

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Ciências de Saúde
Departamento de Odontologia



Trabalho de Conclusão de Curso

O efeito de diferentes opacidades na estabilidade da cor de compósitos utilizados
em Odontologia: Um estudo *in vitro*

João Pedro Alves da Costa

Brasília, 28 de novembro de 2025

João Pedro Alves da Costa

O efeito de diferentes opacidades na estabilidade de cor de compósitos utilizados
em Odontologia: Um estudo *in vitro*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Odontologia da Faculdade
de Ciências da Saúde da Universidade de
Brasília, como requisito parcial para a conclusão
do curso de Graduação em Odontologia

Orientadora: Fernanda Cristina Pimentel Garcia

Coorientador: Leonardo Fernandes da Cunha

Brasília, 2025

João Pedro Alves da Costa

**O efeito de diferentes opacidades na estabilidade de cor de compósitos
utilizados em Odontologia: Um estudo *in vitro***

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial para a conclusão do curso de Graduação em Odontologia, Departamento de Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Data da defesa: 28/11/2025

Banca examinadora:

Prof.^a Dra. Fernanda Cristina Pimentel Garcia (orientadora)

Prof.^a Dra. Liliana Vicente Melo de Lucas Rezende

Me. Amanda Tauchen Filgueiras

Prof. Dr. Rodrigo Antonio de Medeiros

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Senhor, que, ao longo dessa jornada, me acompanhou e me guiou todos os dias, me dando a graça de enxergar o seu amor por mim. Sua misericórdia, também expressa nas bênçãos as quais menciono a seguir, me trouxe até aqui.

Aos meus pais, que dedicaram a mim seu esforço, seu apoio e um amor sem medidas, devo a felicidade de viver e de concluir este projeto. Graças a tudo isso, pude viver, com qualidade, tantos sonhos e experiências que fazem de mim quem sou hoje. Todas as minhas conquistas serão devidas a vocês e, com cada uma delas, sempre os carregarei comigo, com carinho.

Aos meus irmãos, por cuja dádiva da vida me abraçam desde sempre, e que, mesmo indiretamente, abdicaram de desejos para que essa conquista fosse possível, sou profundamente grato. Agradeço pelo apoio, pela compreensão e pela felicidade da presença, que é inspiração na minha vida.

À minha dupla de graduação, Welliton, expresso admiração, carinho e orgulho. Sua companhia me deu ânimo e coragem nos dias mais pesados, além de incentivo para continuar e arriscar quando me faltava fé. Com você compartilhei as descobertas e as inseguranças de viver tantas primeiras vezes, e foi ao seu lado, nas horas que só nós dois vivíamos – entre dúvidas, decisões, erros, acertos e a cumplicidade clínica – que, de fato, me formei cirurgião-dentista. Sou grato por ter sido você quem me acompanhou e dividiu comigo esse percurso de forma tão íntima e especial.

Aos colegas apresentados a mim pela Odontologia, especialmente àqueles que me presentearam com o prazer da convivência mais íntima - Daniel, Francisco Pedro, Isabella, Júlia Maria, Mariane, Renata, Thiago e Victor Emanuel -, obrigado por terem sido minha alegria e meu conforto cotidianos. Cada um à sua maneira deixou marcas que levarei para sempre junto de mim, e, com toda a certeza, os meus dias foram os melhores devido à sua presença neles. Sou grato pelo carinho e pela honra de tê-los tido como contemporâneos nessa jornada.

Aos meus amigos mais que amigos, os meus irmãos escoteiros, que, mesmo fora do contexto odontológico, sempre estiveram comigo, meu reconhecimento sincero e meu agradecimento profundo. Sua existência em minha vida tem valor imensurável, me apoia e dá conteúdo diariamente, é uma das partes mais bonitas de mim.

À minha comunidade, por ser memorial constante do amor de Deus, expresso minha gratidão. Por meio de sua convivência, inúmeras graças me alcançaram, fazendo-me um homem novo, capaz de reconhecer suas debilidades e de buscar a redenção pelo perdão.

Aos meus mestres, em especial aos meus orientadores, meu agradecimento por todos os ensinamentos, atenção e cuidado prestados durante esse período. Sua passagem marca, de forma brilhante e inspiradora, a fundamentação e o início da minha jornada nesta linda profissão à qual me dedicarei daqui em diante.

Por fim, dedico-me a destacar minha gratidão à Universidade de Brasília e à educação pública, gratuita e de qualidade, da qual usufrui, com grande privilégio, ao longo de minha vida. Em contextos alimentados pela desigualdade, as oportunidades são uma chance de diminuir os abismos sociais e reescrever histórias.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a influência da opacidade de resinas compostas na estabilidade de cor, e o desempenho das fórmulas ΔE_{ab} e ΔE_{00} na detecção de alterações cromáticas. **Materiais e Métodos:** Foram confeccionados 180 espécimes ($n=20$ por grupo) distribuídos em três opacidades (translúcida/incisal, esmalte e dentina) e três resinas compostas comerciais (Vittra APS, da FGM, Harmonize e Herculite Précis, da Kerr). Os espécimes (7 mm x 1 mm) foram obtidos utilizando uma matriz de politetrafluoretileno posicionada entre lâminas de vidro e fotopolimerizados com o aparelho Bluephase N (650 mW/cm²/40s). Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37 °C até o momento de avaliação de cor. As leituras foram realizadas com espectrofotômetro digital EasyShade após 24h (baseline), 30, 60 e 90 dias. A estabilidade cromática foi determinada pela variação de cor (ΔE) calculada segundo os sistemas CIELab* (ΔE_{ab}) e CIEDE2000 (ΔE_{00}). Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) a três critérios (opacidade, resina e tempo), seguida do teste de Bonferroni (5%). **Resultados:** Todas as resinas apresentaram alterações cromáticas perceptíveis ($\Delta E_{00} > 2.25$) após 90 dias. Após 30 dias, a Herculite Précis apresentou os menores valores de alteração de cor para a opacidade esmalte ($\Delta E_{00} = 1,69 \pm 0,86$). A Vittra APS exibiu os maiores valores aos 60 e 90 dias ($\Delta E_{00} = 5,09 \pm 1,77$ e $5,12 \pm 1,62$, respectivamente). A Herculite Précis manteve o melhor desempenho, especialmente para esmalte ($\Delta E_{00} = 3,49 \pm 1,10$ aos 90 dias), enquanto a Harmonize apresentou comportamento intermediário. A opacidade dentina exibiu os maiores valores de variação cromática em todas as resinas avaliadas (ΔE_{00} máximo de $7,59 \pm 1,24$). **Conclusões:** A estabilidade de cor das resinas compostas foi influenciada pela interação entre opacidade, tipo de resina e tempo. As resinas mais translúcidas apresentaram menor alteração cromática ao longo do período avaliado.

Palavras-chave: Cor; Materiais Dentários; Odontologia; Resina composta.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the influence of composite resin opacity on color stability, and to analyze the performance of the ΔE_{ab} and ΔE_{00} formulas in detecting color changes. **Materials and Methods:** A total of 180 specimens ($n = 20$ per group) were fabricated using three opacity levels (translucent/incisal, enamel, and dentin) and three commercial composite resins: Vittra APS (FGM), Harmonize (Kerr), and Herculite Précis (Kerr). Specimens ($7 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$) were prepared using a polytetrafluoroethylene mold between glass slides and light-cured with a Bluephase N unit (650 mW/cm^2 for 40 s). All specimens were stored in distilled water at 37°C until color evaluation. Color measurements were performed using an EasyShade digital colorimeter at 24 hours (baseline), 30, 60, and 90 days. Color stability was assessed through color variation (ΔE) according to the CIE system, using both ΔE_{ab} and ΔE_{00} . Data were analyzed using a three-way ANOVA (opacity, resin, and time), followed by Bonferroni post-hoc testing ($\alpha = 0.05$). **Results:** All composite resins exhibited clinically perceptible color changes ($\Delta E_{00} > 2.25$) after 90 days. At 30 days, Herculite Précis showed the lowest color variation for the enamel opacity ($\Delta E_{00} = 1.69 \pm 0.86$), whereas Vittra presented the highest values at 60 and 90 days ($\Delta E_{00} = 5.09 \pm 1.77$ and 5.12 ± 1.62 , respectively). Herculite Précis demonstrated the best overall performance, particularly for the enamel shade ($\Delta E_{00} = 3.49 \pm 1.10$ at 90 days), while Harmonize displayed intermediate values. Dentin-shade specimens exhibited the greatest color changes (ΔE_{00} up to 7.59 ± 1.24). **Conclusions:** Color stability was influenced by the interaction among composite resin brand, opacity, and aging time. More translucent shades exhibited less color alteration over time.

Keywords: Color; Composite resin; Dental materials; Dentistry.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.2. PROTOCOLO DE IMERSÃO E LEITURA DE COR.....	14
2.3. AVALIAÇÃO DE COR	14
3. RESULTADOS	16
4. DISCUSSÃO	19
4.1 IMPLICAÇÕES CLÍNICAS E LIMITAÇÕES DO ESTUDO	21
5. CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS	24
APÊNDICE A – ANOVA Mista de Três Vias (ΔE_{00})	29

1. INTRODUÇÃO

As resinas compostas possibilitam restaurações adesivas com preparos minimamente invasivos, boa durabilidade, custo relativamente baixo e, principalmente, excelentes propriedades estéticas. Atualmente, a estética é a principal demanda no atendimento odontológico, superada apenas pelos procedimentos de alívio da dor [1-4]. Assim, a combinação dessas vantagens tornou a resina composta o material de escolha para restaurações tanto de dentes posteriores quanto de anteriores. Estas últimas, no entanto, envolvem maiores exigências estéticas, como a capacidade de mimetizar e mascarar os substratos subjacentes de forma eficiente, o que depende de variações na forma e na textura, mas especialmente na cor do material. Questões relacionadas à cor são responsáveis por 38% da insatisfação dos pacientes [5], tornando a estabilidade de cor um fator crítico e desafiador que define o sucesso ou o fracasso das restaurações a longo prazo [4].

A instabilidade de cor em resinas compostas pode decorrer de fatores intrínsecos, como a composição estrutural e as reações físico-químicas na matriz do material, ou extrínsecos, relacionados ao meio bucal, como hábitos de higiene, uso de tabaco e padrões dietéticos [6-8]. Essas condições afetam as propriedades cromáticas, determinadas pelas variações de matiz, valor, croma e translucidez/opacidade, características influenciadas tanto pela matriz orgânica (responsável pela estabilidade de cor) quanto pela carga inorgânica (relacionada à dureza, resistência e translucidez) [9].

A crescente demanda por restaurações altamente estéticas reforça a necessidade de compreender e aprimorar a estabilidade de cor das resinas compostas. Embora estudos anteriores, como o de Uchida et al. (1998) [7], tenham relatado maior descoloração em tons mais claros (ou seja, menor croma), a literatura ainda carece de avaliações consistentes sobre como as características de valor, matiz e opacidade influenciam esse fenômeno.

A avaliação da cor em odontologia, quando feita visualmente, é subjetiva, pois depende de fatores como percepção e fadiga do observador, textura da superfície, desidratação dentária, escala de cores, iluminação, idade, sexo e até distúrbios visuais [10, 11]. Para superar essa limitação, métodos digitais, como espectrofotômetros, colorímetros, análise de imagem assistida por software e o sistema de cores CIELab, têm sido amplamente empregados [12-14]. Através dele as

diferenças de cor (ΔE) podem ser calculadas, sendo as fórmulas ΔE_{ab} e ΔE_{00} as mais comumente utilizadas para avaliar a estabilidade de cor em pesquisas odontológicas [11, 15-17].

Apesar dos avanços nos métodos instrumentais, como o espectrofotômetro e o sistema CIELab, ainda há a necessidade de aprofundar a compreensão sobre a influência de fatores intrínsecos específicos na estabilidade cromática das resinas. Além disso, a comparação entre o desempenho das fórmulas ΔE_{ab} e ΔE_{00} é fundamental para garantir relevância clínica e precisão da metodologia. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar e comparar a estabilidade de cor de diferentes resinas compostas, incluindo a opacidade como variável, e analisar o desempenho das fórmulas ΔE_{ab} e ΔE_{00} na detecção de alterações cromáticas. A hipótese nula testada foi de que a opacidade das resinas compostas não exerce influência significativa sobre sua estabilidade de cor ao longo do tempo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 SELEÇÃO DOS COMPÓSITOS E PREPARAÇÃO DOS ESPÉCIMES

Foram avaliadas três opacidades (translúcida/incisal, esmalte e dentina) de três marcas comerciais de compósitos restauradores: Harmonize (Kerr Corporation, Orange, USA) na cor A2, Herculite Précis (Kerr Corporation, Orange, USA) na cor A2 e Vittra APS (FGM, Joinville, Brasil) na cor A1. A composição estrutural desses materiais está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1A - Composição estrutural das resinas compostas (Resina, Opacidade, Descrição)

Resina	Opacidade	Descrição
Herculite Précis™ (Kerr)	Dentina, Esmalte e Incisal (Translúcida)	Resina composta fotopolimerizável nanohíbrida universal
Harmonize™ (Kerr)	Dentina, Esmalte e Translúcida	Resina composta fotopolimerizável nanohíbrida universal.
Vittra APS® (FGM)	Dentina, Esmalte e Translúcida	Resina composta nanohíbrida universal fotopolimerizável com sistema APS (Advanced Polymerization System)

Tabela 1B - Composição estrutural das resinas compostas (Composição, Monômero)

Composição	Monômero
Cargas de vidro e sílica tratadas com silano (aprox. 75–80% em peso), pigmentos e iniciadores fotossensíveis.	Bis-GMA, UDMA e TEGDMA (monômeros metacrílicos).
Vidro de bário, sílica, óxidos mistos, trifluoreto de itérbio; partículas entre 40 nm e 6 µm (dentina/esmalte) e até 30 µm (translúcidas). Conteúdo inorgânico ~75% em peso (55% em volume).	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA e/ou TEGDMA.
Vidro radiopaco silanizado (40–60%), dióxido de silício (20–30%), monômeros metacrílicos (15–25%), sistema fotoiniciador APS (<1%), estabilizantes e pigmentos (<1%).	UDMA, TEGDMA (livre de Bis-GMA e Bis-EMA).

Ao todo, 180 discos (n = 20 por grupo) foram confeccionados, cada um medindo 7 mm de diâmetro e 1 mm de espessura. O tamanho amostral foi definido com base

em estudos prévios com desenho experimental e tamanho de efeito semelhantes, os quais relataram poder estatístico adequado para $n = 20$ por grupo [6, 18, 19].

Conforme ilustra a figura 1, os compósitos foram inseridos em incrementos únicos em um molde cilíndrico de politetrafluoretileno (20 mm de diâmetro total e 1 mm de espessura), que possuía uma cavidade circular central (7 mm de diâmetro) utilizada para moldar os espécimes. O conjunto foi posicionado sobre uma lâmina de vidro de 1 mm de espessura coberta por uma tira de poliéster (Mylar strip), sobre a qual um segmento de fio dental foi colocado para criar uma impressão na superfície inferior do disco, a fim de padronizar o lado sobre o qual as avaliações de cor seriam realizadas. Em seguida, os moldes foram posicionados sobre o fio dental e preenchidos com o incremento de resina. Uma segunda tira de poliéster e outra lâmina de vidro foram colocadas sobre o molde, aplicando-se pressão digital contínua para extravar o excesso de material e obter uma superfície lisa. Os espécimes foram fotoativados, por 40 segundos cada, utilizando um aparelho Bluephase N (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), com irradiância de 650 mW/cm^2 . Não foram utilizados métodos de polimento nos espécimes, uma vez que a tira de poliéster junto à placa de vidro produz uma elevada lisura superficial e evita variações de espessura entre os espécimes.

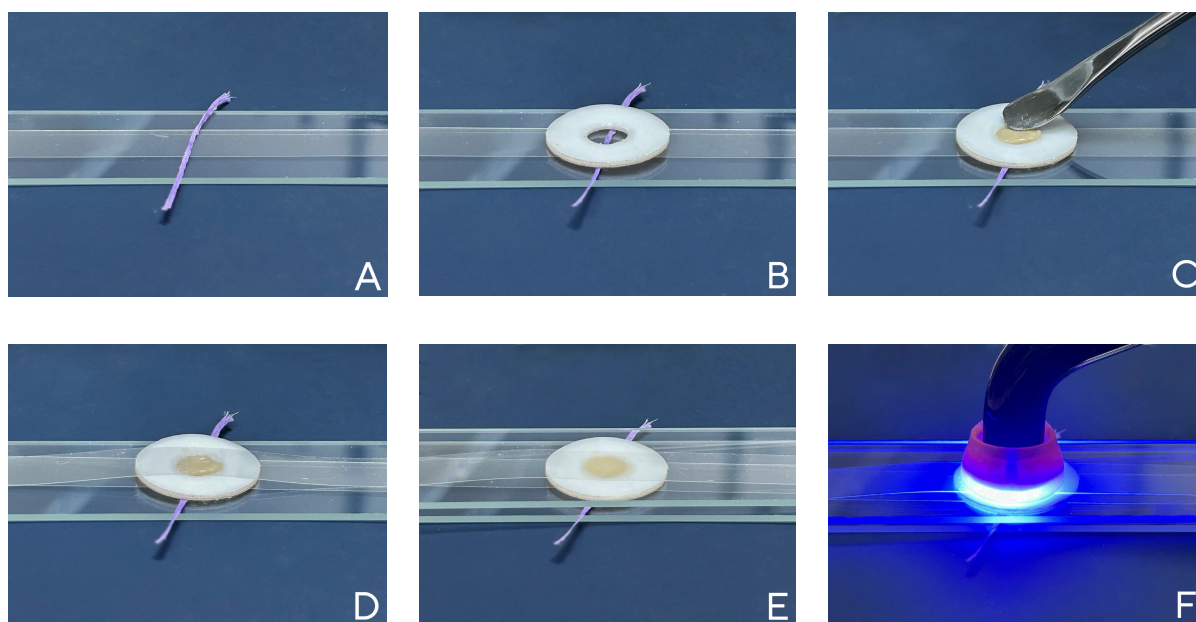


Figura 1 - Confeção dos espécimes: (A) Posicionamento da lâmina de vidro, da tira de poliéster e do fio; (B) Posicionamento do disco; (C) Inserção do incremento de resina composta; (D) Posicionamento da segunda tira de poliéster; (E) Posicionamento da segunda lâmina de vidro; (F) Fotoativação

2.2. PROTOCOLO DE IMERSÃO E LEITURA DE COR

Após a remoção dos moldes e sem qualquer tipo de polimento, todos os espécimes foram armazenados em água destilada em incubadora a 37 °C por 24 h. A primeira avaliação de cor (baseline) foi realizada após esse período utilizando um espectrofotômetro EasyShade (Vita Zahnfabrik, Alemanha). As leituras foram obtidas com os espécimes posicionados sobre um fundo plano e padronizado, com a sonda óptica do dispositivo leitor colocada a 90° em relação à superfície oposta à marca deixada pelo fio dental. Para cada leitura, foram registrados os valores de L*, a* e b* de cada espécime. O dispositivo foi calibrado antes de cada grupo experimental e sempre que indicado ser necessário pelo aparelho. Os espécimes foram então mantidos sob as mesmas condições, e novas medições foram realizadas após 30, 60 e 90 dias, seguindo o mesmo protocolo, pelos mesmos avaliadores (JPAC e JMSM)

2.3. AVALIAÇÃO DE COR

As medições foram baseadas no espaço de cor Lab* definido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). Esse sistema representa a cor em três coordenadas: L* (luminosidade, variando de 0 = preto a 100 = branco), a* (verde a vermelho, com valores negativos indicando verde e positivos indicando vermelho) e b* (azul a amarelo, com valores negativos indicando azul e positivos indicando amarelo). Para cores neutras, os valores de a* e b* mantêm-se próximos de zero, aumentando à medida que as cores se tornam mais saturadas ou intensas.

As diferenças de cor (ΔE) decorrentes do envelhecimento foram calculadas para cada grupo aos 30, 60 e 90 dias em relação ao baseline, utilizando as fórmulas ΔE_{ab} e ΔE_{00} :

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{K_C S_C} \frac{\Delta H'}{K_H S_H}}$$

A interpretação das diferenças de cor seguiu os limiares de perceptibilidade e aceitabilidade definidos em estudos anteriores [20–22]. Esses limiares correspondem a valores de ΔE_{ab} de 1,8 e 3,3, e a valores de ΔE_{00} de 1,3 e 2,25, respectivamente. No presente estudo, adotou-se $\Delta E_{00} = 2,25$ como limiar de aceitabilidade clínica.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram avaliados inicialmente pelo teste de normalidade de Shapiro–Wilk. Em seguida, foram analisados por meio de uma ANOVA mista de três vias, considerando os fatores marca (Vittra APS FGM, Herculite Précis Kerr e Harmonize Kerr) e opacidade (esmalte, dentina e incisal/translúcida) como fatores entre os sujeitos, e tempo (30, 60 e 90 dias) como fator intra-sujeitos. Foram examinados os efeitos principais, as interações bidirecionais e a interação tridirecional entre esses fatores.

Quando identificadas diferenças estatisticamente significativas, aplicou-se o pós-teste de Bonferroni com nível de significância ajustado ($\alpha = 0,025$). O nível global de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$).

As análises estatísticas foram conduzidas no IBM SPSS Statistics (versão 31.0.1.0). A tabela completa da ANOVA Mista de Três Vias encontra-se no Apêndice.

3. RESULTADOS

De acordo com a análise estatística, ANOVA mista de três vias, houve diferenças estatisticamente significativas entre as marcas, os tipos de resina e os tempos de envelhecimento ($p < 0,05$).

A análise da estabilidade de cor das resinas compostas, utilizando os sistemas de medição ΔE_{00} e ΔE_{ab} , revelou resultados detalhados sobre o desempenho dos materiais de acordo com a marca, o tipo de resina e o tempo de envelhecimento artificial [Tabela 2 e Tabela 3].

De forma geral, todos os compósitos avaliados apresentaram alterações cromáticas clinicamente perceptíveis ($\Delta E_{00} > 2.25$) após o período de envelhecimento artificial. As variações ocorreram em todos os tipos de resina e para todas as marcas.

Os resultados obtidos com os sistemas de medição ΔE_{00} e ΔE_{ab} apresentaram um padrão de comportamento semelhante, reforçando a confiabilidade dos dados. No entanto, os valores absolutos de ΔE_{ab} foram consistentemente mais elevados do que os de ΔE_{00} para os mesmos espécimes e tempos de avaliação. Apesar dessas diferenças numéricas, a ordem de desempenho entre as marcas e os tipos de resina foi mantida em ambas as escalas. A estabilidade de cor foi significativamente influenciada pela marca da resina. Os grupos da marca Vittra APS (FGM) apresentaram os maiores valores médios de ΔE_{00} em 60 e 90 dias, sugerindo menor estabilidade de cor ao longo do tempo. Por exemplo, no tipo esmalte, a variação foi de 5.09 ± 1.77 em 60 dias.

A Herculite Précis (KERR) mostrou os menores valores médios na maior parte dos grupos, especialmente no tipo esmalte (3.49 ± 1.10 em 90 dias), indicando o melhor desempenho cromático e maior estabilidade de cor.

A resina Harmonize (KERR) apresentou um desempenho intermediário, com maior variação nos tipos dentina e esmalte (6.54 ± 1.69 e 4.42 ± 1.18 , em 90 dias), mas com um desempenho favorável no tipo incisal/translúcido (2.84 ± 0.73 , em 90 dias).

A opacidade da resina influenciou diretamente a estabilidade de cor dentro de cada marca. O tipo dentina apresentou as maiores alterações de cor (valor médio de 6.05, para 90 dias) em comparação com os tipos esmalte e incisal/translúcido (valores

médios para 90 dias de 4.34 e 3.89, respectivamente), sendo estes, portanto, os tipos que demonstraram, de forma geral, maior estabilidade cromática.

Tabela 2 - Valores de Média e Desvio Padrão (DP) de ΔE_{00} por Tipo de resina, Resina e Tempo

Tipo de resina	Resina	ΔE_{00} 30 dias	ΔE_{00} 60 dias	ΔE_{00} 90 dias
Esmalte	Vittra APS [®] (FGM)	2,89 ± 0,84 ^{aA}	5,09 ± 1,77 ^{aA}	5,12 ± 1,62 ^{aA}
	Herculite Précis [™] (Kerr)	1,69 ± 0,86 ^{aA}	2,51 ± 1,15 ^{bA}	3,49 ± 1,10 ^{bcA}
	Harmonize [™] (Kerr)	1,96 ± 1,02 ^{aA}	5,06 ± 1,31 ^{aA}	4,42 ± 1,18 ^{acA}
Dentina	Vittra APS [®] (FGM)	2,99 ± 1,78 ^{aA}	6,75 ± 2,75 ^{aB}	4,03 ± 1,20 ^{aBc}
	Herculite Précis [™] (Kerr)	4,69 ± 2,73 ^{bB}	4,19 ± 2,83 ^{bB}	7,59 ± 1,24 ^{bB}
	Harmonize [™] (Kerr)	6,14 ± 2,38 ^{cB}	6,22 ± 2,18 ^{aB}	6,54 ± 1,69 ^{cB}
Incisal/ Translúcida	Vittra APS [®] (FGM)	3,85 ± 1,60 ^{aA}	4,77 ± 2,20 ^{aA}	4,82 ± 1,77 ^{aAc}
	Herculite Précis [™] (Kerr)	3,71 ± 1,06 ^{aB}	4,41 ± 0,76 ^{aB}	3,92 ± 1,12 ^{aA}
	Harmonize [™] (Kerr)	2,31 ± 0,53 ^{bA}	2,17 ± 0,73 ^{aB}	2,84 ± 0,73 ^{bc}

Letras minúsculas diferentes nas linhas das tabelas indicam diferenças significativas entre as marcas para o mesmo tipo de resina e tempo. As letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre os tipos de resina, para a mesma marca e tempo.

Tabela 3 - Valores de Média e Desvio Padrão (DP) de ΔE_{ab} por Tipo de resina, Resina e Tempo

Tipo de resina	Resina	ΔE_{ab} 30 dias	ΔE_{ab} 60 dias	ΔE_{ab} 90 dias
Esmalte	Vittra APS [®] (FGM)	3,26 ± 1,27 ^{aA}	6,21 ± 2,25 ^{aA}	6,50 ± 1,62 ^{aA}
	Herculite Précis [™] (Kerr)	2,42 ± 1,01 ^{bA}	4,26 ± 1,40 ^{bA}	4,67 ± 1,16 ^{bA}
	Harmonize [™] (Kerr)	2,71 ± 1,06 ^{aA}	5,83 ± 1,42 ^{aA}	4,73 ± 1,26 ^{bA}
Dentina	Vittra APS [®] (FGM)	3,66 ± 1,50 ^{aB}	7,27 ± 2,19 ^{aB}	4,70 ± 1,14 ^{aB}
	Herculite Précis [™] (Kerr)	5,05 ± 2,37 ^{bB}	5,24 ± 2,21 ^{bB}	8,11 ± 1,03 ^{bB}
	Harmonize [™] (Kerr)	6,52 ± 1,74 ^{cB}	6,33 ± 1,78 ^{aB}	6,84 ± 1,78 ^{cB}
Incisal/ Translúcida	Vittra APS [®] (FGM)	4,63 ± 1,33 ^{aA}	6,18 ± 1,80 ^{aA}	5,94 ± 1,70 ^{aA}
	Herculite Précis [™] (Kerr)	4,12 ± 0,76 ^{aB}	5,11 ± 0,89 ^{aB}	4,71 ± 1,01 ^{aA}
	Harmonize [™] (Kerr)	3,13 ± 0,63 ^{bA}	3,07 ± 0,59 ^{bB}	3,45 ± 0,62 ^{bA}

Letras minúsculas diferentes nas linhas das tabelas indicam diferenças significativas entre as marcas para o mesmo tipo de resina e tempo. As letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre os tipos de resina, para a mesma marca e tempo

4. DISCUSSÃO

A hipótese nula foi rejeitada, uma vez que a opacidade influenciou significativamente a estabilidade de cor. A confirmação estatística foi dada pela presença de uma interação de três vias significativa entre os fatores Tempo, Opacidade e Marca ($p < 0,0005$). Os resultados obtidos por ambas as fórmulas de ΔE demonstraram que as alterações de cor foram clinicamente perceptíveis em todas as resinas e opacidades e em todos os tempos de avaliação.

As avaliações pelas fórmulas ΔE_{00} e ΔE_{ab} mostraram mudanças semelhantes nos valores de cor dos grupos. No entanto, os valores absolutos de ΔE_{ab} , embora refletindo o mesmo comportamento de ΔE_{00} , foram consistentemente maiores. A diferença entre as fórmulas pode ser parcialmente atribuída ao fato de que ΔE_{00} incorpora ajustes perceptuais com funções de ponderação relacionadas a luminosidade (SL), croma (SC) e matiz (SH), aproximando mais a medida da percepção visual humana. Dessa forma, os valores obtidos por ΔE_{00} tendem a ser mais clinicamente relevantes, apresentando aproximadamente 95% de concordância com avaliações visuais, enquanto ΔE_{ab} , que não considera essas ponderações perceptuais, alcança cerca de 75% de concordância [17]. ΔE_{ab} parte do pressuposto de que a percepção de cor é uniforme em todo o espaço de cor, uma limitação superada por ΔE_{00} , que ajusta os valores de diferença de cor com base na posição da amostra no espaço, alinhando-os à percepção visual e permitindo interpretar diferenças de cor em relação aos limiares de perceptibilidade e aceitabilidade [16, 22].

Todos os grupos experimentais apresentaram valores de ΔE_{00} superiores ao limiar de aceitabilidade clínica de 2,25 ao fim do período de envelhecimento (90 dias), indicando alterações de cor visualmente perceptíveis e clinicamente inaceitáveis. Esse limite foi estabelecido por estudos que relacionaram medidas instrumentais de diferença de cor a avaliações visuais feitas por observadores humanos, definindo como limiares de perceptibilidade e aceitabilidade $\Delta E_{00} = 1,3$ e 2,25, e $\Delta E_{ab} = 1,8$ e 3,3, respectivamente [20-22]. Portanto, independentemente da fórmula empregada, os resultados do envelhecimento sofrido pelas resinas no presente estudo ultrapassaram os limites de aceitabilidade clínica.

A análise das marcas feita por ANOVA ($p < 0,05$) revelou diferenças significativas na estabilidade de cor. A resina Vittra APS, nos tipos esmalte e incisal/translúcida, apresentou, aos 90 dias, as maiores alterações cromáticas, com

os piores valores numéricos absolutos para ΔE_{00} ($5,12 \pm 1,62$ e $4,82 \pm 1,77$, respectivamente), e diferença significativa entre as três marcas para ΔE_{ab} ($6,50 \pm 1,62$). Esse desempenho pode estar relacionado a dois fatores principais: o sistema fotoiniciador APS e a presença de monômeros hidrofílicos, que aumentam a sorção de água e a suscetibilidade à degradação hidrolítica [24, 25]. Essa absorção de água, além de promover expansão higroscópica, facilita a difusão de corantes na matriz, intensificando a alteração cromática [26]. Esse efeito é agravado em formulações com menor conteúdo de carga inorgânica, o que aumenta a absorção de água [27, 28], e com matriz orgânica mais permeável, como observado em Vittra APS, que apresenta menor conteúdo de carga que Herculite Précis (Kerr).

Em contraste, Herculite Précis (Kerr) apresentou a melhor estabilidade de cor na maioria dos grupos, com diferença significativa aos outros grupos nos tipos de esmalte e dentina, para o período de 60 dias. Sua composição nanohíbrida, com alta e uniforme distribuição de carga inorgânica e menor presença de monômeros hidrofílicos na matriz, resulta em menor sorção de água e, conseqüentemente, maior integridade superficial, reduzindo a probabilidade de alteração de cor [28]. Prodan et al. [6] confirmam essa característica, associando maior conteúdo de carga e opacidade a menor mudança cromática.

A resina Harmonize, que utiliza a tecnologia ART (Adaptive Response Technology) com nanopartículas esféricas, apresentou estabilidade geral intermediária, mas bom desempenho na cor incisal/translúcida. Essa configuração contribui para menor irregularidade superficial e maior quantidade efetiva de carga, reduzindo a descoloração em comparação com materiais convencionais [29]. No entanto, tipos com maior croma, como dentina e esmalte, mostraram maior propensão a alterações perceptíveis ao longo do tempo.

A opacidade impactou diretamente a estabilidade de cor. A cor dentina, de pigmentação e opacidade maiores, apresentou maior alteração de cor, com diferença significativa em todas as marcas, no período de 90 dias. Isso ocorre porque sua menor translucidez dificulta a difusão da luz e pode favorecer degradações localizadas. Conforme reforçado por Prodan et al. [6], opacidades elevadas reduzem o efeito da sorção de água sobre a estética.

A estabilidade de cor é um fenômeno multifatorial, determinado por fatores intrínsecos e extrínsecos [6–8]. No presente estudo, que utilizou envelhecimento artificial apenas em água destilada, os achados sugerem que os fatores intrínsecos

dos compósitos, especialmente a composição da matriz orgânica e das partículas de carga, exercem papel predominante na manutenção da estética ao longo do tempo. A descoloração pode ocorrer pela oxidação dos componentes orgânicos da matriz ou pela absorção de água, a qual desencadeia degradação da fase resinosa, descolamento das partículas de carga, degradação hidrolítica da fase inorgânica e alteração do índice de refração do material [24]. Estudos demonstram que a absorção de água aumenta à medida que diminui o teor de carga inorgânica, tornando a matriz mais suscetível à difusão de corantes [1, 2, 8]. Alencar et al. [27] destacaram que a absorção de água facilita a penetração de corantes na fase orgânica, intensificando o escurecimento do material. Dessa forma, o aumento dos valores de ΔE observado pode ser atribuído tanto ao caráter hidrofílico da matriz, que favorece a difusão de moléculas pigmentantes, quanto às características estruturais dos compósitos, incluindo o tamanho, a distribuição e o conteúdo das partículas de carga.

4.1 IMPLICAÇÕES CLÍNICAS E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Os achados deste estudo têm implicações diretas na prática clínica. A escolha do tipo de resina (incisal/translúcida, dentina ou esmalte) e da marca pode impactar significativamente a longevidade estética da restauração, especialmente em regiões anteriores, quando técnicas de estratificação são utilizadas [30]. Esses achados possuem relevância direta para a prática clínica, pois auxiliam o profissional na seleção da opacidade mais adequada da resina composta a fim de otimizar a estabilidade de cor ao longo do tempo.

Por se tratar de um estudo *in vitro*, os resultados podem não refletir completamente as condições complexas do ambiente bucal, que incluem variações de temperatura, pH, abrasão e a presença de diferentes substâncias pigmentantes. A opção metodológica de utilizar unicamente água destilada para o envelhecimento acelerado objetivou garantir condições controladas e padronizar a análise da estabilidade intrínseca das resinas. No entanto, esta metodologia impede a extrapolação dos achados para a pigmentação extrínseca que ocorre no ambiente bucal, onde o manchamento é um fator clínico relevante. Pesquisas futuras podem complementar estes achados avaliando o comportamento de diferentes resinas em distintas soluções corantes por períodos mais longos para uma avaliação mais

abrangente da resistência ao manchamento dos materiais, além da eficácia de protocolos de polimento no controle da pigmentação.

5. CONCLUSÃO

Com os resultados deste estudo, pode-se concluir que a estabilidade de cor das resinas compostas é influenciada de forma significativa pelo tipo de resina, pela opacidade e pelo tempo de envelhecimento, com uma interação tripla estatisticamente comprovada entre estes três fatores. Clinicamente, as resinas do tipo esmalte e translúcido/incisal, especialmente em formulações com maior conteúdo de carga, apresentam melhor estabilidade cromática e, portanto, sua utilização pode ser ponderada quando a manutenção da estética a longo prazo é um objetivo central.

REFERÊNCIAS

1. Fernandes HK, Silva R, Marinho MA, de Souza Oliveira PO, Ribeiro JC, Moyses MR. Evolução da resina composta: revisão da literatura. *Rev Univ Vale Rio Verde*. 2014;12(2):401-11.
2. Evolution of compound resins. RSD [Internet]. 2022 Nov. 14 [cited 2025 Dec. 4];11(15):e191111537182. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37182>
3. Hervás-García A, Martínez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, Barjau-Escribano A, Fos-Galve P. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006;11(2):E215-20. PMID: 16505805.
4. Samra AP, Pereira SK, Delgado LC, Borges CP. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Braz Oral Res*. 2008 Jul-Sep;22(3):205-10. doi: 10.1590/s1806-83242008000300003.
5. Burke EJ, Qualtrough AJ. Aesthetic inlays: composite or ceramic? *Br Dent J*. 1994 Jan 22;176(2):53-60. doi: 10.1038/sj.bdj.4808363.
6. Prodan DA, Gasparik C, Mada DC, Miclăuș V, Băciuț M, Dudea D. Influence of opacity on the color stability of a nanocomposite. *Clin Oral Investig*. 2015 May;19(4):867-75. doi: 10.1007/s00784-014-1315-1.
7. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color stability of dental composites as a function of shade. *J Prosthet Dent*. 1998 Apr;79(4):372-7. doi: 10.1016/s0022-3913(98)70147-7.

8. MATHIAS P, et al. Pigmentação de restaurações de resina composta: Uma revisão de literatura. *Rev Odontol Araçatuba*. 2015; 36(2): 29–35.
9. Silva JC, Silva DR, Barbosa D do N. Estabilidade de cor das resinas compostas: um desafio para a dentística restauradora. *Arch Health Invest* [Internet]. 2017;6(10). [citado 26 de agosto de 2025].
<https://doi.org/10.21270/archi.v6i10.2240>
10. Negrão RS. Sistemas de quantificação e métodos para seleção da cor na odontologia [trabalho de conclusão de curso]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina; 2023.
11. Dental color selection: A clinical analysis of methods, techniques and chromatic challenges in restoring dentistry. *Res Soc Dev*. 2021;10(6):e10010615685.
doi:10.33448/rsd-v10i6.15685.
12. Judeh A, Al-Wahadni A. A comparison between conventional visual and spectrophotometric methods for shade selection. *Quintessence Int*. 2009 Oct; 40(9):e69-79.
13. Kanawati A, Richards MW. Repeatability of a dental shade-matching instrument when compared to traditional visual methods of shade evaluation. *Gen Dent*. 2009 Jul-Aug;57(4):323-7.
14. Gross MD, Moser JB. A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins. *J Oral Rehabil*. 1977 Oct;4(4):311-22. doi: 10.1111/j.1365-2842.1977.tb00997.x.

15. Cruz D. Influência da espessura da camada de esmalte no valor e na cor final de estratificações de resina composta - estudo piloto [trabalho de conclusão de curso]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2023.
16. Suliman S, Sulaiman TA, Olafsson VG, Delgado AJ, Donovan TE, Heymann HO. Effect of time on tooth dehydration and rehydration. *J Esthet Restor Dent*. 2019 Mar;31(2):118-123. doi: 10.1111/jerd.12461. Epub 2019 Feb 23.
17. Gómez-Polo C, Portillo Muñoz M, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martín Casado AM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent*. 2016 Jan;115(1):65-70. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.07.001.
18. Stober T, Gilde H, Lenz P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. *Dent Mater*. 2001;17(1):87–94. doi:10.1016/S0109-5641(00)00065-8
19. Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Ozkan Y, Semiz M. Color stability of a dental composite after immersion in various media. *Dent Mater J*. 2005 Sep;24(3):382-90. doi: 10.4012/dmj.24.382.
20. Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: a comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(2):103-12. doi: 10.1111/jerd.12465.
21. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent*. 2010;38 Suppl 2:e57-64. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.008. Epub 2010 Jul 27.

22. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, Sakai M, Takahashi H, Tashkandi E, Perez Mdel M. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2015 Mar-Apr;27 Suppl 1:S1-9. doi: 10.1111/jerd.12149. Epub 2015 Apr 17.
23. Luo M, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Res Appl*. 2001;26:340-50. doi:10.1002/col.1049.
24. Carvalho AC, Alves CC, Silva COG, Palma-Dibb RG, Martins VRG, Lepri CP. Alteração de Cor de Resinas Compostas Imersas em Diferentes Bebidas. *J. Health Sci*. 2017 dez 30 [citado 2025 ago 31];19(4):221-7. Doi: 10.17921/2447-8938.2017v19n4p221-227
25. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater*. 2006 Mar;22(3):211-22. doi: 10.1016/j.dental.2005.05.005.
26. Ardu S, Duc O, Di Bella E, Krejci I, Daher R. Correction to: Color stability of different composite resins after polishing. *Odontology*. 2018 Jul;106(3):350. doi: 10.1007/s10266-018-0350-9. Erratum for: *Odontology*. 2018 Jul;106(3):328-333. doi: 10.1007/s10266-017-0337-y.
27. Alencar C, Lins R, Monteiro B, et al. Influence of water sorption on color stability of composite resins: an *in vitro* study. *BMC Oral Health*. 2023;23:515. doi:10.1186/s12903-023-03515-9.
28. Kim K, Lee S, Lee JH, Ryu JJ. Comparison of the color stability and water sorption of dental resin composites. *Materials (Basel)*. 2022;15(19):6710. doi:10.3390/ma15196710.

29. Attia A, El-Naggar M, Farag A, El-Sherbiny I. The effect of saliva substitute on the color stability of different nanocomposites. *J Contemp Dent Pract.* 2021;24(1):10-15. doi:10.5005/jp-journals-10024-3051
30. Matta JBSF, Pereira BAB, Rocha LMBM. Restaurações diretas em dentes anteriores com resina composta: revisão sistemática da literatura. *Braz J Health Rev.* 2024;7(1):3664–80. DOI: 10.34119/bjhrv7n1-296.

APÊNDICE A – ANOVA Mista de Três Vias (ΔE00)

Testes de efeitos dentre-sujeitos

Origem		Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.	Eta parcial quadrado
TEMPO	Esfericidade considerada	205,500	2	102,750	82,103	,000	,326
	Greenhouse-Geisser	205,500	1,890	108,746	82,103	,000	,326
	Huynh-Feldt	205,500	2,000	102,750	82,103	,000	,326
	Limite inferior	205,500	1,000	205,500	82,103	,000	,326
TEMPO * MARCA	Esfericidade considerada	88,835	4	22,209	17,746	,000	,173
	Greenhouse-Geisser	88,835	3,779	23,505	17,746	,000	,173
	Huynh-Feldt	88,835	4,000	22,209	17,746	,000	,173
	Limite inferior	88,835	2,000	44,417	17,746	,000	,173
TEMPO * TIPO	Esfericidade considerada	49,977	4	12,494	9,984	,000	,105
	Greenhouse-Geisser	49,977	3,779	13,223	9,984	,000	,105
	Huynh-Feldt	49,977	4,000	12,494	9,984	,000	,105
	Limite inferior	49,977	2,000	24,988	9,984	,000	,105
TEMPO * MARCA * TIPO	Esfericidade considerada	166,408	8	20,801	16,621	,000	,281
	Greenhouse-Geisser	166,408	7,559	22,015	16,621	,000	,281
	Huynh-Feldt	166,408	8,000	20,801	16,621	,000	,281
	Limite inferior	166,408	4,000	41,602	16,621	,000	,281
Erro (TEMPO)	Esfericidade considerada	425,503	340	1,251			
	Greenhouse-Geisser	425,503	321,254	1,325			
	Huynh-Feldt	425,503	340,000	1,251			
	Limite inferior	425,503	170,000	2,503			