

Vivian Leite Martins

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DE DIFERENTES
TÉCNICAS DE FOTOATIVAÇÃO NO
MANCHAMENTO DE RESINAS COMPOSTAS
MONOCROMÁTICAS**



Salvador

2022

VIVIAN LEITE MARTINS

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE
FOTOATIVAÇÃO NO MANCHAMENTO DE RESINAS COMPOSTAS
MONOCROMÁTICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção de grau de Doutora.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Paula Mathias de Moraes Canedo

Salvador
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Martins, Vivian Leite.

Avaliação do efeito de diferentes técnicas de fotoativação no manchamento de resinas compostas monocromáticas / Vivian Leite Martins. - 2022.

62 f. : il.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Paula Mathias de Morais Canedo.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, Salvador, 2022.

1. Restauração (Odontologia). 2. Polimerização. 3. Dentística operatória. 4. Resinas compostas. 5. Cor na odontologia. I. Canedo, Paula Mathias de Morais. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas. III. Título.

CDD 617.675 - 23. ed.

Elaborada por Maria Auxiliadora da Silva Lopes - CRB-5/1524



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
Instituto de Ciências da Saúde



TERMO DE APROVAÇÃO DA DEFESA PÚBLICA DE TESE

VIVIAN LEITE MARTINS

AVALIAÇÃO DO EFEITO DE DIFERENTES MÉTODOS DE FOTOATIVACÃO NA
ESTABILIDADE DE COR DE RESINAS COMPOSTAS

Salvador, Bahia, 22 de dezembro de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA:

PROFA. DRA. PAULA MATHIAS DE MORAIS CANEDO (Examinadora Interna)

PROFA. DRA. ANDREA DE NÓBREGA CAVALCANTI (Examinadora Interna)

PROFA. DRA. LÍVIA AGUILERA GAGLIANONE (Examinadora Interna)

PROFA. DRA. LÍVIA ANDRADE VITÓRIA (Examinadora Externa)

PROFA. DRA. JULIANA FELIPPI DE AZEVEDO BANDEIRA (Examinadora Externa)

Dedico este trabalho à minha família, principalmente aos meus pais, Karla Leite e David Martins, e ao meu marido, Bernardo Oliveira, que estiveram ao meu lado, dando suporte para eu seguir em frente, sempre em busca do meu sucesso pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que permitiu que tudo isso fosse possível, dando-me força para superar todos os obstáculos.

Aos meus pais, Karla e David, pelo o amor incondicional, apoio e incentivo em todos os passos da minha vida.

Ao meu marido, Bernardo, pela disposição e vontade de me ajudar em cada processo, por entender minhas ausências e me apoiar nos momentos de insegurança, incentivando-me a jamais desistir dos meus sonhos e lembrando sempre do tanto que sou capaz.

À minha família, por estar sempre presente, ajudando no que fosse preciso.

À minha orientadora, Prof.^a Paula Mathias, pelo o carinho e acolhimento. Obrigada por compartilhar seu conhecimento, de forma tão generosa, por sua forma de ensinar e de ver a vida. Você se tornou uma pessoa muito especial para mim, que pretendo ter sempre ao meu lado.

À equipe de Dentística da FOUFBA, pelo acolhimento durante esses anos, em especial à Prof.^a Thaian Aguiar, que contribuiu para este trabalho, com o empréstimo do Easy Shade, além de ter me recebido de braços abertos na Dentística I, onde compartilhamos conhecimentos e momentos maravilhosos nesses quatro anos.

À Prof.^a Andrea Cavalcanti, membro da banca e grande responsável por minha paixão pela vida acadêmica, que esteve ao meu lado desde a iniciação científica, sempre me apoiando, incentivando e ensinando tanto.

À equipe da Conceito Expressão, professores e preceptores, com vocês aprendo um pouco todos os dias, além de ser muito bom ter um ambiente para chamar de lar dentro da nossa profissão.

Às professoras da banca examinadora, Juliana Felippi, Lívia Aguilera e Lívia Vitória, que aceitaram dedicar tempo e conhecimento para ler este trabalho e contribuir de forma singular para que ele fosse aperfeiçoado.

Aos meus amigos, que entenderam meus momentos de ausência e compartilharam comigo as angústias, alegrias e vitórias decorrentes do curso.

A toda a equipe do PpgGIOS, pela atenção e pelo atendimento tão carinhosos ao longo desses anos.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte desta etapa tão importante da minha formação.

MARTINS, Vivian Leite. **Avaliação do efeito de diferentes técnicas de fotoativação na estabilidade de cor de resinas compostas monocromáticas**. 2022. 62 f. Tese (Doutorado em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas) – Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

RESUMO

Introdução – Em restaurações com resina composta, seu manchamento ainda é uma das causas mais importantes de falha clínica em dentes anteriores e posteriores. Substâncias corantes, como o café, assim como diferentes técnicas de fotoativação, são capazes de influenciar na estabilidade colorimétrica desses materiais. **Objetivo** – Avaliar a alteração de cor de duas resinas compostas monocromáticas Vittra Unique® (FGM, Joinville – SC, Brasil) e Palfique Omnichroma® (Tokuyama, Yamaguchi, Japão), submetidas a três técnicas de fotoativação e imersão em café por 30 dias. **Materiais e métodos** – O processo metodológico consubstanciou-se em artigos: o primeiro avaliou a estabilidade de cor de duas resinas compostas monocromáticas, Vittra Unique® e Palfique Omnichroma®, submetidas a três diferentes métodos de fotoativação. Realizou-se uma técnica de ativação monopontual, com a ponta de um aparelho fotopolimerizador emissor de luz LED posicionada no centro do corpo de prova e duas técnicas de ativação bipontual, onde a ponta do fotopolimerizador foi posicionada no centro das duas metades: superior e inferior do corpo de prova, variando o tempo total de aplicação da luz (20 segundos e 40 segundos); no segundo artigo, os corpos de prova foram fotoativados apenas pela técnica monopontual, porém, empregaram-se dois aparelhos fotopolimerizadores com pontas de emissão de luz de diâmetros diferentes, o Valo® (9,75mm) e o Valo Grand® (12mm). Confeccionaram-se, em ambos os trabalhos, corpos de prova nas dimensões de 2X8X10mm, os quais foram submetidos ao protocolo de imersão em café por 30 dias e avaliações colorimétricas foram realizadas pelos parâmetros do sistema CIEL*a*b*, ao longo do experimento (inicial, 15 e 30 dias), utilizando um espectrofotômetro de reflexão (UV-2600, SHIMADZU) e um espectrofotômetro portátil (Easy Shade - VITA), para avaliação da alteração de cor ao longo do corpo de prova. **Resultados** – Para a análise estatística, utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey como teste post hoc, com nível de significância de $p \leq 0,05$. No artigo 1, na análise dos resultados do espectrofotômetro de reflexão, observou-se maior ΔE no grupo Bipontual 20s e um menor ΔE no grupo Bipontual 40s. No artigo 2, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na mudança total de cor (ΔE) entre os dois aparelhos fotopolimerizadores testados. Em ambos os artigos, destaca-se a inexistência de diferença significativa na análise da estabilidade de cor entre as duas áreas de avaliação do corpo de prova, das duas resinas testadas. **Conclusão** – Em ambos os artigos, os grupos que foram imersos em café apresentaram maior manchamento das resinas compostas. No artigo 1, a fotoativação bipontual associada a um maior tempo de exposição à luz resultou em maior estabilidade de cor, para ambas as resinas compostas. No artigo 2, o diâmetro da ponta emissora de luz não influenciou a estabilidade de cor das duas resinas compostas.

Palavras-chave: polimerização; dentística operatória; resinas compostas; cor.

MARTINS, Vivian Leite. **Evaluating the effect of distinct light-curing processes on color stability from single-shade composite resins.** 2022. 62 s. Thesis (Doctorate in Interactive Processes of Organs and Systems) – Institute of Health Sciences, Federal University of Bahia, Salvador.

ABSTRACT

Introduction – Staining on composite resins is still one of the most important causes of clinical failure in anterior and posterior teeth. Coloring substances as well as distinct light-curing processes may influence color stability from these materials. **Objective** – To evaluate color change in two single-shade composite resins, Vittra Unique® (FGM, Joinville – SC, Brazil) and Palfique Omnichroma® (Tokuyama, Yamaguchi, Japão), which were submitted to three light-curing processes and immersion in coffee for 30 days. **Materials and methods** – Methodological process was composed of the following articles: the first one evaluated color stability in two single-shade composite resins, Vittra Unique (FGM, Joinville – SC, Brazil) and Palfique Omnichroma (Tokuyama, Yamaguchi, Japan), which were submitted to three distinct light-curing processes. A light-curing process was performed using a LED unit that were positioned in the center of the specimen and also other two light-curing processes, in which the LED unit was positioned in the center of the two halves: upper and lower of the specimen, while the time of light application varied (20 seconds and 40 seconds, respectively); the second one evaluated specimens which were submitted to light-activation process, but using two LED units with distinct diameter lenses, Valo (9.75mm) and Valo Grand (12mm). For both articles, specimens measuring 2X8X10mm were made, which were submitted to the protocol of immersion in coffee for 30 days and color evaluation was carried out throughout the experiment (initial, 15 and 30 days) in CIEL*a*b* system standards, using a spectrophotometer (UV-2600, SHIMADZU) and a portable spectrophotometer (Easy Shade), in order to evaluate color alteration along the specimen. **Results** – For statistical analysis, the Analysis of Variance (ANOVA) and the Tukey test were used as a post hoc test, with a significance level of $p \leq 0.05$. In Article 1, results of spectrophotometer showed higher ΔE for the 20s second group and lower ΔE for 40s first group. In Article 2, no statistically significant differences were observed for total color change (ΔE) between the two tested light-curing fixtures. In both articles, there was no significant difference in color stability between the two areas of the specimen in two tested resins. **Conclusion** – For both articles, the composite resins from groups that were immersed in coffee showed greater staining. In Article 1, two places light-curing process in association with long light exposure resulted in higher color stability for both tested composite resins. In Article 2, the diameter of the LED unit lens did not influence the color stability of the tested composite resins.

Keywords: polymerization; operative dentistry; composite resins; color.

LISTA DE TABELAS, FIGURAS E QUADROS

ARTIGO 1

Quadro 1	Material, lote, classificação e composição das resinas compostas utilizadas	29
Figura 1	Desenho esquemático da inserção e acomodação da resina composta na matriz, para confecção dos corpos de prova, antes da fotopolimerização	30
Figura 2	Desenho esquemático das três técnicas de fotoativação, ilustrando o formato e modo de colocação do posicionador e posicionamento do aparelho fotopolimerizador	31
Figura 3	Fluxograma representando a divisão dos grupos experimentais e controle de acordo com o método de fotoativação e com o meio de imersão	32
Figura 4	Gabarito utilizado para padronização das leituras no espectrofotômetro de reflexão. Os corpos de prova eram fixados no dispositivo com auxílio de sulfato de bário, substância que não interfere na leitura colorimétrica	34
Figura 5	Desenho esquemático do procedimento leitura colorimétrica com o espectrofotômetro portátil	34
Tabela 1	Valores médios e desvios-padrão dos valores da variação total de cor (ΔE) da análise colorimétrica realizada no espectrofotômetro de Reflexão (Shimadzu) dos grupos testados, considerando os diferentes tempos, marcas das resinas compostas, técnica de fotoativação e soluções de imersão	36
Tabela 2	Valores médios e desvios-padrão do ΔE obtidos pela leitura no espectrofotômetro portátil Easy Shade (Vita), dos grupos testados, nos dois locais de aferição	38

ARTIGO 2

Quadro 2	Material, lote e classificação e composição das resinas compostas utilizadas	46
Figura 6	Desenho esquemático da técnica de fotoativação, ilustrando as características e o modo de colocação dos posicionadores	47

utilizados e a posição do aparelho fotopolimerizador no conjunto

Figura 7	Fluxograma descrevendo a divisão dos grupos experimentais e controle de acordo com o aparelho fotopolimerizador e o meio de imersão	48
Tabela 3	Valores médios e desvios-padrão dos valores da variação total de cor (ΔE), obtidos no espectrofotômetro de reflexão dos grupos testados, nos diferentes aparelhos fotopolimerizadores, soluções de imersão e marcas das resinas compostas	50
Tabela 4	Valores médios e desvios-padrão do ΔE , obtidos usando o espectrofotômetro clínico (Easy Shade- Vita) dos grupos testados, nos dois locais de aferição	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CIELAB	Commission Internationale D'Leclaraige
CIE	Comissão internacional de cor
HEMA	Hidroxietilmetacrilato
Bis – GMA	Bisfenol A glicidil metacrilato
Bis- EMA	Bisfenol A dimetacrilato etoxilado
UDMA	Uretano dimetacrilato
TEGDMA	Trietileno glicol dimetacrilato
ΔE	Varição total de cor
LED	Luz emitida por diodo
APS	Advanced Polymerization System
MOD	Mesio-disto-oclusal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	JUSTIFICATIVA	16
3	OBJETIVOS	17
	3.1 OBJETIVO GERAL	17
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4	REVISÃO DE LITERATURA	18
	4.1 RESINAS COMPOSTAS: COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA COR	18
	4.2 AVALIAÇÃO DA COR	20
	4.3 ESTABILIDADE DA COR	21
	4.4 FOTOPOLIMERIZAÇÃO	23
5	MATERIAIS E MÉTODOS	25
6	RESULTADOS	27
	6.1 ARTIGO 1: Influência da técnica de fotoativação na estabilidade de cor de duas resinas compostas monocromáticas após imersão em café	27
	RESUMO.....	27
	INTRODUÇÃO	27
	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
	a. Preparo dos corpos de prova.....	29
	b. Protocolo de imersão no café.....	32
	c. Avaliação colorimétrica com espectrofotômetro de reflexão e com o Easy Shade	33
	d. Análise estatística	35
	RESULTADOS	35
	Diferença colorimétrica entre a solução de imersão das resinas compostas	36
	Diferença colorimétrica entre as resinas compostas.....	36
	Diferença colorimétrica entre os modos de fotoativação	37
	Diferença colorimétrica entre os tempos de análise	37
	Diferença colorimétrica entre os pontos de aferição no mesmo corpo de prova....	38
	DISCUSSÃO	38
	CONCLUSÃO.....	42
	6.2 ARTIGO 2: Efeito do diâmetro da ponta emissora de luz do aparelho fotopolimerizador no manchamento superficial de resinas compostas monocromáticas após imersão em café	43
	RESUMO.....	43
	INTRODUÇÃO.....	43
	MATERIAIS E MÉTODOS.....	45

a. Preparo dos corpos de prova.....	45
b. Protocolo de imersão no café.....	48
c. Avaliação colorimétrica com espectrofotômetro de reflexão e com o Easy Shade	49
d. Análise estatística	50
RESULTADOS	50
Diferença colorimétrica entre os locais de aferição no mesmo corpo de prova	51
DISCUSSÃO	51
7 DISCUSSÃO	55
8 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

As resinas compostas são materiais amplamente utilizados na Odontologia e, quando são usadas com a técnica correta, com adesão adequada ao substrato dental e com os contatos oclusais equilibrados, podem ser duráveis e apreciadas pelos pacientes e profissionais¹. Além disso, o sucesso das restaurações em resina composta depende das propriedades mecânicas e físicas do material, como dureza, resistência à abrasão, capacidade de polimento da superfície e estabilidade de cor, a fim de garantir uma condição satisfatória da restauração em curto e longo prazo².

Principalmente em restaurações anteriores, a mimetização da cor dos dentes naturais é um grande desafio, uma vez que a estrutura dental apresenta uma combinação complexa de diferentes camadas de tecidos, cada uma com suas propriedades ópticas e estruturais únicas³. Na maioria dos casos, é necessária a utilização de uma técnica restauradora de estratificação, que resulte em reprodução óptica e anatômica da aparência do dente, a partir da construção da restauração em camadas, usando diferentes resinas compostas. Nessa técnica, é necessário considerar a diferença na translucidez entre as cores do esmalte e da dentina e a interação de cores e opacidades nas diferentes regiões do dente, o que torna a etapa de escolha das resinas compostas um grande desafio para a prática clínica^{3,4}. Com o objetivo de simplificar a combinação e a correspondência de cores entre as restaurações e a estrutura dental, além de otimizar o tempo de trabalho, foram desenvolvidas resinas compostas monocromáticas, com o intuito de corresponder a uma ampla gama de cores clássicas⁵. Essas resinas têm uma tecnologia que lhes confere um potencial de ajuste de cor e da opacidade correspondentes ao substrato em que são inseridas, sendo capazes de se adaptar a muitas cores da escala VITA Classical (VITA Zahnfabrik, Sackingen, Alemanha) de A1 a D4⁶.

O material restaurador estético deve ser capaz de reproduzir a cor do dente natural no momento da sua realização, mas também precisa manter essa correspondência de cor em longo prazo^{5,7}. Isso se torna mais significativo quando estudos mostram que a alteração de cor é uma das principais falhas clínicas em restaurações com resina composta e um dos maiores motivos de troca dessas restaurações^{3,8,9}.

A pigmentação do material resinoso pode ocorrer por causas extrínsecas ou intrínsecas. Causas extrínsecas incluem acúmulo de biofilme e manchas superficiais ou subsuperficiais promovidas pelo consumo frequente de algumas bebidas, como chá, café,

vinho tinto ou refrigerantes de cola^{2,10}. Essas substâncias se acumulam nas restaurações de resina composta e promovem leve degradação na superfície, aumentando a sorção de água do material, o que facilita a penetração e a absorção de agentes corantes na matriz da resina composta, promovendo o manchamento das restaurações^{7,9,11}. Os fatores intrínsecos, como as características estruturais do material, a exemplo dos fotoiniciadores, da estrutura da matriz, do tipo de monômero e do tipo e quantidade de partículas de carga também podem afetar a cor e as propriedades da superfície resinosa, uma vez que pode haver uma oxidação do acelerador amina, da estrutura da matriz polimérica ou dos grupos de metacrilato que não reagiram, promovendo manchamento mais profundo no material^{7,12,13}.

Além das características estruturais das resinas, outros fatores são capazes de influenciar na estabilidade de cor desses materiais, a exemplo da técnica de confecção, incluindo a fotopolimerização¹⁴. A forma como a resina composta é fotoativada pode interferir nas propriedades mecânicas do material e na estabilidade de cor, promovendo a incorporação de pigmentos na restauração, ao longo do tempo^{15,16}. Quando a resina composta não recebe energia suficiente para uma correta polimerização, esta poderá sofrer subpolimerização. Com isso, há uma redução do grau de conversão dos monômeros resinosos e, conseqüentemente, diminuição das propriedades físicas e mecânicas do material e aumento da sorção de água^{17,18,19}. Assim, os monômeros não reagidos são solubilizados, o que facilita o acúmulo de pigmentos superficiais e o manchamento intrínseco do material^{8,20,21}

Estudos mostram que fatores como a irradiância recebida pela restauração, o diâmetro da ponta de luz, o material com que essa ponta é fabricada, o tempo de fotopolimerização e o seu local de posicionamento na restauração têm influência direta na qualidade da polimerização das resinas compostas^{15,17,18}. Para que ocorra a entrega de quantidade de luz e energia adequadas à resina composta, o clínico deve usar um fotopolimerizador com a ponta emissora de luz cobrindo completamente a superfície da restauração¹⁵. Caso contrário, será necessário realizar exposições múltiplas, sequenciais e sobrepostas para garantir que toda a extensão do material restaurador tenha recebido quantidades adequadas de luz. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo averiguar a influência do diâmetro da ponta de luz e do posicionamento dessa ponta durante a fotopolimerização, na estabilidade de cor de duas resinas compostas submetidas à imersão em café.

A primeira hipótese experimental do presente trabalho supõe que diferentes técnicas de ativação são capazes de alterar a estabilidade de cor de duas resinas compostas monocromáticas, as quais apresentam um efeito camaleão, de ajuste de cor, imersas em café; a segunda supõe que aparelhos fotopolimerizadores com diferentes diâmetros da ponta emissora de luz são capazes de interferir na estabilidade de cor da resina composta; a terceira hipótese experimental propõe que as resinas apresentam maior alteração de cor quando imersas em substância corante (café) e que esse manchamento é acentuado após 15 e 30 dias de imersão.

2 JUSTIFICATIVA

O desempenho clínico e as propriedades físicas e mecânicas das resinas compostas fotopolimerizadas são influenciados por diversos fatores, como a correspondência da cor em relação ao substrato e o grau de conversão dos monômeros em polímeros^{14,22}. A etapa de escolha da cor da resina é um grande desafio na prática clínica, principalmente em restaurações anteriores²³. Diante disso, a utilização das resinas compostas monocromáticas, recentemente lançadas no mercado, parece ser uma boa opção, uma vez que elas oferecem correspondência com grande parte das cores da escala VITA, por terem efeito camaleão ou de ajuste da cor^{5,22,24}. Entretanto, pouco se sabe sobre o comportamento dessas resinas em relação à capacidade de manchamento em longo prazo ou se o efeito de ajuste da cor influencia positiva ou negativamente a estabilidade da cor frente a desafios corantes. sendo necessários novos estudos sobre o tema.

A conversão de monômeros, por sua vez, depende do sistema fotoiniciador presente na resina composta e da quantidade de energia luminosa que o material recebe durante a fotopolimerização^{14,18}. Estudos mostram que uma resina composta com deficiência na polimerização da matriz orgânica pode sofrer maior degradação ao longo do tempo e, conseqüentemente, alterações em suas propriedades físicas e mecânicas, tornando-a mais suscetível à perda da estabilidade de cor^{16,19}. Contudo, outros fatores como o posicionamento da ponta do aparelho fotoativador e a área de aplicação da luz também podem ser capazes de influenciar na entrega da luz e, conseqüentemente, na efetividade da fotopolimerização¹⁵.

As resinas compostas também são susceptíveis aos hábitos dos pacientes, como higiene oral, tabagismo e ingestão de alimentos e bebidas corantes^{8,23}. Estudos prévios demonstraram que o café é uma das bebidas mais frequentemente consumidas em todo o mundo²⁵ e uma das que tem o maior potencial de pigmentação dos materiais resinosos^{7,11,19,25}.

Assim, é importante avaliar o comportamento dessas resinas monocromáticas quanto à estabilidade de cor, quando elas são fotoativadas com técnicas diferentes e/ou usando aparelhos fotoativadores com diferentes diâmetros da ponta emissora de luz. Estudos que avaliem a influência da técnica, do aparelho de fotoativação e o local de aplicação da luz na estabilidade de cor dessas resinas, após a imersão em bebidas contendo corantes, são importantes para a determinação de uma técnica restauradora segura e efetiva, otimizando os resultados, principalmente em longo prazo.

3 OBJETIVOS

Esta seção compreende os objetivos estabelecidos, a serem alcançados com o desenvolvimento da pesquisa.

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar, por meio de duas formas de análise colorimétrica, a estabilidade de cor de duas resinas compostas monocromáticas: Vittra Unique® (FGM, Joinville – SC, Brasil) e Palfique Omnichroma® (Tokuyama, Yamaguchi, Japão), submetidas à fotoativação com dois aparelhos fotopolimerizadores, com diferentes tamanhos de ponta emissora de luz e três diferentes técnicas de fotoativação, após imersão em café por 15 e 30 dias.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a influência de diferentes técnicas de fotoativação: uma monopontual e duas bipontuais, realizadas com dois diferentes tempos totais de fotoativação (20 e 40 segundos), na estabilidade de cor das resinas compostas monocromáticas;
- Avaliar o grau de manchamento de duas resinas compostas monocromáticas, após imersão em solução de café após 15 e 30 dias;
- Averiguar o efeito do diâmetro da ponta emissora de luz na estabilidade de cor das resinas compostas monocromáticas;
- Verificar o manchamento das resinas compostas, considerando duas formas de análise, uma pontual central e outra dois pontos distintos de análise no mesmo corpo de prova.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção compreende a base teórica que fundamentou esta pesquisa e está apresentada em quatro partes, conforme segue

4.1 RESINAS COMPOSTAS: COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA COR

A resina composta é formada pela associação da matriz orgânica e partículas inorgânicas (conteúdo de carga), envolvidas por um agente de união (silano). A matriz orgânica é constituída principalmente por monômeros, mas nela também estão presentes inibidores, modificadores de cor e sistema iniciador/ativador. Dentre os monômeros mais utilizados na formulação das resinas compostas estão o UDMA, Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA e EGDMA que, juntos, são responsáveis pela plasticidade e consistência da massa, assim como pela eficiência da polimerização do material. Inseridas na matriz, estão as partículas inorgânicas, como sílica, quartzo e zircônia, responsáveis pelo aumento das propriedades mecânicas da resina composta, redução da sorção de água e do coeficiente de expansão térmica linear^{27,28}.

A estrutura da matriz resinosa e as características das partículas de carga também afetam diretamente a lisura da superfície e a suscetibilidade à coloração extrínseca desses materiais. Esse maior manchamento pode ser explicado pela composição química da matriz, como também pode estar relacionado ao tipo e dimensão das partículas de carga^{7,22}.

Segundo alguns autores, resinas compostas que apresentam partículas de menor dimensão, como as micro-híbridas, submicrométricas, nanoparticuladas, nano-híbridas, supra nanoparticuladas, têm menor suscetibilidade à coloração^{7,23}. Isso ocorre uma vez que o menor tamanho de partícula e a sua melhor distribuição dentro da matriz resinosa favorecem a menor exposição da matriz ao ambiente oral, levando à menor degradação e à baixa sorção de água e, conseqüentemente, pouca suscetibilidade à coloração^{7,29}.

A correspondência das cores da resina composta com o substrato dental foi facilitada pelo aumento do número de tonalidades de cores disponíveis²³. A cor das resinas compostas disponíveis é geralmente descrita com base no sistema de cores Munsell³⁰, que classifica os objetos coloridos em três dimensões da cor: matiz, croma e valor, onde o matiz é a cor espectral dominante, o valor é a luminosidade ou brilho da cor e o croma ou saturação, representa a intensidade ou grau de pureza da cor²².

A maioria dos fabricantes de resinas compostas rotulam a cor de seus produtos seguindo o sistema de cores clássico VITA (VITA Zahnfabrik, Sackingen, Alemanha). Nessas resinas compostas, as letras, A, B, C e D representam o matiz, enquanto os números 1, 2, 3 e 4 denotam o croma³¹. No entanto, a grande variedade de cores pode dificultar o procedimento de escolha da cor, além de aumentar o custo e o tempo no consultório⁵. Diante disso, a resina composta de cor única (cor universal) foi introduzida no mercado, no intuito de facilitar o processo de escolha, uma vez que apresenta opacidade intermediária e correspondência com grande parte das cores da escala VITA, característica conhecida como efeito camaleão ou de mistura^{5,22,24}.

De acordo com Ismail e Paravina²⁴, o termo “ajuste de cor” se refere à capacidade da resina composta de ajustar sua cor ao tom do esmalte e da dentina circundantes, similarmente aos termos mistura de cores/deslocamento/assimilação, os quais são mais adequados do que “efeito camaleão”. Recentemente, estudos desenvolvidos com os compósitos de cor única indicam um potencial desses materiais para se misturar com o esmalte e a dentina circundantes, melhorando a aparência estética e simplificando o procedimento de correspondência de cores³².

Tais resinas compostas têm partículas de carga esférica de sílica e zircônia de tamanho uniforme, medindo em média 260nm, o que lhes confere boas propriedades físicas e químicas, como resistência ao desgaste e à compressão, sendo indicadas para restaurações anteriores e posteriores^{7,22,32}. Além disso, elas contam com uma tecnologia cromática inteligente, onde as partículas de carga alteram a luz que é transmitida ao longo da área vermelha para amarela do espectro de cores, o que permite combinar a cor dos dentes adjacentes³³.

No entanto, poucos estudos são encontrados na literatura sobre esses materiais, sendo necessário investigar propriedades como a estabilidade de cor dessas resinas compostas a longo prazo e verificar se essa característica de ajuste de cor tem impacto positivo ou negativo na capacidade de manchamento desses materiais, frente aos desafios da cavidade oral, como pigmentação e desafios ácidos. Ademais, estudos de longo prazo também são importantes para entender o comportamento desses materiais em relação à manutenção das suas propriedades físicas e mecânicas com o passar do tempo^{5,22,32}.

4.2 AVALIAÇÃO DA COR

O manchamento das resinas compostas pode ser avaliado por técnicas visuais e instrumentais. A análise visual da cor é realizada por meio de escalas de cores odontológicas e, apesar de ser uma técnica popular, é subjetiva e influenciada por muitos fatores, como experiência, iluminação local, período do dia, fadiga ocular, o que pode gerar inconsistências na avaliação da cor^{16,34}.

A espectrofotometria pode eliminar a interpretação subjetiva da comparação visual de cores e tem sido relatada como uma técnica confiável para estudos de materiais odontológicos^{23,34}. Os espectrofotômetros são os instrumentos mais utilizados para a análise colorimétrica nos estudos sobre cor. São equipamentos precisos, que medem a cor da superfície, a partir da refletância espectral ou curva de transmitância de uma amostra. Um prisma dispersa a luz branca de uma lâmpada de filamento de tungstênio no espectrofotômetro, em um espectro de bandas de comprimento de onda entre 5 e 20 nm. A quantidade de luz refletida de uma amostra é medida para cada comprimento de onda no espectro visível (entre 400 e 700nm)².

O sistema mais utilizado para avaliação colorimétrica em pesquisas é o sistema CIEL*a*b*, o qual permite a especificação de percepção das cores de forma tridimensional, introduzindo três eixos para a percepção da cor, sendo eles: L*, a* e b*. O eixo L* representa a luminosidade do objeto e varia em uma escala de zero (preto) a 100 (branco). As outras duas coordenadas a* e b* representam a cromaticidade, onde a* corresponde ao eixo vermelho-verde e b* ao eixo amarelo-azul. Um dos principais aspectos desse sistema é a sua organização em um espaço de cor tridimensional aproximadamente uniforme, no qual os elementos são igualmente espaçados com base na percepção de cor visual. Como vantagens, esse sistema apresenta sensibilidade, objetividade e reprodutibilidade, sendo indicado para a avaliação de pequenas variações de cor^{9,12}.

A mudança total da cor no sistema CIEL*a*b* é demonstrada pelo ΔE , sendo E originário da palavra alemã *Empfindung*, que significa sensação. O ΔE pode ser utilizado para descrever qualquer diferença de cor, entretanto, não indica a diferença de luminosidade, croma e matiz, que só podem ser obtidos se cada componente for analisado individualmente. O ΔE é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\Delta E = \sqrt{(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2}.$$

Onde L_0 , a_0 e b_0 representam a leitura inicial e L , a e b , a leitura final^{2,9,16}.

O sistema de cores CIE $L^*C^*h^*$ é semelhante ao $L^*a^*b^*$, mas descreve a cor usando coordenadas cilíndricas em vez de retangulares. Nesse espaço de cores, L^* indica luminosidade, C^* representa croma e h^* é o ângulo de matiz^{9,12,35}. Deltas para luminosidade (ΔL^*), croma (ΔC^*) e matiz (ΔH^*) podem ser positivos (+) ou negativos (-). Para ΔL^* , os sinais - e + denotam uma cor mais escura e mais clara, respectivamente; para ΔC^* , - e + denotam uma cor mais opaca e mais brilhante, respectivamente¹⁶.

A manutenção da cor dos materiais restauradores é uma das principais características para o sucesso e a longevidade desse tratamento. O valor de mudança de cor (ΔE) representa alterações de cor que um observador pode relatar para os materiais após a imersão ou entre diferentes períodos de avaliação. Assim, o ΔE é mais significativo do que os valores individuais de L^* , a^* e b^* ²³.

Segundo Souza et al.¹⁰, valores de $\Delta E < 1$ são considerados não apreciáveis pelo olho humano. Valores entre $1 < \Delta E < 3,3$ são considerados apreciáveis por operadores qualificados e clinicamente aceitáveis, enquanto valores de $\Delta E > 3,3$ são considerados apreciáveis por pessoas não qualificadas e não são clinicamente aceitáveis e $\Delta E \geq 12,0$ ou mais já representam mudança para outra cor^{7,13,16,14,18,20}.

4.3 ESTABILIDADE DA COR

A manutenção da cor dos materiais odontológicos estéticos por longo prazo é um dos grandes desafios da prática clínica^{11,12,36}. Três tipos de descoloração são geralmente descritos na literatura: (1) descoloração externa devido ao acúmulo de placa e manchas superficiais (manchas extrínsecas); (2) alteração de cor superficial ou subsuperficial devido à uma leve degradação da superfície da resina ou leve penetração e reação de agentes corantes na camada superficial do material (absorção); e (3) descoloração intrínseca devido a reações físico-químicas na porção mais profunda da restauração^{2,7,10}.

Alimentos e bebidas corantes, tabagismo e higiene bucal deficiente são exemplos de fatores extrínsecos afetam a cor das resinas compostas^{8,23,36}. O consumo de bebidas corantes, como café e chá, pode afetar as propriedades estéticas e físicas das resinas compostas, prejudicando a qualidade da restauração. Esse efeito está diretamente relacionado à quantidade e frequência de ingestão desses alimentos^{11,25}.

De acordo com investigações anteriores, o café é uma das substâncias que apresenta a descoloração mais severa nos materiais resinosos, facilmente reconhecida clinicamente^{19,26}. O mecanismo de pigmentação por meio do café é explicado pela afinidade dos pigmentos amarelos da bebida pela rede polimérica da resina composta, levando à expansão da matriz e, conseqüentemente, à absorção das partículas corantes na porção orgânica do material^{11,23}. Associado a isso, o café tem pH ácido, medindo em média 5,25 e é comumente consumido em temperaturas mais elevadas (75 a 85°C), o que parece contribuir para maior degradação e laminação da matriz estrutural da resina, favorecendo a pigmentação^{10,11,26}.

Além da ação extrínseca das substâncias corantes, a suscetibilidade ao manchamento da resina composta pode ser atribuída ao grau de sorção de água e à hidrofobicidade da matriz resinosa, ou seja, se o material é capaz de absorver água, também é capaz de absorver outros fluidos corantes, resultando em pigmentação²³. Tais fenômenos de sorção e solubilidade podem ser afetados por vários fatores, incluindo a estrutura da resina composta, a característica das partículas de carga e o grau de polimerização^{11,23}. Esses fenômenos podem ser precursores de diversos processos químicos e físicos que criam preocupações biológicas, bem como produzem efeitos deletérios sobre a estrutura e função da matriz resinosa. Esses efeitos incluem inchaço, plastificação, oxidação e hidrólise, tendo como consequência uma diminuição da estabilidade de cor e maior suscetibilidade ao manchamento^{11,21,26}.

As propriedades ópticas das resinas compostas também são afetadas pelo tempo, por meio da degradação da matriz que ocorre devido à absorção de água, hidrólise e conseqüentemente, a reações químicas pela ação da amina terciária e da canforoquinona residual^{10,21,37}. Diferentes resinas compostas apresentam comportamentos distintos em relação à hidrólise, o que pode ser explicado por diversos fatores químicos e físicos²¹.

A hidrofobicidade da matriz e da qualidade da ligação entre o silano e as cargas pode influenciar na absorção de água e, conseqüentemente, na estabilidade da cor^{23,26}. Supõe-se que a água atua como um veículo para a penetração do corante na matriz resinosa e que as partículas de carga não absorvem água do meio^{16,23}. Portanto, uma maior quantidade de matriz resulta em maior absorção de água, o que leva a ligações mais fracas entre a matriz e partículas de carga, criando uma espécie de lacuna entre elas, o que permite uma maior penetração dos pigmentos e descoloração das restaurações^{20,21,23}.

4.4 FOTOPOLIMERIZAÇÃO

A afinidade da matriz resinosa para descoloração também é modulada pelo grau de conversão de monômeros^{10,18}. Uma resina adequadamente polimerizada dispõe de maior grau conversão de monômeros, o que indica baixa quantidade de monômeros não reagidos e, conseqüentemente, baixa absorção de água, propriedades mecânicas melhoradas e maior estabilidade de cor^{10,20,23}.

Com o objetivo de desenvolver luzes que gerassem uma adequada polimerização dos materiais resinosos fotoativados, os aparelhos fotopolimerizadores de luz visível sofreram modificações ao longo dos anos. Sua utilização se iniciou com os aparelhos de luz ultravioleta, passando pelas luzes halógenas, luzes de arco plasma, lasers íon argônio até chegar ao desenvolvimento das luzes emitidas por diodo (LED), amplamente utilizadas na prática clínica atual^{15,17}.

As luzes LED oferecem amplo espectro de emissão para ativar os fotoiniciadores e sua saída espectral estreita os torna bastante eficientes para ativação da canforoquinona, fotoiniciador mais comum presente nas resinas compostas, que emite um espectro de luz variável entre 450 e 500 nm^{8,10,15,17}.

Recentemente, foi lançada uma nova geração de LED com múltiplos comprimentos de onda. Essa nova tecnologia, ao contrário das versões anteriores, emite um espectro de luz que varia em comprimento de onda de 385–515 nm, o que permite a cura de materiais resinosos mesmo quando diferentes fotoiniciadores são utilizados em suas composições^{15,17}.

Dois tipos de fotoiniciadores são usados em Odontologia (I e II). Esses fotoiniciadores contêm tipos específicos de ligações, capazes de absorver radiação, mas apenas dentro de faixas de comprimento de onda muito específicas. O fotoiniciador então usa essa energia para gerar radicais livres que iniciam o processo de polimerização¹⁷. Os fotoiniciadores do tipo II (por exemplo, canforoquinona) necessitam de mais energia para que um agente secundário de transferência de elétrons, como a amina terciária, possa gerar radicais livres^{15,17}. Em contraste, os iniciadores do tipo I (por exemplo, Lucerin, TPO e derivados de dibenzoil germânio, como Ivocerin), também chamados de fotoiniciadores alternativos, não precisam de coiniciadores adicionais, uma vez que se decompõem diretamente em um ou mais radicais livres ao receber energia suficiente no comprimento de onda correto^{14,15,17,18}.

Para que ocorra uma polimerização eficiente, duas condições essenciais são necessárias à fonte de luz: (1) a faixa de comprimento de onda que sai do aparelho deve ser apropriada e (2) a quantidade de luz entregue e tempo de polimerização devem ser adequados^{8,15,19}. Segundo Price¹⁵, o clínico deve procurar fornecer uma exposição radiante suficiente e nos comprimentos de onda corretos de luz exigidos pelo(s) fotoiniciador(es), na resina a ser polimerizada.

Estudos mostram que uma entrega de luz inadequada à resina composta, um curto tempo de cura, o tamanho da ponta de luz ou o posicionamento incorreto da ponta do fotopolimerizador podem ser responsáveis por uma conversão inadequada dos monômeros, levando ao aumento da solubilidade das resinas compostas^{14,18,19}. Isso é preocupante, uma vez que a fotoativação inadequada do material pode afetar negativamente as propriedades da restauração, resultando em um menor grau de conversão de dupla ligação, aumento do número de monômeros residuais e, conseqüentemente, a propriedades mecânicas inferiores e à maior sorção de partículas aquosas do meio, incluindo os corantes^{7,17,16,18,20}.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho é composto por dois experimentos laboratoriais prospectivos. O primeiro avaliou a estabilidade de cor de duas resinas compostas monocromáticas, Vittra Unique® (FGM, Joinville – SC, Brasil) e Palfique Omnichroma® (Tokuyama, Yamaguchi, Japão), submetidas a três técnicas de fotoativação (uma monopontual e duas bipontuais) e imersas em café, por 30 dias. O segundo estudo foi realizado para investigar a influência do diâmetro da ponta guia de entrega de luz do aparelho fotopolimerizador na estabilidade de cor das mesmas resinas compostas.

As etapas que descrevem o protocolo de imersão no café e a forma de avaliação da cor se aplicam aos dois trabalhos, no entanto, a técnica de fotoativação das resinas compostas para a confecção dos corpos de prova está descrita especificamente em cada um dos artigos, na seção Material e Métodos de cada um deles. No primeiro trabalho, três diferentes técnicas de fotoativação foram empregadas, realizando-se uma técnica de fotoativação monopontual, com a ponta do fotopolimerizador posicionada no centro do corpo de prova e duas técnicas de fotoativação bipontual, onde a ponta do fotopolimerizador foi posicionada no centro das duas metades: superior e inferior do corpo de prova, variando o tempo total de aplicação da luz (20 segundos e 40 segundos), sendo utilizado o mesmo aparelho fotopolimerizador para as três técnicas. No segundo trabalho, os corpos de prova foram fotopolimerizados pela técnica monopontual, porém, foram empregados dois aparelhos fotopolimerizadores com pontas de emissão de luz de diâmetros diferentes, o Valo® (Ultradent, South Jordan, EUA) e o Valo Grand® (Ultradent, South Jordan, EUA), medindo 9,75 e 12 mm de diâmetro, respectivamente.

Em ambos os trabalhos, os corpos de prova foram imersos em café solúvel (Nescafé® - Nestlé Brasil Ltda) por 30 dias. Imediatamente após a primeira leitura colorimétrica, metade dos corpos de prova foram submetidos à imersão em água destilada em estufa a 37°, sendo a outra metade mantida imersa em 5mL de café solúvel (Nescafé® LOTE: 20201210; Nestlé Brasil Ltda, Araras, São Paulo, BR). Para o preparo do café, foram aquecidos 100ml de água destilada a uma temperatura de 75°C, acrescidos de 2g de café solúvel¹¹. Essa solução foi imediatamente inserida nos recipientes contendo os corpos de prova, os quais, em seguida, foram mantidos em estufa a 37°C, durante 30 dias consecutivos. Tanto a água destilada como a solução de café foram trocados a cada 3 dias, no intuito de evitar precipitações e contaminações.

Entretanto, no Artigo 1, as avaliações colorimétricas foram realizadas em três períodos: (1) inicial, (2) após 15 dias de imersão e (3) após 30 dias de imersão. No Artigo 2, as avaliações foram realizadas em dois períodos: (1) inicial e (2) após 30 dias de imersão. Nos dois artigos, utilizaram-se dois tipos de espectrofotômetro, um de reflexão (UV-2600, SHIMADZU), que avaliou a alteração de cor no centro do corpo de prova, e um portátil (Easy Shade – Vita), onde foram realizadas avaliações em dois pontos de cada corpo de prova (no meio das metades superior e inferior), a fim de investigar diferenças no manchamento ao longo das resinas compostas.

6 RESULTADOS

6.1 ARTIGO 1: **Influência da técnica de fotoativação na estabilidade da cor de duas resinas compostas monocromáticas após imersão em café.**

Vivian Leite Martins¹, Taís Donato¹, Rafael Soares², Paula Mathias¹

¹Faculdade de Odontologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

²Departamento de Prótese do Centro Universitário UniFTC, Salvador, Bahia, Brasil.

RESUMO

Introdução – O manchamento das resinas compostas é um dos principais motivos de troca de restaurações diretas, sendo a fotopolimerização um importante fator para a obtenção de adequada estabilidade de cor. **Objetivo** – Avaliar o manchamento de duas resinas compostas monocromáticas, Vittra Unique® (FGM, Joinville – SC, Brasil) e Palfique Omnichroma® (Tokuyama, Yamaguchi, Japão), submetidas a três diferentes técnicas de fotoativação e imersas em café por 15 e 30 dias. **Materiais e Métodos** – Confeccionaram-se 120 corpos de prova, nas dimensões de 2X8X10 mm, com duas resinas compostas monocromáticas, usando três diferentes técnicas de fotoativação: uma monopontual, com posicionamento central da ponta guia, e duas bipontuais, com posicionamento da ponta guia no centro da metade superior e inferior do corpo de prova, variando os tempos totais de aplicação da luz (20 e 40s). Em seguida, metade dos corpos de prova foi imersa em água destilada e a outra metade em café, durante 30 dias. A análise colorimétrica foi realizada pelos parâmetros do sistema CIEL*a*b*, com auxílio de espectrofotômetro de reflexão (UV-2600, SHIMADZU) e do sistema CIEL*c*H*, com auxílio de espectrofotômetro portátil (Easy Shade) em três momentos: inicial, 15 dias e 30 dias, a fim de verificar a variação total de cor (ΔE). **Resultados** – Para a análise estatística, utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey como teste *post hoc*, com nível de significância de $p \leq 0,05$. Maiores valores de ΔE foram verificados nos grupos imersos no café. Em relação às técnicas de fotoativação, maiores valores de ΔE foram encontrados no grupo Bipontual 20s; o grupo Bipontual 40s apresentou menores valores de ΔE . Não foram identificadas diferenças estatisticamente significantes entre os dois pontos de aferição no mesmo corpo de prova. (ANOVA / teste de Tukey, $p \leq 0,05$). **Conclusão** – As resinas compostas imersas em café apresentaram maior manchamento, independentemente da técnica de fotoativação realizada. A técnica bipontual, associada ao maior tempo de fotopolimerização (40 segundos), resultou em maior estabilidade de cor, para ambas as resinas compostas monocromáticas testadas.

Palavras-chave: polimerização; cor; propriedades de superfície; restauração dentária permanente.

INTRODUÇÃO

As resinas compostas são amplamente utilizadas para reabilitação de dentes anteriores e posteriores, devido à sua capacidade de reproduzir as características do dente natural, além de permitir uma abordagem de mínima intervenção e de menor custo,

quando comparadas à abordagem protética com materiais cerâmicos^{1,16}. Entretanto, algumas desvantagens são evidentes quando comparadas às cerâmicas, como a menor retenção de brilho, ao longo do tempo, e maior suscetibilidade ao manchamento^{27,38}.

A pigmentação das resinas compostas pode ocorrer devido a fatores extrínsecos e intrínsecos. Dentre os fatores intrínsecos, pode-se destacar a mudança de cor da restauração a partir da oxidação das aminas terciárias dos grupos metacrilatos residuais, que ocorre na matriz polimérica. Tais fatores podem ser decorrentes tanto da composição da resina composta, como da qualidade da fotoativação do material^{10,26}.

Fatores como a angulação e o diâmetro da ponta de luz podem ter um impacto significativo na quantidade de luz e de energia fornecida à restauração³⁹. Diante disso, em caso de restaurações extensas, onde a ponta emissora é menor do que a superfície a ser polimerizada ou a luz é emitida de forma difusa, é necessária a realização de mais de uma exposição, em diferentes pontos da restauração, para que seja garantida uma adequada entrega de luz na extensão de todo o material^{15,17}. Caso contrário, haverá uma subpolimerização da resina composta, o que pode resultar em resistência de união diminuída, maior risco de fraturas e desgaste, além do aumento na quantidade de produtos químicos lixiviados, elevação da sorção de água e diminuição da estabilidade de cor^{14,16}.

Os manchamentos extrínsecos são decorrentes da adsorção ou absorção de corantes, resultantes de fontes exógenas da dieta^{11,19,26}. O café é uma bebida diariamente consumida e tem forte potencial de manchamento dos materiais resinosos, pois tem corantes hidrossolúveis e polifenóis, como tanino, cafeína e ácido cafeico. Além disso, a menor polaridade de suas moléculas faz com que os pigmentos do café tenham maior adsorção e penetração na matriz orgânica da resina composta^{11,26}.

Além da dificuldade de manutenção da estabilidade de cor das resinas compostas, a variedade de cores desses materiais disponíveis no mercado torna a sua escolha, no momento da restauração, um grande desafio⁵. Diante disso, resinas compostas de cor única têm sido lançadas no mercado, facilitando o processo de escolha, uma vez que elas têm correspondência com muitas cores da escala VITA, característica conhecida como efeito camaleão ou ajuste de cor^{5,22,24}.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo é avaliar a estabilidade de cor de duas resinas compostas monocromáticas, submetidas a diferentes técnicas de fotoativação, sendo uma monopontual e duas bipontuais (com diferentes tempos de aplicação de luz) e imersas em café por 30 dias. A hipótese experimental supõe que diferentes técnicas de ativação, que consideram a localização da ponta ativadora de luz,

são capazes de alterar a estabilidade de cor das resinas compostas monocromáticas, submetidas à imersão em café.

MATERIAIS E MÉTODOS

a. Preparo dos corpos de prova

Confeccionaram-se 120 corpos de prova com resinas compostas monocromáticas, sendo 60 de uma resina submicrométrica (Vittra Unique®, FGM, Joinville – SC, Brasil) e 60 de uma resina supra nanoparticulada (Palfique Omnichroma®, Tokuyama, Yamaguchi, Japão). Os corpos de prova apresentaram dimensões compatíveis com as de uma restauração tipo faceta em incisivo central superior e restaurações tipo MOD (mesio-disto-oclusal) em molares, sendo utilizadas três diferentes técnicas de fotoativação. Logo, as resinas foram submetidas ao protocolo de imersão em café (controle – imersão em água; imersão em café) por 30 dias, sendo realizadas avaliações colorimétricas em três tempos: inicial, após 15 dias e após 30 dias.

Quadro 1: Material, lote, classificação e composição das resinas compostas utilizadas

Resina Composta/ Fabricante/ Lote	Composição	Classificação
Palfique Omnichroma®, Tokuyama, Yamaguchi, Japão. Lote 138SM7 Lote 1813S3	UDMA, TEGDMA, Partículas esféricas de tamanho uniforme (SiO ₂ -ZrO ₂ esférico de 260nm) Carga: 79% em peso (68% em volume)	Resina Composta Supra- nanoparticulada Fotoativação: 20s
Vittra Unique®, FGM, Joinville – SC, Brasil Lote 290721	Mistura de monômeros metacrilatos, composição fotoiniciadora (APS), co-iniciadores, estabilizadores e silano. Carga 72% a 79% em peso (52% a 60 em volume)	Resina composta submicrométrica Fotoativação: 20s

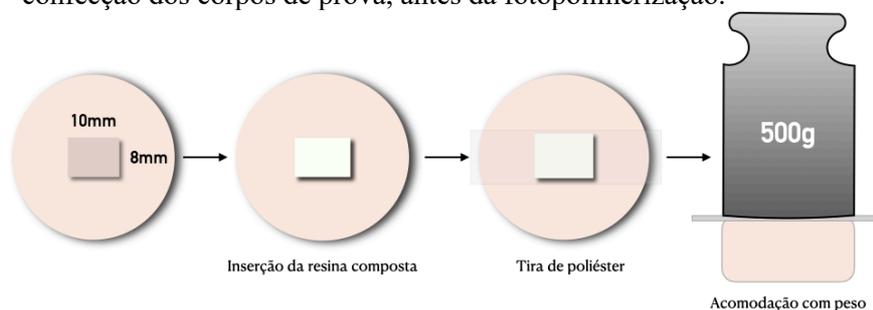
Fonte: Bulas dos produtos, fornecidas pelos fabricantes.

Legenda: *Dados referentes obtidos com os fabricantes dos materiais.

Para a confecção de cada corpo de prova, a resina composta selecionada foi inserida em uma matriz de silicone de condensação (Zetalabor®, Zhermack, Badia Polesine, Itália), com 2 mm de espessura, 8 mm largura e 10 mm de comprimento, de forma aleatória. Sobre o conjunto, foi colocada uma tira matriz de poliéster e, sobre ela, um peso de 500g, mantido por 30 segundos, para permitir melhor acomodação do material

(Figura 1). Após esse período, a superfície de topo foi fotoativada com luz LED (Valo®, no modo standard: 1000mW/cm, Ultradent, South Jordan, EUA), com fio, conforme protocolo determinado para cada grupo experimental. Antes da utilização do aparelho, ele teve a sua intensidade luminosa aferida em radiômetro (Rd-7, Ecel, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil). As matrizes foram confeccionadas a partir de um corpo de prova base e foram trocadas a cada 8 corpos de prova confeccionados. Os corpos de prova foram confeccionados de forma aleatória.

Figura 1: Desenho esquemático da inserção e acomodação da resina composta na matriz, para confecção dos corpos de prova, antes da fotopolimerização.



Fonte: Elaboração da autora

A fotoativação obedeceu ao tempo de ativação e ao posicionamento da ponta emissora de luz do aparelho em relação à superfície do material, pré-determinados para cada grupo experimental. O aparelho foi protegido com uma barreira plástica (filme PVC, Banfilme, Bandeirante, São Paulo, Brasil) bem ajustada para não interferir na entrega da luz¹⁵.

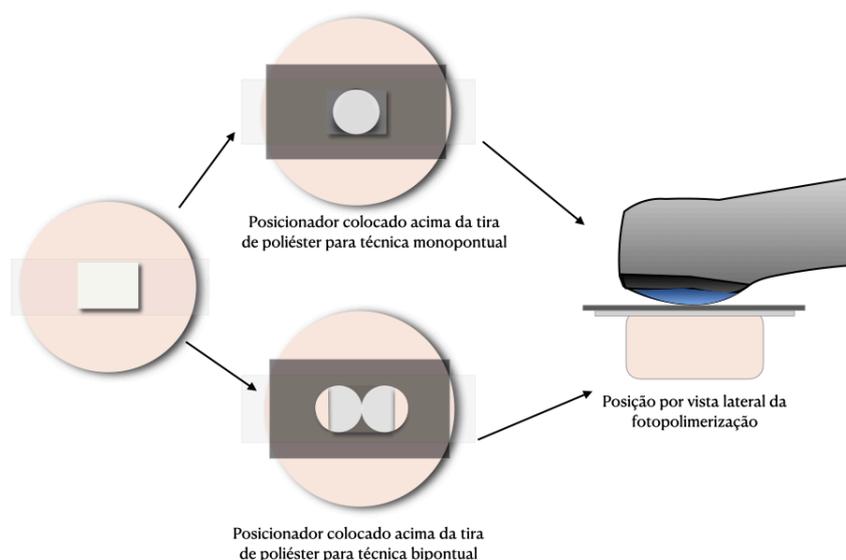
Os protocolos utilizados, no presente estudo, estão descritos a seguir:

- Fotoativação Monopontual – Com o auxílio de um posicionador confeccionado a partir de uma placa de silicone transparente de 1mm de espessura, os corpos de prova foram fotopolimerizados com a ponta do fotopolimerizador posicionada centralmente no corpo de prova e paralelamente ao material, ou seja, a 0° do conjunto matriz + resina + tira de poliéster, em contato direto com a tira de poliéster, pelo período de 20 segundos (Figura 2).
- Fotoativação Bipontual por 20 segundos – Para essa técnica, considerou-se a metade de cada corpo de prova, que foi fotoativada de forma padronizada com o auxílio de um posicionador, confeccionado a partir de uma placa de silicone

transparente de 1mm de espessura. Assim, a ponta do fotopolimerizador foi posicionada centralmente em cada metade e sempre paralelamente ao material, ou seja, a 0° do conjunto matriz + resina + tira de poliéster, em contato direto com a tira de poliéster. A fotoativação de cada metade foi realizada por um período de 10 segundos, totalizando 20 segundos de fotoativação, por corpo de prova (Figura 2).

- Fotoativação Bipontual por 40 segundos – Nesta técnica, realizou-se a mesma sequência da técnica anterior, entretanto, a fotoativação de cada metade foi realizada por um período de 20 segundos, totalizando 40 segundos de fotoativação, por corpo de prova (Figura 2).

Figura 2: Desenho esquemático das três técnicas de fotoativação, ilustrando o formato e modo de colocação do posicionador e posicionamento do aparelho fotopolimerizador.



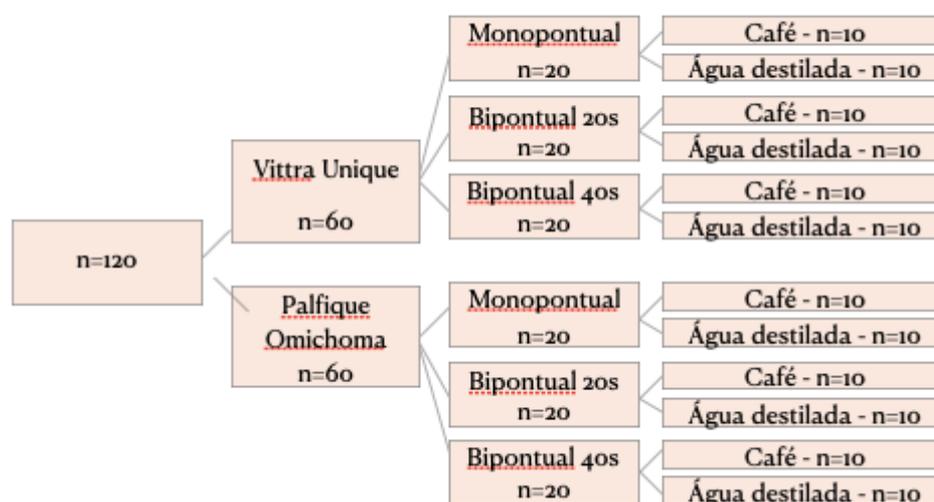
Fonte: Elaboração da autora

Após a confecção, os corpos de prova foram armazenados em estufa a 37°C, em água destilada, livres do contato com a luz, por 48 horas.

Após o período de armazenamento, receberam acabamento e polimento para padronizar a lisura superficial. Para tanto, foram fixados com cera branca em uma placa de vidro e cada grupo foi polido em conjunto, com o auxílio de uma politriz metalográfica (Arotec® S/A Indústria e Comércio, Cotia, SP, Brasil), usada sob refrigeração constante, com velocidade de 300 rotações por minuto, durante 30 segundos, com a utilização de

lixa d'água, na granulação 1.200 (JET401 Norton, Guarulhos, SP, Brasil). Após o polimento, os corpos de prova foram imersos em água e colocados em cuba ultrassônica (PLANATC modelo CBU-100/1L, Tatuapé, SP, Brasil) por 2 minutos, para limpeza de resíduos¹⁹. Em seguida, foram divididos em 12 grupos, de acordo com a técnica de fotoativação e com o meio de imersão (Figura 3).

Figura 3: Fluxograma representando a divisão dos grupos experimentais e controle de acordo com o método de fotoativação e com o meio de imersão



Fonte: Elaboração da autora

b. Protocolo de imersão no café

Imediatamente após a primeira leitura colorimétrica, metade dos corpos de prova foram submetidos à imersão em café, sendo a outra metade mantida imersa em água destilada, para posterior avaliação da sua estabilidade de cor:

- Controle – Os corpos de prova foram imersos em 5mL de água destilada e mantidos em estufa a 37°, durante 30 dias consecutivos. A água destilada foi trocada a cada três dias, a fim de evitar qualquer interferência do ambiente.
- Imersão em café – Os corpos de prova foram imersos em 5mL de café solúvel (Nescafé® LOTE: 20201210; Nestlé Brasil LTDA, Araras, São Paulo, BR). Para o preparo do café, foram aquecidos 100ml de água destilada a uma temperatura de 75°C e acrescida de 2g de café solúvel¹¹. Essa solução foi imediatamente inserida nos recipientes contendo os corpos de prova, os quais, em seguida, foram

mantidos em estufa a 37°C, durante 30 dias consecutivos. A solução foi trocada a cada três dias, no intuito de evitar precipitações e contaminações. Os corpos de prova não foram lavados durante cada troca.

Após 15 e 30 dias de imersão, os corpos de prova foram submetidos a uma nova avaliação colorimétrica para se observar as alterações causadas pela manutenção nas respectivas soluções.

c. Avaliação colorimétrica com espectrofotômetro de reflexão e com o Easy Shade

Após a definição dos grupos experimentais, os corpos de prova foram submetidos à primeira análise de leitura colorimétrica (leitura inicial), de acordo com os parâmetros de cor do Sistema CIEL*a*b.

As medidas iniciais de cor de cada corpo de prova foram realizadas em um espectrofotômetro de reflexão (UV-2600; Shimadzu), utilizando o programa UV Probe (Shimadzu), no qual espectros de reflectância desses corpos são obtidos em um espectro de luz visível (380 a 780 nm). Para isso, os corpos de prova foram posicionados individualmente no equipamento com auxílio de um gabarito, que permite a reprodução do seu posicionamento a partir da correlação da marcação confeccionada na parte posterior do corpo de prova com a marcação do gabarito (Figura 4). Em seguida, as curvas espectrais registradas para cada corpo de prova foram transportadas para o programa Color Analysis, para avaliação de cor, seguindo os parâmetros do sistema CIEL*a*b* (Commission Internationale de L'Eclairage), com padronização do iluminante D65.

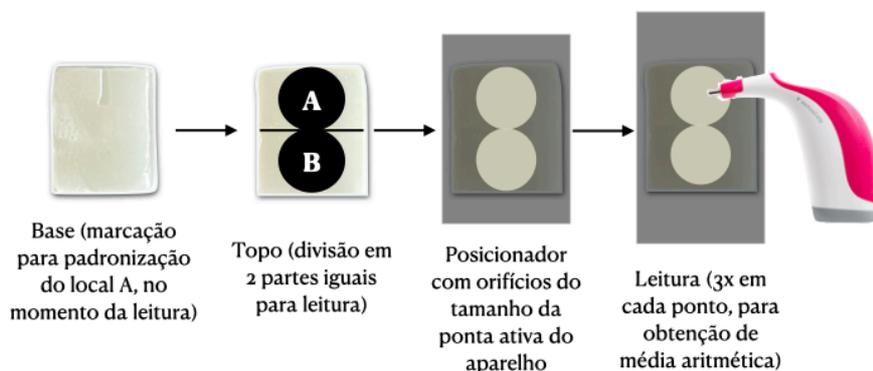
Figura 4: Gabarito utilizado para padronização das leituras no espectrofotômetro de reflexão. Os corpos de prova eram fixados no dispositivo com auxílio de sulfato de bário, substância que não interfere na leitura colorimétrica.



Fonte: Arquivo fotográficos da autora

A análise colorimétrica também foi realizada no espectrofotômetro Vita Easyshade® Advance (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha). O aparelho foi calibrado antes de cada mensuração, seguindo a recomendação do fabricante. Com o auxílio de um posicionador, realizaram-se duas mensurações em cada corpo de prova, posicionando a ponta do equipamento no centro da metade superior (ponto A) e posteriormente no centro da metade inferior (ponto B), identificadas a partir de uma marcação realizada na parte posterior de cada corpo de prova (Figura 5). Para essa análise, o corpo de prova era sempre posicionado sobre uma folha de papel branco. Para cada corpo de prova, as medições em cada ponto foram repetidas três vezes e a média aritmética de cada eixo foi utilizada como valor representativo final.

Figura 5: Desenho esquemático do procedimento leitura colorimétrica com o espectrofotômetro portátil.



Fonte: Elaboração da autora.

A análise de cor foi realizada em três momentos: (1) inicial; (2) após 15 dias e (3) após 30 dias de exposição ao café, a fim de verificar a alteração total de cor de cada corpo de prova. Os parâmetros L* (luminosidade), a* (variação verde-vermelho) e b* (variação azul-amarelo) foram coletados separadamente e utilizados para o cálculo da variação total de cor (ΔE), para o espectrofotômetro de reflexão e aplicando-se a fórmula: $\Delta E = \sqrt{(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2}$. No espectrofotômetro portátil, os parâmetros L* (luminosidade), C* (croma), h* (tonalidade), foram coletados nos três períodos de análise, sendo calculado o ΔE a partir da fórmula $\Delta E = \sqrt{(L-L_0)^2 + (C-C_0)^2 + (h-h_0)^2}$.

d. Análise estatística

Os dados coletados foram tabulados e avaliados quanto à homogeneidade de variância e normalidade. Assumido os pressupostos para análise paramétrica, foi utilizada uma Análise de Variância (ANOVA), com 3 fatores: Técnica de fotoativação em três níveis (monopontual, bipontual 20s e bipontual 40s); Tempo em dois níveis (15 e 30 dias); e Solução em dois níveis (água e café), para os dados do espectrofotômetro de reflexão; e com 4 fatores: Técnica de fotoativação em três níveis (monopontual, bipontual 20s e bipontual 40s); Solução em dois níveis (água e café); Tempo em dois níveis (15 e 30 dias); e Local de avaliação (local A e local B) para os dados obtidos a partir do espectrofotômetro portátil. Como teste *post hoc* foi utilizado o teste de Tukey com nível de significância de $p \leq 0,05$, adotando-se o software estatístico SPSS 23 (IBM Corp., Somers, NY, EUA).

RESULTADOS

Os valores médios e os desvios padrão da variação total de cor (ΔE) obtidos antes e após o protocolo de manchamento estão descritos na Tabela 2.

Tabela 1: Valores médios e desvios-padrão dos valores da variação total de cor (ΔE) da análise colorimétrica realizada no espectrofotômetro de Reflexão (Shimadzu) dos grupos testados, considerando os diferentes tempos, marcas das resinas compostas, técnica de fotoativação e soluções de imersão.

Técnica de fotoativação	Vittra Unique		Palfique Ominichroma		Dias
	Água	Café	Água	Café	
Monopontual 20s	*2,03±0,63 Aa	*#24,62±4,70 Aa	*2,40±2,01 Aa	*#18,76±1,67 ABb	15
Bipontual 20s	*1,95±1,39 Aa	*#23,67±2,95 Ab	*2,54±1,32 Aa	*#20,68±2,70 Ab	
Bipontual 40s	*1,76±1,11 Aa	*18,46±3,40 Bb	*1,67±0,53 Aa	*16,85±2,22 Bb	
Monopontual 20s	*2,05±0,41 Aa	*21,40±3,52 Bb	*3,12±1,33 ABa	*20,76±2,27 Ba	
Bipontual 20s	*2,52±0,71 Aa	*25,91±3,59 Aa	*4,39±1,96 Aa	*25,23±30,4 Aa	
Bipontual 40s	*1,79±0,61 Aa	*20,84±1,20 Ba	*2,30±0,46 Ba	*19,92±1,78 Ba	

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: *Indica diferença entre água e café para a mesma resina, modo de ativação e período; #Indica diferença entre as resinas para a mesma solução, modo de ativação e período; **Letras maiúsculas diferentes** indicam diferença entre o modo de ativação para a mesma resina, solução e período; **Letras minúsculas diferentes** indicam diferença entre os períodos para a mesma resina, solução e modo de ativação.

Diferença colorimétrica entre a solução de imersão das resinas compostas

Ao analisar a Tabela 1, em relação ao protocolo de manchamento das resinas compostas, nota-se diferença estatisticamente significativa em todos os grupos experimentais, com maiores valores de ΔE para os corpos de prova imersos no café, independentemente da resina composta, modo de ativação ou período da análise.

Diferença colorimétrica entre as resinas compostas

Quando a diferença entre as resinas compostas é analisada (Tabela 1, representado por #) nos grupos imersos no café, após 15 dias de imersão, observam-se maiores valores de ΔE nos grupos Monopontual e Bipontual 20s da Vittra Unique quando comparados à Palfique Ominichroma. Entretanto, após 30 dias, não se observam diferenças estatisticamente significantes entre as resinas compostas.

Diferença colorimétrica entre os modos de fotoativação

Ao analisar a Tabela 1 (diferenças representadas por letras maiúsculas diferentes), observa-se que, em 15 dias, os grupos submetidos à imersão em água não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os modos de fotoativação. No entanto, em 30 dias, observa-se uma maior alteração de cor no grupo Bipontual 20s da Palfique Omnichroma, assim como uma maior estabilidade de cor do grupo Bipontual 40s da mesma resina ($p>0,05$).

Quanto aos grupos imersos no café, após 15 dias, o grupo Bipontual 40s apresentou maior estabilidade de cor ($p>0,05$) em relação aos demais grupos, para ambas as resinas. Já no período de 30 dias, o grupo Bipontual 20s apresentou os maiores valores de ΔE , com diferença estatisticamente significativa em relação aos demais grupos, para as duas resinas avaliadas.

Diferença colorimétrica entre os tempos de análise

Quando os grupos experimentais são comparados, em relação aos períodos de análise (representados na Tabela 1 por letras minúsculas diferentes), é observada diferença estatisticamente significativa apenas nos grupos imersos no café, independentemente da resina composta e do modo de ativação utilizados.

Nos grupos da Vittra Unique®, observa-se maior alteração de cor no grupo Monopontual aos 15 dias, quando comparada à análise de 30 dias. Nos demais grupos da VittraUnique®, assim como no grupo da Palfique Ominichroma®, foi observada maior alteração de cor após 30 dias.

Tabela 2: Valores médios e desvios-padrão do ΔE obtidos pela leitura no espectrofotômetro portátil Easy Shade (Vita), dos grupos testados, nos dois locais de aferição

Técnica de fotoativação	Local	Vittra		Palfique		Dias
		Água	Café	Água	Café	
Monopontual 20s	A	6,36±0,50	9,30±1,06	3,33±0,62	11,91±2,27	15
	B	6,31±0,44	9,65±1,49	2,98±0,67	11,67±1,53	
Bipontual 20s	A	6,73±0,60	9,88±1,71	3,08±0,55	14,39±1,31	
	B	6,93±0,39	10,19±2,27	3,08±0,54	14,51±1,11	
Bipontual 40s	A	7,06±0,33	8,22±2,60	3,67±0,89	12,23±1,74	
	B	6,78±0,39	7,54±0,79	3,74±0,87	11,70±1,07	
Monopontual 20s	A	6,40±1,26	11,08±1,77	7,07±1,25	15,02±1,35	30
	B	6,42±1,29	11,18±2,18	6,99±1,29	15,32±1,41	
Bipontual 20s	A	5,25±0,31	12,16±1,81	6,41±0,66	16,41±0,91	
	B	5,69±0,40	11,99±1,96	6,73±0,61	16,45±0,83	
Bipontual 40s	A	5,40±0,33	10,52±1,11	6,54±0,71	14,29±0,88	
	B	5,34±0,60	10,76±1,11	6,66±0,87	14,21±0,75	

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: *Não foram observadas diferenças estatísticas significantes entre local A e B para a mesma resina, solução e modo de ativação.

Diferença colorimétrica entre os pontos de aferição no mesmo corpo de prova

Ao analisar o padrão de alteração total de cor das diferentes regiões de um mesmo corpo de prova (Tabela 2), não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os dois locais de aferição testados.

DISCUSSÃO

Neste estudo, a técnica de fotopolimerização, o tempo e o meio de imersão foram analisados como fatores capazes de alterar a variação total de cor de duas resinas compostas monocromáticas. A hipótese experimental do presente trabalho, de que diferentes técnicas de fotoativação são capazes de alterar a estabilidade de cor das resinas compostas monocromáticas foi aceita, uma vez que houve diferenças estatisticamente significantes entre os grupos experimentais, nos períodos de análise.

A avaliação das propriedades mecânicas e físicas pode fornecer uma medida indireta do grau de conversão dos monômeros presentes nas resinas compostas, entre elas, a mudança geral de cor^{10,16}. O CIEL*a*b* apresenta-se como um método confiável para registro das alterações de cor e foi escolhido neste estudo por ser adequado para a determinação de pequenas mudanças de cor, apresentando vantagens como

repetibilidade, sensibilidade e objetividade e pelo maior número de referências na literatura para comparação dos resultados^{6,7,23,26,34,38}.

Embora os testes tenham sido realizados em condições padronizadas, o ΔE médio de todos os corpos de prova confeccionados com a resina Vittra Unique e imersos em água foi considerado clinicamente aceitável $1 < \Delta E < 3,3$, nos dois períodos de análise. No entanto, após 30 dias, registraram-se valores de $\Delta E > 3,3$ no grupo Bipontual 20s da Palfique Omnicroma do mesmo meio de imersão, sendo considerada uma alteração clinicamente inaceitável. Esse resultado pode ser justificado por uma possível subpolimerização da resina, por conta do curto tempo de fotoativação - metade do recomendado pelo fabricante -, o que pode ter levado à presença de monômeros não polimerizados dispersos na matriz. Esses monômeros, na presença de meio aquoso, podem ser degradados, levando à formação de espaços livres, hidrólise da matriz resinosa, e aumento da susceptibilidade ao manchamento¹⁴.

O café é uma das bebidas corantes frequentemente consumidas da atualidade, normalmente em alta temperatura^{19,25,40}. Suas moléculas corantes são hidrossolúveis e têm afinidade com os polímeros presentes na matriz resinosa, o que facilita sua absorção²⁶. Além disso, o caráter ácido dessa bebida (pH 5,25) é responsável por potencializar a sorção de água, gerando uma maior permeabilidade de partículas corantes, responsáveis pelo manchamento do material^{26,41}. A metodologia de imersão para este estudo foi baseada em estudos anteriores, que determinaram o padrão de tempo e frequência de imersão responsável pelo maior grau de manchamento das resinas testadas em café^{11,13,19}. De acordo com Güler et al⁴², o tempo médio de consumo de 1 xícara de café é de 15 minutos e entre os consumidores de café, o consumo médio é de 3,2 xícaras por dia. Portanto, 30 dias de imersão contínuas simularam o consumo da bebida ao longo de 2 anos³⁷.

No presente trabalho, a imersão em café promoveu uma importante alteração de cor das resinas compostas, apresentando valores de ΔE entre 9 e 14, o que demonstra uma alteração de cor clinicamente inaceitável¹³. Este resultado corrobora estudos anteriores, onde o café demonstrou ser uma das bebidas que tem a maior capacidade de manchamento dos materiais resinosos^{7,11,26,38,43}. Seu mecanismo de manchamento das resinas compostas pode ser justificado pela afinidade dos seus pigmentos amarelados pela matriz orgânica da resina composta, levando à absorção de corantes no material resinoso, o que justifica a pigmentação em todos os grupos^{7,19}. Além disso, os corpos de prova foram imersos em café aquecido (75 a 80°C), o que parece contribuir para maior dano à

matriz estrutural da resina, devido ao pH mais baixo do café a 70°C, o que pode reduzir a dureza superficial da resina e promover um aumento na suscetibilidade à pigmentação^{19,40,44}.

Na análise colorimétrica de 15 dias, usando o espectrofotômetro de reflexão, o grupo Bipontual 40s apresentou maior estabilidade de cor, para ambas as marcas de resina composta, com diferença estatisticamente significativa em relação aos demais grupos. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de um maior tempo de exposição à luz promover uma conversão mais efetiva de monômeros em polímeros, resultando em melhores propriedades mecânicas do material, como aumento da dureza, redução do desgaste, menor solubilidade e maior estabilidade de cor^{7,15,18}. Por outro lado, o grupo Bipontual 20s, onde cada ponto foi fotopolimerizado pela metade do tempo indicado pelo fabricante (10 segundos em cada metade) foi o que apresentou maiores valores de ΔE , após 30 dias, inclusive quando imerso em água destilada. A oferta de um tempo de fotoativação inadequado pode levar à polimerização insatisfatória da matriz, o que leva à presença de grupos metacrilatos residuais não convertidos presentes na matriz, resultando em menor resistência ao desgaste, diminuição das propriedades mecânicas e aumento da sorção de água na matriz e, conseqüentemente, a uma maior incorporação de pigmentos^{14,15,26}. Além disso, uma fotopolimerização rápida produz monômeros com comprimentos de cadeia mais curtos porque não há tempo suficiente para a formação de cadeias poliméricas longas antes que o estado sólido seja alcançado^{15,18}.

Na avaliação de 15 dias, observaram-se maiores valores de ΔE no grupo Monopontual da Vittra Unique®, na imersão em café, quando comparado com a avaliação aos 30 dias da mesma resina composta. Esse comportamento pode ser resultante do posicionamento da ponta guia de luz no centro do corpo de prova. Apesar de sua ponta emissora de luz ter um tamanho satisfatório em relação ao corpo de prova, ela ainda é um pouco menor do que a superfície a ser restaurada¹⁵. Além disso, o seu posicionamento, possivelmente, pode ter impedido a chegada da luz de forma uniforme em toda a resina. Assim, embora o centro do corpo de prova esteja bem polimerizado, as suas extremidades podem ter ficado subpolimerizadas, comprometendo a estabilidade de cor das resinas em um curto período de imersão^{15,17}.

Já os grupos da Palfique Omnichroma apresentaram maior alteração de cor após 30 dias de imersão em café, quando comparados com a avaliação de 15 dias para a mesma resina composta. Essa maior pigmentação ao longo do tempo pode ser justificada pela degradação do material devido à sua manutenção em meio aquoso, o que torna a resina

mais susceptível a fatores como sorção de água e solubilidade, densidade de reticulação, hidrofiliabilidade e porosidade da rede de materiais poliméricos²⁶. Tais características tornam a matriz mais permeável à incorporação de pigmentos, implicando maior penetração dos corantes nas possíveis microfissuras da superfície e conseqüentemente maiores valores de ΔE ¹¹.

Ao analisar o manchamento em mais de um local do corpo de prova, com uso do espectrofotômetro portátil, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os locais de aferição, em ambas as resinas. Esse resultado pode ser atribuído ao local onde foi realizada a aferição - centro de cada metade do corpo -, o que pode ser considerado uma limitação do presente estudo. Trabalhos que realizem um mapeamento completo da superfície da resina podem ser mais precisos para essa avaliação, uma vez que maiores manchamentos nas margens do corpo de prova podem ser encontrados pela menor entrega de luz nessa região.

O conteúdo da matriz orgânica, o tipo de fotoiniciador e o tipo e tamanho das partículas de carga são fatores que também estão relacionados ao potencial de manchamento das resinas compostas^{11,13,26,16,45}. Ao comparar as duas marcas de resina utilizadas no presente estudo, observa-se que, quando mantida no café, aos 15 dias, a Vittra Unique® apresentou maior alteração total de cor do que a Palfique Omnichroma®. Segundo Geha et al.⁴⁵, a presença de partículas inorgânicas, como zinco, sílica, bário ou zircônia na matriz orgânica, pode melhorar a resistência dos materiais aos desafios de degradação e este fato pode ter influenciado positivamente no desempenho da Palfique Omnichroma®^{43,45}. Além disso, a Palfique® tem um maior volume de carga inorgânica presente na matriz, o que pode ter contribuído para uma menor sorção e solubilidade em água, aumentando a resistência ao manchamento^{7,16,38,43}.

Estudos prévios avaliaram as características da Palfique Omichroma®, demonstrando que, por ter partículas de carga supra-nano esféricas de formato uniforme, essa resina apresenta um acabamento mais liso na restauração, menores espaços entre a interface resina-carga inorgânica, redução da adesão bacteriana e menor microinfiltração, reduzindo a incorporação de manchas superficiais ao longo do tempo^{5,22,24,33}. Já a Vittra Unique® é composta por monômeros livres de Bis-GMA e tecnologia APS empregada como agente fotoiniciador, o que supostamente resulta em menos mudança de cor do que outros sistemas que usam a canforoquinona^{13,45}. Do mesmo modo, neste estudo, a Vittra Unique® apresentou baixos valores de ΔE nos grupos que foram imersos em água. No

entanto, durante o armazenamento em café, apresentou alterações significativas nos parâmetros de cor, superiores ao clinicamente aceito. Pouco é dito pelos fabricantes sobre sua composição exata, o que aumenta as dificuldades na interpretação dos resultados. Mesmo que a porcentagem de partículas de carga em volume e peso seja semelhante entre as duas resinas testadas, existem diferenças em sua composição química básica, como a composição da matriz orgânica e a característica dos fotoiniciadores que podem ter influenciado nos resultados encontrados e no comportamento dos materiais, frente aos desafios de armazenamento nas diferentes soluções testadas^{5,7,8,13,38}.

Diante do exposto, observou-se que a fotopolimerização em mais de um local do corpo de prova, associada a maiores tempos de fotoativação, com posicionamento bipontual da fonte emissora de luz, contribuiu para as resinas compostas testadas apresentassem maior estabilidade de cor. A imersão em café demonstrou ser um fator de grande contribuição para alterações significativas de cor das resinas compostas monocromáticas, sendo que a composição química das resinas é outra importante variável que modifica o comportamento do material frente à análise colorimétrica.

CONCLUSÃO

As resinas compostas monocromáticas testadas apresentaram maior manchamento, clinicamente inaceitável, quando imersas em café. Em relação às técnicas de fotoativação, o posicionamento da ponta emissora em mais de um local do corpo de prova (técnica bipontual), associada ao maior tempo de cura (40 segundos), promoveu uma menor susceptibilidade ao manchamento das resinas, independente do meio de imersão.

6.2 ARTIGO 2: Efeito do diâmetro da ponta emissora de luz do aparelho fotopolimerizador no manchamento superficial de resinas compostas monocromáticas após imersão em café.

Vivian Leite Martins¹, Tais Donato¹, Rafael Soares², Paula Mathias¹

¹Faculdade de Odontologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

²Departamento de Prótese do Centro Universitário UniFTC, Salvador, Bahia, Brasil.

RESUMO

Introdução – Em restaurações com uso de resinas compostas, a relação do diâmetro da ponta emissora de luz com o tamanho da restauração de resina composta a ser fotopolimerizada é importante para que ocorra uma entrega de luz e de energia suficientes para a conversão de monômeros em polímeros. **Objetivo** – Avaliar, por meio de duas análises colorimétricas, o efeito do diâmetro da ponta emissora de luz no manchamento de corpos de prova, confeccionados com duas resinas compostas monocromáticas, imersas em café por 30 dias. **Materiais e Métodos** – Confeccionaram-se 80 corpos de prova nas dimensões de 2X8X10mm, com duas resinas compostas monocromáticas, Vittra Unique® (FGM, Joinville – SC, Brasil) e Palfique Omnichroma®, (Tokuyama, Yamaguchi, Japão), usando dois modelos de aparelhos fotopolimerizadores, com diferentes diâmetros da ponta emissora de luz, Valo® (Ultradent) e Valo® Grand (Ultradent). Em seguida, 40 corpos de prova foram imersos em água destilada e os outros 40, em café, durante 30 dias. Após essa etapa, realizou-se a avaliação colorimétrica de cada corpo de prova, seguindo os parâmetros CIEL*a*b*, com o auxílio de um espectrofotômetro de reflexão (UV-2600; Shimadzu) e de um espectrofotômetro portátil (Easy Shade - VITA), a fim de avaliar a estabilidade de cor ao longo da superfície da resina. **Resultados** – Todos os grupos imersos em café apresentaram maior alteração de cor, quando comparados aos imersos em água destilada. Não foi observada diferença estatisticamente significativa na estabilidade de cor das resinas fotoativadas entre os aparelhos fotopolimerizadores testados, entre as resinas estudadas, nem entre as duas regiões avaliadas no mesmo corpo de prova. (ANOVA / teste de Tukey, $p \leq 0,05$). **Conclusão** – O café promoveu um manchamento significativo nas resinas compostas monocromáticas, após 30 dias de imersão. Entretanto, o diâmetro da ponta emissora de luz não influenciou na estabilidade de cor das resinas compostas testadas.

Palavras-chave: falha de restauração dentária; resina composta; cor; polimerização.

INTRODUÇÃO

As resinas compostas são materiais restauradores bastante utilizados em dentes anteriores e posteriores, por serem estéticos, conservadores e de baixo custo, quando comparados às cerâmicas, e por reunirem boas propriedades mecânicas, o que as torna adequadas para múltiplas situações clínicas^{26,44}. Além disso, as resinas compostas estão disponíveis em diferentes cores e opacidades, o que possibilita a mimetização dos

diferentes aspectos ópticos presentes ao longo da superfície dental^{4,6}. No entanto, a correspondência de cor entre o dente e a resina composta ainda é um desafio, uma vez que diversos fatores como luz do ambiente, experiência do profissional, marca comercial e fotopolimerização podem alterar a percepção da cor e as propriedades ópticas desses materiais^{3,13}.

Como a seleção de cores pode ser desafiadora e sujeita a variáveis ambientais e do operador, há uma tendência no mercado de simplificação da seleção das cores, o que levou ao desenvolvimento dos chamados compósitos universais monocromáticos. Essas resinas compostas têm um potencial de ajuste de cor e uma opacidade universal, sendo capazes de se adaptar aos diversos tons de dentes^{6,13}.

Apesar das diversas vantagens apresentadas pela resina composta, uma das principais causas de substituição das restaurações está relacionada à capacidade de manchamento desses materiais^{11,37,46}. As resinas compostas podem ser submetidas a uma variedade de substâncias que contêm corantes durante sua vida útil e entre as fontes frequentes está o consumo alimentar de bebidas corantes, como o café^{9,11,37}. Estudos prévios demonstraram que o café tem pigmentos amarelados, capazes de promover o manchamento da resina composta, devido à capacidade de sorção de água e à hidrofiliabilidade da matriz resinosa, o que favorece à incorporação dos pigmentos e manchamento do material ao longo do tempo^{7,26}.

A qualidade da fotopolimerização também é capaz de influenciar a incorporação de pigmentos pela resina composta^{15,26}. Atualmente, os diodo emissor de luz (LED) são a categoria de aparelho fotopolimerizador mais utilizada no mercado odontológico¹⁵; eles fornecem um amplo espectro de emissão e estão disponíveis nas categorias de pico único (*monowave*), que fornecem apenas uma banda estreita de comprimentos de onda, na faixa de luz azul, ou de vários picos (*poliwave*), cobrindo a faixa da luz azul e violeta^{8,15,17}. Conseqüentemente, podem ativar uma gama mais ampla de fotoiniciadores, levando à uma fotopolimerização mais eficiente em uma maior variedade de resinas compostas^{10,17,47}.

Além do espectro de emissão, o material e o diâmetro da ponta emissora de luz, assim como a forma como a luz se distribui ao longo dessa ponta, têm influência direta na efetividade da fotopolimerização⁴⁸. Estudos anteriores demonstraram que aparelhos fotopolimerizadores com pontas emissoras de diâmetro maior e que fornecem uma saída de luz mais homogênea, como as pontas em vidro, promovem uma melhor conversão de monômeros, quando são usados para fotopolimerizar grandes restaurações^{18,48}.

Diante disso, a **primeira hipótese** experimental supõe que um aparelho fotopolimerizador com maior diâmetro da ponta emissora de luz é capaz de promover melhor conversão polimérica e possibilitar menor manchamento de restaurações extensas em resina composta, quando comparado com um aparelho de ponta emissora de menor tamanho. A **segunda hipótese** experimental é que o modo de polimerização monopontual irá promover uma alteração de cor não uniforme ao longo do corpo de prova. A **terceira hipótese** experimental supõe que os corpos de prova imersos no café apresentam maior manchamento, quando comparados com os grupos imersos em água destilada. Assim, o **objetivo** deste trabalho é avaliar, por meio de duas formas de análise colorimétrica, o efeito do diâmetro da ponta emissora de luz nas características do manchamento de corpos de prova confeccionados com duas resinas compostas monocromáticas, imersas em café por 30 dias.

MATERIAIS E MÉTODOS

a. Preparo dos corpos de prova

Confeccionaram-se 80 corpos de prova com resinas compostas monocromáticas, sendo 40 de uma resina submicrométrica (Vittra Unique®, FGM, Joinville – SC, Brasil) e 40 de uma resina supra nanoparticulada (Palfique Omnichroma®, Tokuyama, Yamaguchi, Japão). Os corpos de prova foram confeccionados com dimensões compatíveis com as de uma restauração tipo faceta em incisivo central superior ou de uma restauração MOD (mésio-disto-ocusal) em molares, sendo utilizada uma técnica de fotoativação monopontual e dois modelos de aparelhos fotopolimerizadores, Valo® (Ultradent, South Jordan, EUA) e Valo Grand® (Ultradent, South Jordan, EUA). Após esta fase, as resinas foram submetidas ao protocolo de imersão em café (controle, imersão em água; imersão em café) por 30 dias, sendo realizadas avaliações colorimétricas em dois tempos: (1) inicial, (2) após 30 dias de imersão.

Quadro 2: Material, lote e classificação e composição das resinas compostas utilizadas

Resina Composta/ Fabricante/ Lote	Composição	Classificação
Palfique Omnichroma®, Tokuyama, Yamaguchi, Japão. Lote 138SM7 Lote 1813S3	UDMA, TEGDMA, Partículas esféricas de tamanho uniforme (SiO ₂ -ZrO ₂ esférico de 260nm) Carga: 79% em peso (68% em volume)	Resina Composta Supra- nanoparticulada Fotoativação: 20s
Vittra Unique®, FGM, Joinville – SC, Brasil Lote 290721	Mistura de monômeros metacrilatos, composição fotoiniciadora (APS), iniciadores, estabilizadores e silano. Carga 72% a 79% em peso (52% a 60 em volume)	Resina composta submicrométrica Fotoativação: 20s

Fonte: Bulas dos produtos, fornecidas pelos fabricantes

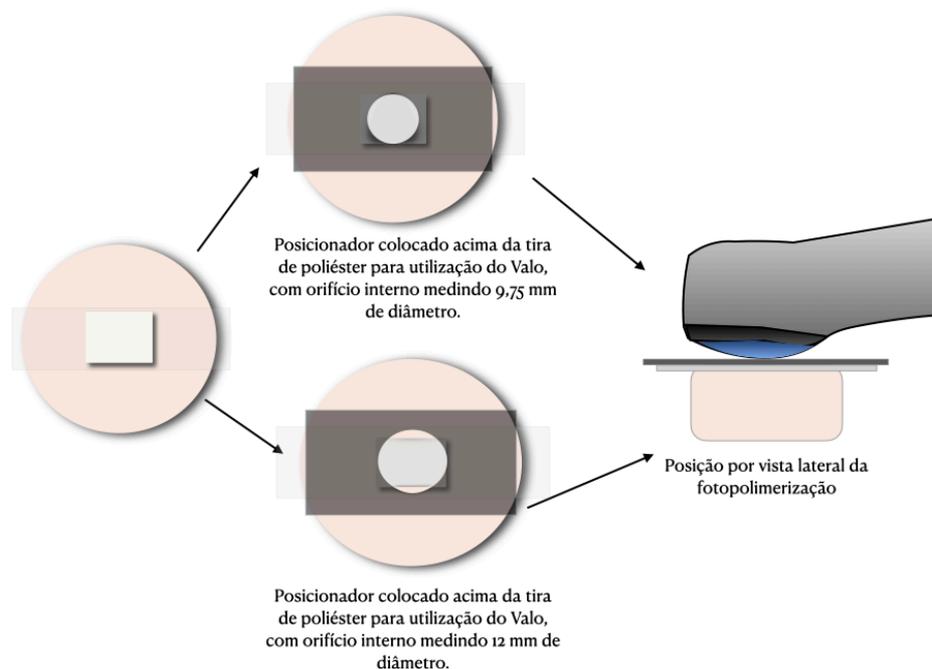
Legenda:*Os dados referentes à composição das resinas compostas foram obtidos junto aos fabricantes dos materiais.

Para a confecção de cada corpo de prova, a resina composta selecionada foi inserida em uma matriz de silicone de condensação (Zetalabor®, Zhermack, Badia Polesine, Itália), com 2 mm de espessura, 8 mm largura e 10 mm de comprimento, de forma aleatória. Sobre o conjunto, colocou-se uma tira matriz de poliéster e, sobre ela, um peso de 500g, mantido por 30 segundos, para permitir melhor acomodação do material. Após esse período, a superfície de topo foi fotoativada com luz LED (Valo® ou Valo Grand®, no modo standard: 1000mW/cm, Ultradent, South Jordan, EUA), conforme protocolo determinado para cada grupo experimental. Antes da utilização do aparelho, o mesmo teve a sua intensidade luminosa aferida em radiômetro (Rd-7, Ecel, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil). Os corpos de prova foram confeccionados de forma aleatória e as matrizes foram trocadas a cada 8 corpos de prova confeccionados. A fotoativação obedeceu ao tempo, ao posicionamento e ao modelo de aparelho fotopolimerizador pré-determinados. Os aparelhos foram protegidos com uma barreira plástica (Filme PVC, Banfilme, Bandeirante, São Paulo, Brasil) bem ajustada para não interferir na entrega da luz¹⁵.

Os protocolos utilizados no presente estudo estão descritos a seguir.

- Fotoativação com Valo® Cordless (diâmetro da lente 9,75mm) ou Valo® Grand (diâmetro de 12 mm) – Com o auxílio de um posicionador específico para cada aparelho, confeccionado a partir de uma placa de silicone transparente de 1mm de espessura, (Figura 6), os corpos de prova foram fotopolimerizados com a ponta do fotopolimerizador posicionada centralmente no corpo de prova e paralelamente ao material, ou seja, a 0° do conjunto matriz + resina + tira de poliéster, em contato direto com a tira de poliéster, pelo período de 20 segundos.

Figura 6: Desenho esquemático da técnica de fotoativação, ilustrando as características e o modo de colocação dos posicionadores utilizados e a posição do aparelho fotopolimerizador no conjunto.

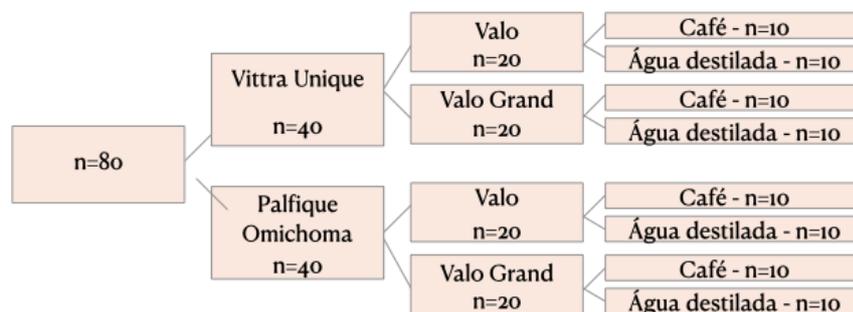


Fonte: Elaboração da autora

Após a confecção dos corpos de prova, eles foram armazenados em estufa, a 37°C, em água destilada, livres do contato com a luz, por 48 horas.

Em seguida ao período de armazenamento, os eles receberam acabamento e polimento para padronizar a lisura superficial. Para isso, eles foram fixados com cera branca em uma placa de vidro e cada grupo foi polido em conjunto, com o auxílio de uma politriz metalográfica (Arotec® S/A Indústria e Comércio, Cotia, SP, Brasil), usada sob refrigeração constante, com velocidade de 300 rotações por minuto, durante 30 segundos, com a utilização de lixa d'água, na granulação 1.200 (JET401 Norton, Guarulhos, SP, Brasil). Após polimento, os corpos de prova foram imersos em água e colocados em cuba ultrassônica (PLANATC modelo CBU-100/1L, Tatuapé, SP, Brasil) por 2 minutos, para limpeza de resíduos¹⁹. Em seguida, foram divididos em oito grupos, de acordo com a técnica de fotoativação e com o meio de imersão (Figura 7).

Figura 7: Fluxograma descrevendo a divisão dos grupos experimentais e controle de acordo com o aparelho fotopolimerizador e o meio de imersão



Fonte: Elaboração da autora

b. Protocolo de imersão no café

Imediatamente após a primeira leitura colorimétrica, metade dos corpos de prova foram submetidos à imersão em café, sendo a outra metade mantida imersa em água destilada, para posterior avaliação da sua estabilidade de cor:

- Controle – Os corpos de prova foram imersos em 5mL de água destilada e mantidos em estufa a 37°, durante 30 dias consecutivos. A água destilada foi trocada a cada três dias, a fim de evitar qualquer interferência do ambiente.
- Imersão em café – Os corpos de prova foram imersos em 5mL de café solúvel (Nescafé® LOTE: 20201210; Nestlé Brasil LTDA, Araras, São Paulo, BR). Para o preparo do café, foram aquecidos 100ml de água destilada a uma temperatura de 75°C e acrescidos de 2g de café solúvel¹¹. Essa solução foi imediatamente inserida nos recipientes contendo os corpos de prova, os quais, em seguida, foram mantidos em estufa a 37°C, durante 30 dias consecutivos. A solução foi trocada a cada três dias, no intuito de evitar precipitações e contaminações. Os corpos de prova não foram lavados durante cada troca.

Após 30 dias de imersão, foram submetidos a uma nova avaliação colorimétrica para observar as alterações causadas pela manutenção nas respectivas soluções.

c. Avaliação colorimétrica com espectrofotômetro de reflexão e com o Easy Shade

Após a definição dos grupos experimentais, os corpos de prova foram submetidos à primeira análise de leitura colorimétrica (leitura inicial), de acordo com os parâmetros de cor do Sistema CIEL*a*b.

As medidas iniciais de cor de cada corpo de prova foram realizadas em um espectrofotômetro de reflexão (UV-2600; Shimadzu), utilizando-se o programa UV Probe (Shimadzu), no qual espectros de reflectância dos corpos de prova são obtidos em um espectro de luz visível (380 a 780 nm). Para isso, os corpos de prova foram posicionados individualmente no equipamento, com auxílio de um gabarito, que permite a reprodução do seu posicionamento a partir da correlação da marcação confeccionada na parte posterior do corpo de prova com a marcação do gabarito. Em seguida, as curvas espectrais registradas para cada corpo de prova foram transportadas para o programa Color Analysis, para avaliação de cor, seguindo os parâmetros do sistema CIEL*a*b* (Commission Internationale de L'Eclairage), com padronização do iluminante D65.

A análise colorimétrica também foi realizada no espectrofotômetro Vita Easyshade® Advance (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha). O aparelho foi calibrado antes de cada mensuração, seguindo a recomendação do fabricante. Com o auxílio de um posicionador, realizaram-se duas mensurações em cada corpo de prova, posicionando a ponta do equipamento no centro da metade superior (local A) e posteriormente no centro da metade inferior (local B), identificadas a partir de uma marcação realizada na parte posterior de cada um. Para essa análise, o corpo de prova era sempre posicionado sobre uma folha de papel branco. Para cada um, as medições em cada ponto foram repetidas três vezes e a média aritmética de cada eixo foi utilizada como valor representativo final.

A análise de cor foi realizada em dois momentos: (1) inicial; (2) após 30 dias de imersão, a fim de verificar a alteração total de cor de cada corpo de prova. Os parâmetros L* (luminosidade), a* (variação verde-vermelho) e b* (variação azul-amarelo) foram coletados separadamente e utilizados para o cálculo da variação total de cor (ΔE), para o espectrofotômetro de reflexão e aplicando-se a fórmula: $\Delta E = \sqrt{(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2}$. No espectrofotômetro portátil, os parâmetros L* (luminosidade), C* (croma), h* (tonalidade) foram coletados nos três períodos de análise, sendo calculado o ΔE a partir da fórmula $\Delta E = \sqrt{(L-L_0)^2 + (C-C_0)^2 + (h-h_0)^2}$.

d. Análise estatística

Os dados coletados foram tabulados e avaliados quanto à homogeneidade e à normalidade. Assumido os pressupostos para análise paramétrica, foi utilizado uma Análise de Variância (ANOVA) com dois fatores: Aparelho fotopolimerizador em dois níveis (Valo® e Valo Grand®) e Solução em dois níveis (água e café), para os dados do espectrofotômetro de reflexão; e com 3 fatores: Aparelho fotopolimerizador em dois níveis (Valo® e Valo Grand®), Solução em dois níveis (água e café) e Local de avaliação em dois níveis (local A e local B), para os dados obtidos a partir do espectrofotômetro portátil. Como teste *post hoc* foi utilizado o teste de Tukey, com nível de significância de $p \leq 0,05$. Utilizou-se o software estatístico SPSS 23 (IBM Corp., Somers, NY, EUA).

RESULTADOS

Os valores médios e desvios-padrão dos valores de ΔE obtidos, após 30 dias do protocolo de manchamento, estão demonstrados nas tabelas abaixo.

Tabela 3: Valores médios e desvios-padrão dos valores da variação total de cor (ΔE), obtidos no espectrofotômetro de reflexão dos grupos testados, nos diferentes aparelhos fotopolimerizadores, soluções de imersão e marcas das resinas compostas.

Aparelho fotoativador	Vittra Unique		Palfique Omnichroma		Dias
	Água	Café	Água	Café	
Valo® 20s	2,05±0,41 Ab	21,40±3,52 Aa	3,12±1,33 Ab	20,76±2,27 Aa	30
Valo Grand® 20s	2,60±0,79 Ab	20,13±2,28 Aa	3,48±1,98 Ab	19,54±2,78 Aa	

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: **Letras minúsculas diferentes** indicam diferença entre água e café para a mesma resina, modo de ativação e período; **Letras maiúsculas diferentes** indicam diferença entre o modo de ativação para a mesma resina, solução e período.

Ao analisar a Tabela 3, em relação ao protocolo de manchamento das resinas compostas, nota-se que houve diferença estatisticamente significativa em todos os grupos experimentais, com maiores valores de ΔE para os corpos de prova imersos no café, independentemente das resinas compostas e do aparelho fotopolimerizador.

Nota-se também que não houve diferença estatisticamente significativa entre as resinas compostas e entre os aparelhos fotopolimerizadores utilizados.

Tabela 4: Valores médios e desvios-padrão do ΔE , obtidos usando o espectrofotômetro clínico (Easy Shade- Vita) dos grupos testados, nos dois locais de aferição

Aparelho fotoativador	Local	Vittra Unique		Palfique Omnichroma		Dias
		Água	Café	Água	Café	
Monopontual 20s	A	6,40±1,26	11,08±1,77	7,07±1,25	15,02±1,35	30
	B	6,42±1,29	11,18±2,18	6,99±1,29	15,32±1,41	
Grand Valo 20s	A	4,85±0,82	12,19±1,66	7,11±0,62	14,57±1,12	
	B	5,28±0,88	13,19±2,24	7,08±0,85	14,64±1,68	

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: *Não foi observada diferença estatística entre local A e B para mesma resina, solução e modo de ativação.

Diferença colorimétrica entre os locais de aferição no mesmo corpo de prova

Ao analisar o padrão de manchamento nas diferentes regiões de um mesmo corpo de prova (Tabela 4), não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os locais de aferição testados.

DISCUSSÃO

O presente trabalho se propôs a avaliar a estabilidade de cor de duas resinas monocromáticas submetidas à fotopolimerização com aparelhos de LED, com diferentes diâmetros de ponta emissora de luz e imersas em café durante 30 dias. A hipótese experimental de que os corpos de prova expostos ao café apresentariam maior manchamento foi aceita, uma vez que todos os grupos imersos na solução mostraram maiores valores de variação total de cor (ΔE), quando comparados aos grupos imersos em água destilada.

Neste estudo, foi adotada uma abordagem de imersão contínua em café ou água destilada para simular a exposição, em longo prazo, em soluções na cavidade oral³⁷. A escolha do período de 30 dias de permanência dos corpos de prova nas soluções, foi baseada em estudos anteriores, os quais consideraram a frequência de uso do café pela população e concluíram que o referido prazo de imersão contínua representam dois anos de consumo diário da bebida^{9,11,42}. O maior manchamento nos grupos imersos em café provavelmente ocorreu devido à absorção e à adsorção de corantes polares na superfície dos materiais. Esta adsorção e penetração de corantes, na fase orgânica da resina

composta, ocorre em decorrência da compatibilidade química da fase polimérica com os corantes amarelos do café^{11,44}, o que pode favorecer a penetração dos pigmentos.

O tamanho dos corpos de prova deste trabalho procurou simular as dimensões de uma faceta em incisivo central superior, medindo 2x8x10 mm. Isso pode ser considerado um diferencial do estudo, uma vez que o tamanho padrão dos corpos de prova produzidos nos trabalhos *in vitro* (4 a 5 mm de diâmetro) não possibilita a correta investigação do efeito de alguns fatores associados à fotopolimerização, como o tamanho da ponta emissora de luz no grau de conversão das resinas compostas, podendo levar a resultados equivocados e não correspondentes ao procedimento clínico^{18,48}.

Contudo, mesmo utilizando um corpo de prova maior e realizando apenas uma fotoativação monopontual no centro do corpo de prova, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre o uso do Valo® e do Valo Grand®. Esse resultado pode ser justificado pelo fato de que ambos os aparelhos dispunham de uma ponta em vidro e uma emissão de luz radiante mais baixa, o que faz com que a luz emitida seja emitida de forma colimada e distribuída uniformemente em toda a extensão da ponta, cobrindo uma área de superfície maior da restauração⁴⁸. Logo, é possível supor que mesmo com uma ponta emissora com diâmetro menor do que o corpo de prova, o Valo® apresentou capacidade de manchamento semelhante ao Valo Grand®, devido à homogeneidade de entrega da luz por toda a resina, possivelmente levando a uma fotopolimerização eficiente e conseqüentemente uma susceptibilidade à incorporação de pigmentos semelhante.

Os espectrofotômetros são dispositivos que determinam a intensidade da luz refletida ou transmitida em função do comprimento de onda da fonte de luz, o que elimina a subjetividade e aumenta o nível de consistência da determinação da cor⁴⁹. Entretanto, a maioria dos estudos se concentram em medir a cor apenas em uma região focal, normalmente a região central do dente ou corpo de prova, o que pode se tornar uma limitação, uma vez que pode haver pigmentações diferentes entre as regiões da restauração em resina composta³⁴.

O presente trabalho avaliou tanto a região central da resina composta, com o auxílio de um espectrofotômetro de reflexão, como duas regiões mais distais do corpo de prova, a partir do uso de um espectrofotômetro portátil. Entretanto, a hipótese experimental de que os diferentes modelos de aparelhos fotopolimerizadores, com diferentes diâmetros de pontas emissoras de luz, seriam capazes de promover um

manchamento não uniforme da resina composta foi rejeitada, uma vez que os grupos estudados apresentaram alteração de cor homogênea. Uma possível explicação para esse resultado está relacionada à potência dos aparelhos fotopolimerizadores utilizados. Tanto o Valo® quanto o Valo Grand® têm um tamanho da ponta de luz próximo às dimensões do corpo de prova avaliado, medindo 9,75mm e 12mm, respectivamente. Além disso, eles são aparelhos fotopolimerizadores de LED *poliwave*, sendo capazes de emitir luz azul e violeta, tendo, portanto, uma faixa espectral mais ampla, além de dispor de alta intensidade de potência e emissão de luz colimada, gerando uma entrega satisfatória de energia ao corpo de prova^{15,50}. Por outro lado, neste estudo, só foi avaliada a porção central de cada metade do corpo de prova e margens externas, que poderiam ter sofrido alguma pigmentação adicional e não foram investigadas, o que pode ter influenciado no resultado.

Como já foi demonstrado em estudos anteriores^{5,18,26}, o espectro de emissão dos aparelhos fotopolimerizadores também pode influenciar a polimerização e a capacidade de manchamento das restaurações em resina composta. Diante disso, duas marcas de resina composta com diferentes sistemas fotoiniciadores foram testadas neste estudo. A Vittra Unique tem como fotoiniciador o sistema APS (Advanced Polymerization System), que contém uma combinação de diferentes fotoiniciadores alternativos associados à canforoquinona. Já a Palifique Omnichroma, não informa o sistema fotoiniciador utilizado, descrevendo apenas que seus iniciadores são ativados entre 400 e 500nm de comprimentos de onda. Entretanto, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as resinas compostas, o que pode ser associado ao fato de tanto o Valo® quanto o Valo Grand® serem aparelhos tipo *poliwave*, os quais emitem luz azul e luz violeta, capazes de abranger uma maior quantidade de fotoiniciadores¹⁸.

O presente trabalho utilizou dois aparelhos fotopolimerizadores da mesma marca comercial, com o objetivo de isolar o fator “diâmetro da ponta emissora de luz” e avaliar o seu efeito na estabilidade de cor das resinas compostas. Entretanto, o Valo®, selecionado como aparelho de menor diâmetro, já apresenta um tamanho de ponta emissora eficiente para polimerização dos corpos de prova utilizados, o que pode ter interferido no resultado⁴⁸. Novos estudos devem ser realizados, comparando outros aparelhos fotopolimerizadores, com diferentes potências, pontas de diferentes materiais e diâmetros e marcas distintas, para avaliar o efeito desses outros fatores na estabilidade de cor das resinas compostas. Além disso, é importante a realização de estudos futuros que

avaliem com mais detalhes o padrão de manchamento em extensão do corpo de prova, principalmente nas margens mais externas.

CONCLUSÃO

Os aparelhos fotopolimerizadores testados não apresentaram diferenças significantes na estabilidade de cor das resinas compostas monocromáticas. No entanto, o café foi capaz de promover uma maior pigmentação nas duas resinas, que apresentaram comportamento semelhante, independentemente da forma de avaliação da cor realizada, em um ponto central do corpo de prova ou em dois pontos distintos.

7 DISCUSSÃO

O estudo da estabilidade de cor é um dos testes mais realizados para avaliar o desempenho clínico e a longevidade dos procedimentos restauradores²⁶. Essa forma de avaliação é capaz de detectar possíveis alterações nas propriedades mecânicas e físicas dos materiais resinosos, o que pode fornecer uma medida indireta do grau de conversão de monômeros, devido à ineficiência de polimerização dos materiais resinosos^{10,11,14}. O presente estudo teve o objetivo de avaliar as mudanças de cor de duas resinas compostas monocromáticas submetidas a diferentes técnicas de fotopolimerização e à imersão em café.

As resinas compostas monocromáticas apresentam uma opacidade intermediária e partículas de carga esféricas uniformes, o que lhes confere correspondência com grande parte das cores da escala VITA, característica conhecida como efeito camaleão^{5,7,22,24,32}. No presente estudo, utilizaram-se duas marcas comerciais dessa categoria de resina composta, as quais apresentaram comportamento semelhante em ambos os artigos. No entanto, as resinas foram comparadas entre si, apenas em relação ao fator estabilidade de cor, o que pode ser considerada uma limitação do estudo, sendo necessária a realização de trabalhos futuros, avaliando outras propriedades físicas e mecânicas e comparando as resinas monocromáticas com resinas convencionais presentes no mercado.

O mecanismo de ação do manchamento pelo café está associado à sorção e à solubilidade de agentes de coloração presentes na solução. No presente estudo, observou-se que os grupos que foram imersos no café apresentaram maiores mudanças de cor, independente da resina estudada. Esse maior potencial de pigmentação pode ter ocorrido devido à presença de corantes hidrofílicos que apresentam afinidade pela fase orgânica desses materiais^{19,25,40} ou ainda por seu pH ácido, medindo em média 5,25^{26,41}. Associado a isso, a temperatura elevada na qual a bebida é ingerida pode levar a uma diminuição do pH, o que pode resultar na maior degradação da matriz polimérica, favorecendo efeito de expansão e laminação da matriz e, conseqüentemente, maior penetração de partículas corantes nas possíveis microfissuras superficiais^{11,19,40,44}.

Os fenômenos de sorção e solubilidade também podem ocorrer independentemente da acidez do meio. Observou-se no primeiro estudo, na análise de 30 dias, uma alteração de cor clinicamente detectável nos corpos de prova da Palfique, imersos em água destilada e submetidos à técnica Bipontual 20s. Isso pode ser justificado pelo fato de que, após a imersão em água, monômeros não polimerizados podem ser

eliminados da massa do material, levando à formação de espaços livres nos polímeros que podem ser preenchidos pela água, produzindo hidrólise da matriz resinosa, o que afeta as propriedades ópticas dos materiais resinosos¹⁴. Além disso, a estrutura da resina composta e as características de suas partículas têm impacto direto na suscetibilidade à coloração desses materiais por agentes externos e essas alterações de cor estão, muitas vezes, associadas a mudanças químicas nos sistemas iniciadores e ativadores, devido ao processo absorção de água^{11,37}.

Outro fator estudado nesta tese foi a influência do tempo de entrega de luz, associada ao posicionamento da ponta do fotopolimerizador de duas maneiras distintas sobre a superfície do corpo de prova, na estabilidade de cor das resinas compostas. Os autores dos artigos incorporados nesta tese entendem que um ótimo grau de polimerização é essencial para garantir às resinas compostas ótimas propriedades físicas e mecânicas, assim como compatibilidade com as estruturas biológicas¹⁴. Para tanto, é necessário o conhecimento da correta técnica de aplicação da luz fotopolimerizável, respeitando-se o tempo adequado de entrega da luz para uma alta conversão de monômeros, assim como um correto posicionamento da ponta emissora na unidade a ser polimerizada, garantindo que a luz chegue de forma uniforme em toda a restauração^{14,15,16,17,18}. Neste estudo, o método Bipontual com tempo de fotoativação de 40 segundos foi o que apresentou maior estabilidade de cor, independente do meio de imersão e da resina composta avaliada. Esse resultado reforça a ideia de que, em restaurações mais extensas, é mais efetivo realizar exposições múltiplas, em mais de um local da restauração, associando-as a um adequado tempo de exposição^{15,18,19}.

O presente trabalho também demonstrou que a correta escolha do aparelho fotopolimerizador é essencial para o sucesso da restauração, especialmente em uma avaliação de longo prazo¹⁷. Ao comparar a fotoativação monopontual do Valo com o Valo Grand, os quais têm a mesma potência, mesmo espectro de emissão, mas diâmetro de ponta emissora de luz diferentes, não foi observada diferença estatisticamente significantes entre os grupos. Esse resultado leva a crer que a homogeneidade da entrega da luz ao longo de toda a restauração, característica dos dois aparelhos testados¹⁸, reduziu a diferença entre eles, resultando em uma estabilidade de cor semelhante em todos os grupos.

Os resultados obtidos nesta tese visam auxiliar os profissionais que trabalham com a Odontologia Estética Restauradora e informá-los sobre a necessidade da escolha correta do aparelho fotopolimerizador e da técnica de fotopolimerização, de acordo com as

características da restauração. Além disso, é necessário levar em consideração os hábitos alimentares e a frequência de consumo de bebidas corantes de cada paciente. Pesquisas futuras devem ser desenvolvidas para avaliação novas técnicas de fotoativação, assim como de diferentes aparelhos fotopolimerizadores, sendo recomendada a realização de estudos *in vivo* para simular de forma mais fiel a realidade clínica.

8 CONCLUSÃO

Diante dos achados obtidos nos trabalhos apresentados, é possível concluir que:

- A imersão em solução de café promoveu alteração de cor em todos os grupos avaliados no estudo, com alterações clinicamente inaceitáveis ($\Delta E > 3,3$);
- O local de posicionamento da ponta de luz, assim como o tempo de exposição, influenciam diretamente a estabilidade de cor de resinas compostas monocromáticas, uma vez que exposições bipontuais em diferentes pontos da restauração, por um maior tempo (40 segundos) resultaram em uma maior estabilidade de cor das resinas compostas;
- Os diâmetros das pontas de emissão de luz testadas não exerceram influência sobre o manchamento das resinas compostas estudadas, provavelmente devido à alta potência e ao amplo espectro de emissão dos aparelhos LED testados.

REFERÊNCIAS

1. Araujo E, Perdigão J. Anterior veneer restorations - an evidence-based minimal-intervention perspective. *J Adhes Dent.* 2021; 23(2):91-110.
2. Karatas O, Gul P, Akgul N, Celik N, Gundogdu M, Duymus ZY, Seven N. Effect of staining and bleaching on the microhardness, surface roughness and color of different composite resins. *Dent Med Probl.* 2021; 58(3):369-76.
3. AlSheikh R. Color stability of Lucirin-photo-activated resin composite after immersion in different staining solutions: a spectrophotometric study. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2019. 11:297-311.
4. Mada DC, Gasparik C, Irimie AI, Mada MD, Dudea D, Campian RS. Evaluation of chromatic changes of a nanocomposite resin using the new whiteness index. *Clujul Med.* 2018; 91(2):222-8.
5. Zulekha, Vinay C, Uloopi KS, RojaRamya KS, Penmatsa C, Ramesh MV. Clinical performance of one shade universal composite resin and nanohybrid composite resin as full coronal esthetic restorations in primary maxillary incisors: A randomized controlled trial. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2022; 40(2):159-64.
6. Abreu JLB, Sampaio CS, Benalcázar Jalkh EB, Hirata R. Analysis of the color matching of universal resin composites in anterior restorations. *J Esthet Restor Dent.* 2021 Mar; 33(2):269-76.
7. Poggio C, Ceci M, Beltrami R, Mirando M, Wassim J, Marco. Color stability of esthetic restorative materials: a spectrophotometric analysis, *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica.* 2016; 2:1, 95-101
8. Unsal KA, Karaman E. Effect of Additional Light Curing on Colour Stability of Composite Resins. *Int Dent J.* 2022 Jun;72(3):346-52.
9. 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;11:149-56.
10. Souza MBA, Briso AL, Oliveira-Reis Bde, Santos PHdos, Fagundes TC. Influence of light-curing units on surface microhardness and color change of composite resins after challenge. *J Contemp Dent Pract.* 2019; 20(2):204-10.
11. Bitencourt SB, Kanda RY, de Freitas Jorge C, Barão VAR, Sukotjo C, Wee AG, Goiato MC, Pesqueira AA. Long-term stainability of interim prosthetic materials in acidic/staining solutions. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Jan; 32(1):73-80.
12. 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; 3:50-6
13. Pedrosa MDS, Nogueira FN, Baldo VO, Medeiros IS. Changes in color and contrast ratio of resin composites after curing and storage in water. *Saudi Dent J.* 2021 Dec; 33(8):1160-5.
14. Strazzi-Sahyon HB, Rocha EP, Assunção WG, Dos Santos PH. Influence of Light-Curing Intensity on Color Stability and Microhardness of Composite Resins. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2020; 40(1):129-34.
15. Price RBT. Light curing in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2017; 61(4):751-78.

16. Korkut B, Dokumacigil G, Murat N, Atali PY, Tarcin B, Gocmen GB. Effect of Polymerization on the Color of Resin Composites. *Oper Dent.* 2022; 47(5):514-26.
17. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Braz Oral Res.* 2017;31(1).
18. Shimokawa C, Sullivan B, Turbino ML, Soares CJ, Price RB. Influence of Emission Spectrum and Irradiance on Light Curing of Resin-Based Composites. *Oper Dent.* 2017 Sep/Oct; 42(5):537-47.
19. Souza LS, Donato TR, Cerqueira GA, Cavalcanti AN, Mathias P. Color stability of an artificially aged nanofilled composite resin post-cured with different techniques. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2021 Winter; 15(1):53-8.
20. Domingos PA, Garcia PP, Oliveira AL, Palma-Dibb RG. Composite resin color stability: influence of light sources and immersion media. *J Appl Oral Sci.* 2011. 19(3):204-11
21. 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.
22. El-Rashidy AA, Abdelraouf RM, Habib NA. Effect of two artificial aging protocols on color and gloss of single-shade versus multi-shade resin composites. *BMC Oral Health.* 2022 Aug 1; 22(1):321.
23. Garoushi S, Lassila L, Hatem M, Shembesh M, Baady L, Salim Z, Vallittu P. Influence of staining solutions and whitening procedures on discoloration of hybrid composite resins. *Acta Odontol Scand.* 2013; 71(1):144-50.
24. Ismail EH, Paravina RD. Color adjustment potential of resin composites: optical illusion or physical reality, a comprehensive overview. *J Esthet Restor Dent.* 2022; 34:42–54.
25. Butt SM, Sultan MT. Coffee and its consumption: benefits and risks. *Crit Rev Food Sci. Nutr.* 2011; 51(4):363-73
26. Backes CN, França FMG, Turssi CP, Amaral FLBD, Basting RT. Color stability of a bulk-fill composite resin light-cured at different distances. *Braz Oral Res.* 2020. 30; 34:e119.
27. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J.* 2011; 56(1):59-66.
28. Kusuma Yulianto HD, Rinastiti M, Cune MS, de Haan-Visser W, Atema-Smit J, Busscher HJ, van der Mei HC. Biofilm composition and composite degradation during intra-oral wear. *Dent Mater.* 2019 May; 35(5):740-50.
29. 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
30. Munsell A.H. A color notation. Batimore; Munsell Color, Co, 1981
31. Kim D, Park SH. Color and Translucency of Resin-based Composites: Comparison of A-shade Specimens Within Various Product Lines. *Oper Dent.* 2018; 43(6):642-55.
32. Pereira Sanchez N, Powers JM, Paravina RD. Instrumental and visual evaluation of the color adjustment potential of resin composites. *J Esthet Restor Dent.* 2019 Sep; 31(5):465-70.

33. Eliezer R, Devendra C, Ravi N, Tangutoori T, Yesh S. Omnichroma: One Composite to Rule Them All. *SSRG-IJMS*. 2020; 7(6):6-8.
34. Al-Haj Ali S, Farah R, Aldhafeeri A, Alduraibi I Comparison of Color Difference and Reliability of Two Intraoral Spectrophotometers. *202;20:1-8*
35. Hashemikamangar SS, Hoseinpour F, Kiomarsi N, Dehaki MG, Kharazifard MJ. Effect of an Optical Whitening Toothpaste on Color Stability of Tooth-Colored Restorative Materials. *Eur J Dent*. 2020 Feb; 14(1):85-91.
36. Zhao X, Zanetti F, Wang L, Pan J, Majeed S, Malmstrom H, Peitsch MC, Hoeng J, Ren Y. Effects of different discoloration challenges and whitening treatments on dental hard tissues and composite resin restorations. *J Dent*. 2019; 89:103182.
37. Alkhadim YK, Hulbah MJ, Nassar HM. Color Shift, Color Stability, and Post-Polishing Surface Roughness of Esthetic Resin Composites. *Materials (Basel)*. 2020 Mar 18; 13(6):1376.
38. Duc O, Betrisey E, Di Bella E, Krejci I, Ardu S. Staining susceptibility of recently developed resin composite materials. *J Clin Adv Dent*. 2018; 2: 1-7.
39. Fernandes, M. M. V. Influência da angulação de aparelhos fotopolimerizadores sobre a microdureza de uma resina composta com diferentes opacidades. 2021. il. Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
40. Vitória LA, Santos SRB, Donato TR, Cavalcanti AN, Mathias P. Diffusion dynamics of three composite resin exposed to various means present in daily life of patients. *Int J Dev Res*. 2018; 4(4):20092-8
41. Zimmerli B, Koch T, Flury S, Lussi A. The influence of toothbrushing and coffee staining on different composite surface coatings. *Clin Oral Investig*. 2012; 16(2):469-79. doi:10.1007/s00784-011-0522-2.
42. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T et al. Effects of diferente drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2005; 94:118–24.
43. Ozkanoglu S, G Akin EG. Evaluation of the effect of various beverages on the color stability and microhardness of restorative materials. *Niger J Clin Pract* 2020; 23:322-8.
44. Tuncer D, Karaman E, Firat E. Does the temperature of beverages affect the surface roughness, hardness, and color stability of a composite resin?. *Eur J Dent* 2013; 7:165-71.
45. Geha O, Inagaki LT, Favaro JC, Gonzalez AHM, Guiraldo RD, Lopes, MB, Berger SB. Effect of Chemical Challenges on the Properties of Composite Resins. *International Journal of Dentistry*. 2021;1-8
46. Turgut S, Kılınç H, Ulusoy KU, Bagis B. The Effect of Desensitizing Toothpastes and Coffee Staining on the Optical Properties of Natural Teeth and Microhybrid Resin Composites: An In-Vitro Study. *Biomed Res Int*. 2018; 23:9673562.
47. Maucoski C, Price RB, Arrais CAG. Temperature changes and hardness of resin-based composites light-cured with laser diode or light-emitting diode curing lights. *Odontology*. 2022 Oct 3. doi: 10.1007/s10266-022-00745-1.
48. Soares CJ, Braga S, Price RB. Relationship Between the Cost of 12 Light-curing Units and Their Radiant Power, Emission Spectrum, Radiant Exitance, and Beam Profile. *Oper Dent*. 2021; 46(3):283-92.

49. Khashayar G, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Data comparison between two dental spectrophotometers. *Oper Dent.* 2012; 37(1):12-20.
50. Davidovich L. Os quanta de luz e a ótica quântica. *Rev Bras Ensino Fís.* 2015; 37(4):4201-05.



Instituto de Ciências da Saúde
Programa de Pós Graduação
Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas
Avenida Reitor Miguel Calmon s/n - Vale do Canela. CEP: 40110-100
Salvador, Bahia, Brasil

<http://www.ppgorgsistem.ics.ufba.br>