



Trabajo de investigación

RESINAS COMPUESTAS “BULK”: PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS CON DIFERENTES DENSIDADES DE LED.

BULK COMPOSITE RESINS: PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES BY DIFFERENT DENSITIES OF LED.

PEREIRA, T.C.¹, SILVA, T.M.¹, GONÇALVES, L.L.¹, NUNES E REIS, A.F.¹, SIQUEIRA, E.P.¹, GONÇALVES, S.M.R.A.², GONÇALVES, S.E.P.¹

¹ Department of Restorative Dentistry, Sao Paulo State University (Unesp) - Institute of Science and Technology of São José dos Campos, São Paulo, Brazil.

² Department of Dentistry, Federal University of Rio de Janeiro, President of the Brazilian Group of Dentistry Professors, Rio de Janeiro, Brazil.

Correspondencia: sergio.e.goncalves@unesp.br

Volumen 8.

Número 3.

Septiembre - Diciembre 2019

Recibido: 16 Marzo 2019

Aceptado: 30 junio 2019

RESUMEN

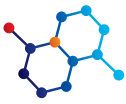
Objetivo: Evaluar las propiedades físico-mecánicas – resistencia flexural (RF), módulo de elasticidad (ME), microdureza Knoop (KHN), grado de conversión (GC), sorción (SOR) y solubilidad (SOL) – de resinas compuestas tipo “Bulk”, frente a dos diferentes irradiancias LED. **Material y Métodos:** Se confeccionaron muestras para cada marca de resina compuesta: Filtek Bulk Fill (3M ESPE), Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) y Aura Bulk Fill (SDI), que se dividieron en dos grupos, de acuerdo con la irradiancia: 800 y 1200 mW/cm². Las muestras fueron sometidas al ensayo de RF y ME utilizando la prueba de flexión de tres puntos. La prueba para medir la KHN se realizó utilizando una carga de 25 g durante 30 s. El GC se determinó por FTIR, antes y después de la fotoactivación. Los análisis de SOR y SOL se evaluaron según la norma ISO 4049. Los datos se sometieron a la prueba de ANOVA a dos criterios, seguida de la prueba Tukey (5%). **Resultados:** RF: no mostró diferencia estadísticamente significativa. ME: no hubo efecto estadísticamente significativo. KHN: resinas compuestas e interacción presentaron efectos estadísticamente significativos, observándose las medias más altas en el grupo Filtek. GC: hubo diferencia significativa entre las irradiancias. SOR y SOL: no hubo diferencias estadísticamente significativas. **Conclusión:** La microdureza y el grado de conversión de las resinas “Bulk-Fill” son influenciados por las características inherentes de la marca comercial y de la intensidad del LED utilizado.

Palabras Claves: Resinas compuestas, fotopolimerización, Bulk.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to evaluate the physical-mechanical properties such as flexural strength (RF), modulus of elasticity (ME), Knoop microhardness (KHN), degree of conversion (DC), sorption (SOR) and solubility (SOL) of Bulk composite resins, under different power densities LED. **Material and Methods:** Samples were prepared for each brand of composite resin: Filtek Bulk Fill (3M ESPE), Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) and Aura Bulk Fill (SDI), and randomly divided into two groups, according to power density used for LED light curing: 800 and 1200 mW/cm². The samples were submitted to the RF and ME by the three-point flexural test. KHN analysis was performed by 25 g load, for 30 s. DC determined by FTIR, before and after photoactivation. The SOR and SOL analyzes were evaluated according to ISO 4049. Data were submitted to two-way ANOVA, followed by Tukey test (5%). **Results:** RF: no statistically significant difference. ME: There was no statistically significant effect. KHN: composite resins and interaction showed a statistically significant effect, the highest mean was observed in the Filtek group. DC: there was a significant difference between irradiances. SOR and SOL: there were no statistically significant differences. **Conclusion:** It is concluded that the microhardness and degree of conversion of Bulk composite resins are influenced by the inherent characteristics of the commercial brand and the intensity of the LED used.

Keywords: Bulk, composite resins, light-curing.



INTRODUCCIÓN

El aumento de la exigencia estética de los pacientes ha ocasionado que el uso de las resinas compuestas, como materiales restauradores directos, aumente en los últimos años. Uno de los principales desafíos para el uso de este material consiste en combinar las propiedades mecánicas con una baja contracción de polimerización, ya que las fallas en la integridad marginal y las fracturas son los principales motivos de fracaso.¹ Recientemente, un nuevo grupo de materiales denominados composites "Bulk-fill" fueron introducidos en el mercado con la propuesta de simplificar la técnica de inserción incremental y optimizar el tiempo clínico. Los fabricantes afirman que las resinas de tipo "Bulk" presentan una combinación de diferentes partículas, monómeros y fotoiniciadores para proporcionar mayor profundidad de polimerización y baja contracción volumétrica, permitiendo una mayor cantidad de material por incremento.^{2,3} Al contrario de las resinas compuestas convencionales, que son comúnmente utilizadas en la técnica incremental con, máximo 2 mm de espesor para propiciar una adecuada polimerización y menor contracción del material, las resinas "Bulk-fill" permiten la inserción de 4 mm de espesor en un incremento único.⁴

El éxito de las restauraciones depende, entre diversos factores, de una adecuada fotopolimerización de la resina compuesta, estando ésta directamente relacionada a la efectividad de las unidades de fotoactivación, la intensidad y el espectro de emisión de luz.⁵ En la actualidad, la lámpara LED es la más utilizada para fotopolimerizar las resinas compuestas. Con la evolución tecnológica, las lámparas con luz de LED, que inicialmente poseían irradiancia entre 300 y 650 mW/cm, ya alcanzan más que 1200 mW/cm. El aumento de la irradiancia puede resultar en mayor grado de conversión de la resina compuesta, y, consecuentemente, en mejores propiedades mecánicas.⁶ Sin embargo, puede contribuir de forma adversa al aumento de la contracción de polimerización.

La microdureza de la superficie se considera una metodología indirecta para evaluar el grado de conversión de la matriz polimérica, por la correlación entre la disminución de la dureza y grado de conversión debido a la reducción en la penetración

de la luz y aumento en la distancia de la superficie irradiada.⁷ Por otro lado, la espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR) representa otra herramienta para la evaluación del grado de conversión antes y después de la fotoactivación. Sin embargo, algunos estudios previos correlacionan directamente el grado de conversión y las propiedades mecánicas,^{1,8,9} no siempre se observa tal relación, ya que las composiciones y características de las partículas de los materiales también afectan la resistencia del material.^{2,10,11}

Las restauraciones de resina compuesta están constantemente sometidas a un estrés funcional considerable. Así, una de las maneras de evaluar uno de los pre requisitos indispensables para su uso como material restaurador, la resistencia mecánica, es utilizar la prueba de resistencia flexural.¹² La resistencia flexural es una condición mecánica que refleja la resistencia máxima a la flexión antes de la fractura del material.¹³ La relevancia clínica de esta propiedad se manifiesta durante la masticación, cuando ocurren diferentes esfuerzos masticatorios, que inducen variadas tensiones, tanto en el diente como en la restauración.

Otro parámetro mecánico importante proporcionado por la prueba de flexión es el módulo de elasticidad, que describe la relativa rigidez o dureza de un material, medida por la reducción de la zona elástica en el diagrama de tensión/deformación.¹⁴ La sorción y la solubilidad representan otros importantes parámetros del comportamiento de los materiales frente a las drásticas condiciones del ambiente oral. Cuanto mayores sean las alteraciones del material, mayores serán las consecuencias sobre el remanente dental.

Debido a lo expuesto, este estudio tiene como objetivo contribuir con la comprensión de los factores que interfieren en las propiedades físico-mecánicas de las resinas compuestas del tipo "Bulk", frente a las diferentes densidades de potencia durante a fotopolimerización. Las hipótesis nulas estudiadas fueron: H01- No existen diferencias entre las propiedades mecánicas de las resinas "Bulk-fill" estudiadas; H02 - No existen diferencias entre las propiedades mecánicas de las resinas "Bulk-fill" frente a las diferentes irradiancias estudiadas.



MÉTODOS Y MATERIALES

Preparación de las muestras

Se evaluaron las siguientes marcas de resinas compuestas “Bulk”: Filtek Bulk Fill (3M ESPE, St Paul, MN, EE.UU.), Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Suiza) y Aura Bulk Fill (SDI, Victoria, Australia). Los materiales, así como la composición y manipulación se encuentran especificados en la Tabla 1.

MATERIAL	COMPOSICIÓN	CONTENIDO DE REL-LENO	APLICACIÓN
Filtek Bulk Fill (3M ESPE, St Paul, MN, EE.UU.)	AUDMA, UDMA, 1,12-dodecano-DMA, trifluoruro de yterbio, sílica/circonia.	58.4% (vol.) 76,5% (wt%)	1. Insertar incrementos de hasta 4 mm. 2. Fotopolimerizar cada incremento durante 20 s.
Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Suiza)	Vivadent, Liechtenstein, Suiza)	61% (vol.) 55% (wt%)	1. Insertar incrementos de 4 mm, como máximo. 2. Fotopolimerizar cada incremento durante 20 s (≥ 500 mW/cm) o durante 10 s (≥ 1000 mW/cm).
Aura Bulk Fill (SDI, Victoria, Australia)	UDMA, Bis-GMA, relleno UDH, sílica 0,02-0,04μm, vidrio de bario de 0,4μm.	65% (vol.) 81% (wt%)	1. Insertar incrementos de un máximo de 5 mm de espesor. 2. Fotopolimerizar cada incremento durante 20 s (≥ 1000 mW/cm).

Tabla 1. Composición y modo de aplicación de las resinas compuestas utilizadas.

Las resinas compuestas fueron fotopolimerizadas utilizando lámparas de luz LED de diferentes irradiancias, medidas a través de un radiómetro (Curing Radiometer Model 100 – Demetron Research Corp., EE.UU.):

- Grupo 800 - Fotopolimerizador con luz de LED (Elipar Freelight 2 LED Curing Light – 3M ESPE, EE.UU.), con densidad de potencia de 800 mW/cm;

- Grupo 1200 – Fotopolimerizador con luz de LED (Demi Light Curing System – Kerr Corporation, EE.UU.), con densidad de potencia de 1200 mW/cm.

Un total de 120 discos (3 mm diámetro x 4 mm espesor) y 90 barras (12 mm largo x 2 mm ancho x 2 mm altura) de resina compuesta, de color A3, fueron confeccionadas siguiendo las recomendaciones de los respectivos fabricantes (Tabla 1). Las muestras fueron preparadas por un mismo operador. Los discos se utilizaron para el análisis de la sorción y solubilidad en agua (n=60) y con la prueba de microdureza Knoop (n=60). Las barras se utilizaron para la prueba de resistencia flexural y módulo de elasticidad (n=90).

Resistencia flexural y módulo de elasticidad

Se confeccionaron treinta muestras de cada resina compuesta: 15 muestras fotopolimerizadas con LED de irradiancia de 800 mW/cm y otras quince muestras fotopolimerizadas con irradiancia de 1200 mW/cm. Las resinas compuestas se insertaron en una matriz de teflón (Odeme Equipamentos Médicos e Odontológicos Ltda, SC, Brasil) con dimensiones rectangulares (12 mm largo x 2 mm ancho x 2 mm altura),^{5,15} siguiendo las especificaciones del fabricante. Una cinta matriz de poliéster fue colocada sobre la resina compuesta y presionada con una lámina de vidrio, a fin de proporcionar compactación, lisura y estandarización de las muestras. La

lámina de vidrio se retiró y cada muestra se fotopolimerizó durante 20 s.

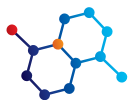
Las propiedades flexurales se evaluaron con la prueba de flexión de tres puntos en una máquina de ensayos universal (EMIC DL-2000MF, São José dos Pinhais, PR, Brasil), con una célula de carga de 10 kg, a una velocidad de 0.75 mm/min.^{13,16,17} Los valores de resistencia flexural se obtuvieron con la fuerza de flexión hasta el momento de la fractura. Los módulos de elasticidad se calcularon a partir de las curvas de deflexión de la carga registrada.

Los datos recolectados de resistencia flexural (en MPa) y módulo de elasticidad (en GPa) se sometieron a la prueba de análisis de variancia (ANOVA) a dos criterios (resina compuesta, irradiancia LED); seguida de la prueba de múltiples comparaciones de Tukey (5%).

Microdureza Knoop

Se confeccionaron 20 discos (3 mm de diámetro y 4 mm de espesor) para cada resina compuesta. Las resinas compuestas se insertaron en una matriz metálica antiadherente, según las especificaciones del fabricante, cubierta con una cinta matriz de poliéster y fotopolimerizadas a 800 mW/cm (n=10) y a 1200 mW/cm (n=10). Las muestras se pulieron con discos de lija de óxido de aluminio (Extac Corp., Enfield, CT, EE.UU.), de granulación 2400 y 4000, durante 10 s, en una máquina pulidora circular, tipo polítrix (DP-10 Panambra, São Paulo, SP, Brasil).

Para identificar y estandarizar la superficie que se evaluó, se efectuó un trazo valiéndose de una lámina de bisturí como referencia en la superficie opuesta al área fotopolimerizada, sobre la superficie no irradiada de la muestra.



Los análisis de microdureza superficial se realizaron por medio de un microdurómetro (FM-ARS 900, Future Tech Company, Tokio, Japón), con una punta diamantada piramidal tipo Knoop y carga estática de 25 g por 30 s.¹ Se realizaron tres indentaciones en la superficie con distancias de 100, 200 y 300 micrómetros. Los valores de microdureza se expresaron en "Knoop Hardness Number" (KHN).

Los datos se sometieron a la prueba ANOVA a dos criterios (resinas compuestas, densidad de potencia LED); seguida de la prueba Tukey (5%).

Grado de conversión

El grado de conversión se evaluó por espectroscopía de infrarrojo Transformada de Fourier (FTIR, PerkinElmer Spectrum, Massachusetts, EE.UU.) con una resolución de 4 cm⁻¹, 32 scans, en modo ATR, y una franja de transmisión entre 650 a 4000 cm⁻¹.¹⁸ La técnica consiste en recolectar espectros de infrarrojo reflejados de la interfaz resina compuesta y cristal de diamante (ATR), proporcionando evidencias de la transformación de uniones dobles de carbono (C=C) en el rango de intensidad de 1638 cm⁻¹ y uniones simples en el rango de 1608 cm⁻¹.^{19,20}

Las muestras no polimerizadas (4 mm espesor y 3 mm de diámetro) se colocaron sobre el ATR y se realizó el análisis sobre el ATR. Inmediatamente después, las muestras se fotoactivaron durante 20 s, de acuerdo con las diferentes irradiancias (800 y 1200 mW/cm). Luego de la fotoactivación, las muestras polimerizadas se presionaron con ayuda de una célula de carga (100 g) sobre el ATR para realizar una nueva lectura. El equipo registró los espectros de infrarrojo automáticamente utilizando un programa informático para el mapeo del ensayo (Spectrum, Perkin-Elmer, MA, EE.UU.).

El grado de conversión (%GC) fue determinado por la relación entre las intensidades de las bandas C=C alifática (1638 cm⁻¹) y aromática (1608 cm⁻¹), antes y después de la fotopolimerización. Todos los análisis se realizaron por triplicado, y se obtuvo la media a partir de los resultados. Los

valores medios se sometieron a la prueba ANOVA a dos criterios (resina compuesta, irradiancia LED) y a la prueba de Tukey (5%).

Sorción y solubilidad en agua

Se confeccionaron veinte muestras circulares de cada resina (3 mm diámetro y 4 mm de espesor): 10 muestras fotopolimerizadas con LED de 800 mW/cm y otras 10 muestras fotopolimerizadas a 1200 mW/cm. Las resinas compuestas se insertaron en una matriz metálica antiadherente conforme las especificaciones del fabricante, cubiertas con una tira matriz de poliéster (FAVA, SP, Brasil) y fotopolimerizadas durante 20 segundos, de acuerdo con las respectivas densidades LED. Las muestras se almacenaron individualmente en microtúbulos (Eppendorf), en un ambiente seco, y se colocaron en un desecador conteniendo gel de sílica a 37°C. Después de 24 h, cada muestra se pesó usando una balanza analítica electrónica de precisión de 0,0001 g (Mettler, Toledo, OH, EE.UU.). Estos procedimientos de pesaje se repitieron hasta lograr una masa constante (M1). Las muestras fueron inmersas en 1 ml de agua deionizada y almacenadas en una estufa a 37°C, durante 28 días.^{1,21} El agua deionizada se cambió semanalmente. Después del día 28, las muestras se retiraron del agua, se limpiaron y secaron cuidadosamente con papel absorbente; además se pesaron nuevamente, a fin de determinar la absorción de agua (M2). A continuación, las muestras se volvieron a almacenar individualmente en microtúbulos sin la presencia de agua, conteniendo geles de sílica, durante 24 h, a 37°C para deshidratación. Después de ese período, cada muestra fue nuevamente pesada después de ciclos de 24 h, hasta obtener una masa constante (M3).

Así, el porcentaje de sorción en agua, expresado en µg/mm³, se calculó usando la siguiente ecuación: %SOR = 100 (M2-M1/V). El porcentaje de solubilidad en agua, expresado en µg/mm³, se calculó, de acuerdo con la fórmula: %SOL = 100 (M1-M3/V). Las medias obtenidas se sometieron a la prueba ANOVA a dos criterios (resina compuesta; irradiancia LED); y prueba Tukey (5%).

	Resistencia Flexural (MPa)		Módulo de Elasticidad (GPa)	
	800 W	1200 W	800 W	1200 W
TN	109.46 (2.06) ^{Aa}	112.67 (10.16) ^{Aa}	3.58 (0.87) ^{Aa}	3.19 (0.18) ^{Aa}
A	100.93 (11.19) ^{Aa}	105.08 (15.80) ^{Aa}	2.89 (1.35) ^{Aa}	3.14 (0.65) ^{Aa}
F	112.38 (17.68) ^{Aa}	113.25 (10.78) ^{Aa}	2.55 (0.98) ^{Aa}	2.94 (0.37) ^{Aa}

Tabla 2. Media (DE) y prueba de comparaciones múltiples de la Resistencia Flexural y Módulo de Elasticidad, de las resinas compuestas evaluadas. Las letras mayúsculas se refieren a las columnas; las letras minúsculas se refieren a las líneas; las letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significantes (p<0.05).

RESULTADOS

En la tabla 2 se presentan los valores de media y desviación estándar de resistencia a la flexión y módulo de elasticidad obtenidos en los grupos estudiados. Según la prueba de ANOVA a dos criterios, no hubo efecto estadísticamente significativo (p>0.05) en la resistencia a la flexión (F = 0.04265; p = 0.9583) y en el módulo de elasticidad (F = 0.5111; p = 0.6068).

Para los valores de grado de conversión y microdureza Knoop, las medias más altas se observaron en el grupo de la resina compuesta Filtek (Tabla 3). Para el grado de conversión, el factor irradiancia LED (F = 11.69; p = 0.005) e interacción (F = 4.604; p = 0.0328) presentaron diferencias estadísticamente significativas. En la microdureza Knoop, el factor resina compuesta (F = 41.42; p < 0.0001) e interacción (F = 5.177; p = 0.0088) presentaron resultados estadísticamente significativos (p < 0.05).

Se observa en la tabla 4 que no hubo diferencias estadísticamente significantes entre los factores (p > 0.05), para la sorción (F = 0.152; p = 0.8595) y solubilidad en agua (F = 0.7733; p = 0.4675) en las condiciones del experimento.



	GC (%)		KHN	
	800 W	1200 W	800 W	1200 W
TN	54.82 (3.23) ^{Aa}	55.13 (4.45) ^{Aa}	42.03 (7.04) ^{Aa}	48.05 (4.94) ^{Aa}
A	36.74 (12.80) ^{Aa}	68.70 (12.93) ^{Ab}	51.11 (5.69) ^{Ba}	49.02 (7.13) ^{Aa}
F	59.72 (5.91) ^{Aa}	71.64 (10.22) ^{Aab}	66.33 (7.16) ^{Ca}	59.47 (6.08) ^{Ba}

Tabla 3. Media (DE) y Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para el Grado de Conversión (%) y Microdureza (KHN) superficial.

Las letras mayúsculas se refieren a las columnas; las letras minúsculas se refieren a las líneas; las letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significantes ($p < 0.05$).

	% Sorción		% Solubilidad	
	800 W	1200 W	800 W	1200 W
TN	4.89 (2.20) ^{Aa}	3.80 (2.03) ^{Aa}	-0.85 (2.70) ^{Aa}	-1.30 (3.71) ^{Aa}
A	4.75 (0.76) ^{Aa}	3.76 (4.90) ^{Aa}	-2.42 (6.89) ^{Aa}	-0.07 (0.16) ^{Aa}
F	4.97 (0.79) ^{Aa}	3.11 (2.25) ^{Aa}	0.35 (2.73) ^{Aa}	v

Tabla 4. Media (DE) y Prueba de comparaciones múltiples para %Sorción de agua y %Solubilidad en agua de las resinas compuestas evaluadas.

Las letras mayúsculas se refieren a las columnas; las letras minúsculas se refieren a las líneas; las letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significantes ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

La propuesta de este estudio fue evaluar las propiedades físico-mecánicas de las resinas compuestas de tipo “Bulk” con el objetivo de identificar cómo las diferentes composiciones de cada fabricante influyen sus propiedades, utilizando fotopolimerizadores LED con dos diferentes niveles de irradiación. La primera hipótesis nula estudiada (H01 – no existen diferencias en las propiedades mecánicas entre las resinas “Bulk-fill”) fue parcialmente aceptada, ya que las resinas empleadas no mostraron diferencias significativas entre sí respecto a la resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, sorción y solubilidad, siendo similares a los valores observados en la literatura para las resinas “Bulk fill”.¹² Sin embargo, difirieron significativamente en los valores de microdureza superficial y grado de conversión.

Es necesario prestar atención a los factores como la irradiación emitida por la luz de los fotopolimerizadores y el tiempo de fotoactivación sobre los materiales resinosos por la calidad y longevidad de las restauraciones adhesivas. Estudios previos reportaron que 800 mW/cm serían suficientes para la polimerización de las resinas compuestas convencionales con 2 mm de espesor; sin embargo, sería insuficiente la cantidad de energía para las resinas de tipo “Bulk-Fill”.^{22,23} Por eso, en este estudio se utilizaron diferentes irradiaciones de LED, ya que es conocida la negligencia de gran parte de los cirujanos-dentistas respecto a calibración de la densidad de potencia de sus equipos de fotoactivación.

Otro dato muy importante a ser considerado se refiere a las pruebas de resistencia a la flexión y módulo de elasticidad. La norma ISO requiere muestras con 2 mm de espesor, lo que puede haber enmascarado un posible comportamiento inferior, ya que las resinas del tipo “Bulk-fill” se indican para utilizar con 4 mm de profundidad.

La resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y microdureza Knoop mostraron correlación directa, ya que no presentaron diferencias significativas entre las irradiaciones de LED (800 e 1200 mW/cm). La literatura presenta resultados semejantes a los de este estudio, cuando se comparan resinas de tipo

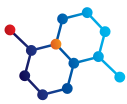
“Bulk-fill” y de tipo convencionales (> 100 MPa), demostrando que los materiales “Bulk-fill” presentan resistencia a la flexión compatible con la de una resina convencional.

Sin embargo, los materiales restauradores deben poseer módulo de elasticidad y resistencia flexural semejantes a las estructuras dentales para soportar mejor las fuerzas de la masticación y contracción de polimerización.^{17,24} Respecto a la resistencia a la flexión de las resinas evaluadas, se observaron valores medios alrededor de 100 MPa, difiriendo de la media de la dentina que varía entre 245-280 MPa. De forma semejante, los módulos de elasticidad (tabla 2) mostraron valores medios alrededor de 2-3 GPa, que difiere del módulo de elasticidad de la dentina alrededor de 11-20 GPa. No obstante, los valores medios de ME presentados en este estudio fueron menores que los observados en datos previos.¹⁷

La microdureza es considerada un método indirecto de investigar el grado de conversión de la matriz polimérica.²⁵ La disminución gradual de la microdureza sugiere una reducción en el grado de conversión, a la medida que la distancia de la superficie de irradiación aumenta y la luz penetrada disminuye. En los estudios de Pereira et. al (2018), las resinas “Bulk-fill” presentaron un alto grado de conversión y microdureza, similares en capas profundas, cuando se les comparó con la resina convencional.¹⁹ Sin embargo, la microdureza presenta diferencias significativas entre los espesores de la muestra.²⁰

En cambio, respecto al grado de conversión, no se observaron interferencias de la profundidad/ espesor entre los estudios.²⁰

En los estudios de Lima et al. (2018) se demostró que los resultados con grados de conversión mayores a 50% son valores aceptados por la literatura, ya que muchos de los estudios reportaron que los valores son dependientes del material evaluado.²² En el presente estudio, como se presenta en la Tabla 3, la resina Aura, fotopolimerizada a 800 mW/cm, obtuvo menores medias de grado de conversión con valores inferiores a los aceptables en la literatura. Además, nuestros resultados corroboran lo encontrado con estudios previos, donde el bajo nivel de irradiación comprometió el grado de conversión frente al volumen de resina utilizada en la técnica de “Bulk-fill”.^{1,22}



Con relación a la resina Tetric N-Ceram, los valores medios para el grado de conversión y microdureza no presentaron diferencias significativas entre las irradiancias. Y, para la resina Filtek, se observaron las medias más altas de GC y KHN cuando se la fotopolimerizó a 1200 mW/cm. Ante a estos resultados, se encontraron tanto valores aceptables de grado de conversión para las resinas "Bulk-Fill" con 4 mm de espesor, que coincide con los estudios previos,⁴ como la dependencia de una adecuada irradiancia (igual o superior a 1200 mW/cm),⁵ para que se obtenga un grado de conversión satisfactorio.

Se observaron diferencias estadísticas en los resultados de conversión en ese estudio según las marcas comerciales de las resinas evaluadas. Este hecho puede estar relacionado a las diferencias en la composición de los materiales, tales como: tipo y cantidad de partículas de relleno, monómeros, matriz inorgánica o modificación en los fotoiniciadores, que favorecen la mejor penetración de la luz en la muestra durante la fotopolimerización.^{20,22,26,27} A pesar de que las resinas evaluadas presentan una composición de la matriz semejante, difieren en el tamaño y cantidad de partículas de relleno. La resina Filtek posee un contenido de relleno (58,4% vol.) menor que la resina Tetric N-Ceram (61% vol.) y Aura (65% vol.). En consecuencia, la reducción del contenido de partículas de la matriz propicia una mayor profundidad de polimerización.^{17,26,28} De esta forma, se verifica la correlación de la composición del material respecto a la propiedad de la dureza de superficie y de los valores del grado de conversión.

Frente a un grado de conversión reducido, existe una mayor cantidad de componentes no reaccionados, lo que ocasionaría una mayor sorción y solubilidad del material, además de una posible mayor citotoxicidad.²⁰ Sin embargo, el análisis de la sorción y solubilidad en el agua de los productos en cuestión no evidenció diferencias estadísticas entre las resinas y los LED utilizados. No obstante, cuando se relaciona los valores obtenidos con los análisis del grado de conversión, se observa que la resina Aura, fotopolimerizada a 800 mW/cm obtuvo menores medias del grado de conversión y valores más inestables del parámetro de solubilidad (mayor desviación estándar de las muestras), aún sin diferencia estadística.

Asimismo, se presenta con los menores valores de resistencia a la flexión. Se comprueba de esta manera la interrelación de las propiedades físico-mecánicas del material ante de las irradiancias utilizadas.^{1,22,29} Con ello, se rechaza la segunda hipótesis nula (H02 - No existen diferencias en las propiedades mecánicas entre las resinas "Bulk-fill" ante las diferentes irradiancias probadas).

Corroborando con los resultados del presente estudio, la resina "Bulk" presenta eficiencia clínica comprobada, siempre y cuando se respeten las indicaciones y fotopolimerizadas por unidades de activación adecuadas, tanto de la superficie como de la profundidad. La clasificación "Bulk" actualmente parece estar más regida por el modo de aplicación en incremento único que por un tipo básico de configuración química de los productos, lo que también merece atención de los órganos reguladores y cuidados en su aplicación por parte de los profesionales.

Aún son necesarios nuevos estudios que consideren el diámetro de la fuente de luz, el color de la resina y tiempo de aplicación de la luz, tomándose en cuenta que en la actualidad existen LED muy potentes con tiempos de aplicación muy cortos (3 s). Dichas fuentes también consideran la actuación en otra longitud de onda y sistemas de iniciación, lo que puede generar problemas durante la polimerización.

Así, dentro de las limitaciones del estudio, la resina "Filtek Bulk Fill" fue la que presentó los mejores resultados cuando se le comparó con las resinas Tetric-N-Ceram y Aura, perjudicándose el análisis de las propiedades de RF y ME por la inconformidad de las normas en las pruebas propuestas de estos nuevos materiales de ser empleados en mayores espesores.

CONCLUSIÓN

Se concluye que la propiedad de microdureza y grado de conversión de las resinas compuestas "Bulk-Fill" son influenciadas por las características inherentes de la marca comercial y de la intensidad del fotopolimerizador LED utilizado.



REFERENCIAS

1. Gonçalves F, Boaro LC, Miyazaki CL, et al. Influence of polymeric matrix on the physical and chemical properties of experimental composites. *Braz Oral Res* 2015; 29: 1–7.
2. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater* 2015; 31: 1542–1551.
3. Sahadi BO, Price RB, Andre CB, et al. Multiple-peak and single-peak dental curing lights comparison on the wear resistance of bulk-fill composites. *Braz Oral Res*; 32. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0122.
4. Garoushi S, Vallittu P, Shinya A, et al. Influence of increment thickness on light transmission, degree of conversion and micro hardness of bulk fill composites. *Odontology* 2016; 104: 291–297.
5. Massoti T, Barcellos D, Petrucelli N, et al. Analysis of flexural strength of composite resins polymerized by 2nd and 3rd generation leds. *Braz Dent Sci* 2015; 18: 67–74.
6. Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães D V., et al. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater* 2001; 17: 309–15.
7. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, et al. Depth of cure of resin composites: Is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater* 2012; 28: 521–528.
8. Ferracane JL, Greener EH. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res* 1986; 20: 121–131.
9. Abu-Elenain DA, Lewis SH, Stansbury JW. Property evolution during vitrification of dimethacrylate photopolymer networks. *Dent Mater* 2013; 29: 1173–81.
10. Ye Q, Spencer P, Wang Y, et al. Relationship of solvent to the photopolymerization process, properties, structure in model dentin adhesives. *J Biomed Mater Res - Part A* 2007; 80: 342–50.
11. Fronza B, Ayres A, Pacheco R, et al. Characterization of Inorganic Filler Content, Mechanical Properties, and Light Transmission of Bulk-fill Resin Composites. *Oper Dent* 2017; 42: 445–455.
12. Borges ALS, Borges AB, Barcellos DC, et al. Avaliação da resistência à flexão e do módulo de flexão de diferentes compósitos. *RPG* 2009; 16: 26–32.
13. Yap AUJ, Teoh SH. Comparison of flexural properties of composite restoratives using the iso and mini-flexural tests. *J Oral Rehabil* 2003; 30: 171–177.
14. Rodrigues Junior A, Zanchi CH, Carvalho RV, Demarco FF, Demarco F, et al. Flexural strength and modulus of elasticity of different types of resin-based composites Resistência à flexão e módulo de elasticidade de diferentes tipos de resina composta MSc Student. *Braz Oral Res* 2007; 21(2): 16–2116.
15. Yap A, Eweis A, Yahya N. Dynamic and Static Flexural Appraisal of Resin-based Composites: Comparison of the ISO and Mini-flexural Tests. *Oper Dent* 2018; 43: E223–E231.
16. Borges A, Borges A, Barcellos D, et al. Avaliação da resistência flexural e módulo de elasticidade de diferentes resinas compostas indiretas. *Rev Pós-Graduação* 2012; 19: 50–56.
17. S. W, Pumpaluk P. Comparison of physical properties of three commercial composite core build up materials. *Dent Mater J*. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.4012/dmj.2018-038.
18. Papadogiannis D, Tolidis K, Gerasimou P, et al. Viscoelastic properties, creep behavior and degree of conversion of bulk fill composite resins. *Dent Mater* 2015; 31: 1533–1541.
19. Pereira R, Giorgi MCC, Lins RBE, et al. Physical and photoelastic properties of bulk-fill and conventional composites. *Clin Cosmet Investig Dent* 2018; 10: 287–296.
20. Nascimento AS, Lima DB, Fook MVL, et al. Physicomechanical characterization and biological evaluation of bulk-fill composite resin. *Braz Oral Res*. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0107.
21. Hiraishi N, Sono R, Sofiqul I, et al. In vitro evaluation of plant-derived agents to preserve dentin collagen. *Dent Mater* 2013; 29: 1048–1054.
22. Lima RBW, Troconis CCM, Moreno MBP, et al. Depth of cure of bulk fill resin composites: A systematic review. *J Esthet Restor Dent* 2018; 30: 492–501.
23. Rueggeberg F, Caughman W, Curtis J. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994; 19: 26–32.
24. Combe EC, Shaglouf AMS, Watts DC, et al. Mechanical properties of direct core build-up materials. *Dent Mater* 1999; 15: 158–165.
25. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater* 2014; 30: 1104–1112.
26. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill Resin-based Composites: An In Vitro Assessment of Their Mechanical Performance. *Oper Dent* 2013; 38: 618–625.
27. Araújo RM, Lemes EC, Pachito RF, et al. The impact of at home and in-office bleaching agents on the color stability of bulk-fill composite resins. *Brazilian Dent Sci* 2019; 22: 94–102.
28. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, et al. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent* 2014; 42: 993–1000.
29. Besegato, JF Jussiani, El Andrelo, AC Fernandes, RV Salomão, FM Vicentin, BLS Dezan-Garbelini, CC Hoepfner M. Effect of light-curing protocols on the mechanical behavior of bulk-fill resin composites. *J Mech Behav Biomed Mater* 2019; 90: 381–387.