanho reduzido e baixo conteúdo de partículas de carga. (1)

A translucidez das nanopartículas dispersas contribui para a aparência estética das restaurações realizadas com nanocompósitos. Uma vez que estas partículas são menores que o comprimento de onda da luz visível, não ocorre absorção, sendo estas atravessadas pela luz. Existe também uma grande dispersão da luz quando comparado

partículas de tamanho convencional com nanopartículas. Uma maior dispersão da luz fornece uma harmonização da restauração (conhecido como “efeito scattering”) e melhor acabamento, observado na textura da superfície. (22)

Num estudo para avaliar o comportamento clínico das resinas nanohíbridas, Enone et al., verificaram que estas demonstraram uma boa estabilidade de cor, não foi registado sensibilidade pós-operatória e/ou cáries secundárias. (1)

Moraes et al., demonstrou que as resinas nanoparticuladas, após escovagem dentária, apresentam menor rugosidade superficial do que outras resinas híbridas. Estes resultados indicam no geral que, a presença de *nanoclusters* formados por pequenas partículas, parece reduzir a rugosidade da superfície dos materiais e possivelmente aumentar a retenção de suavidade depois da abrasão, enquanto que outras partículas com formas irregulares parecem diminuir a retenção de suavidade. (21)

As inovações constantes das resinas compostas levaram à sua aceitação para a sua utilização como material restaurador em dentes posteriores. Atualmente, estas são consideradas o material adequado para realizar restaurações diretas posteriores, uma vez que mostraram uma sobrevivência clínica aceitável. Resinas nanohíbridas demonstraram um bom desempenho clínico em estudos aleatórios de 6 anos (onde se avaliou o desempenho clínico a longo-termo de uma resina nanohíbrida em restaurações classe II), que é comparável com resinas híbridas já estabelecidas no mercado. (1,30)

Moraes et al., concluiu que as resinas nanohíbridas apresentam geralmente, propriedades inferiores quando comparadas com resinas nanoparticuladas e propriedades semelhantes ou ligeiramente superiores comparado com resinas microhíbridas. Sobre condições clínicas, as resinas nanohíbridas podem não apresentam um desempenho semelhante à das resinas nanoparticuladas. (21)

Concluiu também que a denominação de “resinas nanohíbridas” parece ser uma estratégia de *marketing* uma vez que estas não constituem materiais inovadores. (21)

## 4. DISCUSSÃO

Em geral, as características e propriedades das resinas avaliadas neste estudo encontram-se descritas na seguinte tabela.

**Tabela 2-** Características e propriedades das resinas *bulk-fill*, nanohíbridas e nanoparticuladas.

	<b><i>Bulk-fill</i></b>	<b>Nanohíbridas e nanoparticuladas</b>
<b>Técnica</b>	Monobloco (incrementos de 4 a 5 mm) (7)	Incremental (incrementos de 2 mm)
<b>Indicação</b>	Base de cavidade (resinas <i>bulk-fill</i> fluídas); Classe I e II (7,9)	Restauração em dentes anteriores e posteriores (24)
<b>Composição</b>	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, EBPDMA (7)	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGDMA(21)
<b>Citotoxicidade</b>	Baixa ou nenhuma (11)	-
<b>Tamanho das partículas</b>	0,1 – 1 $\mu$ (13)	2 - 75 nm (21)
<b>% de partículas de carga</b>	Menor em comparação com nanohíbridas (13)	Maior (19)
<b>Profundidade de polimerização</b>	Geralmente de acordo com a norma ISO (ratio $\geq$ 80%) (7, 14, 15)	De acordo com norma isso (ratio $\geq$ 80%) (23)
<b>Contração e stress de polimerização</b>	Menor em comparação com resina nanoparticulada (10)	Maior em comparação com resina <i>bulk-fill</i>
<b>Integridade marginal</b>	Sem diferenças significativas quando comparado com resinas convencionais (7)	Melhor devido ao tamanho das partículas (21)
<b>Propriedades mecânicas</b>	Menos satisfatórias quando comparadas com resinas nanohíbridas (7) Apresenta uma dureza superior quando compara com resinas nanohíbridas (9)	Maior longevidade quando incorporam <i>nanoclusters</i> na sua matriz (27)
<b>Propriedades clínicas</b>	Menor tempo de trabalho (16) Força de adesão em cavidades com elevado fator C inferior e com fator C baixo não há diferenças (18) Mau acabamento e polimento	Maior tempo de trabalho (16) Alto acabamento e polimento (20)

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com a informação recolhida na pesquisa para este trabalho, pode-se concluir o seguinte:

Os requisitos para a obtenção de uma resina composta ideal são: translucidez, fluorescência, opalescência, estabilidade de cor, estabilidade dimensional, resistência mecânica e à abrasão, adesão à superfície dentária, impermeabilidade e insolubilidade quando exposta aos fluídos orais, não tóxica, insípida, inodora, com coeficiente térmico linear tanto de expansão quanto de contração, próximo aos tecidos dentários, ser passível de reparo, biocompatível e por fim, apresentar baixa percentagem para recidiva de cárie.

Até ao momento, nenhum material atingiu todos os requisitos para ser considerado o material “ideal”, portanto os médicos dentistas devem estar cientes do desempenho e das limitações dos materiais utilizados para alcançar os resultados desejados.

Oferecendo vantagens louváveis de conservação da estrutura dentária, propriedades biomecânicas aprimoradas e alternativa aos metais, as restaurações a resina composta são usadas como rotina na dentisteria restauradora.

As resinas *bulk-fill* apresentam propriedades clínicas de interesse durante a prática clínica, uma vez que apresentam alguns benefícios quando comparadas às resinas convencionais. Um dos principais motivos para opção por estas resinas *bulk-fill* consiste no menor tempo de trabalho que estas apresentam, principalmente em cavidades profundas, devido à eliminação de uma etapa de muitos passos, a inserção por incrementos e a fotoativação única. No entanto, é necessário mais estudos para avaliar a sua longevidade, assim como propriedades mecânicas e físicas. Apresentam também limitações como a eventual necessidade de incorporação de uma camada oclusal com outra resina composta convencional. Em geral, apresentam propriedades semelhantes às resinas convencionais, quando respeitado o protocolo de utilização de cada uma.

A integração de nanopartículas representa a contínua pesquisa na profissão em direção ao material ideal. Anteriormente, era difícil obter estética e estabilidade mecânica com compósitos à base de resina. A adição de nanopartículas aos compósitos dentários proporcionou propriedades extraordinárias, no que toca a força e durabilidade, retenção do polimento a longo prazo e alto brilho superficial além do que os materiais convencionais oferecem.

A escolha da resina composta a utilizar deve ser bem planeada, tendo em consideração as características clínicas do procedimento e relação custo-benefício do tratamento.



## 6. Referências bibliográficas

1. Enone LL, Awotile AO, Adegbulugbe CI, Agbaje LO, Odogun LA, Oyapero A. One - year Clinical Evaluation of Nanohybrid Resin Composite in the Restoration of Occlusal and Proximo - occlusal Cavities in. *Adv Hum Biol.* 2017;7(3):130–6.
2. Caneppele T, Bresciani E. Resinas bulk-fill – O estado da arte. 2016;70(3):242–8.
3. Cramer NB, Stansbury JW, Bowman CN. Recent Advances and Developments in Composite Dental Restorative Materials. *J Restor Dent.* 2011;90(4):402–16.
4. Júnior P, Cardoso R, Magalhães B, Guimarães R, Silva C, Beatrice L. Selecionando corretamente as resinas compostas. *Int J Dent.* 2011;10(2):91–6.
5. Fortin D, Vargas M. The Spectrum of Composites: New Techniques and Materials. *J Am Dent Assoc [Internet].* 2000;131(June):26–30. Available from: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0399>
6. Ferracane JL. Resin composite — State of the art. *Dent Mater.* 2011;27:29–38.
7. Cramer N, Stansbury J, Bowman C. Recent Advances and Developments in Composite Dental Restorative Materials. *J Restor Dent.* 2011;90(4):402–16.
8. Corral C, Vildósola P, Bersezio C, Alves dos Campos E, Fernández E. State of the Art of Bulk-fill Resin-based Composites: A Review. *Rev Fac Odontol Univ Antioquia.* 2015;27(1):177–96.
9. Holanda L, Neto E, Costa F, Costa E, Neto V, Peralta S. DESEMPENHO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DAS RESINAS BULK-FILL: REVISÃO DE LITERATURA. *Jorn ODONTOLÓGICA DOS ACADÊMICOS DA CATÓLICA – JOAC.* 2016;2(2):0–4.
10. Rizzante F, Duque J, Duarte M, Mondelli R, Mendonça G, Ishikiriama S. Polymerization shrinkage , microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites. *Dent Mater Journals.* 2019;38(3):403–10.
11. Rizzante F, Mondelli R, Furuse A, Borges A, Mendonça G, Ishikiriama S. Shrinkage stress and elastic modulus assessment of bulk-fill composites Abstract. *J Appl Oral Sci.* 2019;27:1–9.
12. Nascimento A, Lima D, Fook M, Albuquerque M, Lima E, Sabino M, et al. Physicomechanical characterization and biological evaluation of bulk-fill composite resin. *Braz Oral Res.* 2018;32(107):1–14.
13. Gonçalves F, Campos L, Júnior E, Costa F. A comparative study of bulk-fill composites : degree of conversion , post-gel shrinkage and cytotoxicity. *Braz Oral Res.* 2018;32(17):1–9.
14. Vicenzi CB, Benetti P. Características mecânicas e ópticas de resinas bulk-fill : revisão de literatura Mechanical and optics characteristics of bulk-fill resins : literature review. *RFO.* 2018;3(1):107–13.

15. Reis A, Vestphal M, Amaral R, Rodrigues J, Roulet J, Roscoe M. Efficiency of polymerization of bulk-fill composite resins : a systematic review. *Braz Oral Res.* 2017;31(59):37–48.
16. Tardem C, Albuquerque E, Lopes L, Marins S, Calazans F. Clinical time and postoperative sensitivity after use of bulk-fill ( syringe and capsule ) vs . incremental filling composites : a randomized clinical trial. *Braz Oral Res.* 2019;33(89):1–13.
17. El-damanhour H, Platt J. Polymerization Shrinkage Stress Kinetics and Related Properties of Bulk-fill Resin Composites. *Oper Dent.* 2014;39(4):374–82.
18. Al-ahdal K, Silikas N, Watts DC. Rheological properties of resin composites according to variations in composition and temperature. *Dent Mater [Internet].* 2014;30(5):517–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2014.02.005>
19. Han S, Park S. Incremental and Bulk-fill Techniques With Bulk-fill Resin Composite in Different Cavity Configurations. *Oper Dent.* 2018;
20. Can Say E, Yurdagüven H, Yaman B, Ozer F. Surface roughness and morphology of resin composites polished with two-step polishing systems. *Dent Mater J.* 2014;33(3):332–42.
21. Moraes R, Gonçalves L, Lancellotti A, Consani S, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti M. Nanohybrid Resin Composites : Nanofiller Loaded Materials or Traditional Microhybrid Resins ? *Oper Dent.* 2009;34(5):551–7.
22. Kaur P, Luthra R, Puneel. Nanocomposites - A Step Towards Improved Restorative Dentistry. *Indian J Dent Sci.* 2011;3(4):28–31.
23. Sideridou ID, Karabela MM, Spyroudi CS. Dynamic Mechanical Analysis of a Hybrid and a Nanohybrid Light-Cured Dental Resin Composite. *J Biomater Sci.* 2009;20:1797–808.
24. Aguiar F, Lazzari C, Lima D, Ambrossano G, Lovadino J. Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite Efeito da distância da ponta do aparelho de fotoativação e da cor na microdureza superficial de um compósito híbrido. *Braz Oral Res.* 2005;19(4):302–6.
25. Sabry E, Adel S, Abdelaziz N, Multu O. Flexural strength of nano-hybrid resin composite as a function of light Flexural Strength of Nano-hybrid Resin Composite as a Function of Light Attenuation Distance and Specimen Dimension Professor , Operative Dentistry Department , Faculty of Dentistry , Zurich Open Repos Arch. 2017;
26. Bispo LB. Nanoparticle Composite : Is there superiority in its use ? *Revis Dent line.* 2010;9(19):21–4.
27. Andrade G, Basting R, Rodrigues J, Amaral F, Turssi CP, França F. Microhardness and color monitoring of nanofilled resin composite after bleaching and staining. *Eur J Dent.* 2019;8(2):160–5.

28. Curtis AR, Palin WM, Fleming GJP, Shortall ACC, Marquis PM. The mechanical properties of nanofilled resin-based composites : The impact of dry and wet cyclic pre-loading on bi-axial flexure strength. *Dent Mater J*. 2008;23(5):188–97.
29. Hwang S, Chung S, Lee J, Kim Y, Kim Y, Oh S, et al. on the Optical and Mechanical Properties of a Nanohybrid Dental Composite Resin. *Materials (Basel)*. 2018;17(1234).
30. Dijken J, Pallesen U. A six-year prospective randomized study of a nano-hybrid and a conventional hybrid resin composite in Class II restorations. *Dent Mater [Internet]*. 2013;29(2):191–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2012.08.013>

## 7. Anexo

### Anexo I- DECLARAÇÃO DE AUTORIA DO TRABALHO



#### Declaração de Autoria do Trabalho

#### Monografia de Investigação/Relatório de Atividade Clínica

Eu, Clara Margarida Monteiro Gonçalves Dias Benedetto, declaro que o presente trabalho, no âmbito da Monografia de Investigação/Relatório de Atividade Clínica, integrado no MIMD, da FMDUP, é da minha autoria e todas as fontes foram devidamente referenciadas.

Porto, 03 de julho de 2019.

A aluna,

A handwritten signature in blue ink that reads 'Clara Benedetto'.

Clara Margarida Monteiro Gonçalves Dias Benedetto

## Anexo II – PARECER DO ORIENTADOR



### PARECER

#### Entrega do trabalho final de Monografia

Declaro que o Trabalho de Monografia desenvolvida pela estudante Clara Margarida Monteiro Gonçalves Dias Benedetto, do 5ºano do Curso de Mestrado Integrado de Medicina Dentária da FMDUP, subordinado ao tema: “Análise comparativa entre resinas bulk-fill, nanohíbridas e nanoparticuladas atuais” se encontra de acordo com as regras estipuladas pela Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.

Mais informo que o referido trabalho, por mim conferido se encontra em condições de ser apresentado e defendido em provas públicas.

Porto, 03 de julho de 2019.

O Orientador,

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Doutor João Ricardo Cardoso Ferreira