



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA**



**MATHEUS RIBEIRO DA CRUZ**

**EFEITO DA FONTE DE LUZ DE ALTA INTENSIDADE NA  
CONTRAÇÃO PÓS-GEL EM RESINAS DE POLIMERIZAÇÃO  
RÁPIDA: ANÁLISE POR EXTENSOMETRIA ELÉTRICA**

Uberlândia/MG

2024

MATHEUS RIBEIRO DA CRUZ

**EFEITO DA FONTE DE LUZ DE ALTA INTENSIDADE NA  
CONTRAÇÃO PÓS-GEL EM RESINAS DE POLIMERIZAÇÃO  
RÁPIDA: ANÁLISE POR EXTENSOMETRIA ELÉTRICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a  
Faculdade de Odontologia da UFU, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Graduado em Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Hugo Lemes Carlo

Uberlândia/MG

2024

MATHEUS RIBEIRO DA CRUZ

**EFEITO DA FONTE DE LUZ DE ALTA INTENSIDADE NA  
CONTRAÇÃO PÓS-GEL EM RESINAS DE POLIMERIZAÇÃO  
RÁPIDA: ANÁLISE POR EXTENSOMETRIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para  
obtenção do título de Graduado em Odontologia  
na Faculdade de Odontologia da Universidade  
Federal de Uberlândia (MG) pela banca  
examinadora:

Uberlândia, 28 de agosto de 2024.

---

Prof. Dr. Hugo Lemes Carlo

---

Prof. Dr. Veridiana Resende Novais

---

Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes

Uberlândia/MG

2024

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito da técnica de fotopolimerização na contração pós-gel de resinas compostas. O trabalho foi desenvolvido através da utilização de uma fonte de luz do tipo LED polywave (Bluephase Powercure – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Dois tipos de compósitos foram utilizados: 1. resina bulk fill convencional (Tetric N-Ceram Bulk Fill – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein); e 2. resina bulk fill de polimerização ultra-rápida (Tetric Powerfill – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Os materiais foram fotopolimerizados conforme a indicação do fabricante: 20s na potência alta do aparelho (Tetric N-Ceram) e 3s na potência máxima do aparelho (Tetric Powerfill). A contração linear pós-gel foi obtida através de extensometria (n=5). A ponta da fonte de luz foi mantida a 1 mm de distância da superfície do compósito e os valores de deformação foram coletados pelo período de 5 min. A análise dos dados foi realizada com nível de significância igual a 5%. Foram utilizados os testes ANOVA um fator Tukey. Quanto aos resultados obtidos, verificou-se que as resinas compostas testadas demonstraram diferença significativa de contração pós-gel ( $p=0,032$ ), sendo que a resina de polimerização ultrarrápida apresentou os menores valores.

**Palavras-chave:** Resinas Compostas; Polimerização de Resinas Dentárias; Contração de Polimerização; Falha de Restauração Dentária.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of the photopolymerization technique on the post-gel shrinkage of composite resins. The study was developed using a polywave LED light source (Bluephase Powercure – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Two types of resin composite were used: 1. conventional bulk fill (Tetric N-Ceram Bulk Fill – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein); and 2. ultra-fast curing bulk fill (Tetric Powerfill – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). The materials were cured according to the manufacturer's instructions: 20s at the high-power mode (Tetric N-Ceram) and 3s at the maximum power (Tetric Powerfill). The linear post-gel shrinkage was obtained by extensimetry (n=5). The tip of the light source was kept 1 mm away from the composite surface and the deformation values were collected for 5 min. Data analysis was performed with a significance level of 5%. One-way ANOVA and Tukey's tests were used. Regarding the results obtained, it was found that the tested resins demonstrated a significant difference in post-gel contraction ( $p=0.032$ ), with the ultra-fast polymerization resin presenting the lowest values.

**Keywords:** Composite Resins; Dental Resin Polymerization; Polymerization Shrinkage; Dental Restoration Failure.

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO.</b> ....	<b>5</b>
2.	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
3.	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>7</b>
4.	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>11</b>
5.	<b>DISCUSSÃO.</b> .....	<b>12</b>
6.	<b>CONCLUSÃO.</b> .....	<b>14</b>
7.	<b>REFERÊNCIAS.</b> .....	<b>15</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica é um fenômeno observado em toda área de estudos da odontologia e, por isso, os estudos sobre resinas compostas fotopolimerizadas e fontes de luz para polimerização seguem a mesma tendência. Os estudos em resinas compostas encontraram uma alternativa para restaurações diretas posteriores com profundidades acima de 2mm com o desenvolvimento das resinas bulk fill, que facilitam a técnica por conseguirem bom desempenho clínico em cavidades entre 4 e 5mm (Par *et al.*, 2015; Gamarra *et al.*, 2018). Estudos foram realizados a fim de melhorar a eficiência desses materiais em diferentes condições clínicas a longo prazo (Demarco *et al.*, 2012) (Ilie *et al.*, 2019). Além disso, os aparelhos fotopolimerizadores também foram avaliados quanto ao processo de ativação de polimerização dessas resinas compostas (Alshaafi *et al.*, 2016).

Em consonância com a ascensão está a fabricação de resinas compostas que visam diminuir o tempo clínico e otimizar as técnicas restauradoras, facilitando o seu uso e diminuindo o tempo clínico. Nas técnicas de fotoativação convencionais, os fotoiniciadores, quando sensibilizados, geram radicais livres que reagem com as ligações duplas dos monômeros dimetacrilatos iniciando a formação da rede polimérica (Torres *et al.*, 2013). Com o objetivo de diminuir o tempo de uso da fonte de luz, um reagente de transferência de cadeia de fragmentação de adição (AFCT –  $\beta$ -alil sulfona) foi testado para ajustar as cadeias após uma fotoativação por apenas 3s, utilizando uma fonte de luz com potência de 3.000mW/cm<sup>2</sup>. Com isso, os radicais livres têm a capacidade de atacar tanto as ligações duplas de metacrilato presentes nos monômeros, quanto as ligações duplas de  $\beta$ -alil sulfona (Gorsche *et al.*, 2014). Este material já se encontra disponível e é comercializado pela empresa Ivoclar Vivadent. Foi nomeado como Tetric PowerFill e sua fotopolimerização é indicada a ser realizada como o aparelho Bluephase PowerCure.

Até o momento não se verifica a existência de estudos que tenham comparado a contração pós-gel da resina bulk fill de polimerização ultrarrápida com uma resina bulk fill convencional. Devido a importância de conhecer os novos materiais disponíveis no mercado odontológico para a o exercício da odontologia moderna, avançada e eficaz, é essencial que estudos sejam feitos para avaliar as propriedades desses novos materiais, com o objetivo de encontrar eficácia clínica nas restaurações com resinas polimerizadas com curto tempo de fotoativação, validando seu desempenho quanto à contração na fase pós-gel.

## **2. OBJETIVO GERAL**

- Avaliar o efeito da técnica de fotopolimerização na contração pós-gel de resinas compostas.

### **2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a contração pós-gel de uma resina composta do tipo bulk fill de polimerização ultrarrápida, utilizando ultra alta irradiância de luz e exposição de curta duração.
- Avaliar a contração pós-gel de uma resina composta do tipo bulk fill convencional, utilizando alta irradiância de luz e exposição de duração convencional.



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Materiais

Para o desenvolvimento do estudo foram selecionadas duas resinas compostas do tipo bulk fill: uma resina de polimerização ultrarrápida (Tetric PowerFill – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e uma resina convencional (Tetric N-Ceram – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (Quadro 1 e Figuras 1 e 2). Ambos os materiais possuíam a mesma cor (IVA) e foram fotopolimerizados com a fonte de luz do tipo LED polywave Bluephase PowerCure (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (Quadro 2 e Figura 3).

**Quadro1 – Resinas compostas utilizadas.**

<b>Marca Comercial</b>	<b>Classificação/Composição*</b>
Tetric PowerFill (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	Resina composta do Tipo Bulk Fill de polimerização ultra-rápida Fase orgânica: Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, DCP e Dimetacrilato aromático (20-21% em peso) Fase inorgânica: Silicato Ba-Al, Copolímero, Trifluoreto de Itérbio (79-80% em peso)
Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	Resina composta do Tipo Bulk Fill Convencionl Matriz orgânica: Bis-GMA, UDMA e Bis-EMA (19-21% em peso) Fase inorgânica: Silicato de bário, Trifluoreto de itérbio, óxido misto (75-77% em peso)

\*Conforme o fabricante

**Quadro 2: Fotopolimerizador de luz LED do tipo polywave utilizada.**

Marca Comercial	Intensidade de Luz	Modos de Cura	Comprimento de Onda
Bluephase PowerCure (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	950-3.000 mW/cm <sup>2</sup>	3s (3.000 mW/cm <sup>2</sup> ) Turbo (2000 mW/cm <sup>2</sup> ) High (1.200 mW/cm <sup>2</sup> ) Pre-Cure (950 mW/cm <sup>2</sup> )	385-515 nm

\*Conforme o fabricante



**Figura 1: Resina Composta Tetric PowerFill®**



**Figura 2: Resina Composta Tetric N-Ceram®**

### 3.2. Análise da contração pós-gel

Os compósitos foram posicionados sobre um extensômetro biaxial (CEA-06-032WT-120 (1,8 x 1,0mm) – Measurements Group, Raleigh, NC, EUA) (Figura 3), e foram moldados na forma de uma hemisfera (n=5). As tensões de contração foram obtidas em duas direções perpendiculares. Os dados foram obtidos (ADS0500IP – Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda, São Paulo, SP, Brasil) convertendo-se as variações na resistência elétrica do extensômetro em variações de voltagem por meio de um circuito de um quarto de ponte com uma resistência de referência interna. Os valores de deformação obtidos ao longo dos dois eixos foram utilizados para cálculo da média dos resultados, uma vez que as propriedades do material foram consideradas como homogêneas e isotrópicas. A ponta da fonte de luz foi mantida a 1 mm de

distância da superfície do compósito e o modo de fotopolimerização foi realizado conforme o Quadro 3. Os valores de deformação foram coletados por um período de 5 min. A deformação de contração média foi usada como valor de contração pós-gel e foi convertida em porcentagem volumétrica multiplicando-se os resultados por 3 e 100%. Os dados foram obtidos em microstrain ( $\mu\text{S}$ ).



**Figura 3: Fotopolimerizador de luz LED do tipo polywave - Bluephase PowerCure®**



**Figura 4: Extensômetro biaxial**

**Quadro 3: Método de fotopolimerização das resinas compostas**

<b>Resina Composta</b>	<b>Modo de Fotopolimerização</b>	<b>Intensidade de Luz</b>	<b>Tempo de Fotopolimerização</b>
Tetric PowerFill	3s Cure	3.000 mW/cm <sup>2</sup>	3 segundos
Tetric N-Ceram	High	1.200 mW/cm <sup>2</sup>	20 segundos

### 3.3. Análise dos dados

Os dados obtidos foram analisados (SigmaPlot software v.12 (Systat Software Inc., San Jose, CA, USA) quanto à normalidade (Teste de Shapiro- Wilk) e homogeneidade de variância (Teste de Levene). Em seguida, foi realizado análise de variância (One-ANOVA), seguido do teste de Tukey.

#### 4. RESULTADOS

Os dados obtidos para contração pós-gel apresentaram homogeneidade de variância (Teste de Levene –  $p=0,529$ ) e distribuição normal (Teste de Shapiro-Wilk –  $p=0,081$ ). O Teste ANOVA um fator demonstrou significância estatística para os resultados de contração pós-gel entre os materiais testados ( $p=0,032$ ).

A Tabela 1 apresenta os resultados referentes ao teste de contração pós-gel. Verifica-se que as resinas compostas testadas demonstraram diferença significativa de contração pós-gel ( $p=0,032$ ), sendo que a resina de polimerização ultrarrápida (Tetric PowerFill) apresentou os menores valores.

**Tabela 1** – Resultados de análise de contração pós-gel ( $\mu\epsilon$ ) dos materiais – Média ( $\pm$ DP).

Resina de Polimerização Ultrarrápida	Resina de Polimerização Convencional
-0,51 <sup>B</sup> ( $\pm$ -0,024)	-0,55 <sup>A</sup> ( $\pm$ -0,023)

Letras maiúsculas diferentes demonstram que há diferença estatística significativa nos resultados de contração entre os grupos segundo o Teste ANOVA ( $p<0,01$ ).

## 5. DISCUSSÃO

A contração pós-gel é um fenômeno que ocorre durante a polimerização de resinas compostas, caracterizado pela diminuição do volume do material à medida que a resina muda para uma fase sólida e a rede polimérica se forma. Esse processo resulta da conversão dos monômeros em polímeros, o que causa a redução do espaçamento entre as moléculas e a consequente contração do material (Barszczewska-Rybarek *et. al*, 2019).

Clinicamente, a contração pós-gel pode ter várias implicações significativas. Primeiramente, as tensões internas geradas durante a polimerização podem ultrapassar a capacidade de adesão entre a resina composta e o substrato dentário, levando ao descolamento da restauração e à falha da interface adesiva. Além disso, a formação de fendas ou lacunas devido à contração pode permitir a infiltração de fluidos orais e microrganismos, promovendo a cárie secundária e comprometendo a integridade da restauração. Estas fendas também podem resultar em sensibilidade dentária pós-operatória, devido ao deslocamento de fluidos dentinários. Em situações mais severas, as tensões induzidas pela contração podem causar a fratura tanto do material restaurador quanto do dente, especialmente em restaurações de grandes dimensões (Kaisarly *et. al*, 2016) (Soares *et. al*, 2017)

Neste contexto, o uso de extensômetros biaxiais se justifica por sua capacidade de medir com alta precisão as deformações em múltiplos eixos, simultaneamente, capturando a anisotropia das tensões de contração. Essa técnica permite avaliar de forma mais abrangente as tensões internas que ocorrem durante a polimerização, fornecendo dados cruciais para o desenvolvimento e aprimoramento de materiais restauradores. A sensibilidade do extensômetro é fundamental para detectar pequenas deformações que podem influenciar na longevidade e na eficácia das restaurações, contribuindo assim para avanços significativos da prática clínica odontológica.

A resina de polimerização ultra-rápida (Tetric PowerFill) foi produzida com o objetivo de formar cadeias poliméricas com luz de ultra alta irradiância, o que explica seu bom desempenho quanto ao grau de contração em comparação com a resina bulk-fill convencional (Tetric NCeram). Ambas as resinas apresentam semelhanças em termo de composição, diferenciando-se apenas por pequenas alterações, como a incorporação de agentes de transferência de cadeia, como a  $\beta$ -alil sulfona. Já foi verificado que este reagente melhora as propriedades globais das redes poliméricas de dimetacrilato, ao aprimorar a homogeneidade e as propriedades mecânicas dos materiais., ainda que com menor tempo de exposição à fonte de luz (Algamaiah *et. al*, 2020).

Corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho, a literatura aponta que a redução da densidade de ligações cruzadas, provocada pela modificação da polimerização por transferência de cadeia, pode contribuir para um atraso adicional na fase de gel e de pós-gel, resultando em uma menor geração de contração (Sampaio *et. al*, 2024). Ademais, a incorporação do agente  $\beta$ -alil sulfona na composição da resina PFill pode facilitar a remodelação das ligações covalentes, permitindo o alívio das tensões durante a formação da rede polimérica (Gorsche *et.al*, 2014)

Algo que deve ser considerado em relação a essa nova tecnologia de composição de resinas é quanto ao seu custo de operação, já que esta depende de dispositivos fontes de luz de alta intensidade (Par *et. al*, 2020), elevando o custo operacional no protocolo de restaurações diretas, visto que a grande maioria dos aparelhos disponíveis no mercado não possuem a irradiância necessária (Lu *et. al*, 2004) (Ilie *et. al*, 2020).

Os resultados deste estudo podem ser interpretados como uma melhoria real da técnica, diminuindo o tempo clínico para intervenções restaurados na odontologia. Além disso, comprova que adição de reagentes de transferência de cadeia na composição de resinas, neste caso a  $\beta$ -alil sulfona, apresenta contração de polimerização com bom desempenho clínico do material.

## **6. CONCLUSÃO**

A resina composta bulk-fill de polimerização ultra-rápida apresentou valores de contração pós-gel menores do que os da resina composta bulk-fill convencional, sendo, portanto, uma alternativa viável para contribuir com melhores resultados na prática clínica.



## 7. REFERÊNCIAS

DEMARCO, Flávio F. et al. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. **Dental materials**, v. 28, n. 1, p. 87-101, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.09.003>

GORSCHÉ, Christian et al.  $\beta$ -Allyl sulfones as addition–fragmentation chain transfer reagents: a tool for adjusting thermal and mechanical properties of dimethacrylate networks. **Macromolecules**, v. 47, n. 21, p. 7327-7336, 2014. <https://doi.org/10.1021/ma501550b>

LU, Hui; STANSBURY, Jeffery W.; BOWMAN, Christopher N. Towards the elucidation of shrinkage stress development and relaxation in dental composites. **Dental Materials**, v. 20, n. 10, p. 979-986, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.05.002>

ALGAMAIAH, Hamad; SILIKAS, Nikolaos; WATTS, David C. Conversion kinetics of rapid photo-polymerized resin composites. **Dental Materials**, v. 36, n. 10, p. 1266-1274, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.07.008>

SAMPAIO, Camila Sobral et al. Short curing time bulk fill composite systems: volumetric shrinkage, degree of conversion and Vickers hardness. **Brazilian Oral Research**, v. 38, p. e030, 2024. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2024.vol38.0030>

PAR, Matej et al. Effect of rapid high-intensity light-curing on polymerization shrinkage properties of conventional and bulk-fill composites. **Journal of dentistry**, v. 101, p. 103448, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103448>

TORRES, Carlos Rocha Gomes. **Odontologia restauradora estética e funcional**. Grupo Gen-Livraria Santos Editora, 2000.

ILIE, Nicoleta. Sufficiency of curing in high-viscosity bulk-fill resin composites with enhanced opacity. **Clinical Oral Investigations**, v. 23, p. 747-755, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2482-2>

ALSHAAFI, Maan M. et al. 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**, v. 45, p. 14-18, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.11.004>

ALGAMAIAH, Hamad; SILIKAS, Nikolaos; WATTS, David C. Conversion kinetics of rapid photo-polymerized resin composites. **Dental Materials**, v. 36, n. 10, p. 1266-1274, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.07.008>

LU, Hui; STANSBURY, Jeffery W.; BOWMAN, Christopher N. Towards the elucidation of shrinkage stress development and relaxation in dental composites. **Dental Materials**, v. 20, n. 10, p. 979-986, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.05.002>

ILIE, Nicoleta; WATTS, David C. Outcomes of ultra-fast (3 s) photo-cure in a RAFT-modified resin-composite. **Dental Materials**, v. 36, n. 4, p. 570-579, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.02.007>

BARSZCZEWSKA-RYBAREK, Izabela Maria. A guide through the dental dimethacrylate polymer network structural characterization and interpretation of physico-mechanical properties. **Materials**, v. 12, n. 24, p. 4057, 2019. <https://doi.org/10.3390/ma12244057>

KAISARLY, Dalia; GEZAWI, Moataz El. Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites: a literature review. **Odontology**, v. 104, p. 257-270, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10266-016-0264-3>

SOARES, Carlos Jose et al. Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements—What do we need to know?. **Brazilian oral research**, v. 31, p. e62, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2017.vol31.0062>