UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE CLÍNICA INFANTIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOPEDIATRIA

MARIANA DE OLIVEIRA DALTOÉ

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA ESTABILIDADE DE COR, DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL E DA MICRODUREZA DE MATERIAIS RESTAURADORES ESTÉTICOS, APÓS IMERSÃO EM BEBIDAS INFANTIS OU ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL ACELERADO

Ribeirão Preto
2020

MARIANA DE OLIVEIRA DALTOÉ

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA ESTABILIDADE DE COR, DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL E DA MICRODUREZA DE MATERIAIS RESTAURADORES ESTÉTICOS, APÓS IMERSÃO EM BEBIDAS INFANTIS OU ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL ACELERADO

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Ciências
Programa: Odontopediatria

Área de Concentração: Odontopediatria

Orientadora: Profa. Dra. Léa Assed Bezerra da Silva

Versão corrigida

Ribeirão Preto

2020

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

FICHA CATALOGRÁFICA

Daltoé, Mariana de Oliveira

Avaliação *in vitro* da estabilidade de cor, da rugosidade superficial e da microdureza de materiais restauradores estéticos, após imersão em bebidas infantis ou envelhecimento artificial acelerado. Ribeirão Preto, 2020.

69 p. : il. ; 30 cm

Versão corrigida da Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP - Área de concentração: Odontopediatria. A versão original se encontra disponível na Unidade que aloja o Programa.

Orientadora: Profa. Dra. Léa Assed Bezerra da Silva

1. Resinas Compostas. 2. Odontopediatria. 3. Envelhecimento artificial acelerado. 4. Rugosidade de superfície. 5. Estabilidade de cor.

FOLHA DE APROVAÇÃO

DALTOÉ, MO. **Avaliação *in vitro* da estabilidade de cor, da rugosidade superficial e da microdureza de materiais restauradores estéticos, após imersão em bebidas infantis ou envelhecimento artificial acelerado.**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Programa: Odontopediatria.

Área de Concentração: Odontopediatria.

Data da Defesa: ___ /___ /___

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Dr(a).

_____

Julgamento:_____Assinatura:_____

Prof(a). Dr(a).

_____

Julgamento:_____Assinatura:_____

Prof(a). Dr(a). _____

Julgamento:_____Assinatura:_____

Profa. Dra. Léa Assed Bezerra da Silva – Orientadora e Presidente da Banca Examinadora

Assinatura:_____

DADOS CURRICULARES

MARIANA DE OLIVEIRA DALTOÉ

Nascimento	8 de maio de 1991 – São José do Rio Preto – SP
Filiação	Cássio Benedito Daltoé Dulcinéia Carvalho de Oliveira Daltoé
2009-2012	Curso de Graduação Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
2013-2014	Curso de Aperfeiçoamento no Atendimento Odontológico a Pacientes Especiais Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
2013-2015	Curso de Especialização em Odontopediatria Associação Odontológica de Ribeirão Preto – Ribeirão Preto/SP
2013-2015	Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Odontologia Área de concentração: Odontopediatria Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
2017-2019	Curso de Especialização em Radiologia Odontológica e Imaginologia Associação Odontológica de Ribeirão Preto – Ribeirão Preto/SP

"Só é útil o conhecimento que nos torna melhores."

Sócrates

DEDICO ESTE TRABALHO...

A **Deus**, por ter me concedido a vida, me permitindo buscar meus objetivos e realizar meus sonhos...

Aos meus pais,

Dulcinéia Carvalho de Oliveira Daltoé e **Cássio Benedito Daltoé**, pelo apoio em todos os sentidos sempre. Amo vocês!

Aos meus irmãos,

Cássio Henrique de Oliveira Daltoé e **Giuliano Cássio de Oliveira Daltoé**, pelo crescimento que me proporcionaram, e pelos serviços de técnico de informática nas horas vagas. Amo vocês.

Ao meu futuro marido,

Bruno Moreira Secaf, pelo companheirismo e suporte durante toda essa jornada! Por não me deixar desistir e segurar as pontas quando foi necessário. Te amo muito!

A todos os **familiares** e **amigos** que sempre me motivaram e torceram por mim.

Agradecimentos Especiais

À **Profa. Dra. Léa Assed Bezerra da Silva**, pela oportunidade de realizar este trabalho de doutorado, novamente sob sua orientação, fornecendo todo o apoio e suporte para que ele fosse realizado. Foi uma honra ser sua orientada. Muito obrigada!

À **Profa. Dra. Raquel Assed Bezerra Segato**, pela ajuda e suporte durante todo o período de doutorado, contribuindo de forma imensurável para meu aprendizado científico. Obrigada pela disponibilidade e paciência!

Ao **Prof. Dr. Paulo Nelson-Filho**, pelo auxílio cuidadoso e tão importante nas correções e revisões deste trabalho.

À **Profa. Dra. Fernanda de Carvalho Panzeri Pires de Souza**, por permitir que eu usasse o espaço de seu laboratório e por me receber sempre de forma tão educada e com um sorriso no rosto. Por me motivar e me ensinar tanto sobre um tema novo para mim e ser uma pessoa tão querida! Não tenho palavras para lhe agradecer. Obrigada!

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo, na pessoa do atual Reitor, **Prof. Dr. Vahan Agopyan**, e do Vice-Reitor, **Prof. Dr. Antonio Carlos Hernandes**.

À Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, na pessoa do atual Diretor, **Prof. Dr. Paulo Nelson Filho**, e do Vice-Diretor, **Prof. Dr. Ricardo Gariba Silva**.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Odontopediatria da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, na pessoa da Coordenadora, **Profa. Dra. Raquel Assed Bezerra Segato** e da Vice-Coordenadora **Profa. Dra. Léa Assed Bezerra da Silva.**

À **CAPES**, pela bolsa concedida.

Aos demais **professores** do Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo pela convivência, e por todos os ensinamentos durante minha formação acadêmica e científica.

A todos os **pós-graduandos** do Programa de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, pelo apoio e companheirismo durante o período de doutorado.

Aos **funcionários** e **pós-graduandos** dos laboratórios do Departamento de Reabilitação Oral da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo por me receberem tão bem e serem extremamente prestativos e sempre dispostos a ajudar, durante os meus períodos de realização de experimentos no laboratório.

Aos **funcionários** do Departamento de Clínica Infantil pela amizade, disponibilidade e bom humor, e por alegrar meus dias.

Aos **funcionários** da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, pelo auxílio durante todas as atividades, pela amizade e atenção a mim dispensada.

Aos técnicos de laboratório, **Nilza Letícia Magalhães** e **Marco Antônio dos Santos**, por tornar meus dias muito mais fáceis, sendo sempre muito solícitos e acima de tudo muito amigos. Obrigada pela amizade!

Aos meus **colegas** do grupo de pesquisa, por representarem um grupo tão unido e me acompanharem de perto nessa caminhada, sempre incentivando e apoiando uns aos outros e pela ajuda que me ofereceram na execução dos experimentos. Levarei vocês para sempre!

RESUMO

Daltoé, MO. **Avaliação *in vitro* da estabilidade de cor, da rugosidade superficial e da microdureza de materiais restauradores estéticos, após imersão em bebidas infantis ou envelhecimento artificial acelerado**. Ribeirão Preto, 2020. 69p. [Tese de Doutorado]. Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

O objetivo do presente estudo foi avaliar, *in vitro*, a estabilidade de cor, a microdureza e a rugosidade superficial de diferentes resinas compostas restauradoras (Z350, Admira fusion - AF, Spectra smart - SS e Estelite Asteria - EA), após Envelhecimento Artificial Acelerado (EAA) ou Imersão em diferentes bebidas de consumo infantil (Coca-Cola – ICC, Suco de Uva – ISU e Leite com Achocolatado – ILA), tendo como controle e Água Destilada (IH_2O). Foram confeccionados 70 corpos de prova para cada resina composta (12mm de diâmetro x 2mm de espessura), polidos com lixas d'água de abrasividade decrescente. Em seguida foram realizadas leituras iniciais de cor (Espectrofotômetro PCB 6807), avaliação da microdureza (Microdurômetro Shimadzu HMV-2 Series) e avaliação da rugosidade superficial (Rugosímetro SJ-201P Mitutoyo). As amostras foram distribuídas em 5 grupos experimentais (n=14 corpos de prova/grupo), segundo o tratamento a que foram submetidas: ICC, ISU, ILA, EAA e IH_2O. Após 300 horas de EAA e 30 dias de imersão intermitente nas respectivas bebidas conforme metodologia descrita previamente, novas leituras de cor, microdureza e rugosidade superficial foram obtidas. Os dados foram analisados estatisticamente de acordo com sua distribuição: para estabilidade de cor e microdureza foi realizado o teste two-way ANOVA com pós-teste de Tukey ($p<0,05$) e para rugosidade de superfície foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis com pós-teste de Dunn ($p<0,05$). Para a resina composta SS houve maior alteração de cor nos grupos EAA, ICC e ISU, com diferença estatisticamente significante ($p<0,05$) entre si. ILA e IH_2O produziram as menores alterações de cor, sem diferença ($p>0,05$) entre si. Para a resina Z350, verificou-se que houve maior alteração de cor nos grupos EAA e ISU, com diferença significante ($p<0,05$) em relação aos demais tratamentos e diferença ($p<0,05$) também entre si. AF não apresentou diferença significante entre os grupos de tratamento ($p>0,05$), incluindo o controle. Para EA, verificou-se maior alteração de cor no grupo EAA, com diferença significante ($p<0,05$) em relação aos demais tratamentos, exceto ISU ($p>0,05$). Quando as diferentes resinas compostas foram comparadas no tratamento ICC, verificou-se que SS apresentou maior alteração de cor, com diferença significante com relação aos demais materiais ($p<0,05$), que não apresentaram diferença entre si. Para ISU, SS e Z350 não houve diferença estatística ($p>0,05$), sendo Z350 também similar a EA ($p>0,05$). AF e EA não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$). Não houve diferença significante ($p>0,05$) entre as resinas compostas nos grupos ILA e IH_2O. Para EAA, verificou-se que SS apresentou a maior alteração de cor, diferente de todos os demais grupos, seguido de Z350 e EA, também diferentes entre si, sendo que EA não apresentou diferença de AF, que apresentou a menor alteração de cor. Todas as resinas tiveram sua microdureza reduzida pelos tratamentos aplicados, exceto os materiais EA e SS quando submetidos ao EAA ($p>0,05$). EA também

apresentou aumento da microdureza nos grupos ICC, com diferença significante para AF ($p<0,05$) e IH_2O, com diferença significante com Z350 ($p<0,05$). Todos os materiais apresentaram valores de rugosidade superficial dentro dos limites aceitáveis clinicamente, para todos os tratamentos, exceto o material EA após o EAA, com diferença significante com Z350 e AF ($p<0,05$) e sem diferença significante quando comparado ao SS ($p>0,05$). Considerando as limitações deste estudo, com relação à Estabilidade de Cor (ΔE), a resina SS em geral apresentou o pior desempenho, enquanto que as resinas AF e EA apresentaram os melhores resultados. Com relação à microdureza, a imersão das resinas compostas em todas as bebidas avaliadas, assim como o EAA ocasionou, em geral, redução da microdureza, sendo os melhores resultados observados para a resina EA. Considerando a rugosidade superficial, todas as resinas compostas tiveram aumento da mesma nos diferentes tratamentos, não havendo diferença entre os materiais avaliados, com os valores dentro dos limites de aceitabilidade clínica, com exceção para EA.

Palavras-chave: Resinas Compostas. Odontopediatria. Envelhecimento artificial acelerado. Rugosidade de superfície. Estabilidade de cor.

ABSTRACT

Daltoé, MO. ***In vitro* evaluation of color stability, surface roughness and microhardness of aesthetic restorative materials, after immersion in children's beverages or accelerated artificial aging.** Ribeirão Preto, 2020. 69p. [Tese de Doutorado]. Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

The aim of this study was to evaluate, *in vitro*, the color stability, microhardness and surface roughness of different restorative composite resins (Z350, Admira fusion - AF, Spectra smart - SS and Estelite Asteria - EA), after Accelerated Artificial Aging (AAA) or Immersion in different beverages for children (Coca-Cola - ICC, Grape Juice - ISU and Milk with Chocolate - ILA), with Distilled Water (IH_2O) as control. For each composite resin 70 specimens were made (12mm in diameter x 2mm in thickness), polished with water abrasives with decreasing abrasiveness. Then, initial color readings were performed (PCB Spectrophotometer 6807), and microhardness assessment (Shimadzu Microdurometer HMV-2 Series) and surface roughness assessment (Rugosimeter SJ-201P Mitutoyo). The samples were distributed in 5 experimental groups (n = 14 specimens / group), according to the treatment to which they were submitted: ICC, ISU, ILA, AAA and IH_2O. After 300 hours of AAA and 30 days of intermittent immersion in the respective beverages according to the methodology previously described, new readings of color, microhardness and surface roughness were obtained. The data were analyzed statistically according to their distribution: for color stability and microhardness, the two-way ANOVA test with Tukey's post-test ($p < 0.05$) was performed and for surface roughness the Kruskal- Wallis with Dunn's post-test ($p < 0.05$). For the composite SS, there was a greater color change in the AAA, ICC and ISU groups, with a statistically significant difference ($p < 0.05$) between them. ILA and IH2O produced the smallest color changes, with no difference ($p > 0.05$) between them. For resin Z350, it was found that there was a greater color change in the AAA and ISU groups, with a significant difference ($p < 0.05$) in relation to the other treatments and a difference ($p < 0.05$) also between them. AF showed no significant difference between the treatment groups ($p > 0.05$), including the control. For EA, there was a greater color change in the AAA group, with a significant difference ($p < 0.05$) in relation to the other treatments, except ISU ($p > 0.05$). When the different composite resins were compared in the ICC treatment, it was found that SS showed a greater color change, with a significant difference in relation to the other materials ($p < 0.05$), which did not present any difference between them. For ISU, SS and Z350 showed no difference ($p > 0.05$), with Z350 also being similar to EA ($p > 0.05$). AF and EA showed no difference between them ($p > 0.05$). There was no difference ($p > 0.05$) between the materials in the ILA and IH2O groups. For AAA, it was found that SS showed the greatest color change, different from all other groups, followed by Z350 and EA, also different from each other, and EA did not show difference in AF, which showed the least color change. All resins had their microhardness reduced by the treatments applied, except EA and SS materials when submitted to AAA ($p > 0.05$). EA also showed an increase in microhardness in the ICC groups, with a difference for AF ($p < 0.05$) and IH_2O, with

a difference with Z350 ($p < 0.05$). All materials showed surface roughness values within clinically acceptable limits, for all treatments, except EA material after AAA, with a significant difference with Z350 and AF ($p < 0.05$) and without significant difference when compared to SS ($p > 0.05$). Considering the limitations of this study, with respect to Color Stability (ΔE), SS resin in general showed the worst performance, while AF and EA resins showed the best results. Regarding microhardness, the immersion of composite resins in all evaluated beverages, as well as EAA, caused, in general, reduction of microhardness, with the best results observed for EA. Considering the surface roughness, all composite resins increased in the different treatments, with no difference between the materials evaluated, with values within the limits of clinical acceptability, except for EA.

Keywords: Composite Resins. Pediatric Dentistry. Accelerated artificial aging. Surface roughness. Color stability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 16

2. PROPOSIÇÃO 22

3. MATERIAL E MÉTODOS 24

3.1 Obtenção dos corpos de prova 25

3.2 Espectrofotometria Colorimétrica – Análise da estabilidade de cor 28

3.3 Análise da Microdureza Knoop (KHN) 29

3.4 Análise de Rugosidade Superficial (R_a) 31

3.5 Envelhecimento Artificial Acelerado (EAA) 32

3.6 Imersão em Coca-Cola, Suco de Uva e Leite Achocolatado 34

3.7 Análise Estatística 36

4. RESULTADOS 37

4.1 Espectrofotometria Colorimétrica 38

4.1.1 Análise da estabilidade de cor (ΔE) 38

4.1.2 Variação da coordenada L* (ΔL) 40

4.1.3 Variação da coordenada a* (Δa) 42

4.1.4 Variação da coordenada b* (Δb) 44

4.2 Análise da Microdureza Knoop (KHN) 46

4.3 Análise da Rugosidade Superficial (R_a) 48

5. DISCUSSÃO 50

6. CONCLUSÕES 58

REFERÊNCIAS 60

1. Introdução

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a grande importância da estética na Odontologia, observa-se interesse crescente no desenvolvimento de novas resinas compostas. O mesmo ocorre na Odontopediatria, pois os pais exigem cada vez mais restaurações estéticas para seus filhos e as próprias crianças também possuem exigências estéticas. Dentre as opções de materiais restauradores estéticos para crianças, incluem-se os ionômeros de vidro, os ionômeros de vidro modificados por resina, os compômeros e as resinas compostas [1]. Os ionômeros de vidro são menos aceitos para restaurações a longo prazo, pois suas propriedades deixam a desejar, como baixa resistência a fratura e maior suscetibilidade a abrasão [2, 3].

As resinas compostas são os materiais mais aceitos atualmente, pois cumprem as exigências estéticas e possuem boas propriedades mecânicas, além de apresentarem maior longevidade [4, 5]. No momento, as pesquisas com resinas compostas têm buscado superar problemas, como a contração de polimerização [6], o monômero residual e a baixa resistência ao desgaste [5, 6].

A taxa de sucesso clínico dos materiais restauradores é basicamente aferida por seus resultados estéticos e sua durabilidade [7]. O maior problema no uso de resinas compostas é a estabilidade de cor, pois a mesma é afetada pelos hábitos de dieta como, por exemplo, consumo de refrigerantes ou café [8], hábitos de higiene, pelo acúmulo de biofilme e cálculo dentário [9, 10] e pelo fumo ou uso de tabaco para mascar [11]. Dessa forma, é importante que a estabilidade de cor dos novos materiais restauradores, disponíveis no comércio especializado, também seja avaliada [12, 13].

Com relação aos hábitos alimentares dos pacientes, sabe-se que esses influenciam na cor dos materiais, pois os corantes alimentícios estão presentes em quase todos os alimentos industrializados [14]. Paralelamente, os alimentos voltados para o público infantil apresentam um agravante, pois utilizam os corantes para atrair a atenção das crianças [15]. Outro fator agravante é o maior tempo de contato das substâncias, principalmente ácidas, com os dentes, observado em crianças, o que pode aumentar o risco de manchamento [16] e a rugosidade superficial [17].

A estabilidade de cor das restaurações também pode ser influenciada pela rugosidade superficial, sorção de água, pela dissolução e pela degradação de componentes [18-21].

A rugosidade superficial é diretamente influenciada pelos componentes inorgânicos do material restaurador e pode impactar o resultado estético das restaurações [22, 23]. A manutenção da lisura da superfície da restauração é necessária para diminuir manchas extrínsecas e prover uma sensação de conforto ao paciente na área de contato com a língua, além de evitar o acúmulo de biofilme [24]. Adicionalmente, a reflexão da luz e o brilho das restaurações são diretamente afetados pela textura superficial [25]. Assim, a escolha de um material com estabilidade de cor e adequada rugosidade superficial é essencial para a manutenção da estética e para evitar substituições frequentes, com desgaste desnecessário da estrutura dental remanescente [26].

Sabe-se também que os materiais restauradores estéticos apresentam em sua composição monômeros como Bis-GMA, UDMA, HEMA ou TEGDMA, preenchidos com variados tipos de partículas inorgânicas. As propriedades físicas e químicas das resinas compostas dependem da adequada polimerização de seus monômeros. Bis-GMA e TEGDMA são monômeros bi-funcionais de metacrilato que endurecem após a indução de radicais livres na reação de polimerização. Embora esse tipo de reação tenha várias vantagens como taxa de reação rápida, alto grau de conversão de monômeros e ausência de solventes, é fortemente inibida por eliminadores de radicais livres, como o oxigênio. A inibição resultante do oxigênio difuso da atmosfera na polimerização de resinas compostas é responsável pela camadas superficiais inibidas, ricas em monômeros que não reagiram, comumente encontradas nas mesmas e denominadas "camada inibida pelo oxigênio". Isso ocorre devido à oxidação dos radicais em espécies estáveis conhecidas como peróxidos, os quais apresentam baixa reatividade para monômeros [27]. Como a conversão monômero-polímero nunca é total, as propriedades mecânicas, a resistência ao desgaste e a estética podem ser afetadas na prática clínica [28]. Um baixo grau de conversão gera a liberação de monômeros residuais para o ambiente bucal [29] e influencia a estabilidade de cor do material [30]. Além disso, já foi demonstrado que os monômeros resinosos são citotóxicos, causam apoptose em vários tipos celulares e tem efeitos genotóxicos e mutagênicos [31-33].

Os monômeros que não reagiram também atuam como plastificadores da matriz resinosa, alterando as propriedades físicas do material [34], principalmente a dureza e a rugosidade superficial [35, 36]. O aumento da rugosidade, associado ao aumento de porosidades presentes na superfície das resinas compostas, promove perda de massa do material e maior sorção de água, ocasionando maior alteração de cor [37, 38].

A avaliação da microdureza das resinas compostas tem sido um parâmetro estudado para indicar o grau de polimerização destes materiais e também correlacionar a profundidade de polimerização [39, 40]. Nesse sentido, o método Knoop é utilizado para a medição de microdureza de áreas muito pequenas, na qual um penetrador de diamante, com formato piramidal, é pressionado contra uma superfície devidamente polida. A vantagem de se realizar um teste de microdureza Knoop é a correlação existente entre ela e o grau de conversão de monômeros [41], o que corresponde a dizer que o teste de microdureza é um método indireto para indicar o grau de conversão [34]. Assim, é desejável que os materiais tenham um maior grau de conversão, a fim de converter seus monômeros em polímero e obter melhores propriedades mecânicas [42].

Pensando nisso, foi lançada em 2016 no comércio especializado brasileiro a resina composta Admira Fusion (Voco do Brasil Ltda, Porto Alegre, RS, Brasil), um material restaurador à base de ORMOCER® (*Organically-Modified Ceramic*) que substitui por completo o uso dos monômeros clássicos como o BisGMA, TEGDMA ou HEMA e, portanto, não libera nenhum deles após a polimerização. Segundo o fabricante, o material é descrito como tendo excelente biocompatibilidade e com risco mínimo de apresentar sensibilidade pós-operatória, sendo o primeiro material somente à base de cerâmica a ser fabricado no mundo. A resina composta Admira Fusion foi avaliada na literatura específica, até o momento, quanto ao monômero residual e à contração de polimerização, em comparação à resina Surefil, e os resultados mostraram que a Admira Fusion apresentou menor conteúdo de monômero residual, porém a contração de polimerização de ambas foi semelhante [43]. Quanto à capacidade de selamento marginal, a resina composta Admira Fusion, utilizada com o adesivo Admira Bond, foi comparada à Spectrum TPH utilizada com o adesivo Prime e Bond NT, observando-se que a Admira Fusion ocasionou menor microinfiltração [44].

Outra novidade no comércio especializado brasileiro é a Spectra Smart (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil), uma resina composta nano-híbrida desenvolvida para restauração de dentes anteriores e posteriores, lançada também em 2016. Segundo o fabricante, suas vantagens são o fácil manuseio, devido à sua textura macia e por ser pouco pegajosa, além de possuir espectro de cores simplificado. Sua fórmula combina resinas e cargas com nanotecnologia, que resultam em opacidade intermediária, alta translucidez e um índice de refração que, de acordo com o fabricante, associados à alta capacidade de polimento e brilho, garantem resultado estético. Até o presente momento não existem estudos publicados na literatura avaliando esse material.

Também lançada no início de 2016, na Europa, a resina composta Estelite Asteria (Tokuyama Dental Corporation, Taitou-ku, Tokyo, Japan), segundo o fabricante, é um material suprananoparticulado, que contem alta quantidade de partículas de carga, oferecendo assim uma diminuição da contração de polimerização. Outro diferencial deste material, segundo o fabricante, é a RAP technology™ (*Radical Amplified Photopolymerization initiator*), tecnologia de catalização adotada que, como característica principal, equilibra a alta atividade de polimerização necessária para polimerizar a resina com curtos tempos de exposição (1/3 do exigido pelos produtos convencionais), reduzindo significativamente os monômeros residuais. Scribante *et al.*, em 2019, avaliaram o efeito da exposição a bebidas ácidas nas propriedades mecânicas dos materiais restauradores estéticos Filtek Supreme XTE, G-aenial, Admira Fusion, Gradia Direct, Essentia, Ceram X Universal, Estelite Asteria, Gradia direct flow e SureFil SDR flow. A resistência flexural e o módulo de elasticidade foram avaliados para cada material e os resultados mostraram que as resinas compostas nanoparticuladas tiveram maiores valores de ambos os parâmetros após imersão em água destilada, porém os valores de resistência flexural diminuíram após imersão em bebidas ácidas. Para os outros materiais testados não foram encontradas diferenças nos parâmetros para as imersões realizadas [45]. Em 2019, La Rosa *et al.* avaliaram a percepção de cor de diferentes materiais restauradores em comparação à Estelite Asteria, e observaram que esse material foi capaz de balancear sutis diferenças em espessura das camadas de esmalte e dentina [46]. Também, foram realizados estudos avaliando a mudança na percepção de cor da resina Estelite Asteria em comparação a outros materiais, com relação à configuração da margem de esmalte e orientação dos

prismas de esmalte, e os resultados mostraram que ambos influenciaram na mudança de cor de forma diferente de acordo com o material avaliado [47, 48]. Porém, ainda existe escassez de estudos publicados, a fim de elucidar o comportamento clínico deste material.

Previamente aos estudos clínicos, estudos *in vitro* são relevantes, a fim de comparar os novos materiais entre si, sob condições que simulem o ambiente bucal, com temperatura e umidade características [49, 50]. Dessa forma, protocolos como o de envelhecimento artificial acelerado (EAA) são importantes, pois permitem que alterações detectadas após meses ou anos possam ser percebidas após dias ou semanas [51-53].

Tendo em vista que restaurações estéticas em crianças são mais susceptíveis a manchamento, uma vez que esses pacientes consomem bebidas coloridas e ácidas em maior quantidade, a avaliação do comportamento de novos materiais restauradores, inicialmente *in vitro*, sob condições controladas, é relevante para oferecer respaldo para sua indicação clínica.

2. Proposição

2. PROPOSIÇÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar, *in vitro*, a estabilidade de cor, a microdureza e a rugosidade de superfície de diferentes resinas compostas restauradoras (Z350, Admira Fusion, Spectra Smart e Estelite Asteria), após Envelhecimento Artificial Acelerado ou imersão em diferentes bebidas frequentemente consumidas por crianças (Coca-Cola, Suco de Uva e Leite com Achocolatado).

3. Material e Métodos

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção dos corpos de prova

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizadas quatro resinas compostas de aplicação direta, empregadas para restaurações estéticas em dentes anteriores e posteriores: Admira Fusion, Estelite Asteria, Spectra Smart e Z350 (Quadro 1). A tonalidade A2 foi selecionada, por ser uma das cores mais usadas clinicamente para dentes decíduos.

Para obtenção dos corpos de prova foi utilizada matriz cilíndrica de teflon com 12mm de diâmetro com interior perfeitamente liso, formada por duas partes encaixadas. Acompanhando a matriz foi utilizado um espaçador de 2mm de espessura, o qual foi encaixado no êmbolo entre as partes superior e inferior da matriz, de forma que a parte superior ficasse 2mm mais alta que a inferior, proporcionando a espessura adequada do espécime (Figura 1). Para confecção dos corpos de prova, cada resina composta estudada foi inserida no interior da matriz pela técnica incremental (dois incrementos), sendo o último pressionado com uma lamínula de vidro para haver o escoamento do excesso de material e evitar inibição da polimerização pelo oxigênio. Cada incremento foi fotopolimerizado com auxílio de luz LED utilizando o aparelho Radii-cal (1200mW/cm2, SDI, São Paulo, SP, Brasil), seguindo o tempo recomendado pelo fabricante. Após a polimerização, os corpos de prova foram retirados da matriz removendo-se o espaçador e pressionando-se a base cuja forma é de êmbolo.

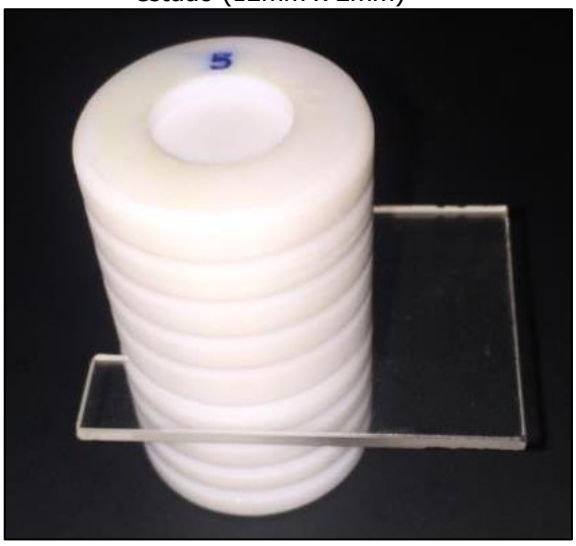
O tamanho da amostra necessária para o estudo foi calculado com base em um intervalo de confiança de 90%, erro presumido de 10%, e poder de 80%, por meio do site OpenEpi (Open Source Epidemiologic Statistics for Public Health, Versão: www.OpenEpi.com). O valor de n encontrado foi de 12 corpos de prova por grupo.

Quadro 1 - Materiais restauradores utilizados no estudo

Codificação/ Tipo	Nome comercial/ Fabricante	Composição	Tamanho médio das partículas	Porcentagem de carga (em volume/peso)	Fotoiniciador
Z350/ Nanoparticulada	Z350/ 3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil	Bis-GMA/Bis-EMA UDMA/TEGDMA PEGDMA Zircônia Sílica	5-20 nm não-aglomeradas 600-1400 nm aglomeradas	59,5%/ 78,5%	Canforoquinona
SS/ Nano-híbrida	Spectra Smart/Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil	Dimetacrilato Pó de Vidro/Sílica Hidrófobo Coloidal Benzofenona III/BHT Óxido de Ferro Amarelo, Vermelho e Preto Dióxido de Titânio	Não informado pelo fabricante	--- 75-77%	Canforoquinona + EDAB
AF/ Nano-híbrida	Admira Fusion/ VOCO, Porto Alegre, RS, Brasil	Ormocer Borossilicato de alumínio e bário Vidro cerâmico Dióxido de silício	20-40 nm	69%/ 84%	Canforoquinona
EA/ Suprananoparticulada	Estelite Asteria/ Tokuyama, Tóquio, Japão	Bis-GMA Bis-MPEPP TEGDMA/UDMA Mequinol BHT	200 nm	71%/ 82%	RAP technology (com canforoquinona)

Informações de acordo com os fabricantes. BIS-GMA (bisfenol-A glicidil metacrilato), UDMA (uretano dimetacrilato), TEGDMA (trietileno glicol dimetactrilato), BIS-EMA (bisfenol hidroxietil metacrilato), PEGDMA (polietilenoglicol dimetacrilato), BHT (Hidroxitolueno Butilado), Ormocer (organically modified ceramic), Bis-MPEPP (Bisphenol A polyethoxy methacrylate), RAP technology (Radical Amplified Photopolymerization initiator) e EDAB (etil 4-dimetilamino benzoato).

Figura 1 - Matriz cilíndrica de teflon utilizada no estudo (12mm x 2mm)



Foram confeccionados um total de 14 corpos de prova para cada grupo experimental de cada material estudado totalizando 280 corpos de prova. Em seguida, foi realizado o acabamento com baixa rotação (peça reta - Dentflex, Ribeirão Preto, SP, Brasil) e fresa minicut (Edenta AG, Au, Suíça) para retirar as rebarbas dos corpos de prova, seguido de polimento superficial manual (politriz manual Struers, Ballerup, Dinamarca), por meio da utilização de lixas d'água, em sequência decrescente de abrasividade (600, 1200 e 2000), com o umedecimento da superfície do corpo de prova, com a finalidade de impedir a ocorrência de superaquecimento e consequente alteração de superfície. A espessura dos corpos de prova foi constantemente conferida com paquímetro digital (Digimess Instrumentos de Medição de Precisão, São Paulo, SP, Brasil) durante este processo.

Todos os corpos de prova foram codificados e armazenados em recipientes isolados com umidade relativa de 100% e mantidos em ausência de luz, a 37ºC ± 1ºC (estufa Solidsteel, Piracicaba, SP, Brasil) até sua colocação no sistema de Envelhecimento Artificial Acelerado ou nos diferentes tratamentos de imersão (Coca-Cola, Suco de Uva, Leite com Achocolatado e Água Destilada). Antes dessa etapa, foram obtidas as leituras iniciais (ou padrão) de cor das amostras, de sua rugosidade inicial de superfície e da microdureza.

Todas as análises foram efetuadas por um único examinador calibrado (Kappa>0,8).

3.2 Espectrofotometria Colorimétrica – Análise da estabilidade de cor

Para o cálculo da estabilidade de cor dos materiais, os corpos de prova foram submetidos a avaliações inicial e final de cor (baseline), realizada por espectrofotometria colorimétrica (espectrofotômetro PCB 6807 BYK GARDNER, Geretsried, Alemanha), conforme recomendado pela ISO (2017). Este equipamento realiza a leitura da cor pela determinação de valores das coordenadas L, a e b, correspondentes à escala CIE L*a*b* recomendada pela *CIE*) (Figura 2). Nesse sistema, L* indica a luminosidade em que a média varia de 0 (preto) para 100 (branco), e o a* e b* o croma, sendo que o a* representa a saturação no eixo vermelho-verde e o b* no eixo azul-amarelo. As amostras são acopladas sob o espectrofotômetro e após o acionamento, 30 lâmpadas de LED com 10 cores diferentes dispostas de forma circular, acendem e incidem o feixe de luz em 45º com a superfície do material, utilizando iluminante padrão primário D65, que simula o espectro da luz do dia. Esse feixe é refletido em 0º de volta para o aparelho e, assim, são registrados os valores de L*, a* e b* de cada amostra. Este procedimento foi realizado 3 vezes e o próprio aparelho calculou a média. A estabilidade de cor das amostras, antes e após os tratamentos, foi calculada pela equação:

Δ E * ab = [(Δ L*)2 + (Δ a*)2+ (Δ b*)2]0.5, onde:

- Δ L* = L*1 – L*0 (leitura após imersão nas bebidas menos leitura prévia à imersão nas bebidas)
- Δ a* = a*1 – a*0 (leitura após imersão nas bebidas menos leitura prévia à imersão nas bebidas)
- Δ b* = b*1 – b*0 (leitura após imersão nas bebidas menos leitura prévia à imersão nas bebidas)

Os valores de ΔE foram comparados a valores de perceptibilidade (≥1,2) e aceitabilidade (≤2,7), de acordo com estudo prévio [54].

Figura 2 - Aparelho utilizado para Espectrofotometria colorimétrica (análise da estabilidade de cor)

3.3 Análise da Microdureza Knoop (KHN)

As amostras foram submetidas ao teste de microdureza utilizando o equipamento digital Shimadzu Micro Hardness Testers HMV-2 Series (Shimadzu Corporation, Hyoto, Japão) (Figura 3). A leitura foi realizada com a objetiva de 10x.

Quando acionado o equipamento, a ponta penetradora com forma piramidal de base losangular sob carga vertical estática de 10 Newtons, por 15 segundos, realiza compressão na superfície da amostra, gerando uma figura geométrica em forma de pirâmide inversa, visualizada pelo contraste entre a impressão e a superfície. O losango possibilita a determinação da microdureza superficial do material a partir da mensuração de sua maior diagonal, cujo valor é aplicado em uma fórmula matemática para obtenção dos resultados.

O microdurômetro usado neste estudo realizou os cálculos automaticamente, a partir das duas marcas verticais perpendiculares sobrepostas à maior diagonal do losango (Figura 4). Assim, o resultado da dureza Knoop é apresentado na tela do aparelho após o cálculo feito pelo software, por meio da seguinte equação:

KHN = 1,451 F/d²

Onde:

KHN = valor de dureza Knoop (Knoop Hardness Number)

F = 1019,7 gramas

d = comprimento da maior diagonal da indentação

O procedimento de marcação e leitura foi repetido três vezes para cada amostra, obtendo-se a média das leituras, antes e após os diferentes ensaios experimentais.

Figura 3 - Microdurômetro utilizado no estudo

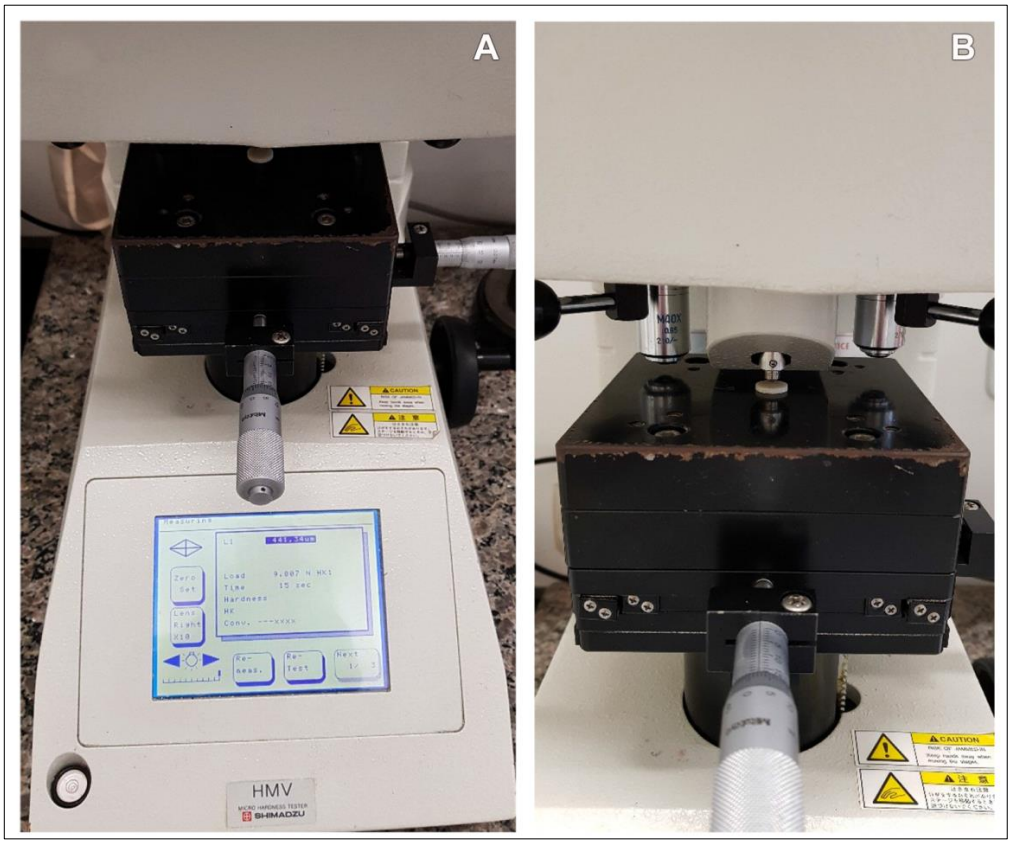
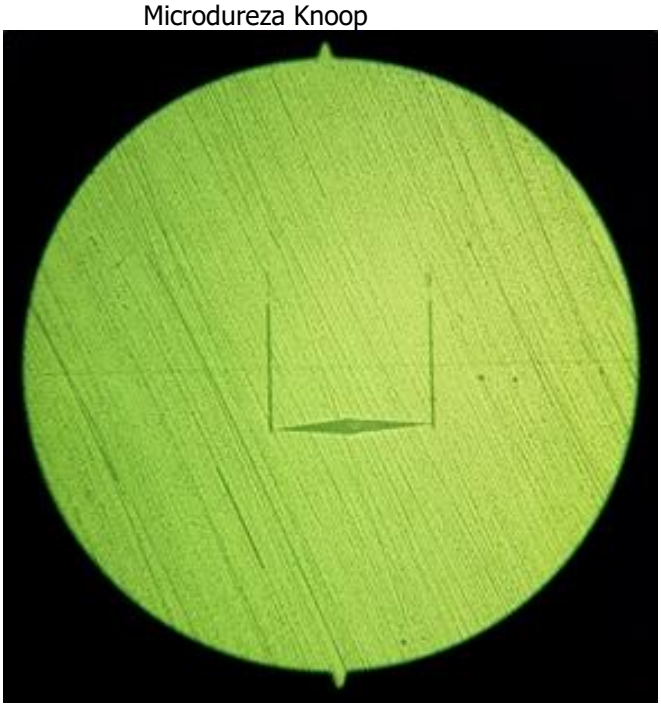


Figura 4 - Indentação visualizada após compressão na superfície da amostra para mensuração da Microdureza Knoop



3.4 Análise de Rugosidade Superficial (R_a)

Para análise da rugosidade de superfície dos corpos de prova foi utilizado o Rugosímetro Modelo SJ-201P (Mitutoyo, Toquio, Japão), que permite a análise das condições rugosimétricas da superfície, sendo composto por duas partes principais:

1. Unidade Programadora de Controle e Registro da Leitura: encontram-se nessa unidade os comandos para o acionamento do aparelho e também o seletor do programa utilizado (Figura 5A). No controle, por meio do *meter cut-off*, foi programada a distância percorrida pelo *pick-up*, de acordo com as dimensões dos corpos de prova.
2. Unidade Transversal Motorizada Precursora de Leitura: compõe-se de um motor e uma agulha. Esta movimenta-se realizando a sondagem da superfície da amostra, de acordo com o programa pré-estabelecido. A unidade motora é fixa a uma haste vertical que, por sua vez, se prende a uma base sólida de granito, oferecendo estabilidade ao conjunto. A base de granito fica paralela à unidade motorizada sendo passível, o último conjunto, de regulagem no sentido vertical e horizontal (Figura 5B). A leitura obtida da amostra é visualizada no display do controle.

Após ser acionada pelo display do controle, a agulha de leitura do rugosímetro percorreu a distância de 0,8 mm com distância de *cut-off* de 5 mm, a uma velocidade de 0,25 mm/s [55]. A agulha foi movimentada em uma única direção e detectou as irregularidades da superfície que correspondem aos picos, vales e ondas. Este valor foi definido como a média dos afastamentos do *pick-up,* tanto para cima como para baixo, em relação a uma linha central [56]. Foram realizadas três leituras em locais diferentes da superfície da amostra, uma central, uma 1 mm para direita e outra 1 mm para a esquerda. Cada leitura obtida foi anotada e foi realizado o cálculo do valor de rugosidade médias das superfícies (ΔR_a). Estes valores foram obtidos antes e após os diferentes ensaios experimentais, seguindo a mesma metodologia.

Figura 5 - Rugosímetro utilizado. A: Unidade Programadora de Controle e Registro da Leitura. B: Unidade Transversal Motorizada precursora de leitura

3.5 Envelhecimento Artificial Acelerado (EAA)

Posteriormente às leituras iniciais, os corpos de prova foram submetidos a 300 horas de ação de envelhecimento artificial acelerado, que correspondem a aproximadamente 7 meses de envelhecimento natural [53], conforme apresentado no

fluxograma (Figura 6). Para a utilização do sistema de envelhecimento acelerado para não metálicos C-UV, seguiu-se a norma ASTM-G154 [57].

O sistema de envelhecimento acelerado simula forças da natureza predizendo a durabilidade relativa dos materiais expostos às intempéries. A chuva e a neblina são simuladas por processo de condensação de água destilada saturada e o oxigênio autogerado pelo sistema. Os efeitos da luz do sol, onde apenas 1% da radiação provoca degradação, são simuladas por uma rede de oito fontes de luz UV-B composta por tubos fluorescentes de 40 watts com emissão concentrada na região ultravioleta B, com radiação concentrada em 280/320nm como na natureza. A temperatura de exposição é automaticamente controlada de acordo com os programas estabelecidos para ciclos UV/condensação [58].

As amostras foram colocadas no aparelho de Sistema de Envelhecimento Artificial Acelerado para não-metálicos C-UV (Comexim Matérias Primas Ltda., São Paulo, Brasil), sob ação de luz UV e de condensação, as quais foram acionadas em ciclos separados repetidos sucessiva e automaticamente. O processo de condensação foi reproduzido com a exposição de uma das superfícies dos corpos de prova a uma mistura aquecida de vapor de água saturada de ar, enquanto que o lado oposto das amostras foi utilizado para sua aderência às placas metálicas que as sustentavam.

Os corpos de prova foram aderidos às placas fixadoras do aparelho utilizando-se silicone indicado para tal, e levados à câmara de condensação frente à fonte de luz, numa distância de 50mm desta. O programa de funcionamento fixado foi de 4 horas de exposição à UV-B a 50ºC, e 4 horas de condensação a 50ºC, e o tempo máximo de envelhecimento de 300 horas, correspondendo a um total de 7 meses de uso pelo paciente.

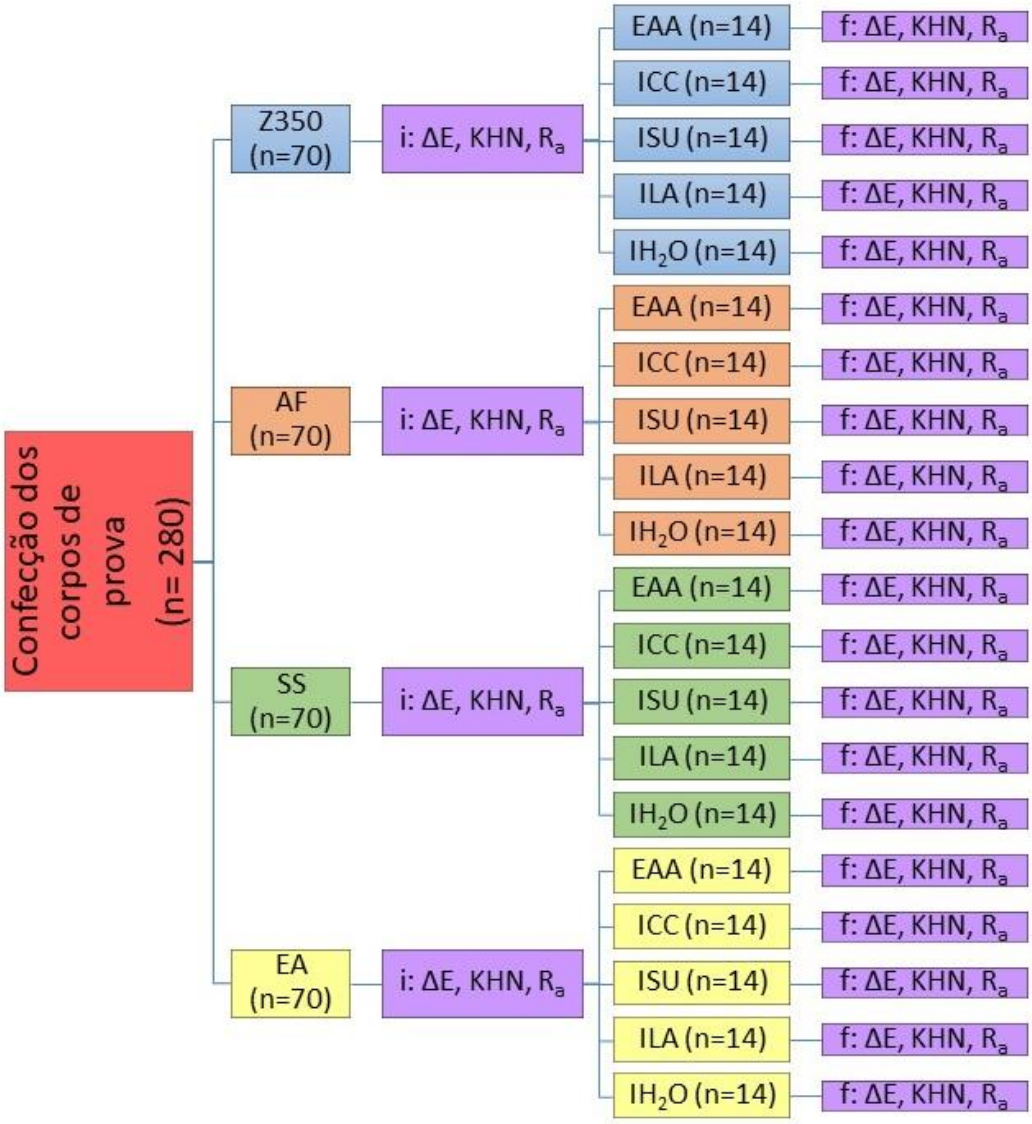
Desta forma, em poucos dias ou semanas, o C-UV pode produzir degradações que ocorreriam em meses ou anos. Estas degradações podem ser observadas como perde de brilho, aparecimento de trincas, bolhas, descoloração, etc.

Após o envelhecimento, os corpos de prova foram novamente submetidos às leituras de cor, rugosidade e microdureza.

3.6 Imersão em Coca-Cola, Suco de Uva e Leite com Achocolatado

Posteriormente às leituras iniciais, os corpos de prova foram submetidos à imersão em diferentes grupos de bebidas comumente ingeridas por crianças: Coca-Cola (ICC) (Coca-Cola Company, SP, Brasil), Suco de Uva (ISU) Kapo (Coca-Cola Company, RJ, Brasil) e Leite com Achocolatado (ILA) Toddynho (Pepsico, SP, Brasil), tendo como controle Água Destilada (IH_2O), conforme apresentado no fluxograma (Figura 6). O total de corpos de prova de cada resina composta designados para cada líquido (n=14) foram submetidos a 30 dias de imersão nos respectivos grupos, sendo mergulhados durante 30 minutos diários de acordo com os grupos (ICC, ISU, ILA ou IH_2O) em estufa a 37ºC e retirados e mantidos em água destilada, também em estufa a 37ºC pelo resto do dia e até o dia seguinte, quando era repetido o procedimento, seguindo a metodologia descrita previamente por Hotwani *et al*. (2014) [59]. Ao final das imersões, os corpos de prova e os recipientes foram lavados em água corrente para retirada do líquido experimental e os mesmos mergulhados em água destilada para permitir relaxamento das ligações cruzadas [60]. O pH dos líquidos de imersão foi mensurado com auxílio de pHmetro (Simpla PH140, Akso Produtos Eletrônicos LTDA, RS, Brasil) e foram de 2,55 (CC), 3,02 (SU), 6,29 (LA) e 6,2 (H_2O).

Figura 6 - Fluxograma representativo da divisão dos grupos experimentais



Legenda:

- n = Tamanho da amostra
- i = Análises iniciais
- f = Análises finais
- Z350, AF, SS e EA = Grupos dos materiais utilizados no estudo
- ΔE = Espectrofotometria colorimétrica
- KNH = Microdureza knoop
- R_a = Rugosidade superficial
- EAA = Envelhecimento artificial acelerado
- ICC = Imersão em coca-cola
- ISU = Imersão em suco de uva
- ILA = Imersão em leite achocolatado
- IH_2O = Imersão em água destilada

3.7 Análise Estatística

Os dados de estabilidade de cor, microdureza e rugosidade foram submetidos inicialmente ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade. Em seguida, para os dados com distribuição normal (estabilidade de cor e microdureza) foi realizado o teste two-way ANOVA seguido pelo pós-teste de Tukey. Para os dados com distribuição não normal (rugosidade superficial) foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo pós-teste de Dunn. O nível de significância adotado para todas as análises foi de 5%.

4. Resultados

4. RESULTADOS

4.1 Espectrofotometria Colorimétrica

4.1.1 Análise da estabilidade de cor (ΔE)

Os valores das médias de alteração de cor (ΔE) e seus respectivos desvios-padrão para as amostras submetidas ao EAA ou à imersão nos diferentes líquidos experimentais podem ser vistos na tabela 1.

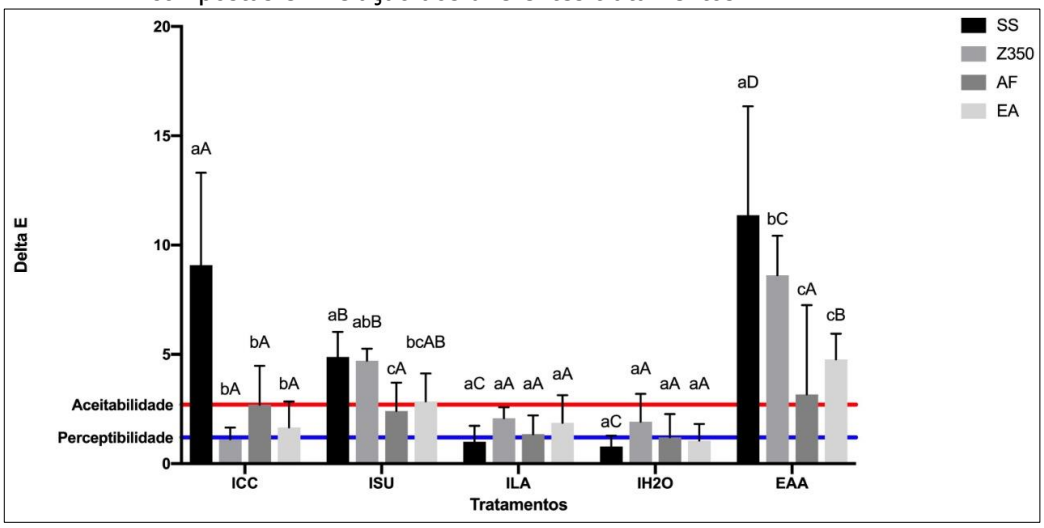
Tabela 1 - Médias (desvios-padrão) da alteração de cor (ΔE) dos materiais submetidos ao EAA ou à imersão nas diferentes bebidas frequentemente ingeridas por crianças

	Resinas Compostas			
Tratamentos	**SS**	**Z350**	**AF**	**EA**
ICC	9,1 (4,2) aA	1,1 (0,5) bA	2,7 (1,8) bA	1,7 (1,2) bA
ISU	4,9 (1,2) aB	4,7 (0,6) abB	2,4 (1,3) cA	2,9 (1,3) bcAB
ILA	1,0 (0,7) aC	2,1 (0,5) aA	1,4 (0,9) aA	1,9 (1,3) aA
IH_2O	0,8 (0,5) aC	1,9 (1,3) aA	1,2 (1,1) aA	1,1 (0,8) aA
EAA	11,4 (5,0) aD	8,6 (1,8) bC	3,2 (4,1) cA	4,8 (1,2) cB

Letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, indicam diferença estatisticamente significante ($p<0,05$), após emprego do teste 2-way ANOVA e pós-teste de Tukey. SS (Spectra Smart), AF (Admira Fusion), EA (Estelite Asteria), ICC (Imersão em Coca-Cola), ISU (Imersão em Suco de Uva), ILA (Imersão em Leite Achocolatado), IH_2O (Imersão em Água Destilada) e EAA (Envelhecimento Artificial Acelerado).

Inicialmente, a análise estatística das médias foi realizada considerando-se o material isoladamente, ou seja, comparou-se os diferentes tratamentos para cada material. Em seguida, foi feita a comparação entre os materiais, com relação a todos os tratamentos isoladamente (Figura 7).

Figura 7 - Comparação das médias de alteração de cor (ΔE) das diferentes resinas compostas em relação aos diferentes tratamentos



Letras diferentes, minúsculas na comparação entre os tratamentos e maiúsculas na comparação entre os materiais, indicam diferença estatisticamente significante ($p<0,05$). SS (Spectra Smart), AF (Admira Fusion), EA (Estelite Asteria), ICC (Imersão em Coca-Cola), ISU (Imersão em Suco de Uva), ILA (Imersão em Leite Achocolatado), IH_2O (Imersão em Água Destilada) e EAA (Envelhecimento Artificial Acelerado).

Assim, quando as resinas compostas foram analisadas quanto aos tratamentos a que foram submetidas, verificou-se que, para a resina SS houve maior alteração de cor nos grupos de tratamento EAA, ICC e ISU, em níveis clinicamente inaceitáveis ($\Delta E>2,7$), com diferença estatisticamente significante ($p<0,05$) em relação aos demais tratamentos e diferença significante ($p<0,05$) também entre si. ILA e IH_2O produziram as menores alterações de cor, dentro dos limites de perceptibilidade, sem diferença ($p>0,05$) entre si.

Para a resina composta Z350, verificou-se que houve maior alteração de cor nos grupos de tratamento EAA e ISU, em níveis clinicamente inaceitáveis ($\Delta E>2,7$), com diferença significante ($p<0,05$) em relação aos demais tratamentos e diferença significante ($p<0,05$) também entre si. Não houve diferença na estabilidade de cor do material quando submetido aos demais tratamentos.

O único material que não apresentou alteração de cor acima dos níveis clinicamente aceitáveis, após imersão nas diferentes bebidas ou envelhecimento artificial acelerado, foi a resina composta AF.

Para a resina composta EA, verificou-se que houve maior alteração de cor no grupo EAA, em níveis clinicamente inaceitáveis ($\Delta E>2,7$), com diferença significante ($p<0,05$) em relação aos demais tratamentos, exceto ISU ($p>0,05$). ISU não mostrou diferença estatística com relação aos demais grupos de tratamentos ($p>0,05$).

Quando as diferentes resinas compostas foram comparados quanto ao tratamento ICC, verificou-se que SS apresentou maior alteração de cor, com valor acima do clinicamente aceitável ($\Delta E<2,7$), com diferença significante com relação aos demais materiais ($p<0,05$), que não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$).

Para ISU verificou-se que SS e Z350 apresentaram valores clinicamente inaceitáveis ($\Delta E>2,7$), não sendo possível observar diferença estatística entre eles ($p>0,05$), sendo Z350 também similar a EA ($p>0,05$). AF e EA não apresentaram valores inaceitáveis e não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$).

Não houve diferença significante ($p>0,05$) quando as diferentes resinas compostas foram tratadas com ILA e IH_2O. Quando tratadas com EAA verificou-se que SS apresentou a maior alteração de cor, diferente estatisticamente de todos os demais grupos, seguido de Z350 e EA, também diferentes entre si, sendo que EA não apresentou diferença de AF, que apresentou a menor alteração de cor após EAA.

Sumarizando, com relação à Estabilidade de Cor (ΔE), a avaliação global dos dados obtidos evidenciou que a resina composta Spectra Smart em geral apresentou os piores resultados, em níveis clinicamente inaceitáveis, enquanto que as resinas compostas Admira Fusion e Estelite Asteria apresentaram os melhores resultados, após imersão na maioria das bebidas ou envelhecimento artificial acelerado.

4.1.2 Variação da coordenada L* (ΔL)

Os valores das médias de alteração para a coordenada de luminosidade (ΔL) das amostras submetidas ao EAA e à imersão em diferentes líquidos e seus respectivos desvios-padrão estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Médias (desvios-padrão) de alteração de L* dos materiais submetidos ao EAA ou à imersão nas diferentes bebidas frequentemente ingeridas por crianças

	Resinas Compostas			
Tratamentos	**SS**	**Z350**	**AF**	**EA**
ICC	2,2 (3,3) aA	-0,4 (0,5) bcA	0,8 (2,8) abA	-1,0 (0,6) cAC
ISU	1,7 (1,6) aA	-4,2 (0,5) bB	-1,6 (0,5) cB	-2,7 (1,1) cB
ILA	-0,3 (0,5) aB	-2,6 (3,0) bBC	-0,7 (0,8) aB	-1,5 (1,1) abAB
IH2O	0,1 (0,6) aB	-1,1 (0,8) aAD	-0,3 (0,7) aAB	0,1 (0,9) aCD
EAA	5,9 (2,5) aC	-2,6 (0,7) bCD	-0,7 (0,6) cAB	1,3 (0,5) dD

Letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, indicam diferença estatisticamente significante ($p<0,05$), após emprego do teste 2-way ANOVA e pós-teste de Tukey. SS (Spectra Smart), AF (Admira Fusion), EA (Estelite Asteria), ICC (Imersão em Coca-Cola), ISU (Imersão em Suco de Uva), ILA (Imersão em Leite Achocolatado), IH_2O (Imersão em Água Destilada) e EAA (Envelhecimento Artificial Acelerado).

Inicialmente, a análise estatística das médias foi realizada considerando-se o material isoladamente, ou seja, comparou-se os diferentes tratamentos para cada material. Em seguida, foi feita comparação entre os materiais, com relação a todos os tratamentos isoladamente (Figura 8).

No eixo L*, temos a noção da quantidade de preto e de branco, ou seja, se há valores positivos é porque a amostra teve uma variação para o branco (branqueamento) e se os valores forem negativos significa uma maior proximidade ao preto (escurecimento).

Quando as resinas compostas foram analisadas quanto aos tratamentos a que foram submetidas, verificou-se que, para a resina SS, houve alteração com diferença significante ($p<0,05$) entre EAA e todos os outros grupos, sendo ICC e ISU semelhantes entre si ($p>0,05$) e ILA e IH_2O também semelhantes entre si ($p>0,05$).

A alteração para os grupos foi de branqueamento, exceto para ILA que teve uma tendência para o escurecimento e IH_2O que se manteve estável.

Para a resina composta Z350, verificou-se que houve escurecimento do material em todos os tipos tratamento, sendo a maior alteração mostrada por ISU, o qual teve diferença significante em relação a ICC, IH_2O e EAA ($p<0,05$), sendo semelhante a ILA ($p>0,05$).

Para a resina composta AF, verificou-se que houve tendência de escurecimento do material em todos os tratamentos, exceto ICC, sendo que este apresentou diferença significante apenas com ISU e ILA ($p<0,05$) e foi semelhante aos demais grupos ($p>0,05$). ISU, ILA, IH2O e EAA não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$).

Para EA, o grupo IH_2O se manteve mais estável, enquanto EAA teve tendência ao clareamento e os outros grupos tiveram tendência ao escurecimento. O grupo EAA apresentou diferença significante ($p<0,05$) em relação a todos os grupos, exceto a IH_2O ($p>0,05$); ICC não apresentou diferença em relação a IH_2O e ILA ($p>0,05$); ISU também não apresentou diferença em relação a ILA ($p>0,05$).

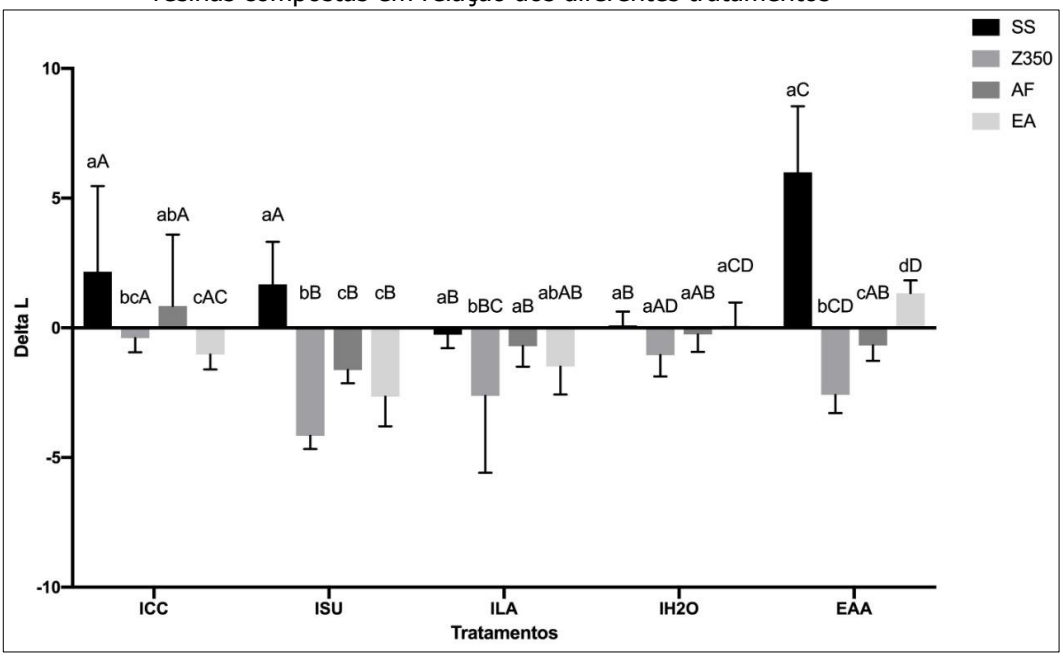
As diferentes resinas compostas, quando comparadas com relação ao tratamento ICC, permitiram verificar que não foi possível evidenciar diferença entre SS e AF ($p>0,05$), e Z350 não apresentou diferença em relação a AF e a EA ($p>0,05$).

Com relação ao tratamento ISU, verificou-se que AF não apresentou diferença significante quando comparada à EA ($p<0,05$), sendo que ambos foram diferentes de SS e Z350 ($p<0,05$), os quais foram também diferentes entre si ($p<0,05$).

Com relação ao tratamento ILA, verificou-se que EA não apresentou diferença em relação às outras resinas compostas ($p>0,05$), SS não apresentou diferença em relação a AF ($p<0,05$), e Z350 apresentou diferença significante em relação a SS e AF ($p<0,05$).

No grupo controle (IH_2O), todas as resinas compostas se comportaram de maneira semelhante, não exibindo diferença significante ($p>0,05$), e para o EAA todas as resinas compostas apresentaram comportamento diferente estatisticamente entre si ($p<0,05$).

Figura 8 - Comparação das médias de alteração de luminosidade (ΔL) das diferentes resinas compostas em relação aos diferentes tratamentos



Letras diferentes, minúsculas na comparação entre os tratamentos e maiúsculas na comparação entre os materiais, indicam diferença estatisticamente significante ($p<0,05$). SS (Spectra Smart), AF (Admira Fusion), EA (Estelite Asteria), ICC (Imersão em Coca-Cola), ISU (Imersão em Suco de Uva), ILA (Imersão em Leite Achocolatado), IH_2O (Imersão em Água Destilada) e EAA (Envelhecimento Artificial Acelerado).

4.1.3 Variação da coordenada a* (Δa)

A tabela 3 apresenta os valores das médias de alteração para a coordenada do eixo vermelho-verde (Δa) das amostras submetidas ao EAA e à imersão em diferentes líquidos e seus respectivos desvios-padrão.

Tabela 3 - Médias (desvios-padrão) de alteração de a* dos materiais submetidos ao EAA ou à imersão nas diferentes bebidas frequentemente ingeridas por crianças

	Resinas Compostas			
Tratamentos	**SS**	**Z350**	**AF**	**EA**
ICC	-0,6 (0,5) aA	0,6 (0,3) bA	0,0 (0,2) cA	0,8 (0,3) bA
ISU	0,1 (0,2) aB	1,2 (1,0) bB	0,5 (0,2) acA	0,8 (0,3) bcA
ILA	0,5 (0,4) aB	1,6 (1,1) bBC	0,3 (0,2) aA	0,7 (0,7) aA
IH2O	0,2 (0,2) aB	0,8 (0,4) bAB	0,1 (0,2) aA	0,5 (0,4) abA
EAA	-1,3 (0,5) aC	2,0 (0,7) bC	1,1 (0,6) cB	0,5 (0,4) dA

Letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, indicam diferença estatisticamente significante ($p<0,05$), após emprego do teste 2-way ANOVA e pós-teste de Tukey. SS (Spectra Smart), AF (Admira Fusion), EA (Estelite Asteria), ICC (Imersão em Coca-Cola), ISU (Imersão em Suco de Uva), ILA (Imersão em Leite Achocolatado), IH_2O (Imersão em Água Destilada) e EAA (Envelhecimento Artificial Acelerado).

Novamente aqui, efetuou-se a análise estatística inicial das médias considerando-se o material isoladamente. Em seguida, foi feita comparação entre os materiais, com relação a cada tratamento.

Quando o valor de Δa* é positivo, demonstra que após o tratamento das amostras houve saturação do croma vermelho; quando o valor de Δa* é negativo, a alteração se dá em uma diminuição da saturação do croma vermelho.

Todas as resinas compostas apresentaram valores positivos de Δa* quando analisou-se os tratamentos a que foram submetidas, ou seja, houve um aumento do croma vermelho, exceto para SS nas situações de ICC e EAA, que apresentou uma diminuição do croma vermelho (Figura 9).

A resina SS demonstrou valores negativos em ICC e EAA, os quais foram diferentes entre si ($p>0,05$), e apresentando também diferença significante com os demais materiais ($p<0,05$).

Para a resina composta Z350, verificou-se que houve diferença significante entre ICC, ISU, ILA e EAA ($p<0,05$). ISU apresentou diferença significante com EAA ($p<0,05$). ILA não apresentou diferença em relação a ISU, IH_2O e EAA ($p>0,05$) e IH_2O apresentou diferença apenas com EAA ($p<0,05$).

Para a resina composta AF, verificou-se que houve diferença significante do EAA com todos os outros grupos ($p<0,05$), sendo que estes não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$). Com relação à resina composta EA verificou-se que houve diferença significante entre eles ($p>0,05$).

Quando as diferentes resinas compostas foram comparadas, com relação ao tratamento ICC verificou-se que Z350 e EA não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$), sendo ambos diferentes de SS e AF ($p<0,05$), sendo estes últimos também diferentes entre si ($p<0,05$).

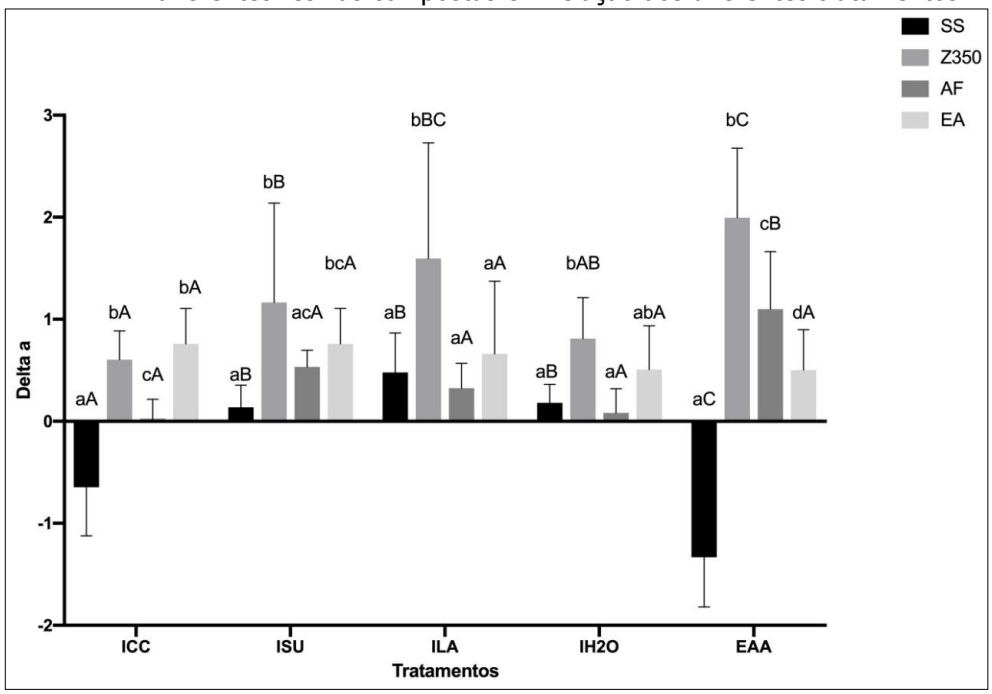
Quanto à ISU, verificou-se que SS não apresentou diferença em relação a AF ($p>0,05$), EA não apresentou diferença em relação a Z350 e AF ($p>0,05$) e EA foi diferente em relação a SS ($p<0,05$).

Com relação ao tratamento ILA, verificou-se que Z350 apresentou diferença significante em relação a SS, AF e EA ($p<0,05$), sendo que estes três não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$).

Com relação ao controle (IH_2O), verificou-se que SS apresentou diferença significante apenas com Z350 ($p<0,05$), sendo que não apresentou diferença em relação as outras resinas compostas. A Z350 não apresentou diferença apenas com relação a EA ($p>0,05$) e AF e EA não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$). Com

relação ao EAA, verificou-se que houve diferença significante entre todas elas ($p<0,05$).

Figura 9 - Comparação das médias de alteração de vermelho-verde (Δa) das diferentes resinas compostas em relação aos diferentes tratamentos



Letras diferentes, minúsculas na comparação entre os tratamentos e maiúsculas na comparação entre os materiais, indicam diferença estatisticamente significante ($p<0,05$). SS (Spectra Smart), AF (Admira Fusion), EA (Estelite Asteria), ICC (Imersão em Coca-Cola), ISU (Imersão em Suco de Uva), ILA (Imersão em Leite Achocolatado), IH_2O (Imersão em Água Destilada) e EAA (Envelhecimento Artificial Acelerado).

4.1.4 Variação da coordenada b* (Δb)

Os valores das médias de alteração para a coordenada do eixo amarelo-azul (Δb) das amostras submetidas ao EAA e à imersão em diferentes líquidos e seus respectivos desvios-padrão estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Médias (desvios-padrão) de alteração de b* dos materiais submetidos ao EAA ou à imersão nas diferentes bebidas frequentemente ingeridas por crianças

	Resinas Compostas			
Tratamentos	**SS**	**Z350**	**AF**	**EA**
ICC	-6,6 (1,0) aA	-0,6 (0,5) bA	-2,5 (1,5) cA	-1,1 (1,2) bcA
ISU	-4,9 (1,5) aB	-2,3 (0,9) bB	-1,2 (1,7) bcAB	-0,6 (0,7) cA
ILA	-0,7 (0,6) aC	-1,0 (1,1) aAB	-0,2 (1,2) aBC	0,2 (0,9) aA
IH2O	-0,5 (0,6) abC	-1,1 (1,2) aAB	0,7 (1,3) bC	0,3 (0,6) abA
EAA	-9,4 (4,6) aD	8,6 (1,1) bC	0,3 (1,8) cC	-4,5 (1,2) dB

Letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, indicam diferença estatisticamente significante ($p<0,05$), após emprego do teste 2-way ANOVA e pós-teste de Tukey. SS (Spectra Smart), AF (Admira Fusion), EA (Estelite Asteria), ICC (Imersão em Coca-Cola), ISU (Imersão em Suco de Uva), ILA (Imersão em Leite Achocolatado), IH_2O (Imersão em Água Destilada) e EAA (Envelhecimento Artificial Acelerado).

Quando os valores de Δb* são positivos, as amostras apresentam maior saturação do croma amarelo após os tratamentos, enquanto que quando os valores são negativos, há diminuição do croma amarelo.

Avaliando os resultados observou-se que, no geral, todas as resinas compostas tiveram uma diminuição do croma amarelo para todos os tratamentos, com exceção da resina Z350, que apresentou um amarelamento no EAA (figura 10).

Quando analisou-se os tratamentos a que as resinas compostas foram submetidas, verificou-se que para SS houve diferença significante entre todos eles ($p<0,05$), exceto ILA e IH_2O, os quais não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$).

Para a resina composta Z350, verificou-se que houve diferença significante entre ICC, ISU e EAA ($p<0,05$). ILA e IH_2O não apresentaram diferença entre si e nem em relação a ICC e ISU ($p>0,05$). EAA apresentou diferença significante com todos os grupos ($p<0,05$).

Para a resina composta AF, verificou-se que ILA, IH_2O e EAA não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$), sendo diferentes de ICC ($p<0,05$). Já ISU não apresentou diferença em relação a ILA e a ICC ($p>0,05$).

Para a resina composta EA, verificou-se que EAA apresentou diferença significante com todos os outros grupos ($p<0,05$), sendo que estes todos não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$).

Quando comparou-se as diferentes resinas compostas, com relação ao tratamento ICC, verificou-se que houve diferença significante entre SS, Z350 e AF entre si ($p<0,05$), sendo que EA não apresentou diferença em relação a Z350 e AF ($p>0,05$).

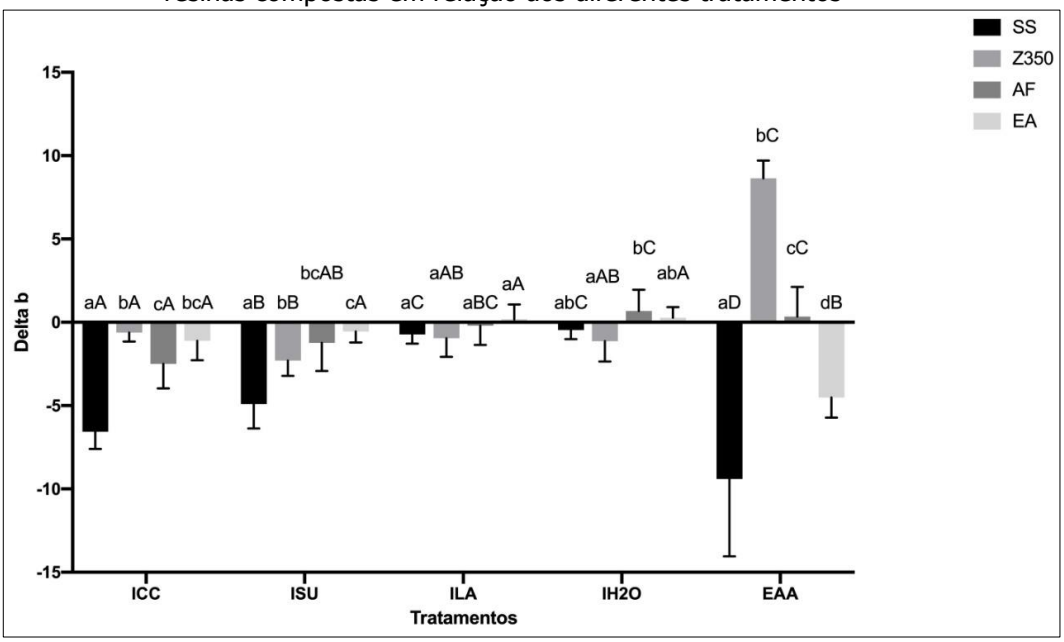
Com relação ao tratamento ISU, verificou-se que SS, Z350 e EA foram diferentes entre si ($p<0,05$), sendo que AF não apresentou diferença em relação a Z350 e EA ($p>0,05$).

Quanto ao tratamento ILA, verificou-se que não houve diferença significante entre elas ($p>0,05$).

Com relação ao controle (IH_2O), verificou-se que houve diferença significante entre Z350 e AF ($p<0,05$), sendo que SS e EA não apresentaram diferença em relação a eles e também entre si ($p>0,05$).

Por fim, com relação ao tratamento EAA, verificou-se que houve diferença significante entre todos os materiais ($p<0,05$).

Figura 10 - Comparação das médias de alteração de amarelo-azul (Δb) das diferentes resinas compostas em relação aos diferentes tratamentos



Letras diferentes, minúsculas na comparação entre os tratamentos e maiúsculas na comparação entre os materiais, indicam diferença estatisticamente significante ($p<0,05$). SS (Spectra Smart), AF (Admira Fusion), EA (Estelite Asteria), ICC (Imersão em Coca-Cola), ISU (Imersão em Suco de Uva), ILA (Imersão em Leite Achocolatado), IH_2O (Imersão em Água Destilada) e EAA (Envelhecimento Artificial Acelerado).

4.2 Análise da Microdureza Knoop (KHN)

Os valores das médias de alteração de KHN e seus respectivos desvios-padrão para as amostras submetidas ao EAA e à imersão nos diferentes líquidos são apresentados na tabela 5.

Para avaliação da alteração de microdureza observamos a diferença entre os valores iniciais e finais (ΔKHN). Valores positivos significam aumento da microdureza e valores negativos significam diminuição da mesma.

Tabela 5 - Médias (desvios-padrão) de alteração de microdureza dos materiais submetidos ao EAA ou à imersão nas diferentes bebidas frequentemente ingeridas por crianças

	Resinas Compostas			
Tratamentos	**SS**	**Z350**	**AF**	**EA**
ICC	-0,6 (7,7) aA	-2,3 (4,2) aA	-7,8 (4,5) bA	0,7 (4,9) aAB
ISU	-9,5 (4,7) aB	-3,6 (8,4) bA	-3,4 (4,4) bAB	-3,1 (2,9) bA
ILA	-7,8 (8,2) aB	-7,2 (6,8) aAB	-5,9 (5,1) abAB	-0,7 (2,5) bAB
IH2O	-1,6 (3,3) abA	-5,9 (4,6) aA	-1,4 (4,7) abB	2,1 (2,6) bAB
EAA	2,6 (4,1) aA	-12,6 (8,6) bB	-7,4 (5,3) bA	4,2 (4,5) aB

Letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, indicam diferença estatisticamente significante ($p<0,05$), após emprego do teste 2-way ANOVA e pós-teste de Tukey. SS (Spectra Smart), AF (Admira Fusion), EA (Estelite Asteria), ICC (Imersão em Coca-Cola), ISU (Imersão em Suco de Uva), ILA (Imersão em Leite Achocolatado), IH_2O (Imersão em Água Destilada) e EAA (Envelhecimento Artificial Acelerado).

A análise dos tratamentos (líquidos de imersão ou envelhecimento) evidenciou que para SS não houve diferença significante ($p>0,05$) em relação a ICC, IH_2O e EAA, sendo que estes apresentaram diferença significante ($p<0,05$) em relação a ISU e ILA, que não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$).

Para a resina composta Z350, verificou-se que houve diferença significante ($p<0,05$) entre EAA e todos os outros tratamentos, exceto com relação a ILA ($p>0,05$). ICC, ISU e IH_2O não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$).

Para a resina composta AF, verificou-se que o grupo controle (IH_2O) apresentou diferença significante ($p<0,05$) apenas com relação ao EAA e a ICC, porém ISU e ILA, apesar de não apresentarem diferença significante com relação a IH_2O, também não apresentaram diferença em relação a ICC e EAA ($p>0,05$).

Para a resina composta EA, verificou-se que o EAA apresentou diferença significante em relação ao ISU ($p<0,05$), sendo que todos os outros grupos não apresentaram diferença significante com relação a ambos e nem entre si ($p>0,05$).

Quando comparadas as diferentes resinas compostas, com relação ao tratamento ICC, verificou-se que todos os materiais não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$), exceto AF, que apresentou diferença significante em relação a todos os outros ($p<0,05$).

Com relação ao tratamento ISU, verificou-se que todos as resinas compostas não apresentaram resultados diferentes entre si ($p>0,05$), exceto SS, que apresentou diferença significante em relação a todos os outros ($p<0,05$).

Com relação ao tratamento ILA, verificou-se que as resinas compostas SS, Z350 e AF não apresentaram resultados diferentes entre si ($p>0,05$), apresentando

diferença significante em relação a EA ($p<0,05$), exceto AF, que foi similar também a EA ($p>0,05$).

Para o grupo IH_2O, verificou-se que SS e AF não apresentaram diferença com relação às outras resinas compostas ($p>0,05$), porém Z350 e EA apresentaram diferença significante entre si ($p<0,05$).

Para o EAA, verificou-se que SS não apresentou diferença com relação a EA ($p>0,05$), porém SS e EA tiveram diferenças significantes em relação a Z350 e AF ($p<0,05$), os quais não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$).

Em resumo, a avaliação global dos resultados de microdureza obtidos permitiu verificar que a imersão em todas as bebidas avaliadas, frequentemente consumidas por crianças (Coca-cola, suco de uva e leite achocolatado), assim como o envelhecimento artificial acelerado ocasionaram, em geral, redução da microdureza, sendo os melhores resultados observados para a resina composta Estelite Asteria.

4.3 Análise da Rugosidade Superficial (R_a)

Os valores das medianas de alteração de rugosidade (ΔR_a) e seus respectivos limites inferiores e superiores para as resinas compostas submetidas ao EAA e à imersão nas diferentes bebidas frequentemente consumidas por crianças podem ser observados na tabela 6.

Para avaliação da alteração de rugosidade foi calculada a diferença entre os valores iniciais e finais (ΔRa). Foram considerados os seguintes valores de acordo com trabalhos prévios: $\Delta Ra \geq 0,2\mu m$ promove maior retenção de biofilme, podendo aumentar o risco de cárie e maior manchamento; $\Delta Ra > 0,3\mu m$ gera desconforto, podendo ser detectado pelos lábios e língua do paciente [61, 62].

Tabela 6 - Medianas e limites (inferior-superior) de alteração de rugosidade dos materiais submetidos ao EAA ou à imersão nas diferentes bebidas frequentemente ingeridas por crianças

	Resinas Compostas			
Tratamentos	**SS**	**Z350**	**AF**	**EA**
ICC	0,025 (-0,04 – 0,27) aA	0,025 (-0,03 – 0,09) aAB	0,025 (-0,03 – 2,31) aA	0,01 (-0,06 – 0,05) aA
ISU	0,03 (-0,03 – 0,08) aA	0,015 (-0,06 – 0,1) aAB	0,015 (-0,13 – 0,06) aA	0,015 (-0,09 – 0,07) aA
ILA	-0,01 (-0,16 – 0,06) aA	0,03 (-0,02 – 0,08) aAB	0,015 (-0,08 – 0,08) aA	0,03 (-0,05 – 0,26) aA
IH2O	0,01 (-0,05 – 0,06) aA	-0,01 (-0,07 - 0,07) aA	0 (-0,06 – 0,11) aA	0,015 (-0,09 – 0,04) aA
EAA	0,24 (0,09 – 0,53) aB	0,035 (0,01 – 0,17) bB	0,01 (-0,06 – 0,1) bA	0,705 (0,5 – 1,17) aB

Letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, indicam diferença estatisticamente significante ($p<0,05$), após emprego do teste Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn. SS (Spectra Smart), AF (Admira Fusion), EA (Estelite Asteria), ICC (Imersão em Coca-Cola), ISU (Imersão em Suco de Uva), ILA (Imersão em Leite Achocolatado), IH_2O (Imersão em Água Destilada) e EAA (Envelhecimento Artificial Acelerado).

Inicialmente, a análise estatística das medianas foi realizada considerando-se o material isoladamente, ou seja, houve comparação dos diferentes tratamentos para cada material. Em seguida, foi feita comparação entre os materiais, com relação a cada tratamento isoladamente.

Todos os materiais avaliados, para todos os tratamentos aplicados, apresentaram valores de rugosidade superficial dentro dos limites aceitáveis clinicamente, exceto o material EA após o EAA.

Quando analisados os tratamentos a que as resinas compostas foram submetidas, o material SS demonstrou que não houve diferença significante ($p>0,05$) na rugosidade superficial entre os grupos ICC, ISU, ILA e IH_2O, sendo que todos eles apresentaram diferença significante com relação ao EAA ($p<0,05$).

Para a resina Z350, verificou-se que o EAA apresentou diferença significante com relação a IH_2O ($p<0,05$), sendo que todos os outros grupos de tratamento foram semelhantes entre si e com relação a EAA e IH_2O ($p>0,05$).

Para AF, não houve diferença significante em relação aos tratamentos realizados ($p>0,05$). Para o material EA, não houve diferença significante ($p>0,05$) para os tratamentos ICC, ISU, ILA e IH_2O entre si, sendo que todos apresentaram diferença em relação ao EAA ($p<0,05$).

Com relação à comparação entre os materiais, para os tratamentos isoladamente, verificou-se que os materiais estudados (SS, Z350, AF e EA) não apresentaram diferença significante entre ICC, ISU, ILA e IH_2O ($p>0,05$). Para o EAA, não houve diferença entre SS e EA ($p>0,05$), sendo que ambos apresentaram diferença significante com relação a Z350 e AF ($p<0,05$), os quais não apresentaram diferença entre si ($p>0,05$).

Sumarizando, a avaliação global dos valores da variação da rugosidade superficial permitiu evidenciar que a imersão nas diferentes bebidas (Coca-cola, suco de uva e leite achocolatado), assim como o envelhecimento artificial acelerado, aumentaram a rugosidade superficial de todas as resinas compostas analisadas (Spectra Smart, Z350, Admira Fusion e Estelite Asteria), porém em geral dentro dos limites clinicamente aceitáveis.

5. Discussão

5. DISCUSSÃO

A avaliação do comportamento de novos materiais restauradores, *in vitro*, incluindo parâmetros como estabilidade de cor, microdureza e rugosidade superficial, entre outros, é fundamental para que os mesmos possam ser indicados clinicamente, principalmente em Odontopediatria, já que as crianças consomem bebidas coloridas e ácidas em maior quantidade. A variabilidade dos resultados obtidos no presente estudo é consistente com estudos existentes na literatura, os quais mostraram que vários fatores, como tipo da resina composta, tipo do ciclo de imersão e líquido usado para imersão podem ter uma influência significativa na estabilidade de cor, na rugosidade superficial e na microdureza dos materiais [17, 37, 63-67].

Particularmente com relação à estabilidade de cor, sabe-se que a Comissão Internacional de Iluminação (*Commission Internationale l'Éclairage – CIE*) é uma organização internacional que tem como objetivo obter informações em relação à arte e à ciência de iluminação. Esta comissão considera como iluminantes padrões primários apenas o iluminante CIE A (lâmpada de filamento incandescente de gás confinado de tungstênio, tendo a mesma distribuição de potência espectral relativa a um radiador ideal operando com temperatura de cor de 2856 K) e o iluminante CIE D65 (que simula uma fase da luz do dia com temperatura de cor correlata de aproximadamente 6504 K) [68]. Existem diversos modelos de sistema de espaço de cor, porém o *CIE*, após estudos aprimorados de sistemas anteriores recomendou oficialmente o Espaço de Cor de CIE L*a*b* de 1976, com abreviação oficial de CIELAB. Este sistema de espaço de cor possui uma organização em um espaço de cor tridimensional. O CIELAB é definido por uma combinação de coordenadas cilíndricas e cartesianas onde um ponto está associado a uma cor única. Por ser um sistema de coordenadas, temos o eixo L* - coordenada de luminosidade (escala de cinza) e os eixos a* e b* são conhecidos como coordenadas de cromaticidade e variam de -80 a +80 [69].

Trabalhos prévios relatam que os valores de ΔE entre 1 e 3 são perceptíveis a olho nu e valores acima de 3,3 são considerados clinicamente inaceitáveis, podendo justificar a substituição da restauração [70, 71]. No entanto, uma revisão da literatura publicada recentemente determinou valores de perceptibilidade e aceitabilidade para

alterações de coloração de dentes e materiais odontológicos como sendo ΔE>1,2 e ΔE>2,7, respectivamente [54]. Levando esse fato em consideração, o presente estudo mostrou que todas as resinas compostas avaliadas, incluindo materiais recentemente lançados no comércio especializado, apresentaram valores inaceitáveis após o Envelhecimento Artificial Acelerado, o que já era esperado de acordo com resultados prévios na literatura, os quais mostram alterações da estabilidade de cor de resinas compostas submetidas a esse procedimento, mesmo que tenham sido clinicamente aceitáveis em alguns casos [72-75], exceto o material Admira Fusion.

A resina composta Admira Fusion tem como diferencial sua matriz à base de Ormocer®, classe formulada na tentativa de minimizar a contração de polimerização que ocorre nos materiais convencionais. Sua constituição molecular é híbrida, dada por copolímeros inorgânicos e orgânicos e partículas de carga inorgânicas silanadas e as moléculas inorgânicas explicam a baixa contração de polimerização deste material [44].

No presente estudo, o material Admira Fusion apresentou alteração de cor quando imerso em Coca-cola e em suco de uva, porém dentro dos limites aceitáveis clinicamente, o que está de acordo com os resultados de estudo prévio que avaliou sua imersão em Coca-cola, vinho tinto e café, e somente encontrou manchamento além do limite clínico aceitável para este material quando este foi imerso em café [76].

Estudos prévios demonstraram menor alteração de cor para a resina composta Admira Fusion, atribuindo ao fato de ser nanohíbrido [77]. O tipo do material é ditado pelo tamanho e características das partículas de carga que o compõem [5]. O menor tamanho de partícula e uma melhor distribuição dentro da matriz da resina produz superfícies menos rugosas, o que pode influenciar a estabilidade de cor do material [66]. Há controvérsias na literatura pois há resultados que mostram que superfícies menos rugosas não são necessariamente mais resistentes ao manchamento e que este é influenciado pelo monômero presente na resina composta e sua composição de carga [78]. Porém, alguns autores demonstraram que menores dimensões das partículas das resinas nanoparticuladas permitem menor susceptibilidade ao manchamento [79]. Entretanto, outros autores relataram menor alteração de cor com o aumento do tamanho de partícula, devido à redução da proporção de carga orgânica na matriz [80]. O presente estudo avaliou resinas nanohíbridas (Spectra Smart e Admira Fusion) e

nanoparticuladas (Z350 e Estelite Asteria) e os resultados mostraram que houve diferenças estatisticamente significantes dentro dos grupos, o que pode ser devido à composição da matriz.

Além disso, a resina Spectra Smart apresentou valores maiores de ΔE nos tratamentos de Imersão em Coca-Cola e Envelhecimento Artificial Acelerado. Entretanto, a correta composição deste material ainda é desconhecida, já que o fabricante relata apenas que ele é composto por um dimetacrilato.

A literatura mostra resultados de alto manchamento em imersão em leite com achocolatado, com valores inaceitáveis clinicamente [81], o que não está de acordo com os resultados do presente estudo, já que os valores de ΔE encontrados para todas as resinas compostas avaliadas estava dentro do limite aceitável e muito semelhante ao que houve na imersão em água. Tal diferença pode ser atribuída ao método utilizado, já que o mesmo pode influenciar no comportamento da resina, sendo mais adequado não manter o material em contato com o leite em todos os momentos, simulando o que ocorreria na realidade, conforme realizado no presente estudo.

A probabilidade de manchamento da matriz de uma resina composta é influenciada pelo seu grau de conversão e outras propriedades físicas, como sorção de água [19, 82]. A estrutura do monômero de base apresentado interfere no nível de sorção de água da resina composta, sua solubilidade, grau de conversão e consequentemente na sua estabilidade de cor [65]. Há relatos na literatura que a absorção de água em resinas compostas à base de TEGDMA ocorre em maior proporção, quando comparada a resinas à base de Bis-GMA [83]. Aquelas com UDMA parecem ser mais resistentes que os de Bis-GMA, em condições normais de polimerização, apresentando assim menor absorção de água [84] e maior estabilidade de cor que resinas à base de outros metacrilatos [66]. Entretanto, estudos mais recentes não encontraram diferenças em relação à absorção de água entre os monômeros convencionais Bis-GMA, Bis-EMA e UDMA [85]. O presente estudo mostrou que resinas à base de metacrilatos convencionais, Z350 e Estelite Asteria, apresentaram um comportamento similar em relação à estabilidade de cor após os desafios de imersão.

Considerando que ΔE é uma medida de distância euclidiana entre dois pontos da esfera representativa da escala CIELab, a discussão desses valores não é suficiente para entender o comportamento de cada material restaurador, quando submetidos

aos tratamentos. O ΔE é o resultado do comportamento de três coordenadas: L*, a* e b*, cujas alterações podem determinar qual alteração de cor ocorreu [86]. Assim, ao analisarmos a coordenada L, verificamos que a maioria dos materiais apresentaram valores negativos desta coordenada após os tratamentos, indicando que houve escurecimento das resinas compostas. O único material que apresentou aumento desta coordenada, após os tratamentos, foi o Spectra Smart, submetido a Imersão em Coca-Cola, Imersão em Suco de Uva e, surpreendentemente, após Envelhecimento Artificial Acelerado, indicando aumento da luminosidade.

Para a coordenada a*, a qual representa o aumento ou diminuição do croma vermelho, foi possível verificar que novamente a resina composta SS apresentou um comportamento distinto das demais. Enquanto todos apresentaram um aumento do croma vermelho, quando analisados os tratamentos a que foram submetidos, o material Spectra Smart apresentou uma diminuição do croma vermelho nas situações de Imersão em Coca-Cola e Envelhecimento Artificial Acelerado. Este resultado pode ser explicado pela composição do material, que apesar de não ser completamente esclarecida pelo fabricante, apresenta pó de vidro em sua constituição.

Ao analisarmos a coordenada b*, que representa o croma amarelo, verificamos que todas as resinas compostas tiveram uma diminuição do croma amarelo para todos os tratamentos, com exceção da resina Z350, que apresentou um amarelamento após o Envelhecimento Artificial Acelerado.

As alterações de cor dos materiais após Envelhecimento Artificial Acelerado são relacionadas a alterações químicas no sistema de fotoativação, ocasionadas pela radiação UV, ou ainda pelas alterações na própria matriz resinosa [87]. A degradação de aminas residuais e a oxidação de compostos não reagidos, como a canforoquinona, resulta na formação de compostos amarelos, o que contribui para o amarelamento do material [51, 87-89]. Isso pode explicar o comportamento da resina Z350, já que a mesma apresenta a canforoquinona como fotoiniciador. Trabalhos prévios também mostraram este comportamento de amarelamento para este material [90].

No geral, todas as resinas compostas tiveram sua microdureza reduzida pelos tratamentos aplicados, exceto o material Estelite Asteria quando submetido ao Envelhecimento Artificial Acelerado, Imersão em Coca-Cola e Imersão em água destilada, e o material Spectra Smart no Envelhecimento Artificial Acelerado. De acordo

com a literatura, a água destilada diminui a microdureza das resinas compostas, pois pode causar um amolecimento do polímero resinoso por alagamento da rede e redução da força entre as cadeias poliméricas [91]. Os resultados do presente estudo estão de acordo com essa afirmativa. Apesar do material Estelite Asteria não ter apresentado redução de microdureza, não houve diferença estatística com Admira Fusion e Spectra Smart.

Já em bebidas com pH baixo, como no caso dos grupos Imersão em Coca-Cola e Imersão em Suco de Uva do presente estudo, as resinas compostas tendem a apresentar uma alta solubilidade devido ao amolecimento da matriz e perda estrutural de íons, e isso leva à erosão da superfície e dissolução, afetando negativamente a resistência ao desgaste, a microdureza e a integridade superficial [92-94]. Isso poderia explicar os resultados obtidos no presente estudo para estas imersões ácidas, porém o material Estelite Asteria não apresentou decréscimo em sua microdureza quando imerso em Coca-cola, em contraste com outros estudos existentes [95, 96]. Resultados prévios mostram que o Envelhecimento Artificial Acelerado também ocasiona diminuição na microdureza de resinas compostas [93]. Os resultados do presente estudo são parcialmente concordantes com essa afirmação, pois as resinas compostas Spectra Smart e Estelite Asteria não diminuíram sua microdureza. Isto pode ser explicado pela composição relacionada à fotoiniciação destes materiais somada ao fenômeno de pós-polimerização, já que ambos apresentam aceleradores da polimerização em combinação com a canforoquinona, e já foi comprovado que quanto maior a eficiência da polimerização, melhor a microdureza resultante [97-99].

As bebidas de pH baixo, além de alterarem a microdureza, também alteram a rugosidade superficial dos materiais, tornando-os mais rugosos, o que também pode ser atribuído à capacidade de amolecimento dos ácidos [100]. Entretanto, quando comparada a outros materiais, a resina composta apresenta maior estabilidade, com menor rugosidade superficial [64], fato que é atribuído ao agente de união silano, o qual liga a carga à matriz resinosa e que pode ser responsável pela estabilidade hidrolítica [101]. No presente estudo, tanto os resultados obtidos para rugosidade superficial nas imersões ácidas (Imersão em Coca-Cola e Imersão em Suco de Uva) quanto aqueles obtidos nas imersões não ácidas (Imersão em Leite Achocolatado e água destilada) não apresentaram diferenças entre os materiais, sendo que todos os valores de

rugosidade estavam dentro dos limites aceitáveis clinicamente [62]. Resultados semelhantes já foram obtidos por outros autores, os quais relatam que a rugosidade parece não ser influenciada pelas imersões [102] ou mesmo pelo Envelhecimento Artificial Acelerado [93].

No presente estudo, o único tratamento que mostrou diferenças entre os materiais para a rugosidade superficial, foi o Envelhecimento Artificial Acelerado. Além disso, o material Estelite Asteria foi o único material que apresentou valores inaceitáveis de rugosidade após este tratamento. O Envelhecimento Artificial Acelerado produz alteração na matriz superficial ou subsuperficial do material, ocorrendo alteração na textura superficial dos materiais. Isso ocorre pois a radiação UV causa a quebra das ligações químicas, erosão da matriz resinosa e exposição das partículas de carga [88, 89]. Alguns autores apresentaram resultados semelhantes, nos quais atribuíram o aumento da rugosidade de superfície após Envelhecimento Artificial Acelerado ao desgaste da resina ou à exposição de porosidade interior [103-105]. O presente estudo sugere que o material Estelite Asteria pode ser mais susceptível a esses efeitos.

Na tentativa de tornar o experimento de imersão mais próximo do que poderia acontecer na realidade, quando uma criança ingere uma das bebidas em questão, foi realizada imersão intermitente durante 30 dias, de acordo com metodologia descrita previamente [59]. Há uma variação muito grande dos tempos de imersão que existem na literatura, porém, diversos trabalhos utilizam 24 horas com equivalência de um mês de uso clínico [65, 106]. Entretanto, dizer que este tempo de imersão direto em determinado líquido é semelhante a um mês de uso clínico por uma criança parece irreal, mesmo porque foi padronizado primeiramente para consumo de café [66]. Uma criança não consome todos estes tipos de líquidos todos os dias, e às vezes nem mais de uma vez ao dia. Por isso, a padronização do presente estudo foi de uma imersão diária para todos os líquidos, com manutenção em água destilada nos intervalos, o que produz o relaxamento da ação deletéria, simulando a ação da saliva na boca [20].

Estudos *in vitro* demandam menos tempo e custo para serem realizados, quando comparados a estudos clínicos [107], porém há limitações inerentes. O sistema de Envelhecimento Artificial Acelerado tem sido utilizado para testes em resinas compostas desde 1978 [108-111] e reproduz os efeitos atmosféricos que ocorrem quando os materiais são expostos à luz solar e umidade. Este método tem sido utilizado para

prever as mudanças físicas de vários tipos de materiais dentários, em condições bucais. No presente estudo, também foi utilizado o armazenamento em estufa a 37º Celsius durante todo o experimento, para simular a temperatura média da cavidade bucal e suas flutuações [81]. Porém, os métodos utilizados para simular situações clínicas são muito mais agressivos aos materiais que os fenômenos que ocorrem clinicamente.

Além disso, no presente estudo foi utilizada a água destilada para armazenamento e testes das amostras, o que não reproduz o que poderia ocorrer clinicamente em presença de saliva, já que a mesma apresenta diversas enzimas, proteínas e íons que poderiam interferir nas propriedades dos materiais [112, 113]. Dessa forma, estudos clínicos são necessários, para verificar o comportamento dos materiais avaliados no presente estudo, a fim de fornecer maior respaldo para sua indicação.

6. Conclusões

6. CONCLUSÕES

Considerando as metodologias empregadas, os resultados obtidos e as limitações deste estudo, pudemos concluir que:

- Com relação à Estabilidade de Cor (ΔE), a resina composta Spectra Smart em geral apresentou o pior desempenho, em níveis clinicamente inaceitáveis, principalmente após imersão em Coca-Cola e após Envelhecimento Artificial Acelerado, enquanto que as resinas compostas Admira Fusion e Estelite Asteria apresentaram os melhores resultados, após imersão na maioria das bebidas ou Envelhecimento Artificial Acelerado. A imersão em suco de uva foi o tratamento que mais "manchou", já que a alteração de cor foi acima do limite de perceptibilidade para todos os materiais avaliados.
- A imersão das resinas compostas em todas as bebidas frequentemente consumidas por crianças avaliadas (Coca-cola, suco de uva e leite achocolatado), assim como o Envelhecimento Artificial Acelerado ocasionaram, em geral, redução da microdureza, sendo os melhores resultados observados para a resina composta Estelite Asteria.
- Considerando a rugosidade superficial, todas as resinas compostas tiveram aumento da mesma após os diferentes tratamentos, não havendo diferença entre os materiais avaliados, porém com os valores dentro dos limites de aceitabilidade clínica, exceto após Envelhecimento Artificial Acelerado, sendo que o material Estelite Asteria apresentou valores inaceitáveis clinicamente.

Referências

REFERÊNCIAS

1. (AAPD) TAAoPD. Guideline on pediatric restorative dentistry. 2019-20:340-52.

2. Pires CW, Pedrotti D, Lenzi TL, Soares FZM, Ziegelmann PK, Rocha RO. Is there a best conventional material for restoring posterior primary teeth? A network meta-analysis. Braz Oral Res. 2018;32:e10.

3. Bektas Donmez S, Uysal S, Dolgun A, Turgut MD. Clinical performance of aesthetic restorative materials in primary teeth according to the FDI criteria. Eur J Paediatr Dent. 2016;17(3):202-12.

4. Pinto Gdos S, Oliveira LJ, Romano AR, Schardosim LR, Bonow ML, Pacce M, et al. Longevity of posterior restorations in primary teeth: results from a paediatric dental clinic. J Dent. 2014;42(10):1248-54.

5. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. Dent Mater. 2011;27(1):29-38.

6. Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. J Dent. 2015;43(4):430-9.

7. Alvanforoush N, Palamara J, Wong RH, Burrow MF. Comparison between published clinical success of direct resin composite restorations in vital posterior teeth in 1995-2005 and 2006-2016 periods. Aust Dent J. 2017;62(2):132-45.

8. 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):50-6.

9. Asmussen E, Hansen EK. Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. Scand J Dent Res. 1986;94(2):174-7.

10. Zhou X, Wang S, Peng X, Hu Y, Ren B, Li M, et al. Effects of water and microbial-based aging on the performance of three dental restorative materials. J Mech Behav Biomed Mater. 2018;80:42-50.

11. Zanetti F, Zhao X, Pan J, Peitsch MC, Hoeng J, Ren Y. Effects of cigarette smoke and tobacco heating aerosol on color stability of dental enamel, dentin, and composite resin restorations. Quintessence Int. 2019;50(2):156-66.

12. Ardu S, Duc O, Di Bella E, Krejci I, Daher R. Color stability of different composite resins after polishing. Odontology. 2018.

13. Araújo EM, Silva BT, Siriani LK, Lago AD, Simionato MRL, Matos AB. Effect of thermal and acid challenges on the surface properties of pink restorative materials. Am J Dent. 2019;32(4):159-64.

14. Stevens LJ, Burgess JR, Stochelski MA, Kuczek T. Amounts of artificial food dyes and added sugars in foods and sweets commonly consumed by children. Clin Pediatr (Phila). 2015;54(4):309-21.

15. Batada A, Jacobson MF. Prevalence of Artificial Food Colors in Grocery Store Products Marketed to Children. Clin Pediatr (Phila). 2016;55(12):1113-9.

16. Padmaharish V, Abilasha R. Prevalence of tooth wear in children and adolescents-a survey based research. . J Pharm Sci Res 2016;8:1058-64.

17. Kumari CM, Bhat KM, Bansal R, Singh N, Anupama A, Lavanya T. Evaluation of Surface Roughness and Hardness of Newer Nanoposterior Composite Resins after Immersion in Food-Simulating Liquids. Contemp Clin Dent. 2019;10(2):289-93.

18. Barutcigil C, Yildiz M. Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. J Dent. 2012;40 Suppl 1:e57-63.

19. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. Dent Mater. 1994;10(6):353-62.

20. Schroeder T, da Silva PB, Basso GR, Franco MC, Maske TT, Cenci MS. Factors affecting the color stability and staining of esthetic restorations. Odontology. 2019;107(4):507-12.

21. Poggio C, Vialba L, Berardengo A, Federico R, Colombo M, Beltrami R, et al. Color Stability of New Esthetic Restorative Materials: A Spectrophotometric Analysis. J Funct Biomater. 2017;8(3).

22. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LV. Short and long term effects of additional post curing and polishing systems on the color change of dental nano-composites. Dent Mater J. 2013;32(1):107-14.

23. Ruivo MA, Pacheco RR, Sebold M, Giannini M. Surface roughness and filler particles characterization of resin-based composites. Microsc Res Tech. 2019;82(10):1756-67.

24. Morgan M. Finishing and polishing of direct posterior resin restorations. Pract Proced Aesthet Dent. 2004;16(3):211-7; quiz 8.

25. Chung KH. Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. Dent Mater. 1994;10(5):325-30.

26. Alkhadim YK, Hulbah MJ, Nassar HM. Color Shift, Color Stability, and Post-Polishing Surface Roughness of Esthetic Resin Composites. Materials (Basel). 2020;13(6).

27. Gauthier MA, Stangel I, Ellis TH, Zhu XX. Oxygen inhibition in dental resins. J Dent Res. 2005;84(8):725-9.

28. Marigo L, Nocca G, Fiorenzano G, Calla C, Castagnola R, Cordaro M, et al. Influences of Different Air-Inhibition Coatings on Monomer Release, Microhardness, and Color Stability of Two Composite Materials. Biomed Res Int. 2019;2019:4240264.

29. Van Landuyt KL, Nawrot T, Geebelen B, De Munck J, Snauwaert J, Yoshihara K, et al. How much do resin-based dental materials release? A meta-analytical approach. Dent Mater. 2011;27(8):723-47.

30. Park SH, Noh BD, Ahn HJ, Kim HK. Celluloid strip-finished versus polished composite surface: difference in surface discoloration in microhybrid composites. J Oral Rehabil. 2004;31(1):62-6.

31. Schweikl H, Spagnuolo G, Schmalz G. Genetic and cellular toxicology of dental resin monomers. J Dent Res. 2006;85(10):870-7.

32. Krifka S, Spagnuolo G, Schmalz G, Schweikl H. A review of adaptive mechanisms in cell responses towards oxidative stress caused by dental resin monomers. Biomaterials. 2013;34(19):4555-63.

33. Goldberg M. In vitro and in vivo studies on the toxicity of dental resin components: a review. Clin Oral Investig. 2008;12(1):1-8.

34. Rueggeberg FA, Craig RG. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. J Dent Res. 1988;67(6):932-7.

35. Miranda Dde A, Bertoldo CE, Aguiar FH, Lima DA, Lovadino JR. Effects of mouthwashes on Knoop hardness and surface roughness of dental composites after different immersion times. Braz Oral Res. 2011;25(2):168-73.

36. Gazola EA, Rego MA, Brandt WC, D'Arce MBF, Liporoni PCS. Microhardness evaluation of silorane and methacrylate composites submitted to erosion and abrasion processes. Acta Biomater Odontol Scand. 2015;1(2-4):66-9.

37. Festuccia MS, Garcia Lda F, Cruvinel DR, Pires-De-Souza Fde C. Color stability, surface roughness and microhardness of composites submitted to mouthrinsing action. J Appl Oral Sci. 2012;20(2):200-5.

38. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. J Am Dent Assoc. 2004;135(5):587-94; quiz 654.

39. Pfeifer CS, Braga RR, Ferracane JL. Pulse-delay curing: influence of initial irradiance and delay time on shrinkage stress and microhardness of restorative composites. Oper Dent. 2006;31(5):610-5.

40. Atmadja G, Bryant RW. Some factors influencing the depth of cure of visible light-activated composite resins. Aust Dent J. 1990;35(3):213-8.

41. Uhl A, Mills RW, Jandt KD. Photoinitiator dependent composite depth of cure and Knoop hardness with halogen and LED light curing units. Biomaterials. 2003;24(10):1787-95.

42. Grandi VH, Berger SB, Fugolin APP, Gonini-Junior A, Lopes MB, Consani S, et al. Microtensile Bond Strength and Microhardness of Composite Resin Restorations Using a Sonic-Resin Placement System. Braz Dent J. 2017;28(5):618-23.

43. Sharma S, Padda BK, Choudhary V. Comparative evaluation of residual monomer content and polymerization shrinkage of a packable composite and an ormocer. J Conserv Dent. 2012;15(2):161-5.

44. Kalra S, Singh A, Gupta M, Chadha V. Ormocer: An aesthetic direct restorative material; An in vitro study comparing the marginal sealing ability of organically modified ceramics and a hybrid composite using an ormocer-based bonding agent and a conventional fifth-generation bonding agent. Contemp Clin Dent. 2012;3(1):48-53.

45. Scribante A, Bollardi M, Chiesa M, Poggio C, Colombo M. Flexural Properties and Elastic Modulus of Different Esthetic Restorative Materials: Evaluation after Exposure to Acidic Drink. Biomed Res Int. 2019;2019:5109481.

46. La Rosa GRM, Pasquale S, Pedulla E, Palermo F, Rapisarda E, Gueli AM. Colorimetric study about the stratification's effect on colour perception of resin composites. Odontology. 2019.

47. Aida A, Nakajima M, Seki N, Kano Y, Foxton RM, Tagami J. Effect of enamel margin configuration on color change of resin composite restoration. Dent Mater J. 2016;35(4):675-83.

48. Kano Y, Nakajima M, Aida A, Seki N, Foxton RM, Tagami J. Influence of enamel prism orientations on color shifting at the border of resin composite restorations. Dent Mater J. 2018;37(2):341-9.

49. Walker MP, Haj-Ali R, Wang Y, Hunziker D, Williams KB. Influence of environmental conditions on dental composite flexural properties. Dent Mater. 2006;22(11):1002-7.

50. Heydecke G, Zhang F, Razzoog ME. In vitro color stability of double-layer veneers after accelerated aging. J Prosthet Dent. 2001;85(6):551-7.

51. Drubi-Filho B, Garcia Lda F, Cruvinel DR, Sousa AB, Pires-de-Souza Fde C. Color stability of modern composites subjected to different periods of accelerated artificial aging. Braz Dent J. 2012;23(5):575-80.

52. dos Reis AC, de Castro DT, Schiavon MA, da Silva LJ, Agnelli JA. Microstructure and mechanical properties of composite resins subjected to accelerated artificial aging. Braz Dent J. 2013;24(6):599-604.

53. Silame FD, Tonani R, Alandia-Roman CC, Chinelatti M, Panzeri H, Pires-de-Souza FC. Colour stability of temporary restorations with different thicknesses submitted to artificial accelerated aging. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2013;21(4):187-90.

54. Paravina RD, Perez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. J Esthet Restor Dent. 2019;31(2):103-12.

55. Alandia-Roman C, Cruvinel D, Sousa A, Pires-de-Souza F, Panzeri H. Effect of cigarette smoke on color stability and surface roughness of dental composites J Dent. 2013;Aug;41:73-9.

56. Leitäo J, Hegdahl T. On the measuring of roughness. Acta Odontologica Scandinavica. 1981;39:6:379-84.

57. ASTM. G154-16 Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials. Annual Book of ASTM Standard2016.

58. De Oliveira Daltoé M, Lepri CP, Wiezel JG, Tornavoi DC, Agnelli JA, Reis AC. Analysis of the microstructure and mechanical performance of composite resins after accelerated artificial aging. Minerva Stomatol. 2013;62(3):63-9.

59. Hotwani K, Thosar N, Baliga S. Comparative in vitro assessment of color stability of hybrid esthetic restorative materials against various children's beverages. J Conserv Dent. 2014;17(1):70-4.

60. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. Dent Mater. 2006;22(3):211-22.

61. Bollen CM, 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. Dent Mater. 1997;13(4):258-69.

62. Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The in vivo perception of roughness of restorations. Br Dent J. 2004;196(1):42-5; discussion 31.

63. Can Say E, Yurdaguven H, Yaman BC, Ozer F. Surface roughness and morphology of resin composites polished with two-step polishing systems. Dent Mater J. 2014;33(3):332-42.

64. Hamouda IM. Effects of various beverages on hardness, roughness, and solubility of esthetic restorative materials. J Esthet Restor Dent. 2011;23(5):315-22.

65. Alberton Da Silva V, Alberton Da Silva S, Pecho OE, Bacchi A. Influence of composite type and light irradiance on color stability after immersion in different beverages. J Esthet Restor Dent. 2018;30(5):390-6.

66. Ertas E, Guler AU, Yucel AC, Koprulu H, Guler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. Dent Mater J. 2006;25(2):371-6.

67. Tekce N, Tuncer S, Demirci M, Serim ME, Baydemir C. The effect of different drinks on the color stability of different restorative materials after one month. Restor Dent Endod. 2015;40(4):255-61.

68. CIE. (Commission Internationale de l'Eclairage) Colorimetry-technical report. IE Pub No15. 2nd ed. Vienna, Austria:Bureau Central de la CIE1986. p. [corrected reprint 1996].

69. Lee YK. Comparison of CIELAB DeltaE(*) and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. Dent Mater. 2005;21(7):678-82.

70. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. Dent Mater. 1987;3(5):246-51.

71. Doray PG, Wang X, Powers JM, Burgess JO. Accelerated aging affects color stability of provisional restorative materials. J Prosthodont. 1997;6(3):183-8.

72. Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. Dent Mater. 2003;19(7):612-9.

73. Oliveira DC, Souza-Junior EJ, Prieto LT, Coppini EK, Maia RR, Paulillo LA. Color stability and polymerization behavior of direct esthetic restorations. J Esthet Restor Dent. 2014;26(4):288-95.

74. Sarafianou A, Iosifidou S, Papadopoulos T, Eliades G. Color stability and degree of cure of direct composite restoratives after accelerated aging. Oper Dent. 2007;32(4):406-11.

75. Sirin Karaarslan E, Bulbul M, Yildiz E, Secilmis A, Sari F, Usumez A. Effects of different polishing methods on color stability of resin composites after accelerated aging. Dent Mater J. 2013;32(1):58-67.

76. Poggio C, Ceci M, Beltrami R, Mirando M, Wassim J, Colombo M. Color stability of esthetic restorative materials: a spectrophotometric analysis. Acta Biomater Odontol Scand. 2016;2(1):95-101.

77. Ceci M, Viola M, Rattalino D, Beltrami R, Colombo M, Poggio C. Discoloration of different esthetic restorative materials: A spectrophotometric evaluation. Eur J Dent. 2017;11(2):149-56.

78. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. Dent Mater. 2003;19(1):12-8.

79. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins--an in vitro study. J Dent. 2010;38 Suppl 2:e137-42.

80. 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):262-6.

81. Habib AN, Abdelmoniem SA, Mahmoud SA. Effect of Children's Drinks on Color Stability of Different Dental Composites: An in vitro Study. J Clin Pediatr Dent. 2017;41(2):120-5.

82. Choi MS, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. J Mater Sci Mater Med. 2005;16(4):347-53.

83. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials. 2003;24(4):655-65.

84. Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Long-term sorption and solubility of bulk-fill and conventional resin-composites in water and artificial saliva. J Dent. 2015;43(12):1511-8.

85. Fonseca AS, Labruna Moreira AD, de Albuquerque PP, de Menezes LR, Pfeifer CS, Schneider LF. Effect of monomer type on the CC degree of conversion, water sorption and solubility, and color stability of model dental composites. Dent Mater. 2017;33(4):394-401.

86. Kang A, Son SA, Hur B, Kwon YH, Ro JH, Park JK. The color stability of silorane- and methacrylate-based resin composites. Dent Mater J. 2012;31(5):879-84.

87. Wozniak WT, Moser JB, Willis E, Stanford JW. Ultraviolet light stability of composite resins. J Prosthet Dent. 1985;53(2):204-9.

88. Catelan A, Suzuki TYU, Becker F, Jr., Briso ALF, Dos Santos PH. Influence of surface sealing on color stability and roughness of composite submitted to ultraviolet-accelerated aging. J Investig Clin Dent. 2017;8(2).

89. Kolbeck C, Rosentritt M, Lang R, Handel G. Discoloration of facing and restorative composites by UV-irradiation and staining food. Dent Mater. 2006;22(1):63-8.

90. Roselino Lde M, Cruvinel DR, Chinelatti MA, Pires-de-Souza Fde C. Effect of brushing and accelerated ageing on color stability and surface roughness of composites. J Dent. 2013;41 Suppl 5:e54-61.

91. Da Fonte Porto Carreiro A, Dos Santos Cruz CA, Vergani CE. Hardness and compressive strength of indirect composite resins: effects of immersion in distilled water. J Oral Rehabil. 2004;31(11):1085-9.

92. Okte Z, Villalta P, Garcia-Godoy F, Lu H, Powers JM. Surface hardness of resin composites after staining and bleaching. Oper Dent. 2006;31(5):623-8.

93. Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, Dos Santos PH. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. J Esthet Restor Dent. 2010;22(5):324-30.

94. Abu-Bakr N, Han L, Okamoto A, Iwaku M. Changes in the mechanical properties and surface texture of compomer immersed in various media. J Prosthet Dent. 2000;84(4):444-52.

95. Khan AA, Siddiqui AZ, Al-Kheraif AA, Zahid A, Divakar DD. Effect of different pH solvents on micro-hardness and surface topography of dental nano-composite: An in vitro analysis. Pak J Med Sci. 2015;31(4):854-9.

96. El Gezawi M, Kaisarly D, Al-Saleh H, ArRejaie A, Al-Harbi F, Kunzelmann KH. Degradation Potential of Bulk Versus Incrementally Applied and Indirect Composites: Color, Microhardness, and Surface Deterioration. Oper Dent. 2016;41(6):e195-e208.

97. Leprince JG, Palin WM, Hadis MA, Devaux J, Leloup G. Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. Dent Mater. 2013;29(2):139-56.

98. Salgado VE, Borba MM, Cavalcante LM, Moraes RR, Schneider LF. Effect of photoinitiator combinations on hardness, depth of cure, and color of model resin composites. J Esthet Restor Dent. 2015;27 Suppl 1:S41-8.

99. Maciel D, Caires-Filho AB, Fernandez-Garcia M, Anauate-Netto C, Alonso RCB. Effect of Camphorquinone Concentration in Physical-Mechanical Properties of Experimental Flowable Resin Composites. Biomed Res Int. 2018;2018:7921247.

100. Chadwick RG, McCabe JF, Walls AW, Storer R. The effect of storage media upon the surface microhardness and abrasion resistance of three composites. Dent Mater. 1990;6(2):123-8.

101. Asmussen E. Softening of BISGMA-based polymers by ethanol and by organic acids of plaque. Scand J Dent Res. 1984;92(3):257-61.

102. Mozzaquatro LR, Rodrigues CS, Kaizer MR, Lago M, Mallmann A, Jacques LB. The Effect of Brushing and Aging on the Staining and Smoothness of Resin Composites. J Esthet Restor Dent. 2017;29(2):E44-e55.

103. Davis BA, Friedl KH, Powers JM. Color stability of hybrid ionomers after accelerated aging. J Prosthodont. 1995;4(2):111-5.

104. Mathis RS, Ferracane JL. Properties of a glass-ionomer/resin-composite hybrid material. Dent Mater. 1989;5(5):355-8.

105. Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. J Dent Res. 1997;76(4):883-94.

106. Arregui M, Giner L, Ferrari M, Valles M, Mercade M. Six-month color change and water sorption of 9 new-generation flowable composites in 6 staining solutions. Braz Oral Res. 2016;30(1):e123.

107. Wang L, Garcia FC, Amarante de Araujo P, Franco EB, Mondelli RF. Wear resistance of packable resin composites after simulated toothbrushing test. J Esthet Restor Dent. 2004;16(5):303-14; discussion 14-5.

108. Powers JM, Dennison JB, Koran A. Color stability of restorative resins under accelerated aging. J Dent Res. 1978;57(11-12):964-70.

109. Cuevas-Suarez CE, Meereis CTW, D'Accorso N, Macchi R, Ancona-Meza AL, Zamarripa-Calderon E. Effect of radiant exposure and UV accelerated aging on physico-chemical and mechanical properties of composite resins. J Appl Oral Sci. 2019;27:e20180075.

110. Furuse AY, Gordon K, Rodrigues FP, Silikas N, Watts DC. Colour-stability and gloss-retention of silorane and dimethacrylate composites with accelerated aging. J Dent. 2008;36(11):945-52.

111. Powers JM, Barakat MM, Ogura H. Color and optical properties of posterior composites under accelerated aging. Dent Mater J. 1985;4(1):62-7.

112. Humphrey SP, Williamson RT. A review of saliva: normal composition, flow, and function. J Prosthet Dent. 2001;85(2):162-9.

113. Huang B, Cvitkovitch DG, Santerre JP, Finer Y. Biodegradation of resin-dentin interfaces is dependent on the restorative material, mode of adhesion, esterase or MMP inhibition. Dent Mater. 2018;34(9):1253-62.