



unopar

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
DOUTORADO EM ODONTOLOGIA

LUCIANA LIRA MENEGHEL

**INFLUÊNCIA DE SUBSTÂNCIAS CORANTES NA COR,
RUGOSIDADE E DUREZA EM COMPÓSITOS DE BAIXA
CONTRAÇÃO**

Londrina
2015

LUCIANA LIRA MENEGHEL

**INFLUÊNCIA DE SUBSTÂNCIAS CORANTES NA COR,
RUGOSIDADE E DUREZA EM COMPÓSITOS DE BAIXA
CONTRAÇÃO**

Tese apresentada à UNOPAR, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Danil Guiraldo

Londrina
2015

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU
ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA,
DESDE QUE CITADA A FONTE.**

**Dados Internacionais de catalogação-na-publicação
Universidade Norte do Paraná
Biblioteca Central
Setor de Tratamento da Informação**

M488i	<p>Meneghel, Luciana Lira Influência de substâncias corantes na cor, rugosidade e dureza em compósitos de baixa contração./ Luciana Lira Meneghel. Londrina: [s.n], 2016 46f.</p> <p>Tese (Doutorado em Odontologia). Universidade Norte do Paraná. Orientador: Prof. Dr. Ricardo Danil Guiraldo</p> <p>1 - Odontologia – tese de doutorado- UNOPAR 2- Cor 3- Dureza 4- Resinas compostas I- Guiraldo, Ricardo Danil; orient. II- Universidade Norte do Paraná.</p> <p style="text-align: right;">CDU 616.314-089.27</p>
-------	--

LUCIANA LIRA MENEGHEL

**INFLUÊNCIA DE SUBSTÂNCIAS CORANTES NA COR, RUGOSIDADE
E DUREZA EM COMPÓSITOS DE BAIXA CONTRAÇÃO**

Tese apresentada à UNOPAR, no Doutorado em Odontologia, área e concentração em Dentística, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Prof. Dr. Ricardo Danil Guiraldo
Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Murilo Baena Lopes
Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Marcelo Lupion Poletir
Universidade Norte do Paraná

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Piovezan Fugolin
Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Edwin Fernando Ruiz Contreras
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 27 de fevereiro de 2015.

*“Sonhe com o que você quiser.
Vá para onde você queira ir.
Seja o que você quiser ser, porque você possui apenas
uma vida e nela só temos uma chance de fazer aquilo que
queremos.
Tenha felicidade bastante para fazê-la doce.
Dificuldades para fazê-la forte.
Tristeza para fazê-la humana.
E esperança suficiente para fazê-la feliz.”*

Clarice Lispector

A meus pais,
Fernando (*in memoriam*) e **Anneliese**,
que incentivaram minha formação
sempre com muito esforço.

A meu esposo, **Fernando**,
companheiro de toda uma vida que, com amor e
paciência, apoiou mais essa etapa.

À minha filha, **Letícia**,
por acompanhar a jornada, de perto ou de longe,
mas sempre presente.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Prof. Dr. Ricardo Danil Guiraldo, como orientador, por seu apoio e estímulo, principalmente nos momentos mais críticos, conhecimento e paciência durante o período do curso e, principalmente, na elaboração dessa tese.

Aos Professores Doutores Sandrine Bittencourt Berger, Sandra Kiss Moura, Regina Célia Poli-Frederico, Thais Maria Freire Fernandes Poletti, Marcelo Lupion Poletti, Paula Oltramari-Navarro, Rodrigo Varella de Carvalho, Murilo Baena Lopes, pelos conhecimentos acrescentados para o desenvolvimento desse trabalho.

Às Professoras Doutoradas e Grandes Amigas, Karen Barros Parron Fernandes e Linda Wang, que sempre acreditaram nesse momento.

Aos colegas de curso: Lígia Pozzobon Martins, Maria Gisette Arias Provenzano, Paulo Roberto Fanzon Filho, Angelo Tirado dos Santos, Carlos Alexandre Bertoncelo, Fabiano Paiva Vieira e Alessandro Schwertner, pela convivência e troca de experiências;

À Universidade Estadual de Campinas, em particular aos Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, Prof. Dr. Américo Bortolazzo Correr, Prof^a. Dr^a. Debora Alves Nunes Leite Lima, Doutoranda Ana Paula Piovezan Fugolin e Marcos Blanco Cangiani, pela acolhida e apoio durante a pesquisa;

À Prof^a. Dr^a. Sandra Mara Maciel, pelo importante apoio durante a pesquisa.

Às sobrinhas, Rafaela Sacic Vitti, Carolina Sacic Vitti e Sofia Lira Chiodi que, “brilhantemente”, me auxiliaram na coleta dos dados.

E aos familiares, parentes e amigos que sempre torceram, apoiaram, incentivaram e, principalmente, acreditaram no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, representada pelo Reitor Prof. Cleber Fagundes Ramos e pelo Vice-Reitor Prof. Hélio Rodolfo Navarro;

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação e Pesquisa, representada pelo Prof. Dr. Hélio Hiroshi Suguimoto;

Ao Programa de Pós-graduação em Odontologia, representado pelo Prof. Dr. Alcides Gonini Júnior;

E aos funcionários da instituição, em especial ao secretário Gleydson Navarro Machado.

MENEGHEL, Luciana Lira. **Influência de substâncias corantes na cor, rugosidade e dureza em diferentes compósitos de baixa contração**. 46p. [Tese de Doutorado]. Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2015.

RESUMO

A susceptibilidade ao manchamento e conseqüente alteração nas propriedades físicas dos materiais tem sido comprovada em diversos tipos de compósitos, porém estas alterações ainda não foram bem esclarecidas naqueles denominados de baixa contração de polimerização. A proposta deste estudo foi avaliar a influência de substâncias corantes na cor, rugosidade e dureza em compósitos de baixa contração. Trinta espécimes (Filtek Z350 XT, Point 4, N'Durance, Venus Diamond) foram distribuídos em três grupos (n = 10), submetidos a soluções pigmentantes: vinho tinto (VT), molho de tomate (MT), café (CA). Avaliações de cor, rugosidade e dureza foram realizadas utilizando espectrofotômetro (CIEL*a*b*), rugosímetro e durômetro. Os dados foram submetidos a Análise de Variância e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Na comparação para cor entre as soluções pigmentantes, não houve diferenças estatísticas para os compósitos Filtek Z350 XT, Venus Diamond e N'Durance em nenhuma das soluções testadas. O compósito Point 4 apresentou diferenças estatisticamente significantes quando comparado aos compósitos Filtek Z350 XT, e Venus Diamond. Venus Diamond apresentou o maior valor de rugosidade média, seguido de Filtek Z350 XT, Point 4 e N'Durance com diferença estatística entre os compósitos. Os compósitos Filtek Z350 XT e Venus Diamond apresentaram valores estatísticos significantes inferiores após ao desafio químico para todas as substâncias corantes. O tratamento interferiu no manchamento, diminuindo a microdureza em alguns grupos, entretanto não interferiu na rugosidade.

Palavras-chave: Cor; Dureza; Resinas Compostas.

MENEGHEL, Luciana Lira. **Influence of staining agents on color change, roughness and hardness on low-shrinkage resin composites.** 46p. [Tese de Doutorado]. Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2015.

ABSTRACT

Staining susceptibility and physical properties change have been proven in composites, but these changes in low-shrinkage composites have not been clarified. The purpose of this study was to investigate the influence of staining agents on color, surface roughness and hardness in low-shrinkage composites. Thirty specimens (Filtek Z350 XT, Point 4, N'Durance, Venus Diamond) were divided into three groups (n = 10), submitted to pigmenting solutions: red wine (VT), tomato sauce (MT) and coffee (CA). Color evaluation, roughness and hardness were performed using a spectrophotometer (CIEL*a*b*), rugosimeter and hardness testing machine. The data were submitted to ANOVA and Tukey's test ($\alpha = 0.05$). Comparing to color pigments between the solutions, there were no statistical differences for the composite Filtek Z350 XT, Venus Diamond and N'Durance in any of the tested solutions. The Point 4 composite showed statistically significant differences when compared to composite Filtek Z350 XT, and Venus Diamond. Venus Diamond showed the highest average roughness, followed by Filtek Z350 XT, Point 4 and N'Durance with statistical difference among composites. The composites Filtek Z350 XT and Venus Diamond showed significant statistical values lower after the chemical challenge for all colorants. The treatment interfered with staining, reducing the hardness in some groups, but did not affect the roughness.

Key words: Color; Hardness; Composite Resins.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos compósitos utilizados no estudo	40
Tabela 2 – Distribuição das médias e desvio padrão (DP) da alteração de cor (ΔE) dos compósitos estudados em função dos meios de imersão	41
Tabela 3 – Média e desvio padrão (DP) da rugosidade média (R_a) após imersão nas soluções	42
Tabela 4 – Distribuição das médias e desvio padrão (DP) da microdureza após imersão nas soluções.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
Bis-GMA	Bisfenol Glicidil Metacrilato
CIE	Comission International de l'Éclairage
DK	Dureza Knoop
DP	Desvio Padrão
FTIR	Fourier Transform Infrared
LED	Diodo Emissor de Luz
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MFA	Microscopia de Força Atômica
pH	Potencial Hidrogeniônico
TEGDMA	Trietileno Glicol Dimetacrilato

LISTA DE SÍMBOLOS

μm	micrômetro
$^{\circ}\text{C}$	graus Celsius
mW/cm^2	miliwatt por centímetro quadrado
Ra	rugosidade média
DC%	grau de conversão em porcentagem
mm	milímetro
ml	mililitro
$\mu\text{g}/\text{mm}^3$	micrograma por milímetro cúbico
α	nível de significância
L*	luminosidade
a*	coordenada a*
b*	coordenada b*
mm/s	milímetros por segundo
g	grama
Å	Ångström
kV	quilovolt
p	p value
ηm	nanômetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
3	PROPOSIÇÃO	23
4	ARTIGO	24
5	CONCLUSÃO GERAL	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Uma importante desvantagem dos materiais compósitos poliméricos restauradores continua a ser a sua contração de polimerização^{1,2}. O resultado disto tem sido documentado como um dos principais problemas clínicos, causado pelo desenvolvimento de tensões físicas na interface dente/restauração.¹

Recentemente, compósitos dentários foram desenvolvidos e comercializados como sendo de baixa contração de polimerização. Alguns destes materiais utilizam o Bis-GMA como o monômero base, mas recorrem a maiores quantidades de cargas ou ausência de monômeros diluentes de baixo peso molecular para alcançar um baixo nível de contração. O uso de resinas pré-polimerizadas como carga é outra tentativa de reduzir a contração de polimerização observada nestes materiais¹. Tendo em vista minimizar essa desvantagem dos materiais poliméricos, foi desenvolvido Venus Diamond (Heraeus Kulzer, Armonk, NY, EUA), compósito universal nano híbrido contendo o monômero TCD-DI-HEA, (Bis-(acryloyloxymethyl) tricycle [5.2.1.02,6] decane) que menciona combinar baixa contração com baixa viscosidade^{3,4}.

Ainda assim, outras alterações nas propriedades dos compósitos, como rugosidade de superfície, relacionada ao acúmulo de biofilme, pigmentação extrínseca, abrasividade e desgaste dos materiais, podem interferir em características extremamente importantes dos materiais poliméricos restauradores e diminuir a longevidade das restaurações estéticas^{5,6}. O brilho, que tem efeito sobre a percepção de cor, está diretamente relacionado à lisura da superfície, que alterado, torna a aparência da restauração comparável a dos dentes naturais, comprometida^{7,8}.

As alterações de cor nos compósitos com tradicional contração de polimerização tem sido amplamente estudadas e parecem tratar de um processo multifatorial^{9,10}. Sistema fotoiniciador, matriz resinosa, tipo de unidade fotoativadora utilizada, tipo de partículas inorgânicas e tempo de fotoativação são apontados como alguns dos fatores relacionados a esse processo^{10,11}. Da mesma forma, os procedimentos de acabamento e polimento tem influenciado na baixa rugosidade de superfície e na susceptibilidade ao manchamento dos compósitos com diferentes tamanhos de partículas^{5,12}.

Porém, a dieta do paciente parece exercer papel preponderante no processo de alteração de cor dos compósitos. A susceptibilidade ao manchamento

das resinas compostas depende também de fatores extrínsecos relacionados ao tipo de dieta, podendo causar alterações visualmente perceptíveis¹⁰.

Apesar das alterações de cor e suas implicações em outras propriedades dos materiais terem sido investigadas em outros tipos de compósitos¹², seus efeitos sobre os compósitos denominados de baixa contração de polimerização não foram completamente explorados. Conseqüentemente, a proposta neste estudo foi avaliar o efeito da imersão de compósitos em soluções pigmentantes nas propriedades físicas destes materiais (cor, rugosidade e dureza) quando comparados ao compósito de contração de polimerização convencional. A hipótese nula testada foi de que as soluções pigmentantes não interferiam nas propriedades investigadas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A rugosidade média e o contraste de brilho de quatro compósitos restauradores comercialmente disponíveis (Concise, 3M; Miradapt, J & J Dental Products; Command Ultrafine, Kerr; Silar, 3M), foram estudados por O'Brien et al., em 1984. Cada material foi submetido a 4 métodos de acabamento e polimento distintos: Broca multilaminada - 12 lâminas (American Midwest - #FG7901); Disco de alumina #600 (3M Co.); Disco de carbeto de silício de granulação fina (F.C. Moore Co.); Ponta de compósito abrasivo – borracha (Identoflex). Diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre o contraste de brilho após os diferentes métodos de acabamento/polimento, e uma regressão linear significativa é dada a qual relaciona inversamente o contraste de brilho com a média da rugosidade. Os autores concluíram que o brilho superficial tem papel mais significativo na aparência estética das restaurações em compósito, sendo que um alto valor de brilho superficial poderia até mascarar pequenas discrepâncias entre a cor da restauração e do substrato dental circundante. Polimento com a ponta de compósito abrasivo – borracha resultou em superfícies com altos valores de brilho superficial e baixa rugosidade para todos os compósitos avaliados.

Bollen et al., em 1997, observaram, ao revisar a literatura sobre a rugosidade de diferentes materiais restauradores, que a descoloração extrínseca das restaurações de resina composta é afetada pela rugosidade da superfície e está relacionada à matriz orgânica, composição das partículas inorgânicas e procedimentos de acabamento e polimento destes materiais. Através dos resultados microbiológicos das superfícies, os estudos mostraram aderência de placa bacteriana em quantidades similares para todos os materiais avaliados. Porém, a compressão da resina composta contra uma matriz de poliéster criou uma superfície mais lisa, muito abaixo do limiar de rugosidade, apresentando resultados entre 0,03 μm e 0,2 μm . Porém, ocorreu um aumento de até 4 vezes na rugosidade das superfícies de resina composta quando materiais convencionais e de micropartículas foram polidos com diferentes pastas profiláticas.

Em 1999, Harris et al. investigaram o módulo de elasticidade de dois compósitos (Charisma e Heliomolar) fotoativados por três intensidades de luz através de um analisador dinâmico térmico e mecânico a 37 °C e 60 °C. Foram utilizadas somente as intensidades de 350 mW/cm^2 e 700 mW/cm^2 pois, a menor intensidade

de luz, 180 mW/cm^2 , foi considerada insatisfatória pois não houve polimerização das amostras. O estudo mostrou que os materiais apresentavam módulo de elasticidade significativamente mais elevado quando testados a $37 \text{ }^\circ\text{C}$ em comparação aos testados a $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Para a Charisma, o aumento na intensidade de luz estava diretamente relacionado ao módulo de elasticidade, apresentando valores maiores após a cura (60 minutos). Por outro lado, a maior intensidade de luz não resultou em um aumento significativo nos valores de módulo de elasticidade para o compósito Heliomolar. Os autores atribuem os resultados à menor quantidade de partículas de carga encontradas neste compósito e que o aumento na temperatura pode ter induzido a uma rápida e ineficiente formação de cadeias poliméricas. Relatam ainda que estes resultados foram provavelmente causados por diferenças no monômero formador da cadeia polimérica e nas concentrações de ativador/iniciador. O estudo concluiu que a polimerização ideal não pode ser alcançada pelo mesmo método, uma vez que a fotoativação com alta irradiância de luz pode não atingir os resultados desejáveis em todos os compósitos testados.

Jung et al. (2007) avaliaram o efeito dos sistemas de polimento na qualidade da superfície de cinco compósitos: híbrido (1) e nanoparticulados (4). Foram confeccionados 60 espécimes de cada material, polidos com discos de lixa, sob refrigeração por 30 segundos. Na sequência, foram divididos em 4 grupos de diferentes procedimentos de acabamento. Destes, um dos grupos recebeu acabamento com discos de lixa Sof-Lex (3M) e os outros três grupos foram submetidos a procedimentos com diferentes pontas de acabamento e polimento de 1, 2 ou 3 etapas. Os autores avaliaram os compósitos quanto aos valores de rugosidade de superfície (R_a) com resultados apresentando interação positiva entre esta e a composição do material, métodos de acabamento e técnicas de polimento. O maior grau de rugosidade estava relacionado ao acabamento com discos de lixa Sof-Lex, para os dois tipos de compósitos. Os dados de acabamento e polimento avaliados também mostraram interação positiva. Assim, os autores concluíram que o sistema de polimento em 3 etapas se mostrou mais eficiente por apresentar os melhores resultados em relação à lisura de superfície assim como à avaliação qualitativa sob microscópio eletrônico de varredura (MEV).

Kakaboura et al., em 2007, tiveram como objetivo de seu estudo comparar a eficácia de diferentes métodos na avaliação da qualidade e similaridade da superfície das resinas compostas microhíbridas e outros tipos de resinas.

Espécimes em forma de discos foram preparados com seis tipos diferentes de compósitos e polidas com uma sequência de discos de lixa. As propriedades das superfícies avaliadas incluíam média de rugosidade por meio de perfilômetro bidimensional e microscópio de força atômica (MFA), assim como brilhômetro. Os resultados mostraram que nenhuma correlação foi encontrada entre os valores registrados pelos métodos MFA e perfilômetro bidimensional para todas as resinas avaliadas. Para a correlação de brilho, foi encontrado alto coeficiente entre os valores de brilho e MFA, porém esta correlação não foi encontrada entre os valores de brilho e perfilômetro. Porém, o perfilômetro facilita a mensuração das irregularidades de superfície e tem sido mais utilizado para verificar a topografia de materiais dentários. Além disso, os resultados de rugosidade encontrados pelos autores, através dos dois métodos, demonstraram que as superfícies podem ser consideradas lisas do ponto de vista clínico, devido aos valores máximo e mínimo encontrados para todas as resinas, não representando risco de acúmulo de placa. Assim, os autores concluíram que MFA provou ser o método mais exato para determinar a qualidade da superfície das resinas devido ao traços mais precisos em comparação ao MEV e que resinas microhíbridas apresentaram valores comparáveis às microparticuladas, com maior brilho e menores valores de rugosidade que os compósitos híbridos.

Marchesi, et al., em 2010, compararam a tensão de contração de duas resinas compostas: à base de silorano (Filtek LS – 3M ESPE) e nanohíbrida de baixa contração (Venus Diamond – Heraeus Kulzer), com três resinas convencionais à base de dimetacrilato: Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent), Quixfil (Dentsply) e Filtek Z250 (3M ESPE). Os corpos de prova foram submetidos aos testes na máquina de ensaios universal e à análise de força de tensão. Os resultados mostraram que o compósito nanohíbrido de baixa contração (Venus Diamond) apresentou a mais baixa tensão sob condições experimentais, seguido de Tetric EvoCeram, Filtek LS, Quixfil, Filtek Z250. Os resultados obtidos na análise de força de tensão foram significativamente menores. Os autores concluíram que somente a redução da contração não assegura a redução da tensão desenvolvida nos compósitos e sugerem mais estudos sobre os compósitos de baixa contração quanto ao desenvolvimento de tensão de contração na interface dente/restauração, embora possuam propriedades mecânicas adequadas e durabilidade para melhores resultados clínicos.

Schmitt et al., em 2011, estudaram o efeito de diferentes procedimentos de polimento no manchamento e rugosidade de superfície de

compósitos microhíbridos e nanoparticulados submetidos à solução pigmentante (café) por 7 dias. Foram confeccionados espécimes ($n = 10$) para cada tipo de compósito e de polimento. A mensuração da cor foi realizada inicialmente, 3 vezes cada espécime com VITA Easyshade (Vident, Brea, CA, USA) e o dispositivo foi calibrado após a mensuração de cada espécime. A rugosidade inicial foi estabelecida após os procedimentos de polimento e foi utilizado Ra como parâmetro. Os resultados do estudo demonstraram que houve interação entre os compósitos utilizados e os tipos de polimento no manchamento extrínseco dos materiais restauradores, e o uso somente de tiras de poliéster apresentaram os maiores resultados em ambos os compósitos avaliados. Este fato foi justificado pelos autores pela absorção de água e corantes da matriz resinosa, rica em componentes orgânicos. Por outro lado, os procedimentos com múltiplas etapas de polimento obtiveram maior resistência ao manchamento e menor rugosidade, principalmente nos compósitos nanoparticulados. Ainda assim, os compósitos microhíbridos também obtiveram uma superfície mais lisa quando submetidos à técnica de múltiplas etapas de polimento, pois uso sequencial de abrasividade decrescente, concluíram os autores, favorece a textura final da superfície.

O objetivo do estudo *in vitro* de Domingos et al., em 2011, foi avaliar a influência da fonte de luz na estabilidade de cor de materiais restauradores estéticos em contato com diferentes meios. Substâncias comumente presentes na dieta, como café, chá e refrigerante à base de cola (grupos testados), podem afetar não somente a estética das restaurações como suas propriedades físicas. Os espécimes ($n = 180$), foram confeccionados em resina nanoparticulada que, fotoativada por 3 diferentes tipos de fontes de luz, foram distribuídos em 3 grupos experimentais e 1 controle. Os resultados mostraram que as resinas apresentaram menor variação de cor quando imersas em refrigerante à base de cola. Valores intermediários foram obtidos nos meios com chá e saliva artificial e a maior variação de cor foi apresentada pelo meio com café. Das fontes de luz avaliadas, com o LED houve menor alteração de cor, mas sem diferenças significativas em relação às outras fontes de luz. O tempo de imersão das resinas nos diferentes meios influenciou a estabilidade de cor somente após 30 dias. Os autores concluem com o estudo que, a estabilidade de cor dos compósitos estudados foi gradualmente influenciada pelo tempo de imersão dos espécimes nos meios, sendo o café, seguido do chá, os que exerceram maior influência. Porém, não houve influência quanto aos tipos de fontes de luz utilizadas.

Com o objetivo de avaliar se a concentração de pigmentos contidos em diferentes tipos de bebidas poderia afetar a cor dos compósitos resinosos e ainda, se a absorção dos pigmentos estaria relacionada com o grau de conversão destes materiais, Aguiar et al., em 2011, realizaram um estudo sobre o efeito de diferentes tipos de fontes de luz no grau de conversão, manchamento superficial e concentração de pigmentos em resinas nanoparticuladas. Os espécimes utilizados na pesquisa, confeccionados com resina composta Z350 (3M ESPE), foram fotoativados por quatro diferentes fontes de luz (halógena, laser e diodo emissor de luz, em duas diferentes irradiâncias – 1.110 mW/cm^2 e 700 mW/cm^2). O grau de conversão (DC%) foi mensurado por meio do sistema FTIR. Os cilindros de resina (5,0 mm de diâmetro e 2,0 mm de espessura) foram imersos em soluções de água destilada, vinho tinto, uísque, café e refrigerante à base de cola por 40 minutos/dia, por 40 dias. A mensuração da cor foi realizada antes e depois da exposição dos espécimes às soluções e os dados analisados de acordo com o sistema CIEL*a*b*. Os resultados obtidos mostraram que os corpos de prova fotoativados por lâmpada halógena apresentou grau de conversão significativamente mais baixos que os outros tipos de fontes de luz. Os valores de concentração de pigmentos foi menor nos grupos uísque e vinho comparados aos grupos de café e refrigerante à base de cola, e somente o último apresentando diferença estatisticamente significativa em relação à fonte de luz. Os maiores valores alteração de cor foram apresentados pelos espécimes do grupo uísque, seguido vinho e água, para todas as fontes de luz estudadas. Os autores concluíram que os tipos de fonte de luz interferem no grau de conversão assim como alteram a concentração de pigmentos e a coloração das resinas compostas submetidos a diferentes meios. Porém os autores não encontraram correlação entre grau de conversão, concentração de pigmentos e alteração de cor.

Ainda em 2011, Soares-Geraldo et al., avaliaram as alterações de cor e microdureza de resinas compostas imersas em diferentes tipos de alimentos e investigaram a relação entre estas variáveis em compósitos resinosos. Espécimes em forma de disco foram confeccionados em resina microhíbrida para avaliação de cor ($n = 40$) e microdureza ($n = 40$), em diâmetros de 5 mm e 10 mm, respectivamente, e divididos em oito grupos experimentais. As avaliações dos espécimes foram realizadas logo após a polimerização e após terem sido imersos nas soluções (25 ml) por 1, 7, 14, 21 e 28 dias. Os resultados mostraram associação positiva significativa somente para quatro dos oito grupos testados (água deionizada, suco de uva, ketchup

e molho de soja). Então, contrariando o fato de que todas as soluções testadas apresentavam pH ácido, portanto, com alto potencial de afetar a integridade do compósito, substâncias menos ácidas promoveram maior rugosidade de superfície que outras que apresentavam o pH mais baixo. Assim, concluíram que nenhuma alteração de cor pode ser associada com a degradação da superfície dos compósitos e sugerem mais estudos sobre o assunto.

Avaliar propriedades mecânicas, sorção, solubilidade e contração volumétrica de compósitos foi o objetivo do estudo de Boaro et al. em 2013. Compósitos à base Bis GMA (Point 4, ELS, Filtek Supreme, Aelite LS Posterior, Filtek Z250 e Heliomolar), silorano (Filtek LS) e dicarbamato-dimetacrilato (N'Durance) foram utilizados. Os resultados mostraram que a contração volumétrica de três dos compósitos considerados de baixa contração mostraram valores maiores que os da Filtek LS (1,5%). Point 4 apresentou a maior contração volumétrica (3,4%) e alto grau de conversão, demonstrando que o aumento na carga não foi suficiente para reduzir a contração do compósito. A diminuição das propriedades mecânicas, módulo de elasticidade e força flexural, sofrida por todos os materiais pode ser explicada pela degradação da matriz orgânica e das ligações ésteres no agente silanos diante do período de armazenamento em etanol. A maior redução no módulo de elasticidade foi apresentada pelos compósitos Heliomolar (75%), enquanto N'Durance e Point 4 mostraram valores intermediários, Aelite LS e ELS se mostraram mais estáveis à degradação. Os maiores valores de sorção causados, segundo os autores, pela presença de TEGDMA como diluente, foram apresentados pela Filtek Supreme, seguida por Filtek Z250 e Point 4. Por outro lado, os menores valores apresentados pela N'Durance, ELS e Filtek LS podem ser atribuídos à presença de monômeros hidrofóbicos. Os menores valores de solubilidade foram apresentados pela Point 4 ($1,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$, semelhantes aos valores da Filtek Z250 ($1,9 \mu\text{g}/\text{mm}^3$). N'Durance e Filtek LS apresentaram valores menores, indicando que a água não foi completamente removida durante a estocagem seca. Os autores concluíram que, entre os materiais considerados de baixa contração, somente Filtek LS apresentou valores estatisticamente mais baixos comparados aos outros materiais testados e que os valores iniciais de módulo de elasticidade e força flexural foram maiores para todos os compósitos com alto índice de partículas de carga. Porém, a influência de diferentes fatores na resistência à degradação por etanol não pode relacioná-las aos resultados de sorção de água, justificam os autores.

Aleixo et al., em 2014, compararam tensão de contração, grau de conversão e grau de ligações cruzadas em compósitos à base de silorano (Filtek P90), nanohíbrido (Venus Diamond) e nanoparticulado convencional (Filtek Z350 XT) utilizando diodo emissor de luz (LED) e lâmpada halógena de tungstênio convencional como fontes de luz para polimerização. Anéis de 5 mm de diâmetro e 2 mm de altura (n = 60) foram confeccionados em resina fotoelástica e, após inserção e polimerização das resinas com os dois tipos de fontes de luz, os resultados da tensão de contração foram observados em polaroscópio. Para avaliação do grau de conversão, discos de resina composta (8 mm de diâmetro e 2 mm de altura) foram confeccionados, fotoativados e armazenados a 37 °C por 24 horas. O polimento foi realizado nas partes superior e inferior dos espécimes com uma sequência de lixas abrasivas refrigerados com água destilada e o sistema FTIR utilizado para determinar o grau de conversão das duas superfícies. O desempenho da fonte de luz LED foi similar ou melhor que o da luz halógena, demonstrando vantagem na prática clínica com a redução do tempo de trabalho. Os resultados mostraram ainda que Venus Diamond apresentou os menores valores de tensão de contração que os outros compósitos. Além disso, este material apresentou menor grau de conversão que a Filtek P90, porém os valores foram similares ao do compósito nanoparticulado Filtek Z350 XT. Estes achados, segundo os autores, representam relevância clínica, uma vez que o grau de conversão está associado à tensão de contração, Venus Diamond exibiu grau de conversão similar com menor tensão de contração. Entretanto, nenhum benefício foi obtido na redução de tensão de contração quando a densidade de ligações cruzadas também foi diminuída.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo nesta Tese¹ foi avaliar compósitos resinosos de baixa contração após a serem submetidos a diferentes substâncias corantes (café, molho de tomate e vinho tinto) através dos testes de análise de cor, rugosidade de superfície e dureza.

¹ Este estudo foi realizado no formato alternativo na forma de artigo científico intitulado “**Influence of staining agents on color change, roughness and hardness on low-shrinkage resin composites**”. Este artigo será submetido à publicação ao periódico **Journal of Dentistry**, assim, formulado conforme suas normas.

4 ARTIGO

Influência de substâncias corantes na cor, rugosidade e microdureza em compósitos de baixa contração

RESUMO

Objetivos: Avaliar a influência de substâncias corantes na cor, rugosidade e dureza em compósitos de baixa contração.

Métodos: 30 espécimes (Filtek Z350 XT, Point 4, N'Durance, Venus Diamond), foram distribuídos em quatro grupos (n = 10), submetidos a soluções pigmentantes: vinho tinto (VT), molho de tomate (MT), café (CA). Avaliações de cor, rugosidade e dureza foram realizadas utilizando espectrofotômetro (CIEL*a*b*), rugosímetro e durômetro. Os dados foram submetidos a Análise de Variância e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Resultados: Na comparação para cor entre as soluções pigmentantes, não houve diferenças estatísticas para os compósitos Filtek Z350 XT, Venus Diamond e N'Durance em nenhuma das soluções testadas. O compósito Point 4 apresentou diferenças estatisticamente significantes quando comparado aos compósitos Filtek Z350 XT, e Venus Diamond. Venus Diamond apresentou o maior valor de rugosidade média, seguido de Filtek Z350 XT, Point 4 e N'Durance com diferença estatística entre os compósitos. Os compósitos Filtek Z350 XT e Venus Diamond apresentaram valores estatísticos significantes inferiores após ao desafio químico para todas as substâncias corantes.

Conclusões: O tratamento interferiu no manchamento, diminuindo a microdureza em alguns grupos, entretanto não interferiu na rugosidade.

Significância clínica: critério para escolha dos compósitos de baixa contração baseado no conhecimento das propriedades afetadas quando restaurações são submetidas à substâncias corantes existentes na dieta.

Palavras chave: estabilidade de cor, rugosidade, dureza, baixa contração, compósitos.

1 INTRODUÇÃO

Uma frequente preocupação da dentística restauradora relaciona os compósitos restauradores poliméricos com a contração de polimerização, e tem sido documentada como um dos principais desafios clínicos [1]. A contração de polimerização das resinas compostas depende do percentual de partículas de carga existentes e do grau de conversão deste material [2]. Quando a contração está associada ao aumento da rigidez da rede de polímeros formada, este processo gera tensões físicas na interface dente/restauração, diminuindo a longevidade das restaurações [3].

A fim de minimizar estes problemas, foram desenvolvidos os chamados compósitos de baixa contração de polimerização, que apresentam Bis-GMA como monômero base de suas composições, mas recorrem a maiores quantidades de carga, ausência de monômeros diluentes de baixo peso molecular ou ainda, introdução de cargas de resinas pré-polimerizadas, para alcançar um baixo nível de contração [4,5]. Outra alternativa existente é o mecanismo de abertura do anel catiônico durante a polimerização, utilizado pelos compostos à base de silorano em oposição ao mecanismo dos metacrilatos polimerizados através da formação de radicais livres [6].

Sabe-se que a cor é um importante parâmetro para os modernos materiais restauradores à base de carga e que pode ser alterada diante da grande quantidade de bebidas e alimentos coloridos artificialmente consumida [7]. A instabilidade de cor é uma das causas de insucesso das restaurações e está diretamente relacionada à estrutura da matriz resinosa e características das partículas de carga, que influenciam também na lisura da superfície do material e na susceptibilidade ao manchamento por fatores extrínsecos [8].

Dentre os fatores extrínsecos que interferem na coloração das resinas, a dieta tem sido relatada como a principal causa devido à penetração dos agentes na camada superficial dos compósitos através da absorção de pigmentos de fontes exógenas [9]. A influência deste fator tem sido amplamente estudada em compósitos com tradicional contração de polimerização [10].

A capacidade do compósito de absorver água o torna capaz de absorver também outros fluidos, resultando em descoloração, degradação da matriz orgânica

e redução das propriedades mecânicas [11,12] até mesmo em resinas nanoparticuladas [13].

Embora os efeitos da exposição dos compósitos às soluções pigmentantes tenham sido estudados em materiais resinosos à base de metacrilatos, seus efeitos nos compósitos de baixa contração ainda não foram completamente explorados. Assim, o objetivo nesse estudo foi investigar a influência de soluções pigmentantes de vinho tinto, molho de tomate e café nos compósitos de baixa contração, e as alterações nas propriedades físicas (cor, rugosidade, dureza) destes materiais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 *Confecção dos Espécimes*

Para a confecção dos espécimes foram utilizados os compósitos de baixa contração de polimerização Venus Diamond (Heraeus Kulzer, Armonk, NY, EUA), Point 4 (Kerr, Orange, CA, EUA) e N'Durance (Septodont, Louisville, CO, EUA) e o compósito convencional Filtek Z350 XT (3M do Brasil, Sumaré, SP, Brasil), na cor A2, a fim de serem submetidos aos ensaios de cor, rugosidade e dureza. As características de cada resina composta estão detalhadas na Tabela 1.

Foram confeccionadas 30 corpos de prova cilíndricos (5,0 mm de diâmetro e 2,0 mm de espessura) de cada compósito utilizado no estudo. Os compósitos foram inseridos nas matrizes em incremento único, utilizando-se tira de poliéster (base e topo), e fotoativados através de uma fonte de luz emitida por diodo (Radii Cal, SDI, Bayswater, Victoria, Australia) por 40 segundos (1400 mW/cm^2), com a fonte de luz posicionada perpendicularmente à superfície dos espécimes. A fotoativação e os procedimentos de acabamento e polimento foram realizados somente no topo dos corpos de prova que tiveram suas bases marcadas com pequenas ranhuras a fim de identificar esta superfície. Após 24 horas, foram realizados acabamento com lixas d'água durante um minuto cada granulação (600, 1200 e 2000) e polimento com discos de lixa sequenciais (Sof-Lex Pop-On, 3M ESPE) por 20 segundos cada granulação (média, fina e superfina), discos de feltro (Diamondflex - FGM) e pasta de polimento diamantada (Diamond Excel - FGM) por 20 segundos. Os corpos de prova passaram por uma ciclagem de 10 minutos em cuba ultrassônica para remoção dos debris pós acabamento e polimento.

Os espécimes foram identificados de acordo com o compósito utilizado e distribuídos aleatoriamente entre os grupos submetidos aos seguintes meios de imersão: café (CA), molho de tomate (MT) e vinho tinto (VT). Os 12 grupos testados ($n = 10$) foram os seguintes: P4CA, P4MT, P4VT, FILCA, FILMT, FILVT, NDCA, NDMT, NDVT, VECA, VEMT, VEVT. Os corpos de prova foram armazenados individualmente em recipientes plásticos preenchidos com 25 ml de água destilada e mantidos a 37 °C.

Foram utilizados os mesmos espécimes para os ensaios de cor, rugosidade e dureza.

2.2 Ensaio de Cor

Foi realizada a avaliação de cor inicial e final de todos os espécimes utilizados no estudo por meio do espectrofotômetro VITA Easysshade Advance (VITA Zahnfabrik, Alemanha) e o respectivo software (VITA ShadeAssist) que registraram, de acordo com os parâmetros da Comissão International de l'Éclairage (CIE), os valores de L^* , a^* e b^* . De acordo com o método CIEL*a*b*, a cor é analisada tridimensionalmente pelas coordenadas:

- L^* : luminosidade, determinada pelas variações de luminosidade de preto e branco, em tempos distintos;
- a^* : determina as variações entre a quantidade de vermelho (valores positivos) e verde (valores negativos), em tempos distintos;
- b^* : determina as a quantidade de amarelo (valores positivos) e azul (valores negativos), em tempos distintos.

A variação de cor (ΔE^*) foi determinada pela equação de Hunter:

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

As variações de cor (ΔE^*) são categorizadas como:

- $\Delta E^* < 1$: alteração de cor não detectadas pelo olho humano;
- $\Delta E^* < 3,3$: alterações de cor clinicamente aceitáveis;
- $\Delta E^* > 3,3$: alterações de cor não aceitáveis clinicamente, resultando em necessidade de substituição devido à estética.

Os espécimes foram submetidos à mensuração em ambiente de luz controlada (câmara de luz) a fim de evitar vieses na avaliação. A cada mensuração, os espécimes eram retirados do recipiente contendo água destilada, secos suavemente com papel toalha e posicionados sobre uma matriz de teflon. Realizada a mensuração, os espécimes retornavam aos recipientes individuais.

O processo foi repetido após a realização de ciclos a que os espécimes foram submetidos por 28 dias, nos diferentes meios de imersão.

2.2.1 Ciclos de Imersão

Os corpos de prova, divididos em grupos de acordo com o compósito e os meios de imersão, foram submetidos a ciclos diários de manchamento. O espécimes

eram retirados dos recipientes contendo água destilada, secos suavemente com papel toalha e mergulhados em recipientes contendo 25 ml [14] de soluções pigmentantes (café, molho de tomate e vinho tinto), em temperatura ambiente, onde permaneciam por 15 minutos [15]. Após este período, eram retirados, lavados em água destilada e devolvidos aos recipientes originais. Os ciclos eram repetidos diariamente por 28 dias [14] e, tanto as soluções como a água destilada, eram substituídos a cada 5 dias.

Os valores de L^* , a^* e b^* obtidos após o teste foram comparados aos da avaliação inicial, usando a mesma equação descrita acima.

2.3 Ensaio de Rugosidade

Foi utilizado um rugosímetro SJ-400 (Mitutoyo Sul Americana Ltda. – São Paulo, Brasil) para avaliação da rugosidade superficial dos espécimes. O dispositivo foi ajustado para realizar uma trajetória reta de 0,25 mm, com cinco repetições ($n = 5$) em uma velocidade de 0,1 mm/s. Foram observados os parâmetros de R_a , em μm , nas leituras realizadas em 3 diferentes direções, e as médias dos valores obtidas foram calculadas. A mensuração da rugosidade média foi realizada antes e após os ciclos nas soluções pigmentantes e os corpos de prova foram suavemente secos para a realização do teste.

2.4 Ensaio de dureza

O teste de dureza foi realizado através da mensuração das identações obtidas nas superfícies (topo) dos corpos de prova (aumento 40x), produzidas sob uma carga de 50 g e tempo de carregamento de 5 segundos (HMV-2, Shimadzu, Japão). Foram realizadas 3 identações em cada espécime e os valores obtidos, transformadas em Dureza Knoop (DK) e as médias dos valores foram calculadas. A mensuração foi realizada antes e após os ciclos nas soluções pigmentantes e os corpos de prova foram suavemente secos para a realização do teste.

2.5 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada SAS System for Windows 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Os valores de alteração de cor, rugosidade e dureza foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS

3.1 *Alteração de cor*

Os valores médios da alteração de cor podem ser observados na Tabela 2. Na comparação entre as soluções pigmentantes, não houve diferenças estatísticas para os compósitos Filtek Z350 XT, Venus Diamond e N'Durance em nenhuma das soluções testadas. O compósito Point 4 apresentou diferenças estatisticamente significantes quando comparado aos compósitos Filtek Z350 XT, e Venus Diamond.

3.2 *Rugosidade de superfície*

As médias de rugosidade e desvio padrão estão representados na Tabela 3. Venus Diamond apresentou o maior valor de rugosidade média, seguido de Filtek Z350 XT, Point 4 e N'Durance com diferença estatística entre os compósitos.

3.2 *Microdureza*

Os compósitos Filtek Z350 XT e Venus Diamond apresentaram valores estatísticos significantes inferiores após ao desafio químico para todas as substâncias corantes.

4 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstram que as substâncias corantes testadas foram capazes de produzir alterações de cor clinicamente inaceitáveis para todos os compósitos selecionados. Resultados semelhantes foram encontrados quando resina microhíbrida apresentou resultados semelhantes de resistência ao manchamento aos da resina nanoparticulada, quando ambas foram submetidas a sistema de polimento de múltiplos passos [16].

Apesar de muitos alimentos apresentarem corantes em suas composições, os diferentes tipos existentes podem ocasionar consequências igualmente diversas. Assim como nesse estudo, os resultados obtidos em outra pesquisa mostram que a solução de vinho tinto apresentou maior potencial de manchamento que café, possivelmente por apresentar tanino em sua composição e ter alto poder de descoloração [17]. O café, por outro lado pode ter o potencial de manchamento aumentado se a solução estiver a uma temperatura de 60 °C [18]. Este pode ter sido o responsável pelo menor potencial de manchamento desta substância no presente estudo, uma vez que as soluções se encontravam à temperatura ambiente (20 °C). Além disso, as partículas de carga, mesmo que não absorvam água, podem desempenhar um papel na susceptibilidade à coloração do compósito, causado por uma fraca ligação matriz-carga [17].

Assim como o café, o grupo molho de tomate, que também não apresentou diferenças estatisticamente significantes entre os compósitos testados, mostrou valores absolutos de alteração de cor acima dos níveis clinicamente inaceitáveis. Esta substância foi selecionada para o estudo por estar frequentemente presente na dieta mundial, mas a influência de seu consumo na alteração de cor em compósitos resinosos ainda não foi estudada. O pH ácido da solução pode ter influenciado na alteração de cor, pois está associado ao mecanismo de descoloração [17]. Outro molho à base de tomate (ketchup), testado em resina microhíbrida, apresentou alteração de cor significativa para este grupo [14]. Condimentos com pH ácido, presentes na dieta mundial, e principalmente asiática, também foram responsáveis por alteração de cor em compósitos nano e microparticulados [19].

Quando comparados somente os grupos café e vinho tinto, os resultados encontrados nesse estudo, para valores de manchamento, estão em concordância com a literatura em relação à maior alteração de cor do grupo vinho tinto, em

comparação com o grupo café [13,20,21]. Parece haver diferenças entre manchamento (descoloração) e concentração de pigmentos na superfície dos compósitos. Aguiar e colaboradores [13] encontraram valores significativamente maiores de concentração de pigmentos nos espécimes manchados com café e refrigerante à base de cola que naqueles submetidos a uísque e vinho tinto.

O álcool causa a remoção de monômeros da superfície da resina composta, facilitando a absorção de agentes de pigmentação e aumentando o desgaste [22,23,24]. Benetti e colaboradores, observaram que o contato com álcool influenciou na estabilidade de cor e na susceptibilidade ao manchamento em compósitos à base de metacrilatos [25].

Além disso, o grau de conversão, que é a relação entre ligações duplas convertidas em ligações simples entre carbonos da matriz orgânica, interfere na contração de polimerização [26]. O aumento no grau de conversão está diretamente relacionado ao aumento das tensões de contração dos compósitos [27]. Os resultados podem estar relacionados aos valores de tensão de contração e grau de conversão da Venus Diamond, relatados por Aleixo e colaboradores [4]. O desenvolvimento do grau de conversão depende de fatores como: composição do material, tipo de monômero, tipo e quantidade de partículas de carga, interações entre partículas de carga e matriz orgânica, grau de conversão e técnicas de polimerização [28,29]. Embora o grau de conversão seja um fator importante, ele não fornece uma caracterização completa da estrutura de rede. A densidade de ligações cruzadas deve ser avaliada por causa de diferenças na linearidade das cadeias [22,30] e pode ser indiretamente obtida através da medição do amolecimento dos polímeros durante a exposição ao etanol [2,22].

Por outro lado, um grupo controle composto de saliva artificial apresentou valores intermediários de ΔE , porém menores que os obtidos pelo café e ainda, valores estatisticamente diferentes entre 21 e 60 dias [31]. A diferença entre este e os outros compósitos testados nesse estudo pode estar na sua composição, que apresenta um novo monômero, Dimer Dicarbamato Dimetacrilato (DADMA), ainda pouco explorado.

Os resultados do presente estudo mostram que os valores de rugosidade média obtidos antes e após o tratamento dos espécimes com substâncias corantes não diferiram entre si, e podem ter sido alcançados em razão do procedimento de acabamento e polimento a que foram submetidos. Procedimentos de acabamento e polimento influenciam na propriedade do material. A compressão do material contra

uma tira de poliéster torna a superfície lisa e somente o polimento seria o responsável por baixos valores de rugosidade dos compósitos [5].

A capacidade das resinas compostas de serem polidas é influenciada pelo tipo, forma e conteúdo das partículas de carga e os compósitos microparticulados são mais eficientemente polidos que os híbridos devido à forma esférica de suas partículas [7,32,33]. Os resultados apresentados no presente estudo mostram que o tamanho das partículas parece não ter afetado o grau de polimento das resinas testadas, uma vez que um compósito nanohíbrido (Venus Diamond) apresentou maior rugosidade média quando comparado a outro microhíbrido e diferenças estatísticas também em relação a outros compósitos igualmente classificados como nanohíbridos. Os valores obtidos estão em concordância com os achados de Berger e colaboradores [34], que igualmente não observaram relação entre o tamanho de partículas de carga e a rugosidade de superfície dos compósitos. Porém, a relação entre polimento e tamanho de partículas foi estabelecida quando valores significativamente menores de rugosidade foram obtidos por compósito nanohíbrido (Filtek Supreme XT) comparado ao microhíbrido, quando ambos foram submetidos a sistemas de polimento de múltiplas etapas [16].

Dentre as vantagens dos compósitos que apresentam partículas nanométricas em sua composição, são apontadas: baixa contração de polimerização, lisura de superfície, menor desgaste, melhor estabilidade de cor e melhora nas propriedades mecânicas [35]. Além disso, pode ser observado que o tamanho e a geometria das partículas exercem impacto direto sobre a lisura de superfície e resistência ao manchamento [9]. Tal efeito pode ser conferido à combinação de nanopartículas em aglomerados (nanoclusters) que reduzem o espaço entre as partículas, aumentando a porcentagem de carga e melhorando as propriedades físicas [16]. Estes achados podem justificar os menores valores de rugosidade obtidos pela Filtek Z350 XT no presente estudo, em comparação com o compósito Venus Diamond.

O teste de dureza Knoop foi empregado no presente estudo por ser considerado um bom parâmetro para estimar o grau de conversão dos monômeros após polimerização, que influencia diretamente nas propriedades mecânicas das resinas compostas [36].

A diminuição nos valores de microdureza, antes e após a realização dos testes em diferentes soluções, pode ser atribuído à composição química do material e os efeitos dos líquidos nos diferentes componentes [37]. Além disso, a matriz polimérica

tem mostrado alta susceptibilidade ao amaciamento por químicos e os danos dependem de taxa de difusão, dependente do peso molecular do material [23]. A polimerização insuficiente dos monômeros pode causar, além de outros problemas, pouca estabilidade de cor, risco de agressão pulpar por monômeros não polimerizados susceptibilidade ao manchamento e regiões com diferentes valores de módulo de Young [38]. Os compósitos à base de dimetacrilatos, durante a polimerização, apresentam uma rede de ligações cruzadas formada rapidamente, que restringe a mobilidade de reação [39,40]. Estas redes, quando expostas a solventes, se tornam inchadas, pois a atração entre ela e as moléculas de solvente são mais fortes do que entre a mesma e os polímeros. [41]. Deste modo, o solvente penetra na matriz orgânica [30].

É válido ressaltar que as restaurações em resinas compostas tem se tornado mais solicitadas dentro dos consultórios odontológicos e que diversos tipos são lançados no mercado a cada ano. Pesquisas buscam relacionar a influência da diversidade de seus componentes com as alterações em suas propriedades físicas que possam interferir na qualidade destas restaurações. Considerando também que estas propriedades podem ser afetadas por diversos fatores, torna-se importante conhecer que características buscar nos compósitos resinosos para preservar a qualidade e aumentar a longevidade das restaurações. A partir das limitações encontradas, sugere-se que mais estudos sejam realizados em compósitos resinosos de baixa contração de polimerização à base de metacrilatos.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os achados desse estudo, pode-se concluir que:

O tratamento interferiu no manchamento, diminuindo a microdureza em alguns grupos, entretanto não interferiu na rugosidade.

REFERÊNCIAS

1. Boaro LC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane JL, Pfeifer CS, Braga RR. Sorption, solubility, shrinkage and mechanical properties of “low-shrinkage” commercial resin composites. *Dental Materials* 2013; **29**: 398-404.
2. Guiraldo RD, Consani S, Consani RL, Berger SB, Mendes WB, Sinhoreti MAC. Light energy transmission through composite influenced by material shades. *The Bulletin of Tokyo Dental College*. 2009; **50**: 183-190.
3. Marchesi G, Breschi L, Antonioli F, Di Lenarda R, Ferracane J, Cadenaro M. Contraction stress of low-shrinkage composite materials assessed with different testing systems. *Dental Materials* 2010; **26**: 947-953.
4. Aleixo AR, Guiraldo RD, Fugolin APP, Berger SB, Consani RLX, Correr AB et al. Evaluation of contraction stress, conversion degree, and cross-link density in low-shrinkage composites. *Photomedicine and Laser Surgery* 2014; **32**(5): 1-7.
5. Bollen CML, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dental Materials* 1997; **13**: 258-269.
6. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberg R. Silorane in dental composites. *Dental Materials* 2005; **21**: 68-74.
7. Jung M, Eichelberger K, Klimek J. Surface geometry of four nanofiller and one hybrid composite after one-step and multiple-step polishing. *Operative Dentistry* 2007; **32**: 347-355.
8. Shintani H, Satou N, Satpi K, Hayashihara H, Inoue T. Effect of various finishing methods on staining and accumulation of *Streptococcus mutans* HS-6 on composite resin *Dental Materials* 1985; **1**(6) 225-227.
9. Ergücü Z, Türkün LS, Aladag A. Color stability of nanocomposites polished with one-step systems. *Operative Dentistry* 2008; **33**(4): 413-420.
10. Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 2007; **18**: 155-163.

11. O'Brien WJ, Johnston WM, Fanian F, Lambert S. The surface roughness and gloss of composites. *Journal of Dental Research* 1984; **63**: 685-688.
12. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *Journal of Dental Research* 2005; May **33**(5): 389-398.
13. Aguiar FHB, Georgetto MH, Soares GP, Catelan A, Santos PH, Ambrosano GMB, Figueroba SR, Lovadino JR. Effect of Different Light-Curing Modes on Degree of Conversion, Staining Susceptibility and Stain's Retention Using Different Beverages in a Nanofilled Composite Resin. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2011; **23**: 106-115.
14. Soares-Geraldo D, Scaramucci T, Steagall-Jr W, Braga SRM, Sobral MAP. Interaction between staining and degradation of a composite resin in contact with colored foods. *Brazilian Oral Research* 2011; **25**: 369-375.
15. Garcia PPNS, Neto ER, Santos PA, Campos JADB, Dibb RGP. Influence of the surface sealant on the translucency of composite resin: effect of immersion time and immersion media. *Materials Research*. 2008; **11**: 193-197.
16. Schmitt VL, Puppini-Rontani RM, Naufel FS, Nahsan FPS, Sinhorette MAC, Baseggio W. Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *International Scholarly Research Network Dentistry* 2011; **2011**:617672.
17. Ardu S, Braut V, Gutemberg D, Krejci I, Dietschi D, Feilzer AJ. A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quintessence International* 2010; Sep **41**(8): 695-702b.
18. Asmussen E. An accelerated test for color stability of dental composite resins. *Acta Odontologica Scandinavica* 1981; **39**: 329-332.
19. Yew HZ, Berekally TL, Richards LC. A laboratory investigation of colour changes in two contemporary resin composites on exposure to spices. *Australian Dental Journal* 2013; **58**: 468-477.
20. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, et al. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2005; **94**:118- 124.

21. Stober T, Gilde H, Lenz P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. *Dental Materials* 2001;**17**: 87–94.
22. Asmussen E, Peutzfeldt A. An Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures. *Journal of Dental Research* 2001; **80**: 1570–1573.
23. McKinney JE, Wu W. Chemical softening and wear of dental composites. *Journal of Dental Research* 1985; **64**: 1326–1331.
24. Sarret DC, Coletti DP, Peluso AR. The effects of alcoholic beverages on composite wear. *Dental Materials* 2000; **16**: 62–7.
25. Benetti AR, Jesus VCBR, Martinelli NL, Pascotto RC, Poli-Frederico RC. Colour stability, staining and roughness of silorane after prolonged chemical challenges. *Journal of Dentistry* 2013; **41**:1229-1235.
26. Papadogiannis D, Kakaboura A, Palaghias G, Eliades G. Setting characteristics and cavity adaptation of low-shrinking resin composites. *Dental Materials* 2009; **25**: 1509-1516.
27. Sakaguchi RL, Berge HX. Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. *Journal of Dentistry* 1988; **26**: 695-700.
28. Marchesi G, Breschi L, Antonioli F, Di Lenarda R, Ferracane J, Cadenaro M. Contraction stress of low-shrinkage composite materials assessed with different testing systems. *Dental Materials* 2010; **26**: 947-953.
29. Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dental Materials* 2005; **21**: 962-970.
30. Schneider LF, Moraes RR, Cavalcante LM, Sinhorette MA, Correr-Sobrinho L, Consani S. Cross-link density evaluation through softening tests: effect of ethanol concentration. *Dental Materials* 2008; **24**: 199-203.
31. Domingos PAS, Garcia PPNS, Oliveira ALBM, Palma-Dibb RG. Composite resin color stability: influence of light sources and immersion media. *Journal of Applied Oral Science* 2011; **19**: 204-211.

32. Takanashi E, Kishikawa R, Ikeda M, et al. Influence of abrasive particle size on surface properties of flowable composites. *Dental Materials Journal* 2008; **27**: 780-786.
33. Berastegui E, Canalda C, Brau E, Miquel C. Surface roughness of finished composites resins. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1992; **68**:742-749.
34. Berger SB, Paliolol ARM, Cavalli V, Giannini M. Surface roughness and staining susceptibility of composite resins after finishing and polishing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2011; **23**: 34-45.
35. Terry DA. Direct applications of a nanocomposite resin system – part 1: the evolution of contemporary composite materials. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry* 2004; **16**(6): 417-422.
36. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dental Materials* 1985; **1**:11-14.
37. Okte Z, Villalta P, García-Godoy F, Lu H, Powers JM. Surface hardness of resin composites after staining and bleaching. *Operative Dentistry* 2006; **31**(5): 623-628.
38. Shortall AC, Wilson HJ, Harrington E. Depth of cure of radiation-activated composite restoratives – influence of shade and opacity. *Journal of Oral Rehabilitation* 1995; **22**: 337-42.
39. Bowman CN, Anseth KS. Microstructural evolution in polymerizations of tetrafunctional monomers. *Macromolecular Symposia* 1995; **93**: 269–276.
40. Lu H, Stansbury JW, Bowman CN. Impact of curing protocol on conversion and shrinkage stress. *Journal of Dental Research* 2005; **84**: 822–826.
41. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dental Materials* 2006; **22**: 211–222.

Tabela 1 – Características dos compósitos utilizados no estudo.

Compósito	Filtek Z350 XT	Point 4	Venus Diamond	N'Durance
Contração de polimerização	Convencional	Baixa	Baixa	Baixa
Composição monômero	Bis-GMA, UDMA Bis-EMA, TEGDMA PEGDMA	Exata composição não informada pelo fabricante	TCD-DI-HEA UDMA	Dimer Dicarbamato Dimetacrilato (DADMA) Bis-EMA, UDMA
Composição das partículas matriz inorgânica	Sílica, zircônia e zircônia/sílica clusters	Sílica coloidal, bário-alumínio-silicato de boro	Partículas vítreas bário-alumínio-fluór	Partículas vítreas de bário Fluoreto de itérbio e sílica
Tamanho das partículas	Nanohíbrida	Microhíbrida	Nanohíbrida	Nanohíbrida
Média tamanho partículas	20 ηm , 4 -11 ηm 0,6-1,0 μm	0,4 μm	5 ηm - 20 μm	10 ηm - 500 ηm
Volume (%)	63,3%	58%	64%	65%
Fabricante	3M ESPE, St Paul, MN, USA	Kerr, Orange, CA, USA	Heraeus Kulzer, South Bend, IN, USA	Septodont, Lousville, CO, USA
Lote	#1404200572	#4948994	#010046	#092412A

Tabela 2 – Distribuição das médias e desvio padrão (DP) da alteração de cor (ΔE) dos compósitos estudados em função dos meios de imersão

Compósito	Soluções		
	Café	Molho	Vinho
Point 4	4,20±0,41 a, B	4,56±0,25 a, B	5,85±0,68 a, A
Z350	2,73±0,37 b, A	3,38±0,42 b, A	3,84±0,89 b, A
N Durance	3,62±0,40 a, A	4,00±0,87 ab, A	4,31±0,49 b, A
Venus	2,51±0,51 b, A	3,16±0,44 b, A	3,75±0,85 b, A

Letras distintas minúsculas em coluna e maiúsculas em linha representam diferença significativa.

Tabela 3 – Média e desvio padrão (DP) da rugosidade média (Ra) antes (Rugosidade Inicial) e após (Rugosidade Final) imersão nas soluções.

Compósito	Soluções	Rugosidade Inicial	Rugosidade Final
Point 4 (γ)	Café	0,12±0,02 a, A	0,12±0,03 a, A
	Molho	0,12±0,02 a, A	0,12±0,02 a, A
	Vinho	0,12±0,01 a, A	0,13±0,01 a, A
Z350 (β)	Café	0,13±0,01 a, A	0,14±0,02 a, A
	Molho	0,13±0,02 a, A	0,14±0,02 a, A
	Vinho	0,13±0,03 a, A	0,14±0,02 a, A
N Durance (δ)	Café	0,10±0,01 a, A	0,11±0,01 a, A
	Molho	0,10±0,01 a, A	0,10±0,01 a, A
	Vinho	0,11±0,01 a, A	0,12±0,01 a, A
Venus (α)	Café	0,17±0,02 a, A	0,18±0,02 a, A
	Molho	0,17±0,02 a, A	0,18±0,02 a, A
	Vinho	0,17±0,01 a, A	0,18±0,02 a, A

Letras distintas minúsculas em coluna e maiúsculas em linha representam diferença significativa. Letras gregas diferentes representam diferença significativa entre os compósitos.

Tabela 4. Média e desvio padrão (DP) da dureza (KNH).

Dureza	Compósito	Café	Molho	Vinho
Dureza Inicial	Point 4	74,3* (7,3) Ab	71,0* (5,8) Abc	68.7 (7,5) Ac
	Z350	92,0* (4,3) Aa	92,8* (3,9) Aa	93.7* (3,8) Aa
	N Durance	73,1* (4,0) Ab	70,2 (3,2) Ac	71.9 (4,1) Ac
	Venus	89,0* (4,8) Aa	81,0* (11,0) Ab	82.2* (9,0) Ab
Dureza Final	Point 4	60,3 (5,5) Ab	58,1 (7,4) Ab	63.0 (7,0) Aa
	Z350	73,1 (7,2) Aa	69,6 (7,8) Aa	69.8 (4,8) Aa
	N Durance	57,1 (4,4) Ab	66,8 (4,2) Aab	63.7 (5,5) Aa
	Venus	63,8 (6,1) Aab	64,0 (6,5) Aab	61.8 (3,8) Aa

Letras distintas minúsculas em coluna (comparação entre resinas dentro de dureza) e maiúsculas em linha representam diferença significativa. * Representa diferença significativa entre dureza inicial e final, dentro de cada resina e solução.

5 CONCLUSÃO GERAL

De acordo com os achados desse estudo, pode-se concluir que:

O tratamento interferiu no manchamento, diminuindo a microdureza em alguns grupos, entretanto não interferiu na rugosidade dos compósitos.

A hipótese nula testada não foi aceita pois diferenças foram encontradas no manchamento e dureza dos compósitos.

REFERÊNCIAS

1. Boaro LC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane JL, Pfeifer CS, Braga RR. Sorption, solubility, shrinkage and mechanical properties of “low-shrinkage” commercial resin composites. *Dental Materials* 2013; 29: 398-404.
2. Harris JC, Jacobsen PH, O’Doherty DM. The effect of curing light intensity and test temperature on the dynamic mechanical properties of two polymer composites. *Journal of Oral Rehabilitation* 1999; 26: 635-639.
3. Ferracane JL, Mitchem JC. Relationship between composite contraction stress and leakage in Class V cavities. *American Journal of Dentistry* 2003; 16(4): 239-243.
4. Li W, Lee LJ. Low temperature cure of unsaturated polyester resins with thermoplastic additives. II. Structure formation and shrinkage control mechanism. *Polymer* 2000; 41(2): 697–710.
5. Trujillo-Lemon M, Ge JH, Lu H, Tanaka J, Stansbury JW. Dimethacrylate derivatives of dimer acid. *Journal of Polymer Science - Part A: Polymer Chemistry* 2006; 44(12): 3921–9.
6. Schmitt VL, Puppim-Rontani RM, Naufel FS, Nahsan FPS, Sinhorette MAC, Baseggio W. Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *International Scholarly Research Network Dentistry* 2011; 2011:617672.
7. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano G. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dental Materials* 2003; 19: 12-18.
8. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Operative Dentistry* 2005; 30: 213-219.
9. Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 2007; 18: 155-163.

10. Jung M, Eichelberger K, Klimek J. Surface geometry of four nanofiller and one hybrid composite after one-step and multiple-step polishing. *Operative Dentistry* 2007; 32: 347-355.

11. Okte Z, Villalta P, García-Godoy F, Lu H, Powers JM. Surface hardness of resin composites after staining and bleaching. *Operative Dentistry* 2006; 31(5): 623-628.

12. Domingos PAS, Garcia PPNS, Oliveira ALBM, Palma-Dibb RG. Composite resin color stability: influence of light sources and immersion media. *Journal of Applied Oral Science* 2011; 19: 204-211.