

Marcela Gonçalves Borges

Efeito do uso simulado de bebidas ácidas na alteração de cor, topografia de superfície e propriedades mecânicas de resinas compostas convencional e *bulk-fill*

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do Título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica Integrada.

Uberlândia, 2016

Marcela Gonçalves Borges

**Efeito do uso simulado de bebidas ácidas na alteração de cor, topografia de
superfície e propriedades mecânicas de resinas compostas convencional e
*bulk-fill***

Orientador: Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes

Coorientador: Prof. Dr. Carlos José Soares

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos José Soares

Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes

Prof. Dra. Veridiana Resende Novais Simamoto

Prof. Dr. Luís Roberto Marcondes Martins

Uberlândia, 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

-
- B732e
2016
- Borges, Marcela Gonçalves, 1989
Efeito do uso simulado de bebidas ácidas na alteração de cor, topografia de superfície e propriedades mecânicas de resinas compostas convencional e *bulk-fill* / Marcela Gonçalves Borges. - 2016.
59 p. : il.
- Orientador: Murilo de Sousa Menezes.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Odontologia.
Inclui bibliografia.
1. Odontologia - Teses. 2. Resinas compostas (Odontologia) - Teses.
I. Menezes, Murilo de Sousa. II. Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU: 616.314



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA



Ata da defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO junto ao Programa de Pós-graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de: Dissertação de Mestrado Acadêmico nº 284 – COPOD

Data: 04/02/2016

Discente: Marcela Gonçalves Borges, Matrícula: 11412ODO012

Título do Trabalho: Efeito do uso simulado de bebidas ácidas na alteração da cor, topografia de superfície e propriedades mecânicas de resinas compostas convencional e bulk-fill.

Área de concentração: Clínica Odontológica Integrada.

Linha de pesquisa: Propriedades Físicas e Biológicas dos Materiais Odontológicos e das Estruturas Dentais

Projeto de Pesquisa de vinculação: Propriedades Físicas e Biológicas dos Materiais Odontológicos e das Estruturas Dentais.

As quatorze horas do dia quatro de fevereiro do ano de 2016 no Anfiteatro Bloco 4L, Anexo A, Sala 23, Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em janeiro 2016, assim composta: Professores Doutores: Veridiana Resende Novais Simamoto (UFU); Luís Roberto Marcondes Martins (UNICAMP); e Murilo de Sousa Menezes (UFU) orientador(a) do(a) candidato(a) **Marcela Gonçalves Borges**.

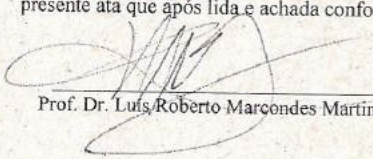
Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa Dr. Murilo de Sousa Menezes apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

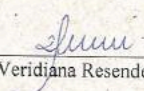
A seguir o senhor (a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos (às) examinadores (a)s, que passaram a arguir o (a) candidato (a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais.

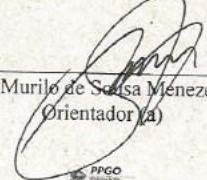
Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o (a) candidato(a) provado(a).

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos às 12 horas e 00 minutos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.


Prof. Dr. Luís Roberto Marcondes Martins – UNICAMP


Profa. Dra. Veridiana Resende Novais Simamoto


Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes – UFU
Orientador(a)

Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Uberlândia, MG. Av. Pará s/n, Bloco 4LB, Sala 4L B35, Fone: (34) 3225 8115, www.ppgoo.fu.ufu.br, copod@umuarama.ufu.br.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a
Deus, aos meus pais Humberto e
Hélia e ao meu irmão Thiago.

AGRADECIMENTOS

A Deus,

Que sempre iluminou o meu caminho, ao encontro das melhores pessoas e oportunidades e me fortaleceu, trazendo paz nos momentos difíceis. Agradeço por este instante preenchido completamente por sua presença!

Aos meus pais Humberto e Hélia e ao meu irmão Thiago,

Por todo o apoio, afeto e dedicação incondicional à minha vida e aos meus planos. Por me passarem valores de vida tão sólidos, os quais procuro seguir. Obrigada por acreditarem nos meus sonhos e fazerem os meus dias mais leves e felizes! Eu amo muito vocês!

A todos os meus familiares,

Sei que a minha felicidade também é a felicidade de vocês e que torcem por mim. Agradeço pelos bons momentos, força e amor de todos.

Ao meu namorado Caio,

Seu incentivo, cuidado e amor durante todos estes anos foram fundamentais para mim. Obrigada pelos dias de felicidade e por toda a ajuda e compreensão. Amo-te! Agradeço também de coração a todo carinho da sua família comigo.

Aos inúmeros amigos que a vida me deu,

Sintam-se todos lembrados e agradecidos. Graças a Deus, são tantos amigos que torna-se impossível falar de cada um, mas estão todos presentes no meu coração. Agradeço em especial aos meus amigos de infância, do Mestrado e do restante da Pós-Graduação, do meu grupo de pesquisa - Fernanda, Ana Laura, Giselle, Ludiele, Thaís, Matheus, Davison e Ede Lausson, às amigas desde a Graduação – Fernanda, Jéssica e Camila, e às amigas desde o PET - Jéssica e Marina. Obrigada pelos momentos especiais, recordações marcantes, viagens e alegria compartilhada. Vocês são muito importantes pra mim e espero tê-los por perto pro resto da vida!

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU),

Instituição que preza o desenvolvimento de uma odontologia de qualidade pautada na ciência e na ética, da qual tenho orgulho em fazer parte.

Ao meu Professor e Orientador Murilo de Sousa Menezes,

Obrigada pela amizade e por você ter oportunizado a mim tantos aprendizados desde quando fui sua aluna voluntária de Iniciação Científica. Saiba que sempre serei grata por acreditar em mim, me ensinar e me incentivar. Obrigada pela paciência, confiança depositada e importância na minha formação. Continue a contar comigo para o que for preciso!

Ao meu Professor e Coorientador Carlos José Soares,

Agradeço imensamente pelos ensinamentos e direcionamentos, por me motivar e pela sua disponibilidade, me ajudando além do que podia. Te admiro pela sua competência, dedicação em tudo que faz e pela pessoa solícita e acessível que você é.

À Thaís,

Pela ajuda e carinho em todas as horas! Você foi um anjo pra mim e fundamental para a realização deste trabalho, tornando-se uma grande amiga. Agradeço a oportunidade em conviver com você e também por ter tido com você a minha primeira experiência em orientação.

À Professora Henara Costa, ao Professor Sinésio Franco e alunos de Mestrado Tarsis e Leonardo do Curso de Engenharia Mecânica da UFU,

Pelo suporte oferecido e orientação nos testes de topografia e indentação.

À Aline Bicalho,

Sempre te admirei e agora mais ainda... Obrigada por toda a sua ajuda no teste de indentação e contribuição neste trabalho, sempre muito educada e com essa alegria de viver!

A todos os Professores do Departamento de Dentística da FOUFU,

Obrigada aos exemplos de professores, pelos bons momentos de descontração, trabalho e aprendizado.

Aos Professores dos demais Departamentos da FOUFU e da Pós-Graduação,

Obrigada a todos os mestres que contribuem para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos professores André Faria e Silva, Roberto Pessoa, Rodrigo Faria e Alexandre Vieira,

Por todas as oportunidades que tive com vocês. Obrigada pelos ensinamentos, apoio e torcida. Conviver com vocês é um privilégio!

A todos os funcionários da UFU,

Obrigada a todos vocês pelos sorrisos em todos os dias que nos encontramos.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais),

Pelo apoio financeiro durante estes anos de Pós-Graduação.

“Sem sonhos, a vida não tem brilho.
Sem metas, os sonhos não têm alicerces.
Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais.”

Augusto Cury

SUMÁRIO

RESUMO	01
<i>ABSTRACT</i>	03
1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO	04
2. PROPOSIÇÃO	07
3. MATERIAL E MÉTODOS	09
4. RESULTADOS	28
5. DISCUSSÃO	35
6. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	42

RESUMO

O objetivo deste estudo *in vitro* foi investigar o efeito do uso simulado de diferentes bebidas ácidas na alteração de cor, topografia de superfície e propriedades mecânicas de resinas compostas convencional e *bulk-fill*. Uma resina composta nanoparticulada convencional Z350 (Filtek Z350 XT, 3M ESPE); e duas resinas compostas *bulk-fill*: TNC (Tetric-N-Ceram Bulk-Fill, Ivoclar Vivadent) e X-TRA (X-Tra Fil, VOCO) foram utilizadas para a confecção dos espécimes em formato de disco, de acordo com as recomendações dos fabricantes. O grau de conversão (GC) foi analisado imediatamente e após 24 h de armazenamento a seco, ao abrigo de luz em estufa a 37°C, com utilização de Espectrofotômetro de Infravermelho por Transformada de Fourier - FTIR (n = 5). A alteração de cor foi analisada por três diferentes examinadores, com utilização da escala clássica de cor Vitapan. A análise da topografia de superfície foi realizada com utilização de Interferômetro a Laser 3D (n = 5). Os parâmetros de amplitude (Sa, Ssk and Sku) e o parâmetro híbrido (Sdq) foram medidos a partir da área de 1 x 1 mm e *cut-off* de 0,25 mm. O módulo de elasticidade (E) e a dureza Vickers (DV) das 8 diferentes profundidades de endentação dos espécimes foram determinados por meio de ensaio de microdureza com indentação dinâmica (n = 5). O teste de resistência à tração diametral (RTD) foi realizado com velocidade de 0,5 mm/min (n = 5). Os espécimes de cada resina composta do grupo controle foram mantidos em saliva artificial, ao abrigo de luz em estufa a 37°C durante 24 h. Espécimes adicionais foram divididos aleatoriamente em 4 grupos, de acordo com a solução testada: saliva artificial, suco de açaí, vinho tinto e Coca-Cola. O desafio ácido dos espécimes foi simulado durante 30 dias (3 vezes de 15 min por dia). Posteriormente, os testes foram realizados novamente. Os dados dos parâmetros Sa, Ssk, Sku e Sdq, E, DV e RTD foram submetidos à análise de variância fatorial dois-fatores (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Os dados de alteração de cor foram analisados por meio do teste de Kruskal-Wallis. Os valores do GC foram semelhantes estatisticamente nos momentos de avaliação imediato e após 24 h, independentemente da resina composta. Após o desafio ácido, os valores do E, DV e RTD foram reduzidos para todas as resinas compostas testadas e a rugosidade de superfície aumentou significativamente, principalmente para a Coca-Cola. A alteração de cor foi maior para o suco de açaí e vinho tinto, em comparação à Coca-

Cola. As bebidas ácidas influenciaram negativamente as propriedades físicas e mecânicas e a qualidade de superfície das resinas compostas convencional e *bulk-fill* testadas, sendo que as resinas compostas *bulk-fill* tiveram comportamento semelhante à resina composta convencional para todos os parâmetros avaliados.

Palavras-chave: resinas compostas, bebidas.

ABSTRACT

The aim of this in vitro study was to investigate the effect of acidic drinks on the shade matching, surface topography and mechanical properties of conventional and bulk-fill composite resins. One conventional nanofilled composite resin Z350 (Filtek Z350 XT, 3M ESPE); and two bulk-fill composite resins: TNC (Tetric-N-Ceram Bulk-Fill, Ivoclar Vivadent) and X-TRA (X-Tra Fil, VOCO) were used to prepare disc-shaped specimens according to the manufacturers instructions. The degree of conversion (DC) of the specimens was monitored immediately and after 24 h storage in dried and dark recipient at 37°C, using Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR) (n = 5). Shade matching was done using Vitapan Classic Shade Guide by three different examiners. The surface topography analysis was performed using 3D Laser Interferometry (n = 5). The amplitude parameters (Sa, Ssk and Sku) and hybrid parameter (Sdq) were extracted in the area of 1 x 1 mm using cut-off length of 0.25 mm. The elastic modulus (E) and Vickers hardness (VH) at different composite resin depths were determined by microhardness dynamic indentation (n = 5). The diametral tensile strength (DTS) was determined at 0.5 mm per min (n = 5). The specimens from control group were held in artificial saliva in dark recipient at 37°C for 24 h. Additional specimens of each composite resin were randomly divided into 4 groups according to tested solution: artificial saliva, acai juice, red wine or Coca-Cola. The specimens were acidic drinks challenged in 3 immersion baths of 15 min per day and after tests were performed again. The Sa, Ssk, Sku and Sdq parameters, E, VHN and DTS were statistically analyzed using two-way analysis of variance followed by Tukey's HSD test ($\alpha = 0.05$). The shade matching data were analyzed using Kruskal-Wallis test. DC was similar at immediate evaluation or after 24 hours, irrespective of composite resin tested. After the acidic drinks challenge acidic drinks challenge, the E, VH and DTS data were reduced for all composite resins tested and the surface roughness increased significantly, mainly for Coca-Cola. The acai juice and red wine produced more surface staining than Coca-Cola. The acidic drinks have negatively influenced the physical and mechanical properties and surface quality of conventional and bulk-fill composite resins tested. Bulk-fill composite resins used had similar performance to conventional composite resin for all parameters evaluated.

Keywords: composite resins, beverages

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

A ciência dos materiais odontológicos tem a necessidade de acompanhar as considerações biomecânicas que estão associadas à sua seleção e ao seu uso (Bader et al., 1996).

As resinas compostas são consideradas como escolha de sucesso para restaurações diretas, devido a sua aplicabilidade clínica, boas propriedades físicas e mecânicas, possibilidade estética, custo moderado em comparação aos materiais cerâmicos e capacidade de união às estruturas dentárias (Karaman et al., 2014). No entanto, estes materiais estão em constante processo de degradação química na cavidade oral, visto que na dieta humana há variedade de alimentos e bebidas com ácidos e corantes (Bagheri et al., 2005; Topcu et al., 2009). Tais componentes podem prejudicar o desempenho clínico dos materiais restauradores, de forma a ocasionar substituição precoce das restaurações, resultando em despesas adicionais (Karaman et al., 2014).

Assim, a deteriorização química pode interferir na estética e longevidade das restaurações em resina composta (Leprince et al., 2014). O baixo pH dos refrigerantes, bebidas alcoólicas e alguns outros alimentos (Yap et al., 2005; Brada et al., 2005; Sadat HashemiKamangar et al., 2015) podem resultar em efeitos deletérios na superfície ou subsuperfície dos materiais, como demonstrados por meio das alterações na topografia de superfície e energia livre superficial (Fucio et al., 2008), diminuição da sua microdureza (Konishi et al., 2003) e degradação da matriz orgânica (Leprince et al., 2014). Outro aspecto observado é a alteração de cor das resinas compostas, que também pode ocorrer por meio da absorção e/ou adsorção de corantes durante o período de exposição (Bagheri et al., 2005; Topcu et al., 2009). Desta forma, alguns fatores são importantes para a durabilidade dos materiais restauradores, como a resistência ao desgaste (Anusavice, 2003), à dissolução ou desintegração (Nomoto & McCabe, 2001) e a manutenção da qualidade de superfície ao longo do tempo (Pedrini et al., 2003; Paravina et al., 2004).

Uma dificuldade inerente das restaurações em dentes posteriores é a contração de polimerização das resinas compostas, que gera tensões residuais no dente, mesmo quando este não está em função (Marchesi et al., 2010; Jafarpour et al., 2012). Alguns sinais clínicos indesejáveis têm sido associados à contração de polimerização, como a

adaptação da interface entre dente e restauração, sensibilidade pós-operatória, microinfiltração e cárie secundária (Versluis & Tantbirojn, 2009; Burgess & Cakir, 2010). Estas condições levam os fabricantes a estarem em constante processo de melhoria das propriedades dos materiais, com objetivo de reduzir etapas consideradas críticas no protocolo restaurador.

A partir da aplicação da nanotecnologia, foi possível melhorar a composição química e as características ópticas e mecânicas das resinas compostas (Paula et al., 2015), por meio da incorporação de maior quantidade de partículas de carga inorgânica em proporções nanométricas e da obtenção de lisura de superfície (Senawongse & Pongprueksa, 2007). O protocolo mais comumente utilizado em reabilitações em dentes posteriores com resina composta é a técnica incremental (Bicalho et al., 2014). Com o objetivo de simplificar este procedimento restaurador (Leprince et al., 2014), bem como aprimorar o comportamento clínico destes tipos de materiais, foram desenvolvidas as resinas compostas do tipo *bulk-fill*, as quais permitem a utilização de incremento único de até 4 mm de espessura (Kim & Park, 2011), gerando pouco acúmulo de tensões, além de promoverem menos deflexão de cúspide (Kwon et al., 2012; Jafarpour et al., 2012; Rosatto et al., 2015).

Poucos estudos têm sido realizados para avaliar o desempenho das restaurações em resinas compostas, quando estas são colocadas em contato com bebidas de baixo pH e que contêm corantes. Diante deste contexto, tendo em vista a utilização rotineira das resinas compostas em restaurações em dentes posteriores e a necessidade de maiores comprovações científicas a respeito de suas propriedades estéticas e mecânicas, é importante avaliar o seu comportamento frente a degradação química. Assim, a hipótese nula deste estudo foi que as bebidas ácidas não afetariam as propriedades físicas e mecânicas e a qualidade de superfície das resinas compostas convencional e *bulk-fill*.

PROPOSIÇÃO

2. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos deletérios cumulativos do uso simulado de diferentes bebidas ácidas e que contém corantes na alteração de cor, topografia de superfície, módulo de elasticidade, dureza Vickers e resistência à tração diametral de resinas compostas convencional e bulk-fill.

MATERIAL E MÉTODOS

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Confecção dos espécimes

Uma resina composta nanoparticulada convencional Z350 (Filtek Z350 XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) e duas resinas compostas *bulk-fill* TNC (Tetric-N-Ceram Bulk-Fill, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e X-TRA (X-Tra Fil, VOCO, Cuxhaven, Germany) foram testadas neste estudo (Figura 1). As especificações dos materiais utilizados estão listadas na Tabela 1.



Figura 1. Resinas compostas testadas: Z350, TNC e X-TRA.

Tabela 1. Especificações dos materiais utilizados (Informações fornecidas pelo fabricante)

Resina composta	Abreviação	Cor	Tamanho da partícula, μm	Composição* (peso%/volume%)	Tipo de partícula	Tempo de fotoativação	Fabricante /Nº. do lote
Filtek Z350 XT	Z350	A2E	0.6 – 10 μm	BIS-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA, BIS-EMA (78,5% peso/63,3% volume)	Zircônia/Sílica	20 s	3M ESPE/ 1508006 07
Tetric-N-Ceram Bulk Fill	TNC	IVA	0.6 μm	Dimetacrilatos; vidro de bário, pré-polímero, trifluoreto de itérbio, óxidos mistos (75-77% peso/53-55% volume)	Vidro de bário	20 s	Ivoclar Vivadent / U03089
X-Tra Fil	X-TRA	U	2-3 μm	BIS-GMA, UDMA, BHT, TEGDMA (86% peso/70,1% volume)	Multi-híbrida	10 s	VOCO/ 1516628

*BIS-GMA: bisfenol glicidil metacrilato; UDMA: dimetacrilato de uretano; BHT: hidroxitolueno butilado; TEGDMA: trietileno glicol dimetacrilato; PEGDMA: polietilenoglicol dimetacrilato; BIS-EMA: bisfenol A polietileno glicol dimetacrilato.

Para confecção dos espécimes em formato de discos, a resina composta foi inserida pela técnica de incremento único em um molde de silicone por adição (HydroXtreme, Vigodent, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) confeccionado por meio de um cilindro de PVC (Figura 2), com dimensões internas correspondentes a 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura (ISO 4049). Em seguida, uma tira de poliéster e uma placa de vidro foram posicionadas sobre o espécime para garantir superfície plana e polida. Após 20 s, a placa foi removida e diretamente sobre a tira de poliéster foi realizada a fotoativação da resina composta (Figura 3).



Figura 2. Molde de silicone com dimensões internas de 4 x 2 mm.

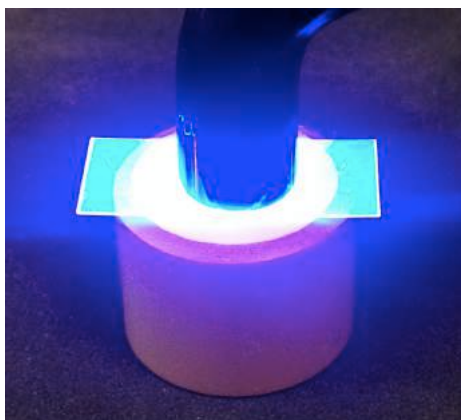


Figura 3. Fotoativação do espécime.

Os espécimes foram fotoativados de acordo com as recomendações do fabricante para cada resina composta, com aparelho fotopolimerizador unidade LED (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (Figura 4) com intensidade de luz de 1200 mW/cm^2 . Foi utilizado radiômetro para verificação prévia e padronização da sua intensidade de luz (Figura 5) (Kondortech Equipamentos Odontológicos, São Carlos, SP, Brasil). A fotoativação foi realizada de acordo com as recomendações do fabricante: 20 s (Z350 e TNC) e 10 s (X-TRA).



Figura 4. Aparelho fotopolimerizador.



Figura 5. Verificação da intensidade de luz com radiômetro.

3.2. Grau de conversão

O grau de conversão estático (GC) das resinas compostas nos estados polimerizado e não polimerizado foi mensurado imediatamente após a confecção dos espécimes e também após 24 h de armazenamento dos espécimes a seco, ao abrigo de luz em estufa a 37°C.

Para a análise do GC, foi utilizado Espectrofotômetro de Infravermelho por Transformada de Fourier – FTIR ($n = 5$). O GC foi realizado no equipamento FTIR (Vertex 70, Bruker Optik GmbH, Ettlingen, Germany) com elemento acoplado de reflectância total atenuada (ATR) (Figura 6), infravermelho médio (MIR) e detector de sulfato de triglicina deuterada (DTGS). Para a realização da leitura, a superfície do espécime diretamente fotoativada foi colocada em íntimo contato sobre o cristal de diamante do ATR.

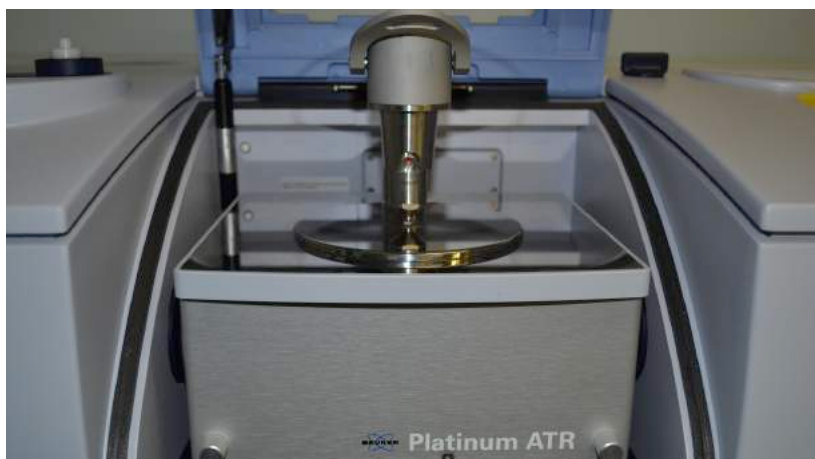
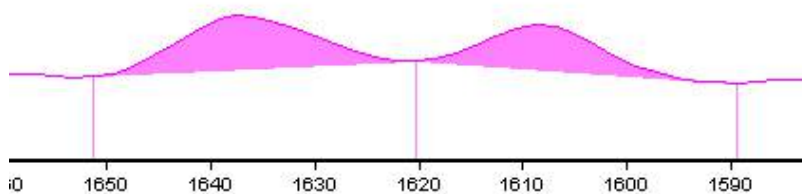


Figura 6. FTIR e dispositivo ATR, com o espécime em estado polimerizado em posição para ser testado.

A análise quantitativa do grau de conversão foi baseada nas intensidades correspondentes às bandas 1608 cm^{-1} e 1638 cm^{-1} da resina composta, utilizando resolução de 4 cm^{-1} e 32 *scans*. Os espectros do material nos estados polimerizado (Figura 7A) e não polimerizado (Figura 7B) foram obtidos por meio do *software* OPUS (Spectroscopy Software, Bruker Optik GmbH, Ettlingen, Germany) entre o pico de absorbância localizado em 1608 cm^{-1} da cadeia aromática de carbono C=C e o pico em 1638 cm^{-1} da cadeia alifática de carbono C=C (Silva, 2008).

A)



B)

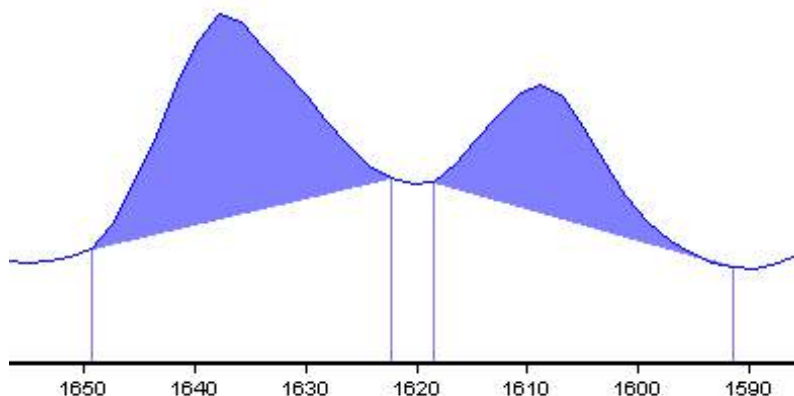


Figura 7. Espectros nos estados polimerizado (A) e não-polimerizado da resina composta (B).

Todas as análises foram realizadas sob condições controladas de temperatura ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) e humidade ($60 \pm 5\%$). O GC (%) foi calculado por meio da fórmula: $\text{GC} = (1 - P/\text{NP}) \times 100$, sendo P a razão da intensidade em 1638 cm^{-1} /intensidade em 1608 cm^{-1} no estado polimerizado e NP a razão da intensidade em 1638 cm^{-1} /intensidade em 1608 cm^{-1} no estado não-polimerizado.

3.3. Divisão dos grupos e uso simulado de bebidas ácidas

Os espécimes do grupo controle foram avaliados após 24 h de armazenamento em *ependorf* contendo 1,5 mL de saliva artificial, ao abrigo de luz em estufa a 37°C

(Figura 8). Para os grupos experimentais, espécimes adicionais foram divididos aleatoriamente em 4 grupos e imersos individualmente em recipiente de vidro com 10 mL (ISO 4049) de cada solução avaliada: saliva artificial (pH 7), suco de açaí (pH 3,8), vinho tinto (pH 3,5) e Coca-Cola (pH 2,3) (Figura 9). Os principais ingredientes das soluções utilizadas estão listados na Tabela 2.



Figura 8. Estufa a 37°C para armazenamento dos espécimes.



Figura 9. Soluções utilizadas: saliva artificial, suco de açaí, vinho tinto e Coca-Cola.

Tabela 2. Principais ingredientes das soluções utilizadas

Solução	Principais ingredientes	pH
Saliva artificial	Cálcio (0.1169 g de hidróxido de cálcio/L de água deionizada); 0.9 mM de fósforo e potássio (0.1225 g fosfato de potássio monobásico/L de água deionizada); 20 mM tampão TRIS (2.4280 g tampão TRIS/L água deionizada)	7
Suco de açaí	Polpa de açaí (mínimo 50%); água; açúcar; corante carmim de cochonilha; acidulante de ácido cítrico (E 330); goma xantana (E 415); antioxidante de ácido ascórbico (E 300); extrato de guaraná; aromas de açaí e guaraná	3.8
Vinho tinto	Aromas naturais de frutas vermelhas; dióxido de enxofre (E 220)	3.5
Coca-Cola	Água carbonatada; açúcar; corante caramelo; ácido fosfórico; aromas naturais; cafeína	2.3

O uso de bebidas ácidas foi simulado por meio de protocolo com 3 imersões de 15 min ao dia, durante 30 dias. Para os espécimes do grupo mantidos em saliva artificial, estes foram imersos durante o total de 30 dias, sendo a saliva trocada diariamente.

Após o desafio, foi realizada remoção dos excessos das soluções e entre uma imersão e outra, os espécimes permaneceram durante 30 min em saliva artificial e no intervalo entre os dias de desafio, os espécimes permaneceram também em saliva artificial. O pH das soluções foi aferido diariamente com utilização de um pHmetro digital (modelo mPA – 210p, TecnoPON, Piracicaba, SP, Brasil) (Figura 10). Previamente ao uso do pHmetro, o eletrodo de vidro foi calibrado (modelo SC10, Sensoglass Sensores Analíticos, Tremembé, SP, Brasil) com soluções tampão padronizadas de pH 4,0 e 7,0 (Figura 11).



Figura 10. pHmetro digital.



Figura 11. Eletrodo de vidro e soluções tampão.

Ao final do período total de 30 dias de desafio, os espécimes foram lavados com água destilada em cuba ultrassônica (Ultrasonic Cleaner, California Institute of Technology, Pasadena, California) durante 10 min e em seguida, as análises finais de alteração de cor, topografia de superfície e propriedades mecânicas foram realizadas.

3.4. Topografia de superfície

Para a caracterização física da topografia da superfície e extração dos parâmetros de rugosidade, foi utilizado um equipamento de medição óptica - Interferômetro a Laser 3D (UBM Messtechnik MicroFocus, GmbH, Ettlingen,

Germany) (Figura 12) ($n = 5$), conectado a um computador. Os espécimes foram posicionados sobre a mesa do interferômetro, com auxílio de uma matriz de silicone para possibilitar que incidência do feixe estivesse perpendicular e ao centro do espécime (Figura 13).

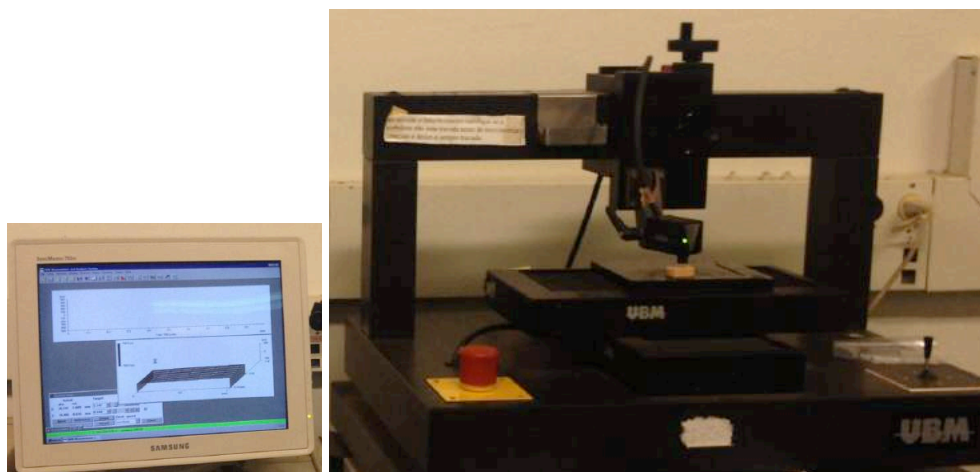


Figura 12. Interferômetro a Laser 3D.



Figura 13. Espécime em posição.

O comprimento de corte utilizado foi de 0,25 mm e a velocidade de rastreamento foi de 0,25 mm/s. A taxa de medição foi de 250 pontos por s, a partir da área de medição de 1 x 1 mm e modo de medição denominado axonométrica. Foram utilizadas densidades de medição de 100 pontos no eixo X e 1000 pontos no eixo Y. Após a remoção da forma e ondulação, os parâmetros de amplitude ($S_a - \mu\text{m}$; S_{sk} e S_{ku}) e o parâmetro híbrido ($S_{dq} - \mu\text{m}/\mu\text{m}$) de cada espécime foram obtidos por meio do *software* MountainsMap Universal (Versão 3,0, GmbH, Ettlingen, Germany).

O parâmetro S_a corresponde à média aritmética entre os picos e vales percorridos pelo instrumento de análise, ou seja, a média aritmética das alturas da

superfície do espécime a partir de um plano médio. O Sku (Kurtosis) é a medida de dispersão, que caracteriza o achatamento do perfil, de acordo com o pico de distribuição da altura topográfica. O Ssk (Skewness) é definido como a medida da simetria do perfil superficial, a partir da linha média. O Sdq representa a inclinação média das irregularidades de superfície.

3.5. Módulo de elasticidade e dureza Vickers

O módulo de elasticidade (E) e a dureza Vickers (DV) das resinas compostas foram avaliados em diferentes profundidades de indentação. Inicialmente os espécimes foram fixados com godiva em uma placa de acrílico e seccionados perpendicularmente com a utilização de um disco de corte diamantado dupla face (Extex Dia. Wafer Blade 4" X.012 X 1/2 - 102 mm x 0,3 mm x 127 mm, ERIOS Equipamentos Ltda, São Paulo, SP, Brasil), sob refrigeração. Para a secção, foi utilizada uma cortadeira metalográfica de precisão com velocidade de 200 rpm (Isomet 100, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) (Figura 14) (n = 5).



Figura 14. Cortadeira metalográfica de precisão.

Após o corte dos espécimes, estes foram posicionados sobre uma placa de vidro e no interior de uma matriz de metalon individualizado com cera rosa 7 (Figura 15) os espécimes foram incluídos com resina de poliéster de embutimento a frio (Instrumental Instrumentos de Medição Ltda, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 16). Em seguida, foi realizado acabamento dos espécimes embutidos com água e lixas sequenciais de carbeto de silício, em ordem crescente de granulação (#600, 800, 1200 e 2000; Norton, Campinas, SP, Brasil), em lixadeira (Politriz Universal, Arotec, São

Paulo, SP, Brasil) (Figura 17). Após enxague do conjunto em cuba ultrassônica com álcool absoluto, durante 10 min, o polimento foi realizado com pastas de diamante em ordem decrescente (6-, 3-, 1- e 1/4-1m; Arotec, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 18) e discos de feltros correspondentes a cada pasta (Figura 19) em outra lixadeira (Figura 20). Cada polimento foi realizado por sequências de 10 min com cada pasta e feltro, seguido de enxague do conjunto em cuba ultrassônica com álcool absoluto, durante 10 min (Bicalho et al., 2014).



Figura 15. Individualização do metalon com cera rosa 7.

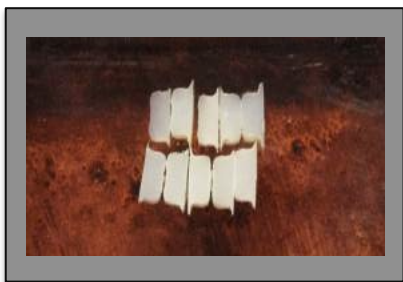


Figura 16. Inclusão dos espécimes seccionados com resina de poliéster.



Figura 17. Lixa de carbeto de silício acoplado à lixadeira para acabamento.



Figura 18. Pastas de diamante para polimento.



Figura 19. Discos de feltro para polimento.



Figura 20. Disco de feltro acoplado à lixadeira para polimento.



Figura 21. Enxague do conjunto em ultrassom com álcool absoluto.

As propriedades micromecânicas foram obtidas por meio do microdurômetro (CSM Micro-Hardness Tester; CSM Instruments, Peseux, Switzerland) (Figura 22), acoplado a um *software* para *Windows* e indentador dinâmico de dureza instrumentada do tipo Vickers, com geometria piramidal e base quadrangular em formato de losango (Figura 23). As indentações de superfície de cada espécime foram realizadas em 8 profundidades diferentes: 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150 e 200 μm (Peixoto et al., 2015). O teste foi realizado com força controlada e o carregamento foi gradativamente aumentado e reduzido à uma velocidade constante de 0 a 500 mN no intervalo de 60 s. Para isto, o carregamento máximo foi mantido em 500 mN durante 15 s. A carga e a profundidade de impressão do indentador foram medidas continuamente durante o processo de carregamento e descarregamento (Bicalho et al., 2014).



Figura 22. Microdurômetro.

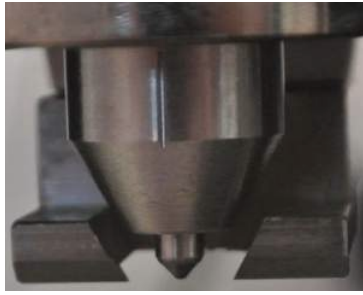


Figura 23. Indentador dinâmico de dureza instrumentada do tipo Vickers.

A DV (N/mm²) foi calculada pela fórmula: $DV = F/A$, sendo F a carga máxima aplicada, A a área aparente de recuo na força máxima. A média dos valores de DV foi calculada para cada espécime. O módulo de indentação foi calculado a partir da inclinação da tangente da curva de profundidade de recuo na força máxima, sendo comparável com o E do material (GPa) (Bicalho et al., 2014). Assim, o E foi calculado por meio da fórmula:

$$E = \frac{1 - \nu_s^2}{\frac{1}{E_r} - \frac{1 - \nu_i^2}{E_i}}$$

Onde: E_i corresponde ao módulo de elasticidade do penetrador de diamante (1,141), ν_i ao coeficiente de Poisson do penetrador de diamante (0,07), E_r ao módulo de indentação da área de contato, e ν_s ao coeficiente de Poisson da resina composta (Soons et al., 2010).

3.6. Resistência à tração diametral

O teste de resistência à tração diametral (RTD) foi realizado em uma máquina de ensaio mecânico (DL 2000, EMIC, São José dos Pinhais, SP, Brasil) para cada espécime de resina composta (Figura 24) ($n = 5$), com aplicação progressiva de carga de compressão (Carneiro et al., 1949). Para ao ensaio, o diâmetro e espessura de cada espécime foi aferido com paquímetro digital (Figura 25). Foram utilizados um dispositivo com ponta cilíndrica acoplada, plataforma plana para posicionamento do

espécime e célula de carga de 100 kgF (Figura 26) à uma velocidade de 0,5 mm/min até ocorrer a falha do espécime (Figura 27). Os valores de RTD (MPa) foram obtidos pela fórmula: $RTD = 2F/\pi dt$, sendo F a carga máxima, $\pi = 3,14$, d o diâmetro do espécime e t a espessura do espécime.



Figura 24. Máquina de ensaio mecânico.



Figura 25. Dimensões dos espécimes aferidas com paquímetro digital.



Figura 26. Célula de carga de 100 kgF, dispositivo com ponta cilíndrica acoplada e posicionamento do espécime na plataforma plana.

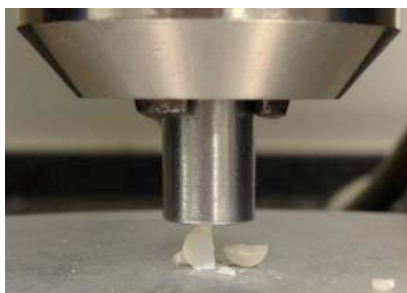


Figura 27. Falha do espécime após realização do ensaio.

3.7. Alteração de cor

A alteração de cor dos espécimes foi definida qualitativamente por *scores* de 0 a 3, de acordo com o nível de tonalidade, com auxílio da escala clássica de cor Vitapan (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany). A análise foi realizada individualmente por 3 examinadores diferentes e calibrados, os quais tinham diferentes níveis de experiências, sem histórico de deficiência visual de cor. Para esta avaliação, a escala e os espécimes foram umedecidos e o processo foi realizado pelos examinadores rapidamente por 20 s, sob condições de luz do dia (Alsaleh et al., 2012).

Durante a análise da alteração de cor, os espécimes foram colocados sobre um papel de cor cinza, para simulação do fundo da boca. Posteriormente, foi realizado descanso dos olhos e acomodação visual com um papel de cor azul durante 20 s (Figura 28). O julgamento foi realizado pelos examinadores com cegamento entre eles e a sequência dos espécimes foi distribuída aleatoriamente (Öngül et al., 2012).

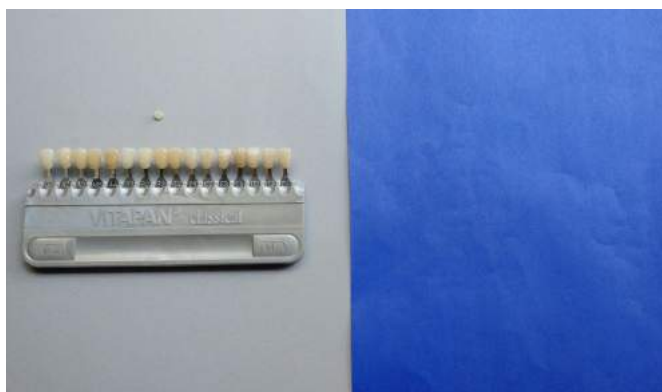


Figura 28. Materiais utilizados para a análise de alteração de cor dos espécimes.

3.8. Análise estatística

Os dados para o GC, parâmetros Sa, Ssk, Sku e Sdq, E, DV e RTD foram inicialmente avaliados quanto à distribuição normal (Shapiro-Wilk, $P > 0,05$) e igualdade de variância (teste de Levene). Em seguida, os testes estatísticos paramétricos foram realizados. Para os parâmetros Sa, Ssk, Sku e Sdq, E e DV, a análise de variância fatorial dois-fatores (*Two-way* ANOVA) e o teste de comparação de médias – teste de Tukey foi utilizado. Os fatores em estudo foram: resina composta e solução, com parcela sub-dividida representada pela profundidade de indentação. A alteração de cor foi analisada por meio do teste de Kruskal-Wallis. Os testes foram utilizados com nível de significância $\alpha = 0,05$ e a análise estatística foi realizada com utilização do *software* Sigma Plot (Versão 13.1, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA).

RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1. Grau de conversão

Os valores do GC (%) das resinas compostas está descrito na Tabela 3. Os valores do GC foram semelhantes estatisticamente nos momentos de avaliação imediato e após 24 h, independentemente da resina composta. A resina composta X-TRA apresentou GC significativamente maior que a TNC e esta última, maior GC que a Z350.

Tabela 3. Média \pm Desvio-padrão do Grau de Conversão (%) das resinas compostas

Resina composta	Imediato	24 h	Média agrupada
Z350	55,6 \pm 2,7	56,9 \pm 1,6	56,2 \pm 2,9 ^C
TNC	59,4 \pm 1,9	61,3 \pm 1,3	60,5 \pm 2,3 ^B
X-TRA	63,9 \pm 1,3	64,9 \pm 1,0	64,4 \pm 1,5 ^A
Média agrupada	59,6 \pm 4,3 ^a	61,1 \pm 3,8 ^a	

* Letras maiúsculas distintas na coluna indicam diferença estatística entre as resinas compostas. Letras minúsculas nas linhas comparam o momento de avaliação ($p < 0,05$).

4.2. Topografia de superfície

Os parâmetros de amplitude (S_a - μm ; S_{sk} e S_{ku}) e o parâmetro híbrido (S_{dq} - $\mu\text{m}/\mu\text{m}$) correspondentes à rugosidade da superfície estão constados na Figura 29. Imagens representativas da topografia da superfície dos espécimes submetidos às soluções avaliadas estão apresentadas na Figura 30.

Todas as resinas compostas testadas apresentaram valores de S_a semelhantes estatisticamente para o grupo controle. A Coca-Cola resultou em valores superiores de S_a para todas as resinas compostas, seguida pelo suco de açaí e vinho tinto. Os valores de S_a das resinas TNC e X-TRA foram influenciados mais negativamente pela Coca-Cola, em comparação à Z350.

Os valores de S_{ku} foram inferiores estatisticamente para a Z350, em comparação à TNC e X-TRA, nos grupos controle e de saliva artificial. Após o uso de bebidas ácidas, os valores de S_{ku} foram semelhantes para todas as resinas compostas.

Os valores de S_{sk} foram superiores estatisticamente para a Z350, em comparação à TNC e X-TRA, nos grupos controle e de saliva artificial. As bebidas ácidas não influenciaram os valores de S_{sk} para a Z350. Para as outras resinas compostas, os valores de S_{sk} foram semelhantes após o uso de bebidas ácidas.

Os valores de S_{dq} não foram afetados significativamente pelas soluções avaliadas.

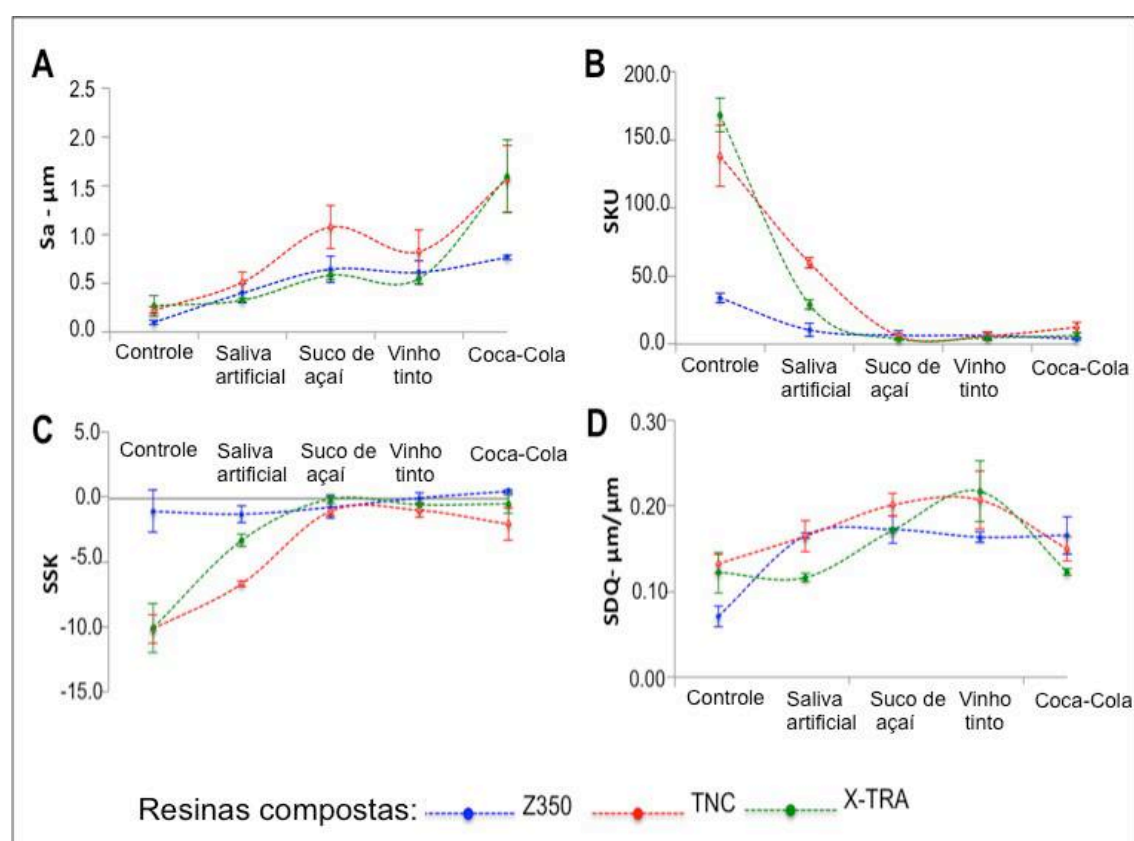


Figura 29. Média \pm Desvio-padrão dos parâmetros de rugosidade de superfície, parâmetros de amplitude (S_a - μm ; S_{sk} e S_{ku}) e parâmetro híbrido (S_{dq} - $\mu m/\mu m$) para Z350, TNC e X-TRA.

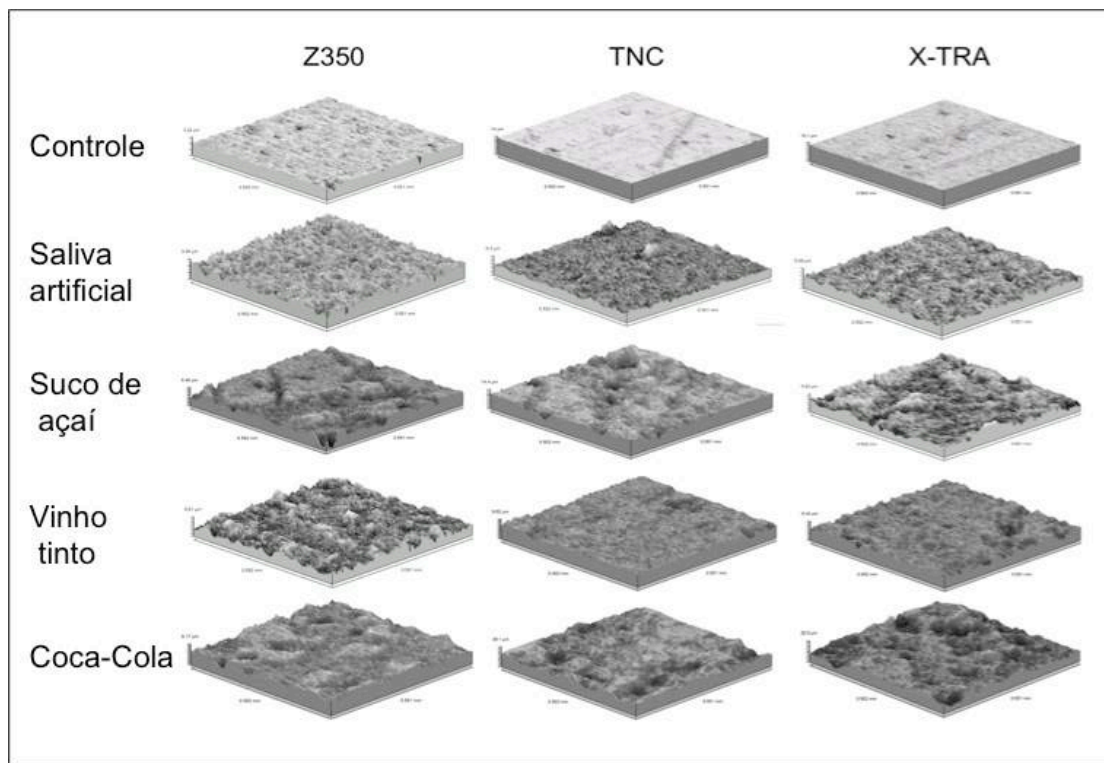


Figura 30. Imagens representativas da topografia de superfície dos espécimes submetidos às soluções avaliadas.

4.3. Módulo de elasticidade e dureza Vickers

O valores do E das três resinas compostas está presente na Figura 31 e na Tabela 4. O E foi constante ao longo das diferentes profundidades de indentação para todas as resinas compostas avaliadas (Figura 31).

A resina composta X-TRA obteve valores superiores de E, seguida pela Z350 e TNC, independentemente das soluções. O armazenamento em saliva artificial reduziu o E apenas para a X-TRA. Em comparação ao grupo controle, todas as bebidas ácidas resultaram em menores valores de E, sendo o maior efeito para a Coca-Cola, independentemente das resinas compostas testadas.

Os valores da DV das três resinas compostas está presente na Figura 31 e na Tabela 5. A DV foi constante ao longo das diferentes profundidades de indentação para todas as resinas compostas (Figura 31).

Os valores de DV foram maiores para a resina composta Z350,

independentemente das soluções. No grupo controle, a TNC obteve valores superiores que a X-TRA e nos outros grupos, os valores foram semelhantes. Em comparação ao grupo controle, houve redução significativa da DV para todas as soluções, independentemente das resinas compostas, exceto para o grupo de saliva, sendo que a Coca-Cola resultou numericamente em maior redução da DV.

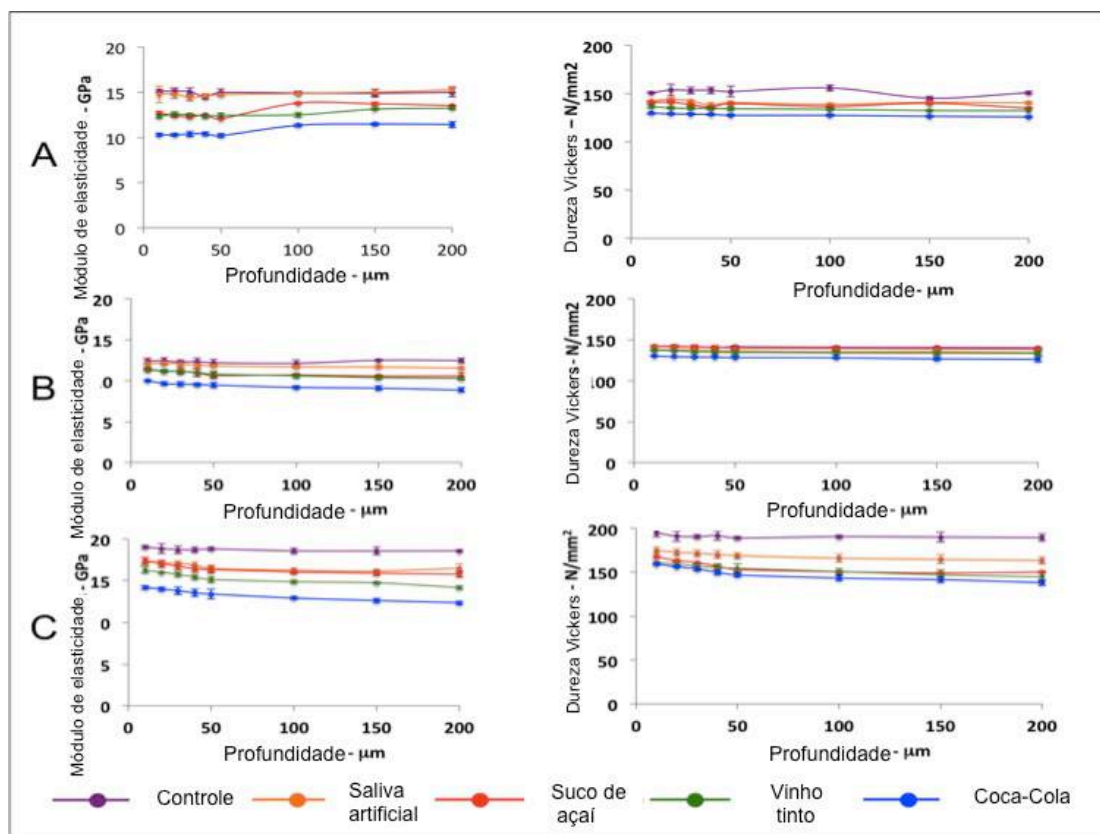


Figura 31. Valores do módulo de elasticidade e dureza Vickers em diferentes profundidades para (A) Z350; (B) TNC e (C) X-TRA.

Tabela 4: Média \pm Desvio-padrão do Módulo de Elasticidade (GPa)

Resina composta	E, GPa Média \pm Desvio-padrão				
	Controle	Saliva artificial	Suco de açaí	Vinho tinto	Coca-Cola
Z350	14,9 \pm 0,1 ^{Ba}	14,8 \pm 0,2 ^{Ba}	12,9 \pm 0,1 ^{Ba}	12,6 \pm 0,1 ^{Ba}	10,7 \pm 0,1 ^{Bb}
TNC	12,3 \pm 0,1 ^{Ca}	11,9 \pm 0,2 ^{Ca}	10,9 \pm 0,2 ^{Cb}	10,8 \pm 0,1 ^{Cb}	9,4 \pm 0,2 ^{Cb}
X-TRA	18,8 \pm 0,3 ^{Aa}	16,8 \pm 0,2 ^{Ab}	16,5 \pm 0,3 ^{Ab}	15,3 \pm 0,2 ^{Ab}	13,4 \pm 0,3 ^{Ab}

* Letras maiúsculas distintas na coluna indicam diferença estatística entre as resinas compostas. Letras minúsculas nas linhas comparam as soluções ($p < 0,05$).

Tabela 5: Média \pm Desvio-padrão da Dureza Vickers (N/mm²)

Resina composta	DV, N/mm ² Média \pm Desvio-padrão				
	Controle	Saliva artificial	Suco de açaí	Vinho tinto	Coca-Cola
Z350	191,0 \pm 2,0 ^{Aa}	169,2 \pm 3,9 ^{Aa}	156,4 \pm 3,6 ^{Ab}	153,5 \pm 3,6 ^{Ab}	148,4 \pm 2,0 ^{Ab}
TNC	152,1 \pm 0,8 ^{Ba}	141,1 \pm 1,2 ^{Ba}	138,6 \pm 1,2 ^{Bb}	134,4 \pm 1,2 ^{Bb}	128,0 \pm 0,7 ^{Bb}
X-TRA	141,0 \pm 0,6 ^{Ca}	140,3 \pm 1,9 ^{Ba}	136,2 \pm 1,5 ^{Bb}	134,9 \pm 1,9 ^{Bb}	128,1 \pm 1,1 ^{Bb}

* Letras maiúsculas distintas na coluna indicam diferença estatística entre as resinas compostas. Letras minúsculas nas linhas comparam as soluções ($p < 0,05$).

4.4. Resistência à tração diametral

Os valores da RTD das três resinas compostas testadas estão presentes na Tabela 6. A saliva artificial não afetou a RTD para todas as resinas compostas testadas e o uso de bebidas ácidas diminuiu a RTD, em comparação ao grupo controle.

Tabela 6: Média \pm Desvio-padrão da Resistência à Tração Diametral (MPa)

Resina composta	RTS, MPa				
	Média \pm Desvio-padrão				
	Controle	Saliva artificial	Suco de açaí	Vinho tinto	Coca-Cola
Z350	42,5 \pm 6,3 ^{Ba}	41,5 \pm 7,0 ^{Ba}	35,0 \pm 6,4 ^{Bb}	32,3 \pm 5,0 ^{Bb}	34,4 \pm 4,7 ^{Bb}
TNC	39,5 \pm 8,3 ^{Ba}	38,6 \pm 6,4 ^{Ba}	37,8 \pm 4,8 ^{ABb}	35,5 \pm 8,7 ^{ABb}	35,2 \pm 8,7 ^{ABb}
X-TRA	48,2 \pm 3,2 ^{Aa}	47,6 \pm 9,4 ^{Aa}	41,3 \pm 5,4 ^{Ab}	38,8 \pm 6,8 ^{Ab}	39,3 \pm 7,8 ^{Ab}

* Letras maiúsculas distintas na coluna indicam diferença estatística entre as resinas compostas. Letras minúsculas nas linhas comparam as soluções ($p < 0,05$).

4.5. Alteração de cor

A análise qualitativa por meio de *scores* da alteração de cor das resinas compostas está representada na Tabela 7. A saliva artificial não provocou nenhuma alteração de cor. A Coca-Cola gerou menor alteração de cor para as três resinas compostas avaliadas, em comparação ao suco de açaí e vinho tinto, os quais provocaram alteração de cor severa.

Tabela 7. Análise por *scores* da alteração de cor

Resina composta	Saliva artificial	Suco de açaí	Vinho tinto	Coca-Cola
Z350	0 (5)	3 (5)	3 (5)	1 (5)
TNC	0 (5)	3 (5)	3 (5)	1 (5)
X-TRA	0 (5)	3 (5)	3 (5)	1 (5)

* 0, nenhuma alteração de cor; 1, leve; 2, moderada; 3, severa.

DISCUSSÃO

5. DISCUSSÃO

No presente estudo, o desempenho físico e mecânico das resinas compostas utilizadas, expressos pela alteração de cor, topografia de superfície, módulo de elasticidade, dureza Vickers e resistência à tração diametral, foram afetados pelo uso simulado de bebidas ácidas. Portanto, a hipótese nula foi rejeitada.

Avaliar o conjunto de características estéticas e mecânicas dos materiais restauradores após a degradação química, simulando o que acontece na cavidade oral, é importante para compreender melhor o desempenho das restaurações com resina composta ao longo do tempo.

A resina composta é constituída por uma matriz orgânica, inorgânica e um agente de união. Este é responsável pela estabilidade da interface matriz/carga, prevenindo a penetração de água e inibindo a lixiviação (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2005; Rocha, 2006). Além disso, o agente de união possui a função de unir as partículas inorgânicas à matriz orgânicas, para que estas partículas desempenham seu papel de aprimorar as propriedades mecânicas e reduzir a sorção de água (Kao, 1989; Reis & Loguercio, 2007; Rodrigues et al., 2009; Rosa, 2010).

O E e a DV se relacionam diretamente com a resistência ao desgaste e durabilidade das resinas compostas e podem interferir no acúmulo de tensões em dentes posteriores na interface entre o dente e material restaurador, geradas pela contração de polimerização e deflexão de cúspide (Nguyen et al., 2016).

No estudo, a redução do E e da DV foi observada após o uso de bebidas ácidas, principalmente para a bebida de pH mais baixo (Coca-Cola), independentemente das resinas compostas testadas. Este achado pode ser explicado pela influência do pH de 2.3 da Coca-Cola, o qual é inferior ao pH crítico responsável por provocar desmineralização dos dentes. Na superfície das resinas compostas, o pH deste nível pode ser capaz de degradar a matriz orgânica e alterar a união química e as ligações siloxanas da superfície das partículas de carga inorgânica presentes no material restaurador (Leprince et al., 2014).

Além disso, o baixo pH pode influenciar na sorção e solubilidade das resinas compostas, visto que a difusão da água provoca degradação hidrolítica na matriz orgânica, aumento do volume do material, consequentemente, altera as suas propriedades mecânicas (Sarret et al., 1991; Ortengren et al., 2001). Desta forma,

algumas bebidas e alimentos presentes no meio oral resultam em efeitos deletérios nas restaurações com resina composta (Okada et al., 2001; Gurdal et al., 2002), uma vez que constituem fontes intermitentes ou contínuas de degradação, a qual pode ser prolongada pela manutenção do baixo pH na cavidade oral (Yap et al., 2001).

Os ácidos agem nos polímeros de forma que ao entrarem em contato, deslocam as ligações secundárias entre as moléculas e diminuem a interação entre elas (Espezim, 2011). As resinas compostas são consideradas mais suscetíveis à degradação química causada por bebidas ácidas (Honrio et al., 2008), pois a interface entre a matriz orgânica e as partículas de carga deste material pode ser influenciada negativamente com maior facilidade após o desafio ácido, em comparação com materiais cerâmicos e metálicos (Hanning et al., 2007).

A RTD está relacionada à fratura e à resistência dos materiais restauradores (Honrio et al., 2008). Assim, o efeito negativo observado pelo uso de bebidas ácidas sobre a RTD da resina composta pode refletir na diminuição da integridade marginal de restaurações em dentes posteriores.

A caracterização física da topografia tridimensional de superfície após o uso de bebidas ácidas é realizada por meio de parâmetros de rugosidade e fornece informações complementares para o entendimento do desempenho clínico das resinas compostas, das suas propriedades funcionais e qualidade de superfície. Desta forma, a rugosidade superficial dos materiais restauradores pode influenciar a sua resistência mecânica, estética e promover maior acúmulo de placa bacteriana (Pedrini et al., 2003; Paravina et al., 2004).

Considerando o parâmetro de amplitude S_a , a Coca-Cola resultou em valores superiores de rugosidade de superfície, seguida pelo suco de açaí e vinho tinto. Os valores de S_a para a TNC e X-TRA foram influenciados mais negativamente, em comparação à Z350, quando armazenadas em Coca-Cola. Este fato se deve provavelmente devido à distribuição e ao tamanho das partículas de carga inorgânica e ao tipo de matriz orgânica, fatores que podem interferir na susceptibilidade à degradação química (Buchalla et al., 2002). Para os parâmetros de amplitude (S_{sk} e S_{ku}), a resina composta Z350 obteve valores diferentes no grupo controle. Nos outros grupos, todas as resinas compostas avaliadas tiveram valores semelhantes.

A descoloração das restaurações com resina composta também pode resultar em interfaces inadequadas, falhas marginais, microinfiltração (Bausch et al., 1982;

Jensen & Chan, 1985; Tantbirojn et al., 2011) e diagnóstico equivocado de cárie secundária. Estes fatores são as principais razões para a substituição precoce de restaurações na prática clínica (Kopperud et al., 2012). Após 30 dias em saliva artificial, os espécimes não obtiveram alteração de cor significativa. O desafio ácido proveniente da Coca-Cola produziu menor efeito nesta avaliação, em comparação ao suco de açaí e vinho tinto, os quais geraram alteração de cor severa dos espécimes. Este impacto pode ser relacionado às alterações na qualidade de superfície, que levam à penetração e à reação de corantes na camada subsuperficial das resinas compostas (Asmussen & Hansen, 1986). Além disso, a Coca-Cola possui menor concentração de corantes, em comparação aos pigmentos naturais contidos no suco de açaí e vinho tinto.

Estudos anteriores avaliaram diversos substratos em contato com bebidas e alimentos ácidos por um período prolongado de tempo, com uso intermitente (Ilie & Hickel, 2006; Meurman et al., 1990; Maupome et al., 1998). Sugere-se que após a degradação química, os pacientes sejam recomendados quanto à necessidade do uso menos freqüente de bebidas ou alimentos ácidos e que contém corantes e à importância da realização de bochechos com água alcalina posteriormente ao consumo, para obtenção mais rapidamente do equilíbrio ácido-básico do organismo.

Na literatura disponível, algumas características interessantes foram relatadas para resinas compostas *bulk-fill* (Leprince et al., 2014). Os principais avanços obtidos por este tipo de material são a adequada fotopolimerização pela maior profundidade de cura, (Ilie & Hickel, 2011) maior translucidez e possibilidade estética, (Ilie & Fleming, 2015) e menor acúmulo de tensões (Leprince et al., 2014).

O presente estudo *in vitro* possibilitou compreender melhor o efeito da degradação química causada por bebidas ácidas sobre as propriedades físicas e mecânicas de algumas resinas *bulk-fill*, em comparação com a resina composta convencional nanoparticulada. As resinas compostas *bulk-fill* avaliadas demonstraram ter boas propriedades físicas e mecânicas e ser alternativa promissora para a simplificação dos procedimentos restauradores em restaurações diretas posteriores, após o uso simulado de bebidas ácidas.

No entanto, mais estudos são necessários, principalmente ensaios clínicos randomizados que avaliam os diferentes tipos de resina composta *bulk-fill* existentes no mercado para responder melhor a este desafio que envolve a manutenção da

longevidade das restaurações posteriores. Além disso, os pacientes devem ser constantemente informados sobre os efeitos deletérios do uso abusivo de bebidas ácidas na durabilidade de restaurações com resina composta.

CONCLUSÃO

6. CONCLUSÃO

Dentro das limitações metodológicas deste estudo e frente aos resultados obtidos, é possível concluir que o uso simulado de bebidas ácidas influenciou negativamente as propriedades físicas e mecânicas das resinas compostas convencional e bulk-fill utilizadas. Após o desafio ácido, os valores do E, DV e RTD foram reduzidos para todas as resinas compostas testadas e a rugosidade de superfície aumentou significativamente, principalmente para a Coca-Cola. A alteração de cor provocada pelo suco de açaí e vinho tinto foi maior, em comparação à Coca-Cola.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS*

1. Bader JD, McClure F, Scurria MS, Shugars DA, Heymann HO. Case-control study of non-carious cervical lesions. **Community Dent Oral Epidemiol.** 1996;24(4):286-291.
2. Karaman E, Tuncer D, Firat E, Ozdemir OS, Karahan S. Influence of different staining beverages on color stability, surface roughness and microhardness of silorane and methacrylate-based composite resins. **J Contemp Dent Pract.** 2014;15(3):319-325.
3. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. **J Dent.** 2005;33(5):389-398.
4. Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, Erdemir U, Oktay EA, Ersahan S. Influence of different drinks on the colour stability of dental resin composites. **Eur J Dent.** 2009;3(1):50-56.
5. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. **J Dent.** 2014;42(8):993-1000.
6. Yap AUJ, Lim LY, Yang TY, Ali A, Chung SM. Influence of dietary solvents on strength of nanofilled and ormocer composites. **Oper Dent.** 2005;30(1):129-133.
7. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. **Oper Dent.** 2005;30(2):213-219.

* De acordo com as Normas da FOUFU, baseadas nas Normas de Vancouver.
Abreviaturas dos periódicos em conformidade com Medline (Pubmed).

8. Sadat HashemiKamangar S, Ghavam M, Mirkhezri Z, Karazifard MJ. Comparison of the effects of two different drinks on microhardness of a silorane-based composite resin. **J Dent**. 2005;16(3):260-266.
9. Fucio SB, Carvalho FG, Sobrinho LC, Sinhoreti MA, Puppini-Rontani RM. The influence of 30-day-old streptococcus mutans biofilm on the surface of esthetic restorative materials-an in vitro study. **J Dent**. 2008;36(10):833-839.
10. Konishi N, Torii Y, Kurosaki A, Takatsuka T, Itota T, Yoshiama M. Confocal laser scanning microscopic analysis of early plaque formed on resin composite and human enamel. **J Oral Rehabil**. 2003;30(8):790-795.
11. Anusavice KJ. **Philips' science of dental materials**. WB Saunders, Philadelphia; 2003.
12. Nomoto R, McCabe JF. A simple acid erosion test for dental water-based cements. **Dent Mater**. 2001;17(1):53-59.
13. Pedrini D, Candido MS, Rodrigues AL. Analysis of surface roughness of glass-ionomer cements and compomer. **J Oral Rehabil**. 2003;30(7): 714-719.
14. Paravina RD, Roeder L, Lu H, Vogel K, Powers JM. Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness, gloss and color of resin-based composites. **Am J Dent**. 2004;17(4):262-266.
15. 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. **Dent Mater**. 2010;26(10):947-953.
16. Jafarpour S, El-Badrawy W, Jazi H, McComb D. Effect of composite insertion technique on cuspal deflection using an in vitro simulation model. **Oper Dent**. 2012;37(3):299-305

17. Versluis A, Tantbirojn D. Relationship between shrinkage and stress In: Daskalaki A. **Dental computing and applications: advanced techniques for clinical dentistry** IGI Global, Hershey, PA;2009. p.45-64.

18. Burgess J, Cakir D. Comparative properties of low-shrinkage composite resins. **Compend Contin Educ Dent.** 2010;31(2):10-15.

19. Paula AB, Alonso RCB, Araújo GAS, Rontani JP, Correr-Sobrinho L, Puppini-Rontani RM. Influence of chemical degradation and abrasion on surface properties of nanorestorative materials. **Braz J Oral Sci.** 2015;14(2):100-105.

20. Senawongse P, Pongprueksa P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. **J Esthet Restor Dent.** 2007;19(5):265-273.

21. Bicalho AA, Pereira RD, Zanatta RF, Franco SD, Tantbirojn D, Versluis A et al. Incremental filling technique and composite material--part I: cuspal deformation, bond strength, and physical properties. **Oper Dent.** 2014;39(2):71-82.

22. Kim ME, Park SH. Comparison of premolar cuspal deflection in bulk or in incremental composite restoration methods. **Oper Dent.** 2011;36(3):326-334.

23. Kwon Y, Ferracane J, Lee IB. Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. **Dent Mater.** 2012;28(7):801-809.

24. Rosatto CM, Bicalho AA, Veríssimo C, Bragança GF, Rodrigues MP, Tantbirojn D, et al. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. **J Dent.** 2015;43(12):1519-1528.

25. ISO-Standards ISO 4049 **Dentistry - Polymer-based restorative materials.** 1-28 Geneva: International Organization for Standardization; 2009.

26. Silva ALF. **Efeito do modo de ativação de cimentos resinosos duais sobre a cinética de conversão, propriedades mecânicas, resistência de união e geração de tensões.** [tese] Piracicaba: FOP/UNICAMP; 2008.
27. Peixoto AC, Bicalho AA, Isolan CP, Maske TT, Moraes RR, Cenci MS et al. Bonding of adhesive luting agents to caries-affected dentin induced by a microcosm biofilm model. **Oper Dent.** 2015;40(3):102-111.
28. Soons JA, Aernouts J, Dirckx JJ. Elasticity modulus of rabbit middle ear ossicles determined by a novel micro-indentation technique. **Hear Res.** 2010;263(1-2): 33-37.
29. Lobo B, Carneiro, FL, Barcellos, A. **Resistance a La Traction des Bétons.** Publicação do Instituto Nacional de Tecnologia, 43 p., Rio de Janeiro, 1949.
30. Alsaleh S, Labban M, AlHariri M, ETashkandi E. Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means. **J Dent.** 2012;40(1):82-87.
31. Öngül D, Şermet B, Balkaya MC. Visual and instrumental evaluation of color match ability of 2 shade guides on a ceramic system. **J Prosthet Dent.** 2012;108(1):9-14.
32. Rawls H R & Esquivel-Upshaw J. Resinas restauradoras. In: Anusavice KJ. **Phillips Materiais Dentários.** Trad. de Alessandro Dourado *et al.* 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. cap.15, p.375-417.
33. Rocha RSF. **Estudo de propriedades físico - químicas de resinas odontológicas: grau de conversão, dureza e expansão térmica.** [dissertação] São Paulo: USP, 2006.
34. Kao EC. Influence of food – simulating solvents on resin composites and glass ionomer restorative cement. **Dent Mater.** 1989;5(3):201-208.

35. Reis A & Loguercio A. **Materiais dentários restauradores diretos - dos fundamentos à aplicação clínica.** São Paulo. Editora Santos. 2007.
36. Rodrigues Jr AS, Ferracane JL, Della Bona A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. **Dent Mater.** 2009;25(4):442-51.
37. Rosa RS. **Propriedades mecânicas de resinas compostas com nanopartículas.** [tese] Porto Alegre: Pontífica Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2010.
38. Rocha RSF. **Estudo de propriedades físico - químicas de resinas odontológicas: grau de conversão, dureza e expansão térmica.** [dissertação] São Paulo: USP, 2006.
39. Nguyen KV, Wong RH, Palamara J, Burrow MF. The effect of resin-modified glassionomer cement base and bulk-fill resin composite on cuspal deformation. **Oper Dent.** 2016;41(1):000-000.
40. Sarret DC, Söderholm JM, Batich CD. Water and abrasive effects on three-body wear of composites. **J Dent Res.** 1991;70(7):1074-81.
41. Örtengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. **J Dent.** 2001;29(1):35-41.
42. Okada K, Tosaki S, Hirota K, Hume WR. Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva. **Dent Mater.** 2001;17(1):34-9.
43. Gürdal P, Güniz Akdeniz B, Hakan Sen B. The effects of mouthrinses on microhardness and colour stability of aesthetic restorative materials. **J Oral Rehabil.** 2002;29:895-901.

44. Yap AU, Tan SH, Wee SS, Lee CW, Lim EL, Zeng KY. Chemical degradation of composite restoratives. **J Oral Rehabil.** 2001;28(11):1015-21.
45. Espezim CS. **Comportamento de resinas compostas e de um cimento de ionômero de vidro resinoso após desafio erosivo - estudo in vitro.** [tese] Florianópolis: UFSC; 2011.
46. Honrio HM, Rios D, Francisconi LF, Magalhaes AC, Machado MA, Buzalaf MA. Effect of prolonged erosive pH cycling on different restorative materials. **J Oral Rehabil.** 2008;35(12):947-953.
47. Hannig C, Duong S, Becker K, Brunner E, Kahler E, Attin T. Effect of bleaching on subsurface microhardness of composite and a polyacid modified composite. **Dent Mater.** 2007;23(2):198-203.
48. Buchalla W, Attin T, Hilgers RD, Hellwig E. The effect of water storage and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. **J Prosthet Dent.** 2012;87(3):264-270.
49. Asmussen E, Hansen EK. Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. **Scand J Dent Res.** 1986;94(2):174-177.
50. Bausch JR, De Lange K, Davidson CL, Peters A, De Gee AJ. Clinical significance of the polymerization shrinkage of composite resins. **J Prosthet Dent.** 1982;48(1):59-67.
51. Jensen ME, Chan DCN. Polymerization shrinkage and microleakage. In: Vanherle G, Smith DC. **Posterior composite resin dental restorative materials.** Utrecht: Peter Szulc Publishing Company; 1985. p.243-262.
52. Tantbirojn D, Pfeifer C, Braga R, Versluis A. Do low-shrink composites reduce polymerization shrinkage effects. **J Dent.** 2011;90(5):596-601.

53. Kopperud SE, Tveit AB, Gaarden T, Sandvik L, Espelid I. Longevity of posterior dental restorations and reasons for failure. **Eur J Oral Sci.** 2012;120(6):539-548.
54. Ilie N, Hickel R. Silorane-based dental composite: behavior and abilities. **Dent Mater.** 2006;25(3):445-454.
55. Meurman JH, Harkonen M, Naveri H, Koskinen J, Torkko H, Rytomaa I et al. Experimental sports drinks with minimal dental erosion effect. **Scand J Dent Res.** 1990;98(2):120-128.
56. Maupome G, Diez-de-Bonilla J, Torres-Villasenor G, Andrade-Delgado LDC, Castano VM. In vitro quantitative assessment of enamel microhardness after exposure to eroding immersion in a cola drink. **Caries Res.** 1998;32(2):148-153.
57. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. **Dent Mater.** 2011;27(4):348-355.
58. Ilie N, Fleming GJ. In vitro comparison of polymerisation kinetics and the micro-mechanical properties of low and high viscosity giomers and RBC materials. **J Dent.** 2015;43(7):814-822.