



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Araçatuba

YASMIN CALDEIRA PONTES

**Efeito de diferentes solventes orgânicos na alteração de
cor em PMMA para CAD/CAM, polidos com pontas de
silicone revestidas com diamante**

Araçatuba -SP

2026

YASMIN CALDEIRA PONTES

Efeito de diferentes solventes orgânicos na alteração de cor em PMMA para CAD/CAM, polidos com pontas de silicone revestidas com diamante

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araçatuba -SP, para obtenção do título de Bacharela em Odontologia.

Orientador: Prof. Assoc. Aldiéris Alves
Pesqueira

Araçatuba - SP

2026

Com amor e carinho, à
Deus, a minha mãe Viviane
e meus avós Diva, Dimas e
Silvia.

AGRADECIMENTOS

À **Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP**, por ter me recebido e ensinado tanto.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**, pelo apoio financeiro, concedido por meio do Processo nº 2023/12780-2.

À **Deus**, que foi meu suporte para seguir todos esses anos longe da minha família e me permitir estar aqui, à Ele toda honra e toda glória.

Ao meu orientador, **professor Aldiéris Alves Pesqueira**, que além de cumprir seu papel como orientador, demonstrou ser amigo e companheiro. O admiro como professor e como pessoa. Obrigada por me permitir ser sua orientada e pelos ensinamentos, foram 3 anos na iniciação científica que nunca irei esquecer.

À professora **Aline Satie Takamyia**, a qual me aproximei esse ano e que sou muito grata pelos ensinamentos na clínica. Obrigada por aceitar fazer parte da minha banca.

Ao doutorando **Victor Alves Nascimento** por todo o suporte e ensinamentos em apresentações e nas pesquisas científicas, deixando tudo parecer mais leve. Sou grata por compor a minha banca avaliadora.

À mestre **Ana Beatriz de Souza Albergardi**, que foi essencial para que essa pesquisa fosse realizada. Sou grata por ter tido você para me auxiliar no meu 1º ano de iniciação científica, com toda sua paciência e doçura, tudo ficou mais leve.

À minha mãe **Viviane Caldeira**, que foi o pilar mais importante de eu estar aqui. A pessoa que sempre acreditou em mim e que sempre me apoiou. Não tenho palavras para descrever o quanto a amo. Obrigada por me fazer quem sou hoje, tudo graças a você.

Às minhas avós **Diva e Silvia** que mesmo de longe sempre se mantiveram presentes. Vó Diva, obrigada por todas as orações realizadas por mim.

Ao meu avô **Dimas** que partiu há 10 anos mas que sei que olha por mim aí de cima. Vô, eu consegui, eu te amo eternamente.

Ao meu namorado **Henrique Madureira**, por ser um ótimo companheiro e colega de profissão. Obrigada por acreditar em mim e não me fazer desistir durante todos esses anos de graduação.

Às minhas amigas **Fernanda Carrolliny e Amanda Custódio** que além de serem colegas, são amigas de verdade. Obrigada por fazerem esses anos na faculdade serem mais leves.

Ao pessoal do departamento, ou melhor, **à equipe “Team Aldi”** que se tornaram minha família em Araçatuba. Sou muito grata pela nossa união e sei que posso contar com cada um.

Aos **amigos da turma 1 – vespertino/noturno**, na qual tive o prazer de conhecer e conviver.

À **toda a minha família**, que me apoiou e celebrou cada conquista dessa jornada. Muito obrigada!

RESUMO

PONTES, YC. **Efeito de diferentes solventes orgânicos na alteração de cor em PMMA para CAD/CAM, polidos com pontas de silicone revestidas com diamante.**

2026. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2026.

O objetivo deste estudo foi caracterizar a superfície e avaliar as propriedades ópticas de um PMMA reticulado para CAD/CAM, após polimento com pontas de silicone impregnadas com partículas de diamante (OptraGloss, Ivoclar) e imersão em diferentes líquidos simuladores de alimentos. Foram confeccionados 120 espécimes, distribuídos em quatro condições de imersão: água destilada (I_A), etanol absoluto (I_E), heptano (I_H) e solução de ácido cítrico (I_C). A rugosidade superficial média (R_a) foi avaliada no baseline (T_0), após 24 horas de imersão (T_1) e após sete dias de imersão (T_2). As propriedades ópticas foram determinadas por meio da alteração de cor (ΔE_{00}) e das variações de luminosidade (ΔL), croma (ΔC) e matiz (ΔH), considerando os intervalos P1 (T_0 - T_1), P2 (T_0 - T_2) e P3 (T_1 - T_2). Os dados foram submetidos à análise de variância, seguida pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%. Para R_a , foi observada interação significativa entre o líquido simulador e o tempo de imersão ($p < 0,0001$). A água destilada aumentou significativamente a rugosidade entre T_0 e T_2 ($p = 0,0104$), enquanto o etanol promoveu aumento entre T_0 e T_1 ($p = 0,0231$) e entre T_0 e T_2 ($p = 0,0162$). O heptano aumentou a rugosidade entre T_0 e T_1 ($p = 0,0047$), ao passo que o ácido cítrico não causou alterações significativas. Não foram observadas diferenças significativas nos valores de ΔE_{00} entre os líquidos e os intervalos avaliados ($p > 0,05$). Entretanto, todas as condições apresentaram alterações cromáticas acima do limiar de perceptibilidade ($\Delta E_{00} > 0,80$). Os valores permaneceram abaixo do limiar de aceitabilidade clínica apenas para I_A em P1 e P3, I_H em P2 e I_C em P3. A luminosidade não foi significativamente afetada. Para ΔC , foram observados valores significativamente maiores em P3 do que em P1 ($p = 0,0178$). O etanol apresentou as maiores alterações de matiz em P2 e P3, quando comparado às demais soluções, e valores superiores aos observados em P1 ($p < 0,0001$). Concluiu-se que os líquidos simuladores de alimentos afetaram de maneira distinta o PMMA para CAD/CAM. A água destilada, o etanol e o heptano aumentaram a rugosidade em períodos específicos, enquanto o etanol exerceu maior influência sobre o croma e a matiz. Embora não tenham ocorrido diferenças estatísticas na alteração de cor global, as

mudanças foram perceptíveis e, na maioria das condições, ultrapassaram o limiar de aceitabilidade clínica.

Palavras-chave: Fabricação assistida por computador CAD-CAM, Polimetil metacrilato, United States Food and Drug Administration, Cor.

ABSTRACT

PONTES, YC. **Effect of different organic solvents on color change in PMMA for CAD/CAM, polished with diamond-coated silicone tips.** 2026. Course Completion Work (Bachelor of Dentistry) – Faculty of Dentistry, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2025.

This study aimed to characterize the surface and evaluate the optical properties of a cross-linked CAD/CAM PMMA after polishing with diamond-impregnated silicone points (OptraGloss, Ivoclar) and immersion in different food-simulating liquids. A total of 120 specimens were fabricated and allocated to four immersion conditions: distilled water (DW), absolute ethanol (AE), heptane (HE), and citric acid solution (CA). Mean surface roughness (R_a) was evaluated at baseline (T_0), after 24 hours of immersion (T_1), and after seven days of immersion (T_2). Optical properties were assessed by color change (ΔE_{00}) and changes in lightness (ΔL), chroma (ΔC), and hue (ΔH), considering the intervals P1 (T_0 - T_1), P2 (T_0 - T_2), and P3 (T_1 - T_2). Data were analyzed using analysis of variance followed by Tukey's test, with a significance level of 5%. For R_a , a significant interaction was observed between the food-simulating liquid and immersion time ($p < 0.0001$). Distilled water significantly increased roughness between T_0 and T_2 ($p = 0.0104$), whereas ethanol increased roughness between T_0 and T_1 ($p = 0.0231$) and between T_0 and T_2 ($p = 0.0162$). Heptane increased roughness between T_0 and T_1 ($p = 0.0047$), whereas citric acid caused no significant changes. No significant differences in ΔE_{00} were observed among the liquids or evaluation intervals ($p > 0.05$). However, all experimental conditions produced color changes above the perceptibility threshold ($\Delta E_{00} > 0.80$). Values remained below the clinical acceptability threshold only for DW at P1 and P3, HE at P2, and CA at P3. Lightness was not significantly affected. For ΔC , significantly higher values were observed at P3 than at P1 ($p = 0.0178$). Ethanol produced the greatest hue changes at P2 and P3 compared with the other solutions, as well as higher values than those observed at P1 ($p < 0.0001$). It was concluded that the food-simulating liquids affected CAD/CAM PMMA differently. Distilled water, ethanol, and heptane increased surface roughness at specific evaluation times, whereas ethanol had a greater influence on chroma and hue. Although no statistically significant differences were found for overall color change, the

changes were perceptible and, under most conditions, exceeded the clinical acceptability threshold.

Keywords: Computer-Aided Design, Polymethyl Methacrylate, United States Food and Drug Administration, Color.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delineamento experimental.....	19
Figura 2 – Espécime de PMMA CAD/CAM na medida de 5x5x1,5mm.....	21
Figura 3 – Kit de polimento – OptraGloss (POG).....	23
Figura 4 – Polimento com pontas de silicone revestidas com diamante – OptraGloss (POG).....	24
Figura 5 – Espécimes armazenados secos	25
Figura 6 – Média e desvio padrão da rugosidade superficial (Ra) após T0 (24 horas seco), T1 (24h de envelhecimento nas imersões) e T2 (7 dias de envelhecimento nas imersões).....	29
Figura 7 - Média e desvio padrão da alteração de cor (ΔE_{00}) após P1 (24 horas seco/24 horas de envelhecimento nas imersões), P2 (24 horas seco/7 dias de envelhecimento nas imersões) e P3 (24 horas de envelhecimento nas imersões/7 dias de envelhecimento nas imersões).....	30
Figura 8 – Média e desvio padrão da Diferença de luminosidade (ΔL) após P1 (24 horas seco/24 horas de envelhecimento nas imersões), P2 (24 horas seco/7 dias de envelhecimento nas imersões) e P3 (24 horas de envelhecimento nas imersões/7 dias de envelhecimento nas imersões).....	31
Figura 9 - Média e desvio padrão da Diferença de croma (ΔC) de acordo com os períodos avaliados P1 (24 horas seco/24 horas de envelhecimento nas imersões), P2 (24 horas seco/7 dias de envelhecimento nas imersões) e P3 (24 horas de envelhecimento nas imersões/7 dias de envelhecimento nas imersões) e das imersões utilizadas (água destilada, etanol absoluto, heptano e ácido cítrico).....	32

Figura 10 - Média e desvio padrão da Diferença de matiz (ΔH) após P1 (24 horas seco/24 horas de envelhecimento nas imersões), P2 (24 horas seco/7 dias de envelhecimento nas imersões) e P3 (24 horas de envelhecimento nas imersões/7 dias de envelhecimento nas imersões)..... 33

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Divisão dos grupos de acordo com tratamento de superfície, solvente de imersão, variáveis respostas, número de espécime e tempos de análises realizados.....	20
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD/CAM	Computer-Aided Design/ Computer-Aided Manufacturing
FDA	Food and Drug Administration
PMMA	Polimetilmetacrilato

LISTA DE SÍMBOLOS

μ	Micrómetro
Δ	Delta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2.3	HIPÓTESE NULA.....	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	19
3.2	FORMAÇÃO DOS GRUPOS EXPERIMENTAIS	20
3.3	FABRICAÇÃO DOS ESPÉCIMES	21
3.4	ACABAMENTO E PADRONIZAÇÃO DOS ESPÉCIMES.....	21
3.5	TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE	22
3.6	PROCEDIMENTOS DE ENVELHECIMENTO IN VITRO	24
3.7	VARIÁVEIS DE RESPOSTA.....	25
3.7.1	CARACTERIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE	25
3.7.2	CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS	26
3.7.3	Períodos de Análise.....	27
3.7.4	Análise estatística	27
4	RESULTADOS	28
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE	28
4.1.1	Rugosidade superficial (Ra).....	28
4.2	ALTERAÇÕES ÓPTICAS	29
4.2.1	Alteração de cor (ΔE_{00})	29
4.2.2	Variação de luminosidade (ΔL).....	30
4.2.3	Diferença de Croma (ΔC)	31
4.2.4	Diferença de Matiz (ΔH)	32
5	DISCUSSÃO	34
6	CONCLUSÃO.....	39
7	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A Odontologia Digital tem transformado a produção de restaurações por meio da incorporação de sistemas CAD/CAM e de materiais industrialmente processados, desenvolvidos para proporcionar maior padronização, precisão e previsibilidade clínica.¹ Nesse contexto, os blocos de poli(metil metacrilato) (PMMA) para CAD/CAM destacam-se por serem constituídos predominantemente por PMMA polimerizado industrialmente (99,5%), com quantidade limitada de radicais livres.¹ Esse processamento reduz os efeitos associados à contração de polimerização e favorece propriedades mecânicas, estruturais e ópticas superiores às observadas em materiais polimerizados convencionalmente.^{2,3} Essas características ampliaram a utilização do PMMA CAD/CAM em restaurações provisórias de longa duração, próteses sobre implantes durante a fase de provisionalização e reabilitações complexas que envolvem o restabelecimento da dimensão vertical de oclusão.²⁻⁵ Além de proteger os tecidos e manter a função durante o tratamento, essas restaurações permitem avaliar previamente estética, fonética, conforto e relações oclusais, possibilitando ajustes antes da confecção da prótese definitiva.²

Apesar dessas vantagens, o sucesso clínico das restaurações provisórias depende da manutenção de suas propriedades estéticas e funcionais durante o período de uso. A estabilidade de cor é particularmente relevante, pois alterações perceptíveis podem comprometer a aparência, limitar a longevidade da restauração e levar à sua substituição precoce.^{3,6} Nesse contexto, devem ser diferenciadas a alteração intrínseca de cor, relacionada à composição da matriz polimérica, ao grau de polimerização e às características estruturais do material, e a pigmentação extrínseca, decorrente da adsorção ou absorção de substâncias cromogênicas presentes na dieta e no ambiente bucal.⁷⁻¹³

A interação entre esses mecanismos pode ser intensificada pela sorção de líquidos, pelas variações de temperatura, pela exposição a alimentos e bebidas e pela condição da superfície restauradora.⁷⁻¹⁰ Superfícies mais rugosas apresentam maior tendência à retenção de pigmentos e biofilme, além de poderem favorecer descoloração, inflamação dos tecidos adjacentes e comprometimento da longevidade clínica. Por essa razão, os procedimentos de acabamento e polimento são essenciais para reduzir irregularidades, melhorar a reflexão da luz e preservar a estética e a integridade superficial do material.^{14,15} Os polidores de silicone são amplamente

empregados no acabamento de materiais provisórios.⁹ Entretanto, diferentes sistemas podem produzir respostas distintas conforme a composição e a microestrutura do substrato. Nesse cenário, destaca-se o sistema universal de polimento da Ivoclar Vivadent, constituído por pontas de silicone impregnadas com partículas de diamante. Embora essa tecnologia tenha sido desenvolvida para proporcionar elevado brilho e maior lisura superficial, sua capacidade de proteger o PMMA CAD/CAM contra degradação química e pigmentação ainda necessita de investigação.

Durante o uso clínico, as restaurações são expostas continuamente a agentes químicos, mecânicos, térmicos e biológicos. Para reproduzir parte dessa complexidade em laboratório, podem ser utilizados líquidos simuladores de alimentos, selecionados segundo diretrizes aplicáveis à avaliação de materiais que entram em contato com diferentes componentes da dieta.¹⁶⁻¹⁹ Esses meios apresentam polaridades e afinidades químicas distintas e, portanto, permitem investigar diferentes mecanismos de interação com a matriz polimérica. A água representa o ambiente aquoso da cavidade bucal e a exposição contínua à saliva, permitindo avaliar efeitos relacionados à sorção e à plasticização da matriz. O ácido cítrico representa alimentos e bebidas ácidas, especialmente frutas, vegetais e produtos contendo ácidos orgânicos, podendo favorecer alterações químicas e superficiais. O etanol simula o contato com bebidas alcoólicas e com alimentos que apresentam componentes orgânicos capazes de penetrar na rede polimérica, aumentando sua susceptibilidade à degradação. O heptano, por sua natureza apolar, representa alimentos ricos em lipídios, como manteiga, carnes gordurosas e óleos vegetais, possibilitando analisar a interação do material com componentes lipofílicos da dieta.¹⁶⁻¹⁹ Dessa forma, esses líquidos não representam apenas diferentes alimentos, mas também distintos desafios químicos aos quais as restaurações podem ser submetidas.

Embora existam estudos sobre estabilidade de cor, rugosidade superficial, polimento e exposição a líquidos simuladores, esses fatores têm sido avaliados predominantemente de forma isolada. Permanece pouco esclarecido se um sistema universal de polimento com partículas de diamante é capaz de preservar simultaneamente a lisura e a estabilidade cromática do PMMA CAD/CAM diante de meios aquosos, ácidos, alcoólicos e lipofílicos. Assim, o ineditismo desta pesquisa reside na avaliação integrada da interação entre polimento e exposição a líquidos simuladores de diferentes componentes da dieta. O estudo permitirá compreender se

a modificação inicial da superfície influencia a susceptibilidade do PMMA à degradação e ao manchamento, bem como identificar condições alimentares potencialmente mais prejudiciais. Os resultados poderão subsidiar protocolos de polimento mais previsíveis, orientar a manutenção das restaurações provisórias e contribuir para maior estabilidade estética e longevidade clínica do PMMA CAD/CAM.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar a superfície e avaliar as propriedades ópticas de um PMMA reticulado para CAD/CAM após o polimento com pontas de silicone impregnadas com diamante e a imersão em diferentes líquidos simuladores de alimentos.

2.2 Objetivos específicos

I. Avaliar a rugosidade superficial média (R_a) do PMMA reticulado para CAD/CAM após o polimento com pontas de silicone impregnadas com diamante e a imersão em água destilada, etanol absoluto, heptano e solução de ácido cítrico, durante 1 e 7 dias;

II. Avaliar as propriedades ópticas do PMMA reticulado para CAD/CAM após o polimento e a imersão nos diferentes líquidos simuladores de alimentos, nos períodos de 1 e 7 dias, por meio da alteração de cor (ΔE_{00}) e das variações de luminosidade (ΔL), croma (ΔC) e matiz (ΔH);

III. Comparar os efeitos dos diferentes líquidos simuladores de alimentos e dos períodos de imersão sobre a rugosidade superficial e as propriedades ópticas do material.

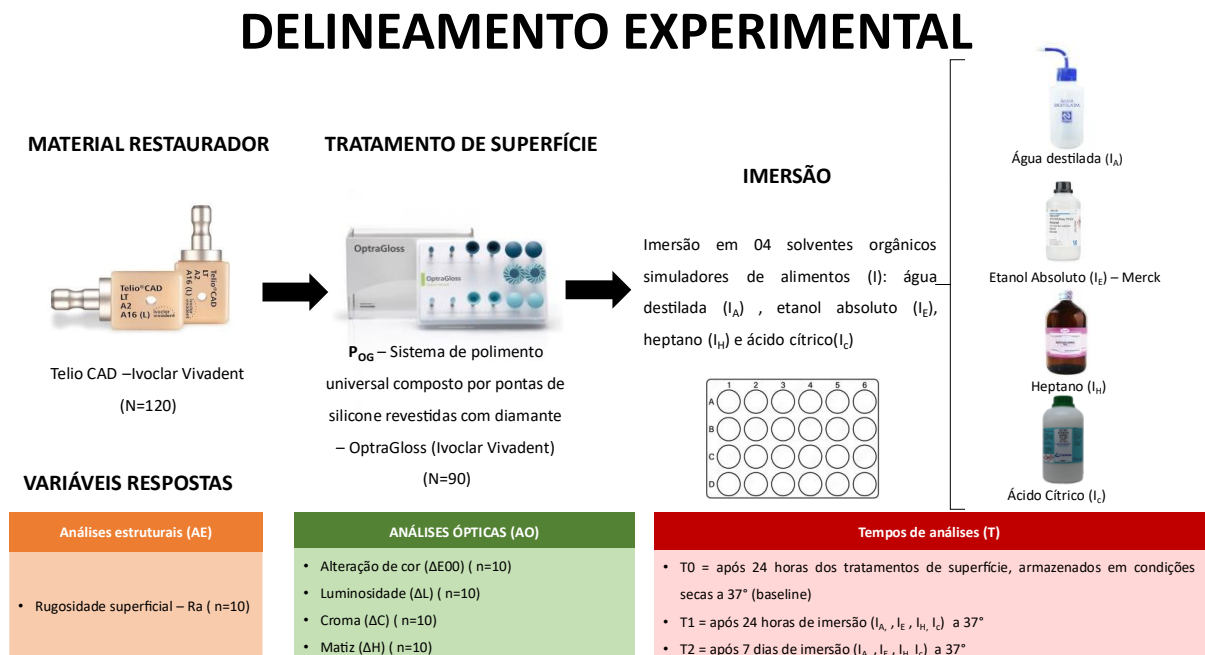
2.3 Hipótese nula

A hipótese nula foi de que o tipo de líquido simulador de alimento, o período de imersão e a interação entre esses fatores não produziram alterações significativas na rugosidade superficial nem nas propriedades ópticas do PMMA reticulado para CAD/CAM polido com pontas de silicone impregnadas com diamante.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Delineamento experimental

Foi realizado um estudo laboratorial in vitro, com delineamento longitudinal, para avaliar um bloco pré-fabricado de PMMA reticulado para CAD/CAM submetido ao polimento com o sistema universal OptraGloss (Ivoclar), constituído por pontas de silicone impregnadas com partículas de diamante. Após o tratamento superficial, os espécimes foram distribuídos aleatoriamente de acordo com o líquido simulador de alimento, em quatro níveis: água destilada (I_A), etanol absoluto (I_E), heptano (I_H) e solução de ácido cítrico (I_C). As avaliações foram realizadas em três tempos experimentais: T_0 , correspondente à avaliação inicial, realizada após 24 horas do tratamento superficial, com os espécimes armazenados em condições secas a 37°C e considerada como baseline; T_1 , após 24 horas de imersão no respectivo líquido simulador de alimento, a 37°C; e T_2 , após sete dias de imersão, também a 37 °C. Foram consideradas duas categorias de variáveis de resposta: a rugosidade superficial média (R_a), utilizada para caracterizar as alterações na superfície do material, e as propriedades ópticas, avaliadas por meio da alteração de cor (ΔE_{00}) e das variações de luminosidade (ΔL), croma (ΔC) e matiz (ΔH), calculadas em relação aos valores obtidos no baseline.



Fonte: elaborado pelo autor, 2026

Figura 1. Representação esquemática do delineamento experimental, incluindo o polimento do PMMA para CAD/CAM com o sistema OptraGloss, a distribuição dos espécimes entre os quatro líquidos simuladores de alimentos, os períodos de imersão e as avaliações da rugosidade superficial e das propriedades ópticas.

3.2 Formação dos grupos experimentais

Foram confeccionados 120 espécimes, com dimensões de $5 \times 5 \times 1,5$ mm, a partir de blocos de PMMA reticulado para CAD/CAM.²⁰ Após a padronização dimensional e a aplicação do tratamento superficial com o sistema de polimento OptraGloss, os espécimes foram distribuídos aleatoriamente entre as condições experimentais, de acordo com o líquido simulador de alimento utilizado para imersão, a variável de resposta avaliada e o período de análise. A distribuição dos espécimes, o número de unidades experimentais e os respectivos tempos de avaliação estão apresentados no Quadro 1.

TRATAMENTO SUPERFICIAL	LÍQUIDO SIMULADOR DE ALIMENTO	VARIÁVEIS DE RESPOSTA	N	TEMPOS DE AVALIAÇÃO
OptraGloss (P _{OG})	Água destilada (I _A)	Ra, ΔE_{00} , ΔL , ΔC e ΔH	30	T ₀ , T ₁ e T ₂
OptraGloss (P _{OG})	Etanol absoluto (I _E)	Ra, ΔE_{00} , ΔL , ΔC e ΔH	30	T ₀ , T ₁ e T ₂
OptraGloss (P _{OG})	Solução de ácido cítrico (I _C)	Ra, ΔE_{00} , ΔL , ΔC e ΔH	30	T ₀ , T ₁ e T ₂
OptraGloss (P _{OG})	Heptano (I _H)	Ra, ΔE_{00} , ΔL , ΔC e ΔH	30	T ₀ , T ₁ e T ₂

Fonte: elaborado pelo autor, 2026

Quadro 1. Distribuição dos espécimes de acordo com o tratamento superficial, o líquido simulador de alimento, a variável de resposta, o número de unidades experimentais e os períodos de avaliação.

3.3 Fabricação dos espécimes

Os blocos de PMMA reticulado para CAD/CAM (Telio CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) foram seccionados em cortadeira metalográfica de precisão (Isomet® 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, Estados Unidos), utilizando disco diamantado em baixa rotação, a 300 rpm, sob irrigação abundante e carga constante de 300 gf. Foram obtidos espécimes com dimensões padronizadas de $5 \times 5 \times 1,5$ mm, posteriormente inspecionados para verificação da integridade e da uniformidade dimensional.



Fonte: elaborado pelo autor, 2026

Figura 2. Espécime de PMMA reticulado para CAD/CAM com dimensões de $5 \times 5 \times 1,5$ mm.

3.4 Acabamento e padronização dos espécimes

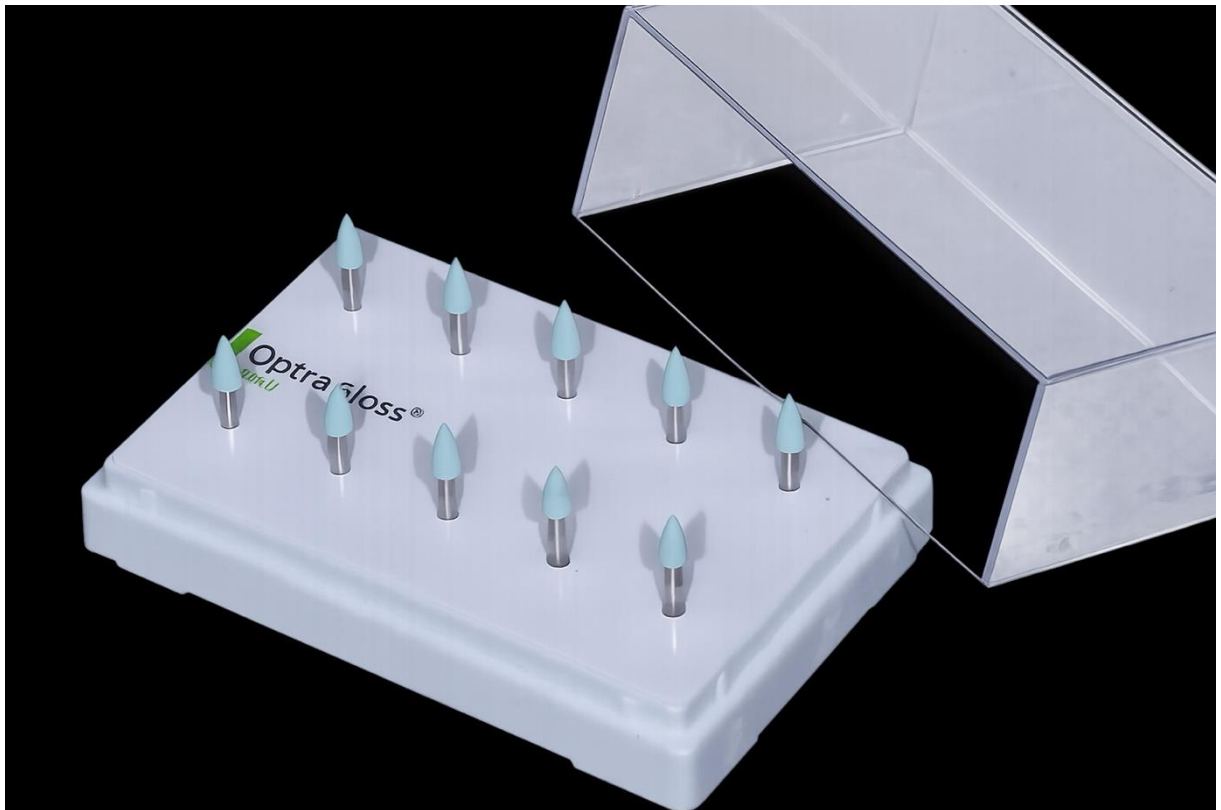
Após o seccionamento, os espécimes foram submetidos ao acabamento das bordas para remoção de irregularidades e excessos de material, utilizando-se micromotor (KaVo, Joinville, SC, Brasil) e broca Minicut (Edenta, Hauptstrasse, Suíça). Em seguida, foram submetidos à limpeza em lavadora ultrassônica (Unique

USC 2850, Unique, São Paulo, SP, Brasil), contendo água destilada, durante 5 minutos, e posteriormente secos com jatos de ar.

Para verificar a padronização dimensional, foram realizadas três mensurações da altura, da largura e da espessura de cada espécime com paquímetro digital (Digimatic, Mitutoyo Sul Americana Ltda., Santo Amaro, SP, Brasil). Após a inspeção da integridade e a confirmação das dimensões, os espécimes foram submetidos ao protocolo de tratamento superficial estabelecido no estudo.

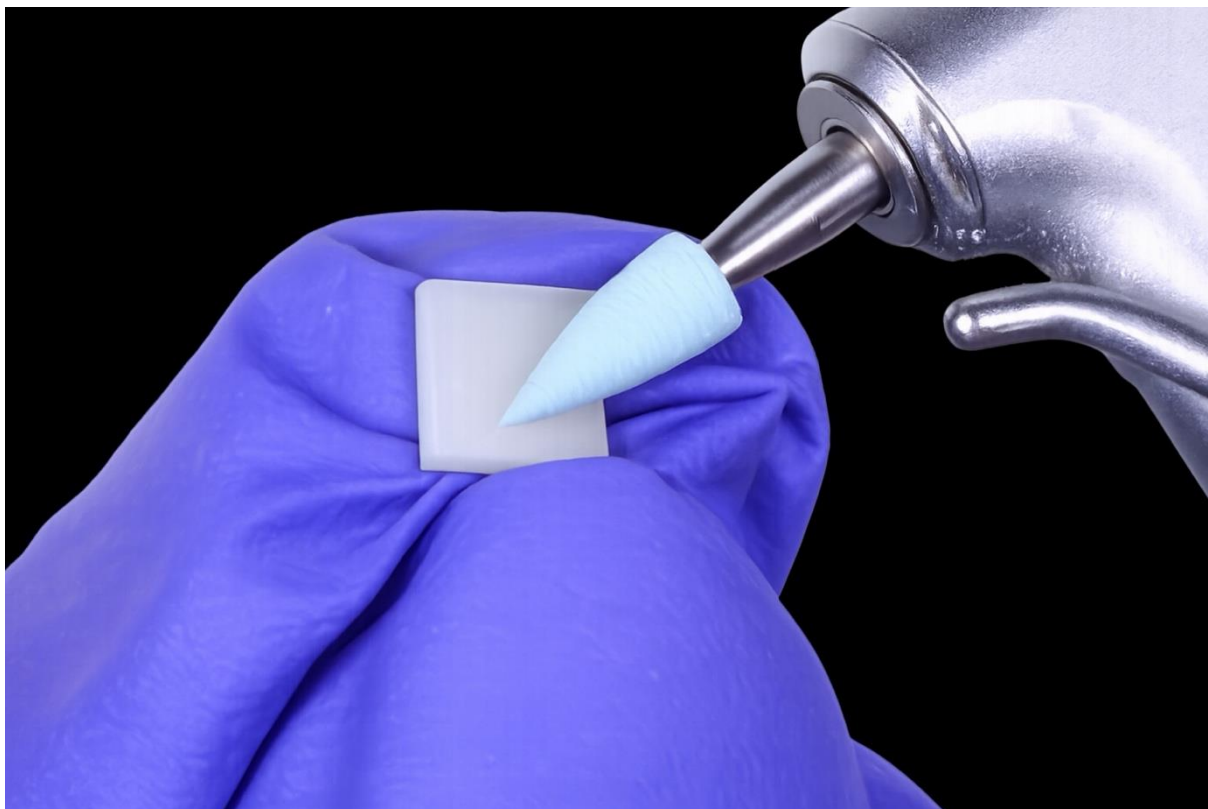
3.5 Tratamento de superfície

O polimento com pontas de silicone impregnadas com partículas de diamante (POG) foi realizado utilizando-se o sistema universal OptraGloss (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). De acordo com as recomendações do fabricante, o procedimento foi executado em uma única etapa, empregando-se a ponta de polimento de cor azul-clara, em condição seca, durante 30 segundos. A ponta foi movimentada em uma única direção sobre toda a superfície avaliada, com auxílio de contra-ângulo de baixa rotação. Após o polimento, os espécimes foram lavados com água destilada, secos com jatos de ar e armazenados em condições secas, a 37 °C, durante 24 horas. Ao término desse período, foram realizadas as mensurações iniciais das variáveis de resposta, correspondentes ao tempo T_0 (leitura inicial - *baseline*).



Fonte: elaborado pelo autor, 2026

Figura 3. Sistema universal de polimento OptraGloss (POG), composto por pontas de silicone impregnadas com partículas de diamante.



Fonte: elaborado pelo autor, 2026

Figura 4. Execução do polimento da superfície do espécime com pontas de silicone impregnadas com partículas de diamante do sistema OptraGloss (POG).

3.6 Procedimentos de envelhecimento in vitro

Os espécimes foram submetidos ao envelhecimento químico por imersão em quatro líquidos simuladores de alimentos: água destilada (IA), etanol absoluto (IE), heptano (IH) e solução de ácido cítrico (IC), durante períodos de 1 e 7 dias.^{21,22} Cada espécime foi acondicionado individualmente em um poço de placa de cultura celular de 24 poços (Kasvi, Paraná, Brasil) e completamente imerso em 3 mL da respectiva solução. As placas foram mantidas em estufa a 37 ± 1 °C durante todo o período experimental. Após 24 horas de imersão, foram realizadas as avaliações correspondentes ao tempo T_1 . Para os espécimes destinados à avaliação após sete dias, os líquidos simuladores foram renovados a cada 24 horas, a fim de manter suas características e reduzir possíveis alterações decorrentes do tempo de armazenamento. Ao término de cada período de imersão, os espécimes foram removidos das soluções, lavados com água destilada e cuidadosamente secos com jatos de ar antes da realização das análises.



Fonte: elaborado pelo autor, 2026

Figura 5. Espécimes de PMMA para CAD/CAM acondicionados individualmente em placas de cultura celular de 24 poços e imersos nos respectivos líquidos simuladores de alimentos.

3.7 VARIÁVEIS DE RESPOSTA

3.7.1 CARACTERIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE

3.7.1.1 Rugosidade de superfície (Ra)

A rugosidade superficial média (Ra) foi determinada com auxílio de rugosímetro portátil (Surftest SJ-410, Mitutoyo Sul Americana Ltda., Santo Amaro, SP, Brasil). Todas as mensurações foram realizadas pelo mesmo operador, previamente treinado, com o objetivo de reduzir a variabilidade relacionada ao procedimento de leitura. Foram realizadas três mensurações em cada espécime, uma na região central e duas

em regiões paralelas, localizadas à direita e à esquerda do centro. O equipamento foi configurado com comprimento de amostragem (cut-off) de 0,25 mm e velocidade de deslocamento de 0,05 mm/s, durante 12 segundos. O valor de Ra de cada espécime foi obtido pela média aritmética das três mensurações e expresso em micrômetros (µm). Valores mais elevados de Ra foram interpretados como indicativos de maior irregularidade superficial.

3.7.2 CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

3.7.2.1 Alteração de cor (ΔE_{00}) e variações de luminosidade (ΔL), croma (ΔC) e matiz (ΔH)

As propriedades ópticas dos espécimes foram avaliadas por espectrofotometria de reflexão na região do ultravioleta-visível, utilizando-se espectrofotômetro UV-2450 (Shimadzu, Kyoto, Japão). As leituras foram realizadas sobre fundo preto, de maneira padronizada, nos diferentes períodos experimentais. As coordenadas de cor foram obtidas de acordo com o sistema CIELAB, representado pelos parâmetros L^* , a^* e b^* . Nesse sistema, L^* corresponde à luminosidade, enquanto a^* e b^* representam os eixos cromáticos verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente. A alteração de cor foi calculada por meio da fórmula CIEDE2000 (ΔE_{00}), desenvolvida para aperfeiçoar a correspondência entre as diferenças de cor mensuradas instrumentalmente e a percepção visual humana. Esse sistema considera ajustes específicos para as diferenças de luminosidade, croma e matiz e apresenta melhor correlação com os limiares clínicos de perceptibilidade e aceitabilidade.²³

A alteração de cor foi calculada pela seguinte equação:²⁴

$$\Delta E_{00} = [(\Delta L' / K_L S_L)^2 + (\Delta C' / K_C S_C)^2 + (\Delta H' / K_H S_H)^2 + R_T(\Delta C' / K_C S_C)(\Delta H' / K_H S_H)]^{1/2}$$

Nessa equação, ΔL , ΔC e ΔH representam diferenças de luminosidade (L), croma/saturação (C) e matiz/tonalidade (H). S_L , S_C e S_H são as funções de pesagem para os componentes de luminosidade, croma e matiz, respectivamente. Os fatores K_L , K_C e K_H foram definidos como 1 para ajuste da fórmula ΔE_{00} .²⁴ Além do ΔE_{00} , foram analisadas separadamente as variações de luminosidade (ΔL), croma (ΔC) e matiz (ΔH), permitindo identificar quais componentes contribuíram

predominantemente para a alteração cromática. Para a interpretação clínica do ΔE_{00} , foram adotados os valores de 0,80 como limiar de perceptibilidade e de 1,80 como limiar de aceitabilidade.^{25,26}

3.7.3 Períodos de Análise

As variáveis de resposta foram avaliadas longitudinalmente em três períodos experimentais. O tempo T_0 correspondeu à avaliação inicial, realizada após o tratamento de superfície e o armazenamento dos espécimes em condições secas, a 37°C, durante 24 horas, sendo considerado o *baseline* do estudo. O tempo T_1 correspondeu à avaliação após 24 horas de imersão nos respectivos líquidos simuladores de alimentos, a 37°C. O tempo T_2 correspondeu à avaliação após sete dias de imersão, também a 37 °C, com renovação diária das soluções.

Para a rugosidade superficial, os valores foram obtidos diretamente em cada período. As alterações ópticas foram calculadas a partir da comparação dos valores obtidos após a imersão com aqueles registrados no *baseline*.

3.7.4 Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando a Análise de Variância (ANOVA) de dois fatores, considerando a imersão e o tempo de envelhecimento, seguidos pelo teste Post-hoc de Tukey, com um nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE

4.1.1 Rugosidade superficial (Ra)

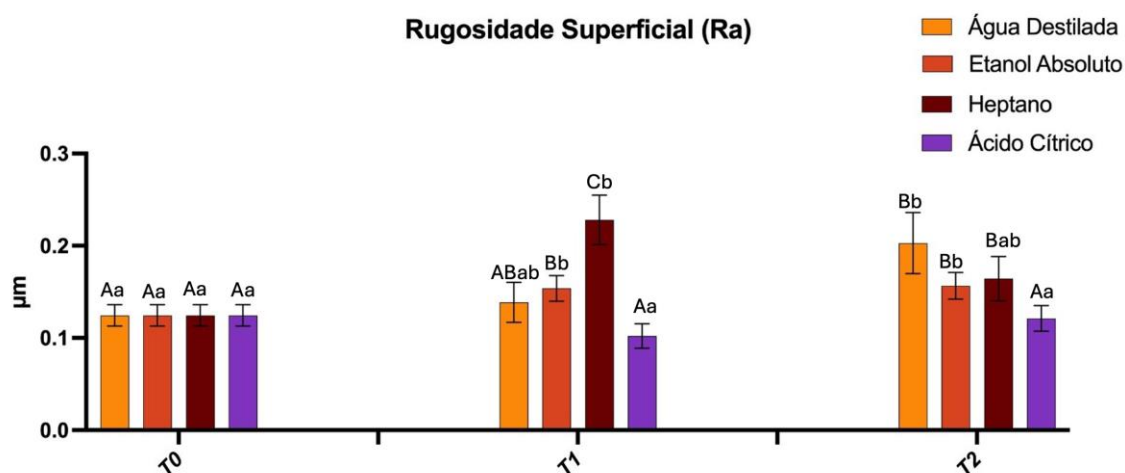
Os resultados de rugosidade superficial média (Ra) estão apresentados na Figura 6. A análise de variância revelou interação estatisticamente significativa entre o líquido simulador de alimento e o tempo de envelhecimento ($F = 6,32$; $p < 0,0001$), indicando que o efeito do período de imersão sobre a rugosidade dependeu da solução utilizada.

Na comparação entre os líquidos dentro de cada período, não foram observadas diferenças significativas no T_0 , quando todos os grupos apresentaram valor médio de Ra de $0,1244 \mu\text{m}$. Após 24 horas de imersão (T_1), o heptano apresentou o maior valor de rugosidade ($0,2282 \mu\text{m}$), diferindo significativamente da água destilada ($0,1386 \mu\text{m}$; $p = 0,0021$), do etanol absoluto ($0,1538 \mu\text{m}$; $p = 0,0059$) e do ácido cítrico ($0,1022 \mu\text{m}$; $p = 0,0004$). O ácido cítrico apresentou rugosidade significativamente menor que o etanol absoluto ($p = 0,0014$), mas não diferiu da água destilada. Também não foi observada diferença significativa entre água destilada e etanol absoluto nesse período.

Após sete dias de imersão (T_2), o ácido cítrico apresentou o menor valor de rugosidade ($0,1212 \mu\text{m}$), diferindo significativamente da água destilada ($0,2030 \mu\text{m}$; $p = 0,0117$), do etanol absoluto ($0,1566 \mu\text{m}$; $p = 0,0177$) e do heptano ($0,1644 \mu\text{m}$; $p = 0,0447$). Nesse período, não foram observadas diferenças significativas entre água destilada, etanol absoluto e heptano.

Ao avaliar cada imersão (água destilada, etanol absoluto, heptano e ácido cítrico) separadamente e seus respectivos tempos de envelhecimento, houve um aumento com diferença significativa do valor de rugosidade da Água Destilada, que passou de $0,1244 \mu\text{m}$ no T_0 para $0,203 \mu\text{m}$ no T_2 , com diferença estatística ($p = 0,0104$). Esse padrão também foi observado na imersão em etanol absoluto, que apresentou rugosidade menor no T_0 ($0,1244 \mu\text{m}$), com diferença significativa ($p = 0,0231$) em comparação ao T_1 ($0,1538 \mu\text{m}$) e ao T_2 ($0,1566 \mu\text{m}$), ambos apresentando diferenças estatísticas entre si ($p = 0,0162$). O heptano mostrou um aumento significativo na rugosidade, passando de $0,1244 \mu\text{m}$ no T_0 para $0,2282 \mu\text{m}$ no T_1 , com diferença estatística ($p = 0,0047$). Por outro lado, o ácido cítrico não apresentou diferenças significativas entre os períodos testados.

Figura 6. Média e desvio-padrão da rugosidade superficial média (Ra) do PMMA para CAD/CAM no período inicial (T_0), após 24 horas de imersão (T_1) e após sete dias de imersão (T_2) nos diferentes líquidos simuladores de alimentos.



Legenda: Letras maiúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os líquidos dentro do mesmo período, enquanto letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os períodos para o mesmo líquido ($p < 0,05$).

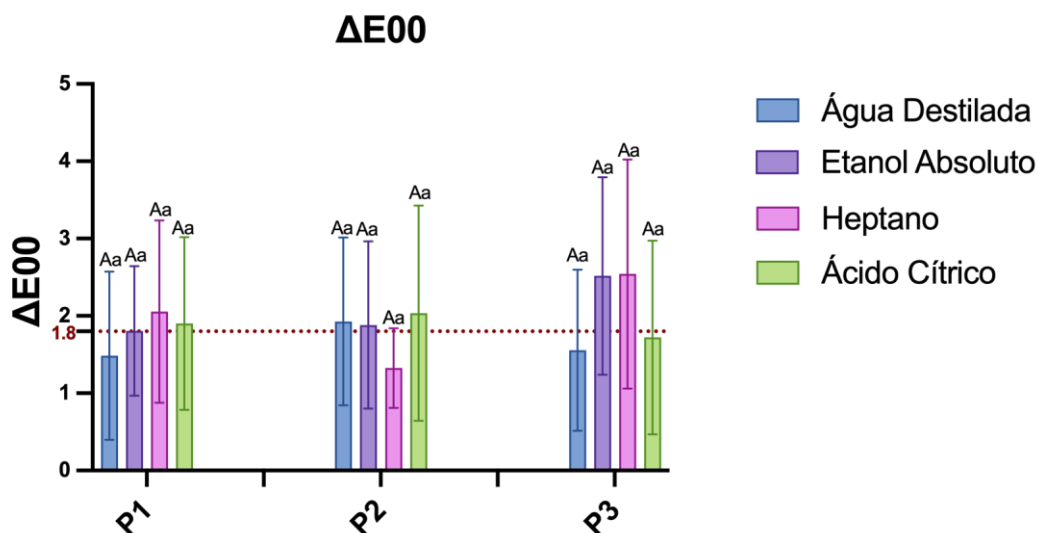
4.2 ALTERAÇÕES ÓPTICAS

4.2.1 Alteração de cor (ΔE_{00})

Os resultados de alteração de cor (ΔE_{00}) estão apresentados na Figura 7. A análise estatística não revelou efeito significativo do líquido simulador de alimento, do intervalo de avaliação ou da interação entre esses fatores sobre os valores de ΔE_{00} ($p > 0,05$). Portanto, embora tenham sido observadas variações numéricas entre as condições experimentais, essas diferenças não foram estatisticamente significativas. Independentemente do líquido de imersão e do intervalo analisado, todos os valores médios de ΔE_{00} permaneceram acima do limiar de perceptibilidade clínica de 0,80, indicando que as alterações cromáticas poderiam ser percebidas visualmente. Em relação ao limiar de aceitabilidade clínica de 1,80, a água destilada apresentou valor aceitável em P1 ($\Delta E_{00} = 1,40$), enquanto o heptano permaneceu abaixo desse limite em P2 ($\Delta E_{00} = 1,32$). Em P3, valores clinicamente aceitáveis foram observados para

a água destilada ($\Delta E_{00} = 1,55$) e para o ácido cítrico ($\Delta E_{00} = 1,72$). Nas demais condições experimentais, os valores médios ultrapassaram o limiar de aceitabilidade clínica, indicando alterações cromáticas perceptíveis e potencialmente inaceitáveis.

Figura 7. Média e desvio-padrão da alteração de cor (ΔE_{00}) do PMMA para CAD/CAM nos intervalos P1, correspondente à comparação entre o baseline e 24 horas de imersão; P2, correspondente à comparação entre o baseline e sete dias de imersão; e P3, correspondente à comparação entre 24 horas e sete dias de imersão. A linha pontilhada representa o limiar de aceitabilidade clínica ($\Delta E_{00} = 1,80$).

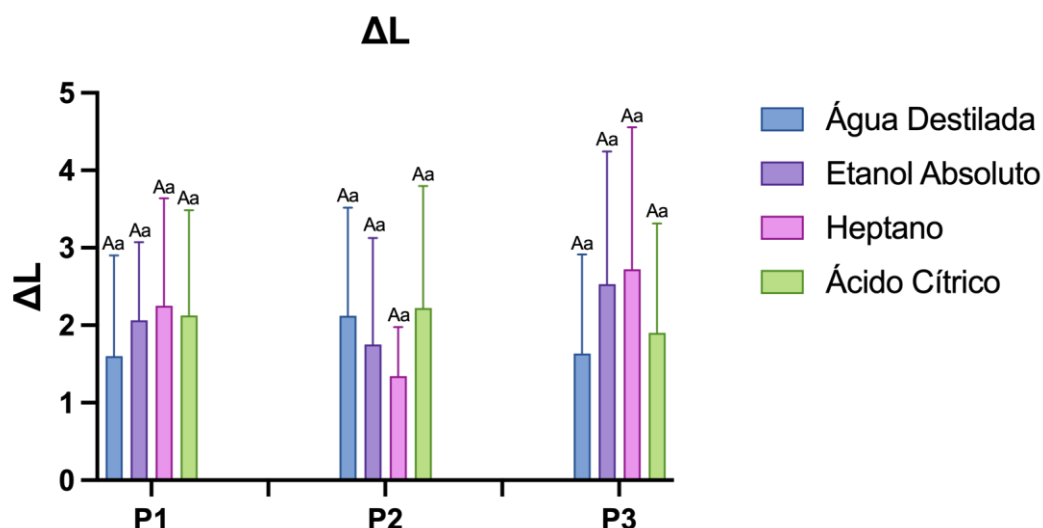


Legenda: Letras maiúsculas distintas indicariam diferenças significativas entre os líquidos dentro do mesmo intervalo, enquanto letras minúsculas distintas indicariam diferenças entre os intervalos para o mesmo líquido ($p < 0,05$).

4.2.2 Variação de luminosidade (ΔL)

Os resultados da variação de luminosidade (ΔL) estão apresentados na Figura 8. A análise estatística não revelou efeito significativo do líquido simulador de alimento, do intervalo de avaliação ou da interação entre esses fatores sobre os valores de ΔL ($p > 0,05$). Dessa forma, as variações numéricas observadas entre as condições experimentais não representaram diferenças estatisticamente significativas.

Figura 8. Média e desvio-padrão da variação de luminosidade (ΔL) do PMMA para CAD/CAM nos intervalos P1, correspondente à comparação entre o baseline e 24 horas de imersão; P2, correspondente à comparação entre o baseline e sete dias de imersão; e P3, correspondente à comparação entre 24 horas e sete dias de imersão



Legenda: Letras maiúsculas distintas indicariam diferenças significativas entre os líquidos dentro do mesmo intervalo, enquanto letras minúsculas distintas indicariam diferenças entre os intervalos para o mesmo líquido ($p < 0,05$).

4.2.3 Diferença de Croma (ΔC)

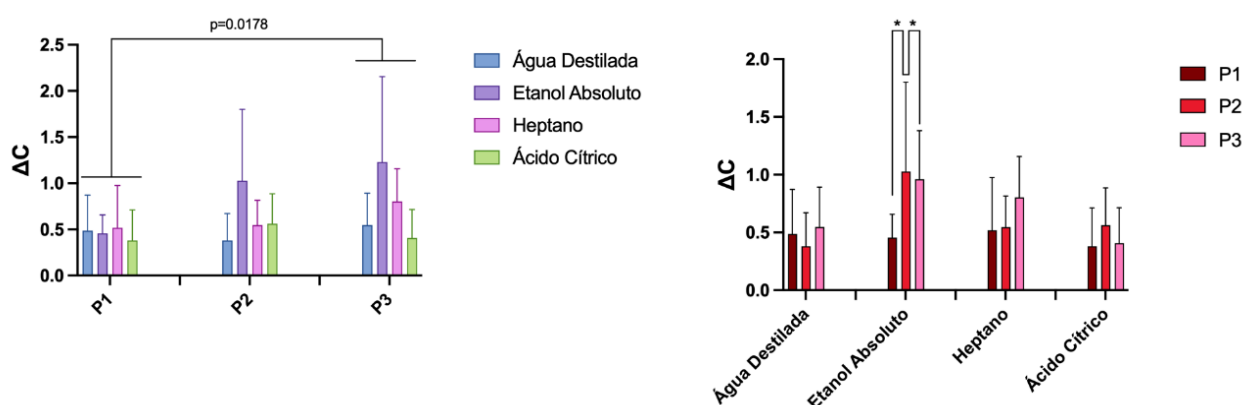
Os resultados referentes à variação de croma (ΔC) estão apresentados na Figura 9. A análise de variância de dois fatores não revelou interação estatisticamente significativa entre o líquido simulador de alimento e o período avaliado ($p = 0,0932$), indicando que o comportamento temporal do croma foi semelhante entre as diferentes soluções de imersão.

Considerando o efeito dos períodos independentemente do líquido utilizado, foram observados valores de ΔC significativamente maiores em P3 quando comparados aos de P1 ($p = 0,0178$). Não foram verificadas diferenças significativas entre P1 e P2 ($p = 0,2373$) nem entre P2 e P3 ($p = 0,4897$). Os valores positivos de ΔC observados nas condições experimentais indicaram tendência de aumento do croma, isto é, maior saturação da cor do material após os períodos de imersão.

Nas comparações entre os períodos dentro de cada líquido simulador, diferenças significativas foram identificadas apenas para o etanol absoluto. Nessa

solução, o valor de ΔC em P2 foi significativamente maior que o observado em P1 ($p = 0,0183$) e também diferiu do valor obtido em P3 ($p = 0,0008$). Para água destilada, heptano e ácido cítrico, não foram observadas diferenças significativas entre P1, P2 e P3.

Figura 9. Média e desvio-padrão da variação de croma (ΔC) do PMMA para CAD/CAM nos intervalos P1, correspondente à comparação entre o baseline e 24 horas de imersão; P2, correspondente à comparação entre o baseline e sete dias de imersão; e P3, correspondente à comparação entre 24 horas e sete dias de imersão. O painel à esquerda apresenta a comparação entre os períodos, independentemente do líquido simulador, e o painel à direita apresenta a comparação entre os períodos dentro de cada solução de imersão.



Legenda: As barras horizontais indicam diferenças estatisticamente significativas entre os períodos ($p < 0,05$).

4.2.4 Diferença de Matiz (ΔH)

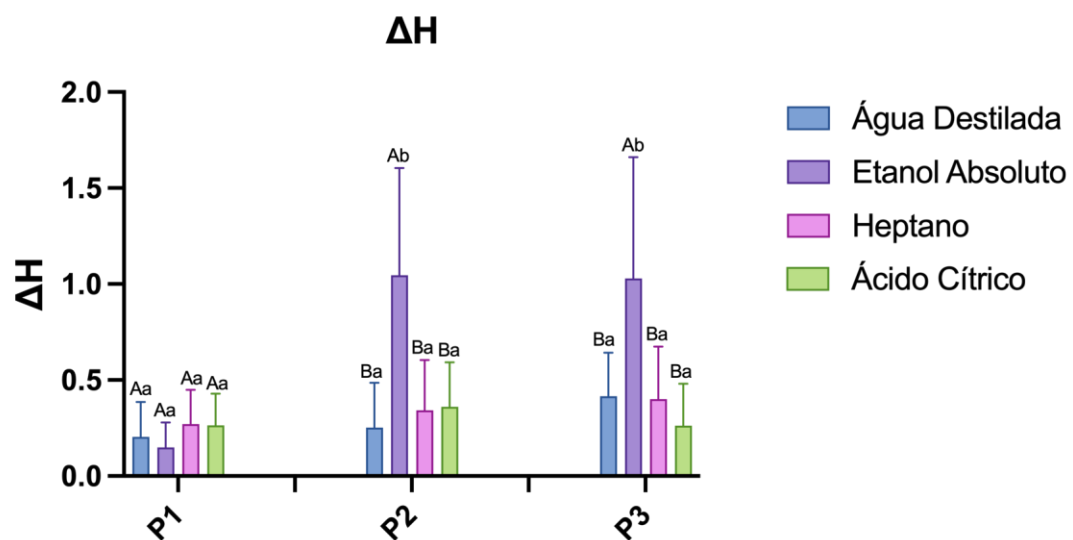
Os resultados referentes à variação de matiz (ΔH) estão apresentados na Figura 10. A análise de variância revelou interação estatisticamente significativa entre o líquido simulador de alimento e o intervalo de avaliação ($F = 6,108$; $p < 0,0001$), indicando que a magnitude da alteração de matiz ao longo do envelhecimento dependeu da solução de imersão.

Na comparação entre os líquidos dentro de cada intervalo, não foram observadas diferenças significativas em P1. Em P2, o etanol absoluto apresentou valores de ΔH significativamente maiores que os observados para água destilada, heptano e ácido

cítrico ($p < 0,0001$). Comportamento semelhante foi identificado em P3, no qual o etanol absoluto apresentou maior alteração de matiz que a água destilada ($p = 0,0002$), o heptano e o ácido cítrico ($p < 0,0001$).

Avaliando cada imersão (água destilada, etanol absoluto, heptano e ácido cítrico) separadamente e seus respectivos tempos de envelhecimento, houve aumento nos valores de ΔH somente na imersão em Etanol absoluto no período P2 em comparação ao P1, e P1 em comparação ao P3 ($p < 0,0001$).

Figura 10. Média e desvio-padrão da variação de matiz (ΔH) do PMMA para CAD/CAM nos intervalos P1, correspondente à comparação entre o baseline e 24 horas de imersão; P2, correspondente à comparação entre o baseline e sete dias de imersão; e P3, correspondente à comparação entre 24 horas e sete dias de imersão



Legenda: Letras maiúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os líquidos dentro do mesmo intervalo, enquanto letras minúsculas distintas indicam diferenças entre os intervalos para o mesmo líquido ($p < 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor, 2026

5 DISCUSSÃO

As restaurações provisórias desempenham papel essencial durante o tratamento reabilitador, pois protegem o remanescente dentário e os tecidos periodontais, favorecem a conformação do perfil de emergência, evitam a migração dos dentes pilares e antagonistas e permitem restabelecer provisoriamente a função, a estética e as relações oclusais até a instalação da prótese definitiva.²⁷⁻²⁹ Quando utilizadas por períodos prolongados, sua estabilidade superficial e óptica torna-se particularmente relevante, uma vez que irregularidades podem favorecer retenção de biofilme, pigmentação, inflamação dos tecidos adjacentes e comprometimento da longevidade clínica.^{14,30} No presente estudo, a hipótese nula foi parcialmente rejeitada. O tipo de líquido simulador de alimento e o período de imersão influenciaram a rugosidade superficial, o croma e a matiz do PMMA reticulado para CAD/CAM. Por outro lado, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas para a alteração de cor global, expressa por ΔE_{00} , nem para a luminosidade. Esses achados demonstram que a exposição química não produziu uma resposta uniforme, pois cada meio interagiu de maneira distinta com a rede polimérica e afetou componentes específicos do comportamento superficial e óptico. Ainda, esses meios não devem ser compreendidos apenas como agentes de imersão, mas como desafios químicos capazes de reproduzir diferentes formas de interação entre a dieta e a matriz polimérica.

O polimento com o sistema OptraGloss proporcionou, no período inicial, valores de rugosidade inferiores a 0,2 μm . Esse valor tem sido utilizado como referência para o aumento da retenção de biofilme sobre materiais restauradores, embora não deva ser interpretado como um limite clínico absoluto.³¹ Após o envelhecimento, a maioria das condições permaneceu abaixo desse valor. As exceções foram o heptano após 24 horas, com R_a de 0,2282 μm , e a água destilada após sete dias, com R_a de 0,2030 μm . Embora os aumentos tenham sido relativamente discretos, esses resultados evidenciam que mesmo um PMMA industrialmente polimerizado e submetido a um protocolo padronizado de polimento pode apresentar alterações superficiais diante de determinados componentes da dieta.

O heptano promoveu a maior rugosidade após 24 horas, diferindo dos demais líquidos simuladores. Por ser um meio apolar e apresentar afinidade com componentes orgânicos da matriz, esse líquido pode penetrar na estrutura polimérica, aumentar o espaçamento entre as cadeias e exercer efeito plastificante.²² Essa interação pode favorecer amolecimento localizado, lixiviação de componentes e formação de irregularidades superficiais. O valor observado após sete dias foi inferior ao registrado após 24 horas e não diferiu significativamente dos demais períodos dentro dessa solução. Esse comportamento não permite afirmar que tenha ocorrido recuperação da superfície. A resposta pode estar relacionada ao estabelecimento de equilíbrio entre sorção e liberação do líquido ou a um efeito inicial mais pronunciado, seguido por estabilização. Resultados semelhantes de estabilização após diferentes períodos de imersão foram relatados por Farahat et al.³², mas a ocorrência de um platô de degradação deve ser interpretada com cautela

A água destilada apresentou comportamento diferente, com aumento progressivo da rugosidade e diferença significativa entre o período inicial e sete dias. Esse resultado confirma que a água não atua apenas como meio inerte. A sorção de água pode produzir plasticização da matriz, redução das forças intermoleculares e aumento da mobilidade das cadeias poliméricas. Estudos com resinas acrílicas demonstraram que a água absorvida pode reduzir dureza, resistência transversal e resistência à fadiga.^{33,34} Giti et al.³⁵ relacionaram esse fenômeno à polaridade molecular, à presença de ligações insaturadas e ao desequilíbrio das forças intermoleculares, que podem ocasionar ruptura reversível de ligações entre as cadeias e alterações irreversíveis na matriz. Essas modificações ajudam a explicar o aumento da rugosidade identificado após o período prolongado de imersão.

O etanol também aumentou significativamente a rugosidade em relação ao período inicial, porém não houve diferença entre 24 horas e sete dias. Esse resultado sugere que parte relevante da modificação superficial ocorreu nas primeiras 24 horas, seguida por relativa estabilização. A molécula de etanol apresenta capacidade de interagir com domínios hidrofílicos e hidrofóbicos, favorecendo sua difusão pela matriz polimérica, o afastamento das cadeias e o amolecimento do material.^{36,45-48} Entretanto, as alterações promovidas por esse meio foram menos intensas que aquelas observadas para o heptano após 24 horas.

A solução de ácido cítrico não promoveu variações significativas de rugosidade entre os períodos e apresentou os menores valores após 24 horas e sete dias. Dentro das condições experimentais adotadas, esse resultado sugere maior resistência do PMMA reticulado ao meio ácido em comparação aos desafios apolar, alcoólico e aquoso. Contudo, essa resposta não significa que o ácido cítrico seja incapaz de degradar materiais poliméricos. Sua ação depende da concentração, do pH, do tempo de contato, da renovação da solução, da composição e do grau de conversão do material. Além disso, a imersão estática não reproduz a associação clínica entre ácidos, alterações de temperatura, abrasão por escovação e forças mastigatórias.

As restaurações estéticas permanecem continuamente expostas a alimentos e bebidas capazes de modificar sua aparência. Materiais CAD/CAM podem apresentar alterações de cor e translucidez após o contato com diferentes meios, comprometendo a integração estética e, em situações mais intensas, reduzindo a longevidade da restauração.^{18,36} No presente estudo, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nos valores de ΔE_{00} entre os líquidos simuladores ou entre os intervalos avaliados. Entretanto, a ausência de significância estatística não corresponde necessariamente à ausência de relevância clínica.

Todos os valores médios de ΔE_{00} permaneceram acima do limiar de perceptibilidade de 0,80, indicando que as alterações poderiam ser percebidas por observadores.^{25,26} Em relação ao limiar de aceitabilidade de 1,80, permaneceram clinicamente aceitáveis apenas a água destilada em P1 e P3, o heptano em P2 e o ácido cítrico em P3. Nas demais condições, os valores médios ultrapassaram 1,80, indicando alterações perceptíveis e potencialmente inaceitáveis. O limiar de perceptibilidade representa a diferença de cor identificada por aproximadamente 50% dos observadores, enquanto o limiar de aceitabilidade corresponde à magnitude considerada clinicamente aceitável por metade deles.^{25,26} Esses resultados reforçam a necessidade de interpretar conjuntamente a significância estatística e os limiares clínicos. A alteração de cor observada não pode ser atribuída à presença de pigmentos, uma vez que os líquidos utilizados não continham agentes cromogênicos comparáveis aos presentes no café, vinho ou chá. Provavelmente, as mudanças decorreram de interações físico-químicas entre os líquidos e o polímero, incluindo sorção, plasticização, lixiviação de componentes e modificações no índice de refração. A penetração de líquidos pode alterar a forma como a luz é absorvida, refletida e

dispersa pela superfície e pelo interior do material, mesmo na ausência de pigmentação externa. Oysaet et al.⁴¹ relacionaram as respostas ópticas à composição do material e à maneira como sua estrutura é afetada pelo ambiente, enquanto outros estudos demonstraram que materiais resinosos permitem a penetração de água na matriz e nas interfaces entre seus componentes.^{37,40-44}

A análise isolada dos componentes da cor auxiliou na compreensão dessas alterações. A luminosidade não foi significativamente influenciada pelo líquido ou pelo intervalo de avaliação. A predominância de valores positivos de ΔL sugere tendência discreta ao aumento da luminosidade, mas a elevada variabilidade e a ausência de significância estatística impedem atribuir esse efeito a uma solução específica. A ausência de agentes pigmentantes provavelmente contribuiu para a manutenção relativa da luminosidade.

Em contraste, foram identificadas alterações no croma e na matiz. O ΔC foi significativamente maior em P3 que em P1, independentemente do líquido utilizado. Como P1 representa a diferença entre o baseline e 24 horas, enquanto P3 representa a diferença entre 24 horas e sete dias, esse resultado sugere que alterações adicionais na saturação da cor continuaram ocorrendo após o primeiro dia de imersão. Entretanto, P3 não constitui um terceiro tempo independente, mas uma comparação entre dois períodos, devendo ser interpretado como a magnitude da mudança ocorrida entre 24 horas e sete dias. Para o etanol, o comportamento do croma diferiu entre os intervalos, com maior valor em P2, correspondente à comparação entre o baseline e sete dias. Esse resultado indica que a exposição prolongada ao etanol produziu uma alteração acumulada na saturação da cor. O etanol pode promover amolecimento da matriz, aumento da distância entre as cadeias poliméricas e formação de microfissuras, facilitando a penetração e a retenção do próprio solvente.^{36,45-48} Essas modificações estruturais podem alterar a propagação da luz e, conseqüentemente, os componentes cromáticos do material.

O efeito mais evidente sobre a matiz também foi observado para o etanol absoluto. Essa solução apresentou valores de ΔH superiores aos demais líquidos em P2 e P3. Além disso, os valores obtidos nesses intervalos foram maiores que aqueles observados em P1. Esses resultados demonstram que a alteração tonal ocorreu principalmente após a continuidade da exposição ao etanol, mesmo sem aumento concomitante da luminosidade. Assim, a estabilidade de ΔL não significa estabilidade

completa da cor, pois modificações em croma e matiz podem contribuir para valores perceptíveis de ΔE_{00} . As propriedades estéticas devem, portanto, ser interpretadas de forma integrada, considerando luminosidade, croma, matiz, translucidez e alteração de cor global.^{36,43,44}

Os resultados apresentam relevância clínica porque o PMMA CAD/CAM pode permanecer em função durante períodos prolongados em reabilitações complexas. A exposição frequente a bebidas alcoólicas ou alimentos ricos em lipídios pode modificar a superfície e determinados componentes ópticos do material. Da mesma forma, o contato contínuo com o meio aquoso pode produzir alterações cumulativas. Guler et al.⁴⁹ propuseram que sete dias de imersão em líquidos simuladores corresponderiam aproximadamente a sete meses de exposição clínica. Essa equivalência, entretanto, deve ser considerada apenas uma estimativa operacional, pois a imersão contínua não reproduz a curta duração do contato com os alimentos, o fluxo salivar, a limpeza da superfície e as variações térmicas e mecânicas presentes na cavidade bucal.

Embora o protocolo de polimento tenha produzido baixa rugosidade inicial, o delineamento não incluiu espécimes sem polimento ou submetidos a outro sistema. Portanto, não é possível concluir que o OptraGloss tenha reduzido a degradação em comparação com outras condições. Os resultados demonstram o comportamento do PMMA polido com esse sistema diante dos líquidos simuladores avaliados, mas a efetividade relativa do protocolo deverá ser investigada por estudos comparativos. Outras limitações incluem a utilização de apenas uma marca de PMMA CAD/CAM, a imersão estática, o período máximo de sete dias e a ausência de saliva, película adquirida, ciclagem térmica, forças mastigatórias e escovação. Além disso, os líquidos empregados representam classes químicas de alimentos, mas não possuem corantes capazes de reproduzir a pigmentação causada por café, chá, vinho tinto e outros produtos. Estudos futuros deverão comparar diferentes materiais e sistemas de polimento e associar os líquidos simuladores a agentes pigmentantes, ciclagem térmica e abrasão mecânica.

6 CONCLUSÃO

Dentro dessas limitações, os achados demonstraram que os líquidos simuladores de alimentos produziram efeitos específicos sobre o PMMA reticulado para CAD/CAM. O heptano promoveu aumento inicial mais acentuado da rugosidade, a água ocasionou alteração progressiva após sete dias e o etanol apresentou maior influência sobre o croma e a matiz. Apesar da ausência de diferenças estatísticas no ΔE_{00} , as alterações cromáticas foram perceptíveis e, na maioria das condições, ultrapassaram o limiar de aceitabilidade clínica.

Esses resultados evidenciam que a dieta pode afetar o desempenho superficial e estético das restaurações provisórias e reforçam a importância de protocolos de polimento e de orientações de manutenção compatíveis com o período previsto de utilização.

7 REFERÊNCIAS

1. Daher R, Ardu S, di Bella E, Krejci I, Duc O. Efficiency of 3D-printed composite resin restorations compared with subtractive materials: Evaluation of fatigue behavior, cost, and time of production. *J Prosthet Dent*. 2022 Nov 1:S0022-3913(22)00481-4.
2. Güth, J.F.; e Silva, J.A.; Edelhoff, D. Enhancing the predictability of complex rehabilitation with a removable CAD/CAM-fabricated long-term provisional prosthesis: A clinical report. *J. Prosthodont. Dent*. 2021, 107, 1–6.
3. Schelkopf S, Dini C, Beline T, Wee AG, Barão VAR, Sukotjo C, Yuan JC. The Effect of Smoking and Brushing on the Color Stability and Stainability of Different CAD/CAM Restorative Materials. *Materials (Basel)*. 2022 Oct 5;15(19):6901.
4. Wiegand A, Stucki L, Hoffmann R, Attin T, Stawarczyk B. Repairability of CAD/CAM high-density PMMA- and composite-based polymers. *Clin Oral Investig*. 2015 Nov;19(8):2007-13.
5. Edelhoff D, Beuer F, Schweiger J, Brix O, Stimmelmayer M, Guth JF. CAD/CAM-generated high-density polymer restorations for the pretreatment of complex cases: a case report. *Quintessence Int*. 2012 Jun;43(6):457-67.
6. Zafar MS. Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers (Basel)*. 2020 Oct 8;12(10):2299. doi: 10.3390/polym12102299. PMID: 33049984; PMCID: PMC7599472.
7. Yao Q, Morton D, Eckert GJ, Lin WS. The effect of surface treatments on the color stability of CAD-CAM interim fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*. 2021 Aug;126(2):248-253.
8. 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.
9. Koroğlu A, Sahin O, Dede DÖ, Yilmaz B. Effect of different surface treatment methods on the surface roughness and color stability of interim prosthodontic materials. *J Prosthet Dent*. 2016 Apr;115(4):447-55.
10. Kul E, Abdulrahim R, Bayındır F, Matori KA, Gül P. Evaluation of the color stability of temporary materials produced with CAD/CAM. *Dent Med Probl*. 2021;58(2):187-191.
11. Arocha MA, Mayoral JR, Lefever D, et al.. Color stability of siloranes versus methacrylate-based composites after immersion in staining solutions. *Clin Oral Investig*. 2013;17:1481–1487

12. Samra AP, Pereira SK, Delgado LC, et al.. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Braz Oral Res.* 2008;22:205–210.
13. Borges A, Caneppele T, Luz M, et al.. Color stability of resin used for caries infiltration after exposure to different staining solutions. *Oper Dent.* 2014;39:433–440.
14. Fidan M, Dereli Z. Effect of polishing systems on the color and surface properties of resin composites in the process of accelerated artificial aging. *Clin Exp Health Sci.* 2022;12(3):702–10. 10.33808/clinexphealthsci.1014098.
15. Turkyılmaz G, Tuncer T, Bal F. Effect of different finishing and polishing systems on surface roughness of bulk fill composite resin. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci.* 2021;27(2):280–5. 10.5336/dentalsci.2020-74864
16. Food and Drug Administration: FDA Guidelines for Chemistry and Technology Requirements of Indirect Additive Petitions. Washington, FDA, 1976
17. Kedici Alp C, Arslandaş Dinçtürk B, Altınışik H. The Effect of Food-Simulating Liquids on Surface Features of Single-Shade Universal Composites: An In Vitro Study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2023 Apr 28;13(2):157-165. doi: 10.4103/jispcd.JISPCD_233_22. PMID: 37223442; PMCID: PMC10202257.
18. Fatemi FS, Vojdani M, and Khaledi AAR. The effect of food-simulating agents on the bond strength of hard chairside reline materials to denture base resin. *J Prosthodont.* 2019; 28(1): 357–363.
19. Rajaei, N., Vojdani, M., & Adibi, S. (2014). Effect of Food Simulating Agents on the Flexural Strength and Surface Hardness of Denture Base Acrylic Resins.
20. Arif R, Yilmaz B, Johnston WM. In vitro color stainability and relative translucency of CAD-CAM restorative materials used for laminate veneers and complete crowns. *J Prosthet Dent.* 2019;122:160-166.
21. Babaier R, Watts DC, Silikas N. Effects of three food-simulating liquids on the roughness and hardness of CAD/CAM polymer composites. *Dent Mater.* 2022 May;38(5):874-885.
22. Ionescu AC, Brambilla E, Pires PM, López-Castellano A, Alambiaga-Caravaca AM, Lenardi C, Sauro S. Physical-chemical and microbiological performances of graphene-doped PMMA for CAD/CAM applications before and after accelerated aging protocols. *Dent Mater.* 2022 Sep;38(9):1470-1481).
23. Gómez-Polo C, Muñoz MP, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martín Casado AM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent.* 2016;115(1):65–70.

24. Acar O, Yilmaz B, Altintas SH, Chandrasekaran I, Johnston WM. Color stainability of CAD-CAM and nanocomposite resin materials. *J Prosthet Dent* 2016;115:71-5.
25. Stamenković DD, Tango RN, Todorović A, Karasan D, Sailer I, Paravina RD. Staining and aging-dependent changes in color of CAD-CAM materials [published online ahead of print, 2020 Oct 8]. *J Prosthet Dent*. 2020;S0022-3913(20)30469-8.
26. 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;27 Suppl 1:S1-9.
27. Rayyan MM, Aboushelib M, Sayed NM, Ibrahim A, Jimbo R. Comparison of interim restorations fabricated by CAD/CAM with those fabricated manually. *J Prosthet Dent*. 2015 Sep;114(3):414-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.03.007.
28. Peñate L, Basilio J, Roig M, Mercadé M. Comparative study of interim materials for direct fixed dental prostheses and their fabrication with CAD/CAM technique. *J Prosthet Dent*. 2015 Aug;114(2):248-53. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.12.023.
29. Patras M, Naka O, Doukoudakis S, Pissiotis A. Management of provisional restorations' deficiencies: a literature review. *J Esthet Restor Dent*. 2012 Feb;24(1):26-38. doi: 10.1111/j.1708-8240.2011.00467.x. Epub 2011 Aug 30. PMID: 22296692.
30. Fidan M. The effects of different repolishing procedures on the color change of bulk-fill resin composites. *Eur Oral Res*. 2024 Jan 5;58(1):14-21. doi: 10.26650/eor.20231234627. PMID: 38481725; PMCID: PMC10927711.
31. LPC Contreras, AMO Dal Piva, FC Ribeiro, LC Anami, SEA Camargo, AOC Jorge, MA Bottino; Effects of Manufacturing and Finishing Techniques of Feldspathic Ceramics on Surface Topography, Biofilm Formation, and Cell Viability for Human Gingival Fibroblasts. *Oper Dent* 1 November 2018; 43 (6): 593–601. doi: <https://doi.org/10.2341/17-126-L>
32. Farahat DS, El-Wassefy NA. Effects of food-simulating solutions on the surface properties of two CAD/CAM resin composites. *J Clin Exp Dent*. 2022 Oct 1;14(10):e782-e790.
33. Cucci AL, Vergani CE, Giampaolo ET, Afonso MC. Water sorption, solubility, and bond strength of two autopolymerizing acrylic resins and one heat-polymerizing acrylic resin. *J Prosthet Dent*. 1998 Oct;80(4):434-8. doi: 10.1016/s0022-3913(98)70008-3. PMID: 9791790.
34. Khaledi AA, Bahrani M, Shirzadi S. Effect of Food Simulating Agents on the Hardness and Bond Strength of a Silicone Soft Liner to a Denture Base Acrylic Resin. *Open Dent J*. 2015 Dec 23;9:402-8. doi: 10.2174/1874210601509010402. PMID: 26966465; PMCID: PMC4765510.

35. Giti R, Vojdani M, Abduo J, Bagheri R. The Comparison of Sorption and Solubility Behavior of Four Different Resin Luting Cements in Different Storage Media. *J Dent (Shiraz)*. 2016
36. Kang YA, Lee HA, Chang J, Moon W, Chung SH, Lim BS. Color Stability of Dental Reinforced CAD/CAM Hybrid Composite Blocks Compared to Regular Blocks. *Materials (Basel)*. 2020 Oct 22;13(21):4722. doi: 10.3390/ma13214722. PMID: 33105868; PMCID: PMC7660196.
37. Silva TMD, Sales ALLS, Pucci CR, Borges AB, Torres CRG. The combined effect of food-simulating solutions, brushing and staining on color stability of composite resins. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2017 Jan 16;3(1):1-7. doi: 10.1080/23337931.2016.1276838. PMID: 28642926; PMCID: PMC5463335.
38. Hengtrakool C, Kukiattrakoon B, Kedjarune-Leggat U.. Effect of naturally acidic agents on microhardness and surface micromorphology of restorative materials. *Eur J Dent*. 2011;5:89–100.
39. Yesilyurt C, Yoldas O, Altintas SH, et al.. Effects of food-simulating liquids on the mechanical properties of a silorane-based dental composite. *Dent Mater J*. 2009;28:362–367.
40. Zhang Y, Xu J.. Efeito da imersão em vários meios na sorção, solubilidade, eluição de monômeros não reagidos e propriedades de flexão de duas composições compostas odontológicas modelo . *J Mater Sci: Mater Med* . 2008; 19 :2477–2483.
41. Oysaed H, Ruyter IE. Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *J Dent Res*. 1986 Nov;65(11):1315-8. doi: 10.1177/00220345860650110601. PMID: 3478390
42. 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 Jan;3(1):50-6. PMID: 19262731; PMCID: PMC2647959.
43. Ahn, Jin-Soo & Lee, Yong-Keun. (2008). Difference in the translucency of all-ceramics by the illuminant. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 24. 1539-44. 10.1016/j.dental.2008.03.020.
44. Berns, RS. Billmeyer and Saltzman's. *Principles of Color Technology*. 3rd ed. New York: Wiley, c2000, pp. 13-20.
45. Akova T, Ozkomur A, Uysal H. Effect of food-simulating liquids on the mechanical properties of provisional restorative materials. *Dent Mater*. 2006 Dec;22(12):1130-4. doi: 10.1016/j.dental.2005.09.009. Epub 2006 Jan 18. PMID: 16386787.

46. McKinney JE, Wu W. Chemical Softening and Wear of Dental Composites. *Journal of Dental Research*. 1985;64(11):1326-1331. doi:10.1177/00220345850640111601
47. Kumari CM, Bhat KM, Bansal R, Singh N, Anupama A, Lavanya T. Evaluation of Surface Roughness and Hardness of Newer Nanoposterior Composite Resins after Immersion in Food-Simulating Liquids. *Contemp Clin Dent*. 2019 Apr-Jun;10(2):289-293. doi: 10.4103/ccd.ccd_535_18. PMID: 32308292; PMCID: PMC7145263.
48. Söderholm KJ. Leaking of fillers in dental composites. *J Dent Res*. 1983 Feb;62(2):126-30. doi: 10.1177/00220345830620020801. PMID: 6571865.
49. Zirak M, Vojdani M, Mohammadi S, Khaledi AA. Comparison of the Water Sorption and Solubility of Four Reline Acrylic Resins after Immersion in Food-Simulating Agents. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2019 Jan-Feb;9(1):40-46. doi: 10.4103/jispcd.JISPCD_296_18. Epub 2019 Feb 14. PMID: 30923692; PMCID: PMC6402257.