



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

CÂMPUS DE ARAÇATUBA – FACULDADE DE ODONTOLOGIA

MARIANA MIAN DE SOUZA

**Análise da microdureza de uma resina composta do
tipo Bulk fill. Efeitos de diferentes fontes fotoativadoras
Led e da espessura de incrementos resinosos.**

**Araçatuba
2020**

MARIANA MIAN DE SOUZA

**Análise da microdureza de uma resina composta do
tipo Bulk fill. Efeitos de diferentes fontes fotoativadoras
Led e da espessura de incrementos resinosos**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de
Odontologia de Araçatuba da
Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho” – UNESP,
como parte dos requisitos para
conclusão do curso de graduação
em Odontologia

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Aimée Maria
Guiotti

**Araçatuba
2020**

DEDICATÓRIA

A Deus e aos meus pais pela gratidão,
apoio, carinho e compreensão durante a
elaboração deste trabalho e em todos
esses anos de minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus pais, Reginaldo e Roseli, por apoiar, incentivar e me fortalecer durante todas as etapas as quais enfrentamos até hoje e por me darem suporte tanto para entrar na faculdade, como para concluí-la com êxito e competência. Agradeço também à minha irmã, Fabiane; aos meus avós, Pedro e Darcy; e aos meus padrinhos, Célia e Jair (em memória) que também me ampararam, me incentivaram e apoiaram a chegar até aqui.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na pessoa do diretor da Faculdade de Odontologia de Araçatuba Prof. Tit. Glauco Issamu Miyahara e do vice-diretor Prof. Tit. Alberto Carlos Botazzo Delbem.

À Prof. Dr. Aimee Maria Guiotti pelo carinho, compreensão, atenção e apoio durante o processo de definição e orientação.

Ao Prof. Dr. Rodolfo Bruniera Anchieta, que, nos anos de convivência, também muito me ensinou, e contribuiu para meu crescimento científico através de oportunidade e orientações.

Ao Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos pelo conhecimento e colaboração na pesquisa.

À Doutoranda Isis Almela Endo Hoshino, que, nos anos de convivência, muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico e intelectual.

Aos meus amigos Natalia, Mirella, Amanda e Guilherme, pelo apoio e amizade durante todos esses anos na faculdade. E principalmente às amigas Mariana Fantini, Amanda e Lívia, pelo apoio, amizade e ajuda durante toda a fase de elaboração do meu TCC.

**“O tempo é algo que não volta atrás.
Por isso plante seu jardim e decore sua
alma, ao invés de esperar que alguém lhe
traga flores”.**

William Shakespeare

SOUZA, M.M. Análise da microdureza de uma resina composta do tipo Bulk fill. Efeitos de diferentes fontes fotoativadoras Led e da espessura de incrementos resinosos. 2020. Trabalho de conclusão de curso - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2003.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é avaliar a microdureza knoop (KHN) superficial e em profundidade de uma resina composta Bulk Fill de segunda geração, variando o sistema de fotoativação e as espessuras dos incrementos. Foram confeccionados 90 espécimes em resina composta Bulk fill (Filtek One Bulk Fill Restorative, 3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil) que foram distribuídos em 6 grupos de estudo (n=15), de acordo com as espessuras dos incrementos de resina composta (2, 3 e 4 mm) e fontes LED fotopolimerizadoras (LEDs monowave (Elipar™ DeepCure-L) e polywave (Valo® Cordless)). A KHN superficial foi obtida empregando o microdurômetro (HNV 2000) e uma ponta diamantada do tipo Knoop, que foram empregados para a realizações de cinco mensurações na região mais central da superfície superior de cada espécime. A análise de KHN em profundidade foi registrada para cada milímetro do espécime analisado, após os espécimes serem seccionados e embutidos em matriz de resina acrílica, de tal forma que a superfície interna do disco permanecesse exposta. Foram realizadas três sequências de mensurações equidistantes, tomando-se como referência as mensurações no centro do bloco, com distâncias de 10, 20, 30, 60, 90 e 120 μ m a partir da superfície superior do espécime. Após aplicação do teste de normalidade, para os resultados observados para a KHN superficial, foi utilizado o teste de Anova e de Tukey, enquanto que, para a variável de resposta KHN em profundidade, foram utilizados testes não paramétricos, sendo adotados, para os dados independentes, os testes Mann Whitney, Kruskal Wallis e Dunn e, para dependentes, os testes Wilcoxon e Friedman. Para análises de KHN superficial e em profundidade, observou-se que os espécimes dos grupos fotoativados com a unidade LED polywave exibiram valores médios maiores que os dos fotoativados pelo LED monowave ($p < 0,05$). Ao comparar isoladamente as

espessuras, para cada unidade LED, a KHN decresceu significativamente à medida que se aumentou a espessura dos espécimes ($2 > 3 > 4\text{mm}$) ($p < 0,05$). Conclui-se que o fotoativador polywave LED Valo e a menor espessura do material resinoso possibilitaram a obtenção dos melhores resultados para as KHN superficial e em profundidade.

Palavras-chave: Resinas compostas. Polimerização. Dureza.

SOUZA, M.M. Microhardness analysis of a Bulk fill composite resin. Effects of different Led curing sources and image increment thickness. 2020. Trabalho de conclusão de curso - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2003.

ABSTRACT

The objective of the present work is to evaluate the superficial and deep Knoop microhardness (KHN) of a second generation Bulk Fill composite resin, varying the photoactivation system and the thickness of the increments. 90 specimens were made in Bulk fill composite resin (Filtek One Bulk Fill Restorative, 3M ESPE, Sumaré, SP, Brazil) and were distributed in 6 study groups ($n = 15$), according to the thickness of the composite resin increments (2, 3 and 4 mm) and light-curing LED sources (monowave LEDs (EliparTM DeepCure-L) and polywave (Valo[®] Cordless). The superficial KHN was obtained using the microdurometer (HMV 2000) and a diamond tip of the Knoop type, which were used to perform five measurements in the most central region of the upper surface of each specimen. The depth KHN analysis was recorded for each millimeter of the analyzed specimen, after the specimens were sectioned and embedded in an acrylic resin matrix, in such a way that the internal surface of the disc remained exposed. Three sequences of equidistant measurements were made, taking measurements at the center of the block as a reference, with distances of 10, 20, 30, 60, 90 and 120 μm from the upper surface of the specimen. After applying the normality test, for the results observed for the superficial KHN, the Anova and Tukey test was used, while for the KHN response variable in depth, non-parametric tests were used, being adopted, for the data the Mann Whitney, Kruskal Wallis and Dunn tests and, for dependents, the Wilcoxon and Friedman tests. For superficial and in-depth KHN analyzes, it was observed that the specimens of the groups photoactivated with the LED polywave unit exhibited higher mean values than those photoactivated by the LED monowave ($p < 0.05$). When comparing the thicknesses separately, for each LED unit, the KHN decreased significantly as the thickness of the specimens increased ($2 > 3 > 4\text{mm}$) ($p < 0.05$). It is concluded that the polywave

photoactivator LED Valo and the smaller thickness of the resinous material made it possible to obtain the best results for superficial and deep KHN.

Keywords: Composite resins. Polymerization. Toughness

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 -** Fluxograma, ilustrando a distribuição dos 16 grupos experimentais.
- Figura 2 -** Sequência de preparação do espécime e 18 análise da microdureza (KHN) superficial e em profundidade.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 -** Médias e desvio padrão da microdureza (KHN) 21
superficial dos grupos experimentais, de acordo com fontes de luz fotopolimerizadora e espessuras dos incrementos de resina.
- Tabela 2 -** Médias e desvio padrão da microdureza (KHN) 22
em profundidade, de acordo com as fontes de luz fotopolimerizadoras, espessuras dos incrementos de resina e posição de micropenetrações em profundidade.

LISTA DE ABREVIATURAS

AFM – Addition Fragmentation Monomer
AUDMA – Aromatic Urethane Dimethacrilate
ANOVA – Análise de Variância
EUA – Estados Unidos da América
GR1 – grupo 1
GR2 – grupo 2
GR3 – grupo 3
GR4 – grupo 4
GR5 – grupo 5
GR6 – grupo 6
HMV – microdurômetro
Inc. – Incorporação
J/cm² - joule por centímetro quadrado
KHN – Microdureza Knoop
LED – Light Emitting Diodes
Ltda. – limitada
mW/cm – miliwatt por centímetro
SP – São Paulo
Teflon – poutetrafluortileno
USA – United States of América
YbF₃ – fluoreto de itérbio
µm – micrômetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO	15
2.1. Hipóteses Nulas	16
3. MATERIAL E MÉTODO	16
3.1. Delineamento Experimental	16
3.2. Confeção dos Espécimes	17
3.3. Ensaio de Microdureza Knoop	19
3.3.1. Microdureza Superficial	19
3.3.2. Microdureza em Profundidade	19
3.4. Análise Estatística	19
4. RESULTADO	20
4.1. KHN Superficial	20
4.2. KHN em Profundidade	20
5. DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIA	25

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de reduzir os efeitos clínicos indesejáveis referentes à contração de polimerização das resinas compostas(1) e para obter melhor desempenho clínico em cavidades amplas e profundas (1-3), os compósitos de baixa contração de polimerização, denominados resina composta Bulk Fill, têm sido usualmente empregados (4).

Esse promissor material resinoso restaurador possibilita a sua inserção nos preparos cavitários, em incremento único de 4 a 6 mm; (1, 2, 5-9) e que, dependendo do fabricante, apresenta, entre outras, uma considerável simplificação da técnica restauradora, diminuindo os riscos de contaminação, a formação de bolhas, assim como a redução do tempo clínico quando comparado com a técnica incremental (10-12).

Entretanto, fatores relacionados com a sua eficácia de polimerização e profundidade cura têm sido amplamente questionadas (13), uma vez que a principal falha precoce de uma restauração resinosa pode estar relacionada a polimerização ineficiente do material restaurador, (14) o que certamente poderá influenciar diretamente na propriedade de mecânica do material (13, 14).

A incorporação de fotoiniciadores mais sensíveis a irradiação de luz (15, 16) e a utilização de aparelhos fotoativadores fundamentados na tecnologia LED (*light emitting diodes*) têm sido as principais estratégias adotadas para garantir maior grau de conversão e de polimerização adequada do material resinoso restaurador mesmo em incrementos espessos (4 a 5 mm) e sem o acréscimo de tempo na fotoativação (7, 8, 15, 17).

Em contraste com os aparelhos fotopolimerizadores antecessores, os com LEDs têm demonstrado maior eficiência na fotopolimerização (12). Tradicionalmente, os LEDs concentram-se em sistema “monowave”, que possuem espectro monocromático de emissão, na faixa que compreende apenas luz azul (14, 18), ao passo que o sistema de “polywave”, recentemente inserido no mercado odontológico, emite uma combinação de luz violeta com a azul. De acordo com Harlow et al. em 2016 (18), essa diferença poderá afetar a reação de polimerização do material, dependendo

dos fotoiniciadores presentes na composição química da resina composta empregada.

Um aspecto importante a ser considerado para as resinas Bulk fill é que influencia na sua cadeia de polimerização está relacionado com a sua maior translucidez. Por apresentar uma menor concentração de partículas de carga em maiores tamanhos (19), ela permite uma maior passagem de luz ao longo da resina composta durante o seu processo de fotopolimerização. Bucuta S & Ilie, em 2014, descreveram essa característica como fator fundamental para a obtenção de uma melhor performance clínica da restauração final com resina Bulk fill (20); resultando, por outro lado, em uma estética insatisfatória.

De encontro com esse fator indesejável, foi lançado recentemente no mercado odontológico um compósito de baixa contração de polimerização (Filtek One Bulk Fill Restorative, 3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil) com características ópticas semelhantes às das resinas compostas convencionais e sem afetar a profundidade de cura do compósito através da adição dos monômeros específicos, tais como: Addition-Fragmentation Monomer" (AFM) e "Aromatic Urethane Dimethacrylate" (AUDMA), assim como de um radiopacificador à base de fluoreto de itérbio (YbF_3).

Considerando que os pigmentos presentes nos compósitos possam interferir na absorção e dispersão da luz (15, 21), as resinas compostas de cromas mais claros e com maior translucidez, permitem melhor difusão da luz na matriz e, conseqüentemente, resultam em melhores propriedades físico-mecânicas do que as dotadas de cromas mais escuros (22, 23).

Diante da escassez de informações a respeito desses novos materiais, estudos laboratoriais e clínicos devem ser realizados para comprovar os seus desempenhos considerando, para tanto, a espessura do incremento de resina e a influência da luz LED na dureza desse material.

2. OBJETIVO

Avaliar a microdureza (KHN) superficial e em profundidade de uma resina composta de baixa contração de segunda geração, variando o sistema de fotoativação e a espessuras dos incrementos resinosos.

2.1 Hipóteses Nulas

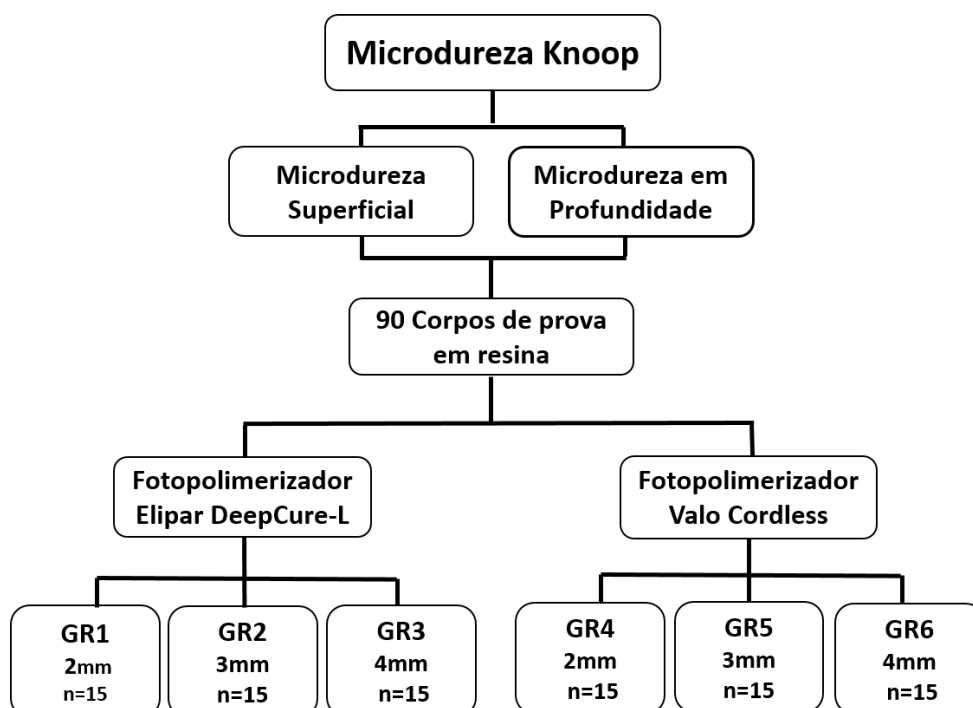
- (1) os diferentes sistemas de fotoativação não influenciarão nos valores de KHN da resina composta de baixa contração;
- (2) a variação da espessura dos incrementos de resina não influenciará na sua KHN superficial e de profundidade;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Delineamento experimental

Os fatores em estudo foram: (1) sistema de fotoativação em dois níveis (monowave- Elipar DeepCure-L e polywave- Valo Cordless) e (2) espessura do incremento de resina em três níveis (2, 3 e 4 mm). Foram realizados 90 corpos de prova de resina composta de baixa contração de polimerização (Filtek One Bulk Fill Restorative, 3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil), na cor A2, em forma de pastilhas, que foram distribuídos em seis grupos de estudo (n=15) (24), como ilustrado na figura 1. As variáveis de resposta foram o ensaio de KHN superficial e em profundidade na secção transversal.

Figura 1- Fluxograma, ilustrando a distribuição dos grupos experimentais.



3.2 Confeção dos espécimes

Para o ensaio de KHN superficial e em profundidade na secção transversal foram realizados 90 espécimes. Para tanto, foi utilizado uma matriz de politetrafluoretileno (Teflon) com orifícios de 4 mm de diâmetro e espessura de 2, 3 e 4 mm.

Para padronização dos corpos de prova, foi posicionada sobre uma placa de vidro uma tira de poliéster, seguidos pela adaptação de uma matriz de Teflon com espessura correspondente a cada grupo de estudo (2, 3 e 4 mm) e pela inserção da resina composta One Bulk Fill Restorative (3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil), que foi inserida pela técnica de incremento único até a espessura total desejada. Uma outra tira de poliéster foi adaptada sobre o material resinoso, onde, imediatamente após, foi posicionada uma placa de vidro com a finalidade de obter uma melhor acomodação e planificação do material resinoso, recém inserido na matriz de teflon.

Em sequência, após a remoção apenas da placa de vidro e com a tira de poliéster em posição, realizou-se a fotopolimerização do material resinoso, pelo tempo de 20 segundos, empregando a unidade de fotopolimerização correspondente a cada grupo de estudo; com os espécimes dos grupos GR1, GR2 e GR3 recebendo a aplicação do fotopolimerizador Elipar™ DeepCure-L (3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil) no modo standard, com o sistema de fotoativação monowave, cujo a irradiância é de 1.470 mW/cm² ; e os dos GR4, GR5 e GR6 a do VALO® Cordless (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) no modo standard e com o sistema de fotoativação polywave, cujo a irradiância é de 1.000 mW/cm² . A distância da ponta da fonte fotopolimerizadora LED com a superfície do material resinoso a ser irradiado foi padronizada em 0 mm (22).

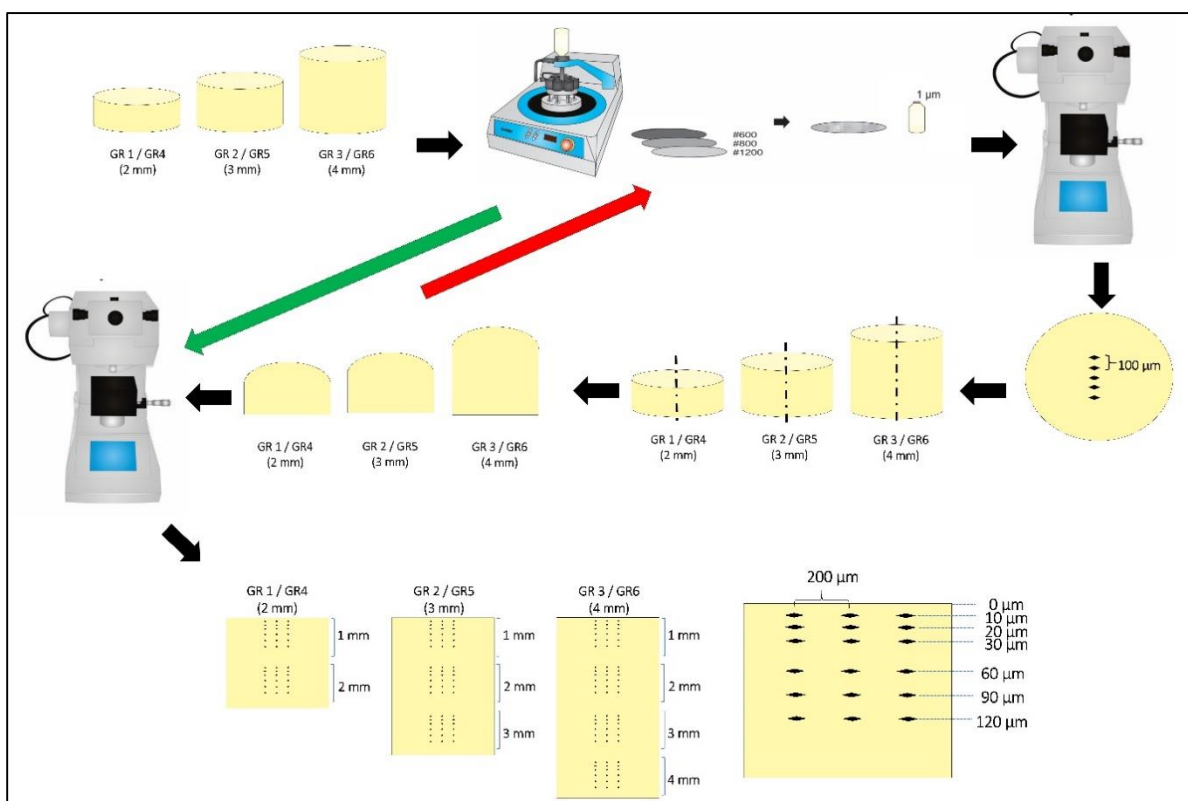
Os espécimes confeccionados foram armazenados em câmara umidificadora com temperatura de 37°C por um período de 24 horas. Para a realização do acabamento e polimento da superfície superior e interna do espécime, ele foi fixado em uma base cilíndrica de resina acrílica (JET, Artigos

Odontológicos Clássico Ltda, Campo Limpo Paulista, SP, Brasil) com auxílio de cera pegajosa (ASFER Indústria Química Ltda, São Caetano do Sul, SP, Brasil), sendo inicialmente abrasonados com lixa de óxido de alumínio de granulação de 600, 800 e 1200 por 3 minutos em cada granulação, seguindo a ordem decrescente de abrasividade. Em seguida, foram polidos com feltro (MicroCloth, Buehler Inc., Lake Bluff, IL, EUA) e solução de diamante de 1 μm (Metadi, Buehler Inc., Lake Bluff, IL, USA) pelo tempo de 3 minutos.

Após o polimento, todos os espécimes foram lavados em cuba ultrassônica e água destilada pelo tempo de 5 minutos. O protocolo de abrasividade e polimento foram adotados para a realização da leitura de KHN superficial e de profundidade (Figura 2).

O ensaio de KHN superficial foi realizado utilizando um microdurômetro (HMV 2000 Shimadzu, Tokyo, Japão), com uma ponta Knoop acoplada, o qual foi previamente calibrado em espécime padrão de quartzo para verificar os valores de módulo de KHN.

Figura 2 – Sequência de preparação do espécime e análise de KHN superficial e em profundidade.



3.3 Ensaio de Microdureza Knoop (KHN)

3.3.1. Microdureza superficial (KHN superficial)

A análise da KHN superficial foi realizada na superfície superior do espécime com auxílio de um microdurômetro (HVM 2000 Shimadzu, Tokyo, Japão) com carga estática de 25 gramas por 10 segundos. Em cada superfície de análise foram realizadas cinco micropenetrações equidistantes na região central do espécime e com distância de 100µm entre cada micropenetração (Figura 2).

3.3.2. Microdureza em profundidade (KHN em profundidade)

Após a análise da KHN superficial, a superfície interna dos espécimes foram analisadas. Para tanto, eles foram seccionados no sentido transversal com auxílio de um disco diamantado acoplado a uma cortadeira de precisão Isomet 1000 (Buheler, Lake Bluff, IL, USA) em baixa velocidade e sob refrigeração. A seguir, após serem embutidos em resina acrílica, a superfície interna de cada espécime foi submetida ao protocolo de acabamento e polimento, utilizando lixa de óxido de alumínio e feltro com solução de diamante. A carga estática para determinar a KHN em profundidade na seção transversal foi de 5 gramas por 10 segundos. As micropenetrações foram realizadas no centro do bloco a distâncias de 10, 20, 30, 60, 90 e 120 µm da superfície do disco. Mais de duas séries de micropenetrações foram realizadas em cada espécime, sendo localizadas 200 µm à direita e à esquerda dos entalhes realizados no centro dos discos (25) (Figura 2).

3.4 Análise estatística

A média dos valores de KHN para cada grupo de estudo foi calculada e os resultados submetidos ao teste de aderência a curva de normalidade (Teste de Shapiro – Wilk, $p < 0,05$). No caso da KHN superficial em que as variáveis

apresentaram distribuição normal, utilizou-se ANOVA dois fatores para medidas repetidas comparando os fotopolimerizadores e pós-teste de Tukey ($p < 0,05$) que compara os resultados. Para KHN em profundidade a distribuição foi anormal, então, testes não paramétricos foram adotados. Os testes Mann Whitney, Kruskal Wallis, seguido do teste de Dunn foram aplicados para dados independentes e os testes post hoc de Wilcoxon.

4. RESULTADOS

4.1 KHN superficial

Em se tratando dos valores médios de KHN superficial (Tabela 1), observou-se a presença de diferença estatisticamente significativa entre todos os grupos ($p < 0,05$), dentro e entre cada fator unidade de LEDs (Elipar™ DeepCure-L e Valo® Cordless) e a espessura do material resinoso; sendo observado que os grupo GIV que recebeu a aplicação de LED Valo e a camada de resina com espessura de 2 mm exibiu significativamente o maior valor médio de KHN superficial. A menor KHN superficial foi significativamente evidenciada para a espessura de 4 mm e que foi fotopolimerizada pela fonte LED Elipar™ DeepCure-L (GIII). Observou-se que os valores médios de dureza superficial foram decrescendo significativamente à medida que aumentaram-se as espessuras dos incrementos resinosos, dentro de cada sistema de fotopolimerização. (Tabela 1)

4.2 KHN em profundidade

Da mesma forma, foi observado para análise de KHN em profundidade a presença de diferença estatisticamente significativa entre todos os grupos ($p < 0,05$), dentro e entre cada fator unidade de LEDs (Elipar™ DeepCure-L e Valo® Cordless) e a espessura do material resinoso (Tabela 2). Verificando que os grupos IV e V (2 e 3 mm de espessura, respectivamente) que receberam a aplicação de LED Valo exibiram significativamente os maiores valores médios de KHN em profundidade e que foram decrescendo significativamente à medida que aumentou-se a espessura dos incrementos de resina e a profundidade das microperfurações realizadas no espécime (Tabela 2).

Tabela 1- Médias e desvio padrão da microdureza (KHN) superficial dos grupos experimentais, de acordo com fontes de luz fotopolimerizadora e espessuras dos incrementos de resina.

	Elipar™ DeepCure-L	VALO® Cordless
2 mm	GI $69,31 \pm 0,51$ A b	GIV $70,67 \pm 0,62$ A a
3 mm	GII $66,71 \pm 0,46$ B b	GV $68,24 \pm 0,51$ B a
4 mm	GIII $64,55 \pm 0,56$ C b	GVI $65,66 \pm 0,58$ C a

Letras distintas, maiúsculas (vertical) comparam os milímetros no mesmo grupo e minúsculas (horizontal) comparam as unidades LED, apresentam diferença estatisticamente significativa entre si ($p < 0.05$).

Nos espécimes com 4mm de espessura, grupos III e VI, as profundidades de 1 e 2mm registraram significativamente os maiores valores de KHN em profundidade, mas estatisticamente semelhantes entre si ($p > 0,05$). A menor KHN em profundidade foi significativamente evidenciada para a espessura de 4 mm que foi fotopolimerizada pela fonte LED Elipar™ DeepCure-L.

Tabela 2- Médias e desvio padrão da microdureza (KHN) em profundidade, de acordo com as fontes de luz fotopolimerizadoras, espessuras dos incrementos de resina e posição de micropenetrações em profundidade.

		Elipar™ DeepCure-L	VALO® Cordless
2 mm	1ºmm	GI 82,48 ± 0,41 A b	GIV 87,61 ± 0,46 A a
	2ºmm	72,51 ± 0,34 B b	78,68 ± 0,44 B a
3 mm	1ºmm	GII 81,38 ± 0,31 A b	GV 85,56 ± 0,45 A a
	2ºmm	71,59 ± 0,25 B b	75,48 ± 0,45 B a
	3ºmm	63,18 ± 0,22 C b	65,71 ± 0,38 C a
4 mm	1ºmm	GIII 79,38 ± 0,30 A b	GVI 82,48 ± 0,30 Aa
	2ºmm	68,96 ± 0,19 AB b	73,43 ± 0,41 AB a
	3ºmm	60,59 ± 0,35 BC b	63,98 ± 0,38 BC a
	4ºmm	52,50 ± 0,32 C b	54,56 ± 0,41 C a

Letras distintas, maiúsculas comparam os milímetros e minúsculas comparam a unidade de LED, apresentam diferença estatisticamente significativa entre si (p<0,05).

5. DISCUSSÃO

O teste de KHN no material resinoso Bulk fill de segunda geração foi adotado nesse estudo com o objetivo de avaliar a influência dos sistemas monowave e polywave e a espessura dos incrementos das resinas. Embora consista em um método indireto (26), esse ensaio mecânico é tido como um excelente indicador do grau de polimerização das resinas compostas (26). Uma vez que, a fotoativação adequada permite maior formação de sítios de ligação durante o processo de fotopolimerização (27), logo, quanto maior o grau de conversão dos monômeros, mais elevados serão os valores de KHN registrados.

O sinergismo entre a composição do material e a exposição radiante (Irradiação x tempo), bem como a espessura dos incrementos é responsável por determinar a quantidade de energia que chegará nas camadas mais profundas do material restaurador (26, 28).

No presente estudo, a KHN diminuiu à medida que aumentou a espessura dos espécimes, sendo os menores valores registrados com a utilização da unidade LED monowave. Diante dos resultados encontrados, a primeira e a segunda hipóteses nulas foram rejeitada.

Como esta resina é inserida na forma de incremento único de 4 a 5 mm de espessura, uma explicação para tal comportamento está no princípio da lei de Lambert-Beer (28). Este princípio demonstra que *a intensidade da luz emitida decresce exponencialmente à medida que a espessura do espécime aumenta aritmeticamente*.

Estima-se que, para a adequada fotoativação de incremento único de resinas de baixa contração de polimerização com espessura de 4mm, a dose mínima de energia necessária seja de $\geq 20 \text{ J/cm}^2$ (13). Yap et al. relatou polimerização deficiente em resinas de baixa contração de polimerização quando utiliza-se unidade fotopolimerizadora com irradiância $\leq 700 \text{ mW/cm}$ pelo tempo recomendado do fabricante de 20 segundos, o que resultaria em uma dose total de energia de 16 J/cm^2 , sendo insuficiente para fotopolimerização de resinas de baixa contração de polimerização (29).

Associado a isso, a adição do radiopacificador YbF_3 na resina de baixa contração de polimerização com o intuito de alcançar melhores propriedades ópticas aumentou a sua opacidade e consequentemente reduziu a irradiância que atinge as camadas mais profundas do compósito (28) independente da unidade LED utilizado.

Outro fator a ser considerado é o tipo de cadeias poliméricas formadas durante a fotopolimerização (26). O emprego da unidade fotopolimerizadora com alta intensidade luminosa na fase inicial de cura por curto período pode propiciar a formação de cadeias lineares ao invés de cadeias reticuladas, possibilitando menores valores de KHN (27), como visto nas unidades LED monowave. Além disso, os achados de Sahadi et al. sugerem que os fótons dentro do espectro azul e violeta fornecidos pela unidade LED polywave são capazes de ativar a formação de cadeias poliméricas e, consequentemente, alcançar uma polimerização eficaz, independente do fotoiniciador contido no compósito (30).

Em contrapartida, em estudos anteriores os maiores valores de KHN foram obtidos em unidades LEDs monowave, por possuírem maior intensidade luminosa e exibirem uma penetração mais profunda dos fótons nos materiais resinosos quando comparados com os LEDs polywave, especialmente em área de maiores profundidades resinosas (12, 26).

Entretanto, vale ressaltar que mesmo as resinas bulk fill serem colocadas no mercado de trabalho com o propósito de serem utilizadas em incrementos de espessura maior e apresentarem uma profundidade de cura maior, devem ser analisadas antes de sua escolha. Já que, apresentarem prejuízos na polimerização em grandes profundidades, e ainda existem variáveis com carência de resultados.

6. CONCLUSÃO

De encontro com os resultados observados, podemos concluir que a KHN superficial e em profundidade de uma resina composta Bulk fill de segunda geração depende do sistema de fotoativação do material resinoso e da espessura do incremento empregado. Assim sendo, o fotoativador polywave

LED Valo e a menor espessura do material resinoso, possibilitarão a obtenção dos melhores resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Duarte S, Jr., Saad JR. Marginal adaptation of Class 2 adhesive restorations. Quintessence international (Berlin, Germany : 1985). 2008;39(5):413-9.
2. Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. Journal of dentistry. 2015;43(4):430-9.
3. Opdam NJ, van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, et al. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. Journal of dental research. 2014;93(10):943-9.
4. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. British dental journal. 2017;222(5):337-44.
5. Duran Ojeda G, Henriquez Gutierrez I, Tisi JP, Baez Rosales A. A Novel Technique for Bulk-Fill Resin-Based Restorations: Achieving Function and Esthetics in Posterior Teeth. Case reports in dentistry. 2017;2017:9408591.
6. Delgado AJ, Ritter AV, Donovan TE, Ziemięcki T, Heymann HO. Effect of Finishing Techniques on the Marginal Integrity of Resin-Based Composite and Resin-Modified Glass Ionomer Restoration. Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]. 2015;27(4):184-93.
7. Karacolak G, Turkun LS, Boyacioglu H, Ferracane JL. Influence of increment thickness on radiant energy and microhardness of bulk-fill resin composites. Dental materials journal. 2018;37(2):206-13.
8. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. Clinical oral investigations. 2013;17(1):227-35.

9. Ilie N, Kessler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *Journal of dentistry*. 2013;41(8):695-702.
10. Orłowski M, Tarczydło B, Chalas R. Evaluation of marginal integrity of four bulk-fill dental composite materials: in vitro study. *TheScientificWorldJournal*. 2015;2015:701262.
11. Chi HH. A posterior composite case utilizing the incremental and stratified layering technique. *Operative dentistry*. 2006;31(4):512-6.
12. Lucey SM, Santini A, Roebuck EM. Degree of conversion of resin-based materials cured with dual-peak or single-peak LED light-curing units. *International journal of paediatric dentistry*. 2015;25(2):93-102.
13. Lima RBW, Troconis CCM, Moreno MBP, Murillo-Gomez F, De Goes MF. Depth of cure of bulk fill resin composites: A systematic review. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]*. 2018;30(6):492-501.
14. Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. *Journal of dental research*. 2015;94(9):1179-86.
15. Taubock TT, Tarle Z, Marovic D, Attin T. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: effects on shrinkage force and monomer conversion. *Journal of dentistry*. 2015;43(11):1358-64.
16. Behery H, El-Mowafy O, El-Badrawy W, Saleh B, Nabih S. Cuspal Deflection of Premolars Restored with Bulk-Fill Composite Resins. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]*. 2016;28(2):122-30.
17. Charton C, Colon P, Pla F. Shrinkage stress in light-cured composite resins: influence of material and photoactivation mode. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2007;23(8):911-20.
18. Harlow JE, Rueggeberg FA, Labrie D, Sullivan B, Price RB. Transmission of violet and blue light through conventional (layered) and bulk cured resin-based composites. *Journal of dentistry*. 2016;53:44-50.
19. Piskin MB, Atali PY, Figen AK. Thermal, spectral, and surface properties of LED light-polymerized bulk fill resin composites. *Biomedizinische Technik Biomedical engineering*. 2015;60(1):65-75.

20. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clinical oral investigations*. 2014;18(8):1991-2000.
21. Reis AF, Vestphal M, Amaral RCD, Rodrigues JA, Roulet JF, Roscoe MG. Efficiency of polymerization of bulk-fill composite resins: a systematic review. *Brazilian oral research*. 2017;31(suppl 1):e59.
22. Price RB, Derand T, Sedarous M, Andreou P, Loney RW. Effect of distance on the power density from two light guides. *Journal of esthetic dentistry*. 2000;12(6):320-7.
23. AlShaafi MM. Factors affecting polymerization of resin-based composites: A literature review. *The Saudi dental journal*. 2017;29(2):48-58.
24. Taubock TT, Oberlin H, Buchalla W, Roos M, Attin T. Comparing the effectiveness of self-curing and light curing in polymerization of dual-cured core buildup materials. *Journal of the American Dental Association* (1939). 2011;142(8):950-6.
25. Briso AL, Goncalves RS, Costa FB, Gallinari Mde O, Cintra LT, Santos PH. Demineralization and hydrogen peroxide penetration in teeth with incipient lesions. *Brazilian dental journal*. 2015;26(2):135-40.
26. Gan JK, Yap AU, Cheong JW, Arista N, Tan C. Bulk-Fill Composites: Effectiveness of Cure With Poly- and Monowave Curing Lights and Modes. *Operative dentistry*. 2018;43(2):136-43.
27. Gajewski VE, Pfeifer CS, Froes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Brazilian dental journal*. 2012;23(5):508-14.
28. Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Taubock TT. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clinical oral investigations*. 2015;19(4):831-40.
29. Yap AU, Pandya M, Toh WS. Depth of cure of contemporary bulk-fill resin-based composites. *Dental materials journal*. 2016;35(3):503-10.
30. Sahadi BO, Price RB, Andre CB, Sebold M, Bermejo GN, Palma-Dibb RG, et al. Multiple-peak and single-peak dental curing lights comparison on the wear resistance of bulk-fill composites. *Brazilian oral research*. 2018;32:e122.

