



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Laís Duarte

**Estabilidade de cor de compósitos gengivais fotopolimerizáveis
aplicados sobre resina 3D impressa**

Florianópolis

2024

Laís Duarte

**Estabilidade de cor de compósitos gengivais fotopolimerizáveis aplicados
sobre resina 3D impressa**

Tese submetida ao Programa de Pós-graduação em
Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do título de doutora em Odontologia.
Orientador: Profa. Dra. Thais Marques Simek Vega
Gonçalves

Florianópolis

2024

Ficha de identificação da obra

Duarte, Laís

Estabilidade de cor de compósitos gengivais
fotopolimerizáveis aplicados sobre resina 3D impressa /
Laís Duarte ; orientadora, Thais Marques Simek Vega
Gonçalves, 2024.

48 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-
Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Odontologia. 2. Estabilidade de cor. 3. Compósitos
gengivais fotopolimerizáveis. I. Gonçalves, Thais Marques
Simek Vega. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

Laís Duarte

Estabilidade de cor de compósitos gengivais fotopolimerizáveis aplicados sobre resina 3D impressa

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Luiz Carmo Filho, Dr.

Universidade Positivo

Profa. Analucia Gleber Philippi, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Ana Paula Martins, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutora em Odontologia.

Profa. Dra. Mariane Cardoso Carvalho

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Profa. Dra. Thais Marques Simek Vega Gonçalves

Orientadora

Florianópolis, 2024.

Este trabalho é dedicado aos meus pais, que com amor
e fé sempre apoiam a minha evolução.

AGRADECIMENTOS

À **minha família**, por sempre me encorajarem a evoluir. O incentivo e o amor que demonstram por mim, fazem eu acreditar que posso sempre ir em busca dos meus objetivos. Obrigada por acreditarem nos meus sonhos e fazê-los seus também.

Aos **meus amigos**, que estiveram presentes nessa trajetória. Meus sinceros agradecimentos por sempre torcerem por mim e dividirem comigo não só as alegrias das minhas conquistas, mas também me acolheram nos dias difíceis.

A minha orientadora, **Profa. Dra. Thais Marques Simek Vega Gonçalves**, que durante esses últimos cinco anos me orientou e apoiou a minha formação acadêmica. Obrigada por ter trilhado esse caminho ao meu lado, você é exemplo de dedicação à docência.

A professora, **Dra. Analucia Gleber Philippi**, que contribuiu para o desenvolvimento desta pesquisa. Obrigada pela disponibilidade e paciência em nos ensinar, nos guiando para uma odontologia séria e ética.

Ao professor, **Dr. Luiz Carmo Filho**, por apoiar o nosso projeto e nos ajudar na confecção dos espécimes. Sempre solícito e disposto em contribuir para o desenvolvimento da ciência.

Às alunas, **Liliane Bonatto Drummond** e **Isabela Reginaldo**, que se comprometeram e me apoiaram em toda a execução deste trabalho.

Aos meus **amigos da pós-graduação UFSC**, que orgulho fazer parte dessa equipe. Muitas foram as nossas conquistas, mas elas foram ainda mais significativas porque foram ao lado de pessoas que tenho muito carinho. Eu tenho certeza que a odontologia será sempre muito bem representada por vocês, obrigada por tudo!

A todos os **docentes do Programa de Pós-graduação em Odontologia** da Universidade Federal de Santa Catarina, pela contribuição imprescindível para minha formação acadêmica.

A todos os **servidores e funcionários** da Universidade Federal de Santa Catarina, por todo auxílio, disponibilidade e suporte.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a estabilidade de cor do compósito gengival fotopolimerizável (CGF) aplicado sobre resina 3D impressa, em relação às diferentes espessuras de compósito, soluções corantes e tempos de imersão. **Material e métodos:** Um estudo piloto foi realizado para a definição do número amostral. As amostras (n=200) foram impressas em resina de impressão 3D (P Pro, Straumann, Suíça) com 2mm de espessura de base e um rebaixo central cuja espessura variou em 0,2 mm; 0,4 mm; 0,6 mm; 0,8 mm e 1,0 mm. O CGF (Gradia GUM, GC) foi aplicado no rebaixo central e uniformizado com auxílio de uma lamínula de vidro. Após a fotoativação, a cor foi mensurada pelo método fotocolorimétrico (eLabor_aid®) e as amostras randomicamente divididas para a imersão em uma das diferentes soluções corantes (água destilada (controle negativo), café, vinho e chá preto). As soluções foram trocadas diariamente e a avaliação da cor refeita no mesmo espécime após 2,5, 5 e 7 dias. Os dados foram analisados com ANOVA de medidas repetidas, seguido de Tukey ($\alpha = 0.05$). **Resultados:** Apesar das diferentes espessuras apresentarem alterações de cor significativas ($P < 0.05$), não foi possível observar um padrão direto de alterações relacionadas à espessura propriamente. De qualquer forma, as maiores alterações de cor foram observadas na imersão em café, seguido do vinho tinto. Quanto maior o tempo de imersão, maior a pigmentação observada ($P < 0.05$). Considerando os limites de perceptibilidade, todas as variações de cor seriam perceptíveis ($\Delta E_{00} > 1$), exceto na espessura 0,4 mm após 2,5 dias de imersão em água destilada. Em acréscimo, as variações observadas na imersão em café foram todas consideradas inaceitáveis ($\Delta E_{00} > 3.7$) de acordo com os limites de aceitabilidade. **Conclusões:** A espessura da camada, o tempo de imersão e o tipo de soluções corantes podem alterar de forma significativa a cor do CGF.

Palavras-chave: Estabilidade de cor, resinas de impressão, compósitos gengivais fotopolimerizáveis, estética, prótese total.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the color stability of a light-cured gingival composite (LCGC) applied on 3D printed resin, in relation to different composite thicknesses, staining solutions, and immersion times. **Material and methods:** A pilot study was conducted to determine sample size. The samples (n=200) were 3D printed in resin (P Pro, Straumann, Switzerland) with a 2 mm base thickness and a central recess whose thickness varied at 0.2 mm, 0.4 mm, 0.6 mm, 0.8 mm, and 1.0 mm. The CGF (Gradia GUM, GC) was applied to the central recess and leveled with a glass laminula. After light-curing, color was measured using a photocolometric method (eLabor_aid®), and the samples were randomly assigned for immersion in one of the different staining solutions (distilled water (negative control), coffee, red wine, and black tea). Solutions were changed daily, and color evaluation was repeated on the same specimen after 2.5, 5, and 7 days. Data were analyzed using repeated measures ANOVA, followed by Tukey ($\alpha = 0.05$). **Results:** Despite significant color changes observed among different thicknesses ($P < 0.05$), a direct pattern of changes related to thickness itself could not be discerned. Nevertheless, the most significant color alterations were noted during immersion in coffee, followed by red wine. With longer immersion times, higher pigmentation was observed ($P < 0.05$). Considering perceptibility thresholds, all color variations were perceptible ($\Delta E_{00} > 1$), except for the 0.4mm thickness after 2.5 days of immersion in distilled water. Additionally, the variations observed during coffee immersion were all deemed unacceptable ($\Delta E_{00} > 3.7$) based on acceptability limits. **Conclusions:** Layer thickness, immersion time, and the type of staining solutions can significantly alter the color of CGF.

Keywords: Color stability, printing resins, photopolymerizable gingival composites, aesthetics, complete denture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Espécime impressos em resina de impressão 3D (P Pro, Straumann) com rebaixo circular central (com profundidade variando em 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1mm) onde foi inserido o compósito.....	28
Figura 2 Compósito (Gradia GUM, GC Corporation, Tokyo, Japão) fluído sendo inserido diretamente no rebaixo circular.....	28
Figura 3 Fixação da lamínula de vidro para uniformização da camada do compósito em todo o espécime.....	29
Figura 4 Fotoativação do compósito	29
Figura 5 Espécimes imersos em diferentes soluções. Da esquerda para a direita estão as soluções de água destilada (grupo controle), chá preto, café e vinho tinto.....	29
Figura 6 Fotografia padronizada sendo processada no software eLAB Prime (eLAB, Freiburg, Alemanha) e coordenadas fotográficas sendo mensuradas no aplicativo Classic Color Meter.....	32
Figura 7 Exemplo de espécimes com espessura de 0,4 e 1 mm do grupo controle com imersão em água destilada por 2,5 dias.....	36
Figura 8 Exemplo de espécimes com espessura de 0,6 e 0,8 mm após imersão em café por 7 dias.....	36
Figura 9 Exemplo de alteração cromática do espécime imerso em vinho. Da esquerda para a direita temos a imagem inicial (baseline) e após a imersão por 2,5, 5 e 7 dias, respectivamente.....	37
Figura 10 Exemplo da amostra de 0.8mm fotografada no baseline e após 7 dias de imersão no café.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise estatística (ANOVA 3-way de medida repetida).....	32
Tabela 2. Média, desvio padrão e significância entre os três fatores do experimento, espessura da resina, solução corante e tempo de imersão.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PMMA – Polimetilmetacrilato

CGF – Compósito gengival fotopolimerizável

CAD-CAM – Computer-aided design e computer-aided manufacturing

CIE – Commission Internationale de l'Eclairage

ANOVA – Análise de variância

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
3	OBJETIVO.....	25
	3.1 Objetivo Geral	25
	3.2 Objetivos Específicos	25
4	MATERIAIS E MÉTODOS	26
	<i>Projeto piloto e cálculo amostral</i>	26
	<i>Confecção dos espécimes</i>	26
	<i>Imersão dos espécimes</i>	29
	<i>Avaliação colorimétrica</i>	30
	<i>Análise estatística</i>	31
5	RESULTADOS	32
6	DISCUSSÃO.....	37
7	CONCLUSÃO.....	42
8	REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

O polimetilmetacrilato (PMMA) é um material muito difundido na Odontologia e muito utilizado como base de próteses removíveis por ser um material com boas propriedades mecânicas e de fácil manuseio (WALDEMARIN et al., 2013). Esse material apresenta baixa densidade, alta resistência à solubilidade em saliva e pode ser reparado, o que clinicamente o torna muito vantajoso. Por outro lado, é um material com relativa porosidade em sua superfície e em seu interior (WALDEMARIN et al., 2013), o que pode resultar no enfraquecimento estrutural da prótese assim como a colonização com microrganismos quando não controlado (FIGUERÔA et al., 2018). A resina à base de PMMA também tende a absorver líquidos por embebição devido a sua alta energia interna, favorecendo a difusão de líquidos em seu interior (ANUSAVICE, 2012). Assim, dependendo das condições da prótese e das características da dieta, alterações significativas de cor podem ocorrer, alterando a aparência estética da prótese em longo prazo (WALDEMARIN et al., 2013; SINGH et al., 2013).

Com o objetivo de melhorar as propriedades mecânicas das resinas, diferentes técnicas de polimerização e composições do produto estão sendo estudadas. Resinas acrílicas polimerizadas por micro-ondas, por exemplo, foram desenvolvidas com tempo e ciclos de polimerização reduzidos, (SINGH et al., 2013) evitando o elevado aquecimento do monômero e sua consequente degradação, o que reduz significativamente a presença de porosidades internas (FIGUERÔA et al., 2018). Resinas acrílicas de alto impacto, por sua vez, apresentam processamento semelhante às resinas convencionais no sistema pó e líquido, porém com a adição do polibutadieno ao polímero, a resistência final do produto aumentou consideravelmente, com consequente melhora do comportamento clínico em longo prazo da resina (SASAKI et al., 2016; DANDIWAL et al., 2019).

Com a evolução da Odontologia digital, também surgiram novas técnicas de confecção das próteses odontológicas baseadas no desenho e na manufatura assistidos por computador

(CAD-CAM). O processamento dos materiais tornou-se mais previsível devido à baixa sensibilidade técnica e alta estabilidade química e mecânica do material, além da maior precisão, conseguida principalmente nos casos de próteses fresadas (VAN NOORT, 2012).

No caso da manufatura aditiva, diferentes camadas de resina são sobrepostas e cada camada é fotoativada individualmente, surgindo, ao final do processo, uma peça tridimensional (PRPIC et al., 2020). Esse processo diferencia-se da fresagem por minimizar desperdícios e por ter potencial de gerar geometrias complexas (NGO et al., 2018). Um estudo (YOSHIDOME et al., 2021) avaliando a precisão de próteses totais confeccionadas digitalmente demonstrou que as bases fresadas apresentaram maior precisão e menor quantidade de ajustes clínicos quando comparadas com as convencionais. Por outro lado, quando as bases são impressas pela técnica aditiva utilizando-se uma angulação de 45°, a precisão é ainda maior que as bases confeccionadas em PMMA convencional (YOSHIDOME et al., 2021). Em relação ao comportamento óptico desses materiais, um estudo prévio avaliou o PMMA fresado e impresso, após a imersão em diferentes soluções corantes por até trinta dias (TASIN et al., 2022). As maiores alterações de cor foram observadas após a imersão em vinho tinto (TASIN et al., 2022), porém, tanto o vinho tinto quanto o café, resultaram em valores de ΔE_{00} considerados clinicamente aceitáveis, não sendo encontradas diferenças significativas entre os grupos fresados e impressos (TASIN et al., 2022). De qualquer forma, estudos futuros analisando o comportamento óptico desses materiais são ainda necessários para que possamos entender como a estética da prótese pode ou não ser influenciada pelos corantes presentes na dieta em longo prazo.

Nesse contexto, destacam-se ainda um outro tipo de material recentemente lançado no mercado, os compósitos gengivais fotopolimerizáveis (CGFs). Esses compósitos simulam a estética dos tecidos moles em próteses fixas e removíveis e são de fácil aplicação, possibilitando o reparo no consultório pelo próprio dentista (PARK et al., 2016). Os resultados

estéticos são favoráveis e bastante previsíveis, pois o produto apresenta diferentes tonalidades e podem ser aplicados sobre diferentes materiais, apresentando o resultado de forma imediata, logo após a fotoativação (KUBOCHI et al., 2017). De qualquer forma, apesar de toda a evolução desses materiais, muito ainda precisa ser estudado, principalmente em relação à estabilidade da cor. Esta importante propriedade pode ser definida como a capacidade de um material reter sua cor ao longo do tempo em um ambiente específico (AL-QARNI et al., 2020). Eventuais alterações de cor são decorrentes principalmente devido à sorção de água, pigmentação da dieta, nível de higiene bucal e problemas inerentes à polimerização inadequada do material (HATIM et al., 2013), podendo ser avaliada de forma visual ou com instrumentos (PAUL, 2002).

No passado, a determinação da cor era feita de forma visual, baseada na comparação direta do objeto com escalas de cor sendo, portanto, altamente subjetiva. Fatores externos como as condições de luz, experiência do profissional, influência do fundo e variáveis fisiológicas podem levar a inconsistência dos resultados (PAUL, 2002). Como forma de padronizar a avaliação de cor, em 1976, a Comissão Internacional de Iluminação (Commission Internationale de l'Eclairage – CIE) desenvolveu o sistema de avaliação tridimensional da cor baseado nos eixos “L”, “a” e “b”, denominada escala CIE- $L^*a^*b^*$. Esse sistema fundamenta-se na percepção da cor pela dispersão dos três pigmentos principais do olho humano (vermelho, verde e azul) (WALDEMARIN et al., 2013), e passou a ser amplamente empregado em diferentes equipamentos como colorímetros, espectofotômetros e sistemas de câmeras digitais baseados em softwares específicos (HEIN et al., 2017). Na Odontologia, esses equipamentos já vêm sendo amplamente utilizados principalmente na avaliação de cor de dentes e materiais odontológicos.

Um estudo prévio (WALDEMARIN et al., 2013), avaliando as resinas de base de prótese, comparou a resina convencional de PMMA com a resina polimerizada por micro-

ondas. Segundo os resultados, não foram observadas diferenças significativas na comparação da cor entre as resinas. Entretanto, a imersão dos espécimes em vinho tinto resultou em maior pigmentação para todas as amostras, sendo o único resultado considerado clinicamente inaceitável (WALDEMARIN et al., 2013).

Em relação aos CGFs, um estudo prévio também observou um manchamento significativo, principalmente em relação ao café (PETROPOULOU et al., 2020). Alterações cromáticas importantes também foram relatadas após a imersão em água, vinho e café (PETROPOULOU et al., 2020). Em um segundo estudo avaliando as alterações cromáticas dos CGFs, os autores salientam que as alterações cromáticas são moduladas pela solução corante, sendo o vinho o responsável pelas maiores alterações, seguido do café (BENEVIDES-REYES et al., 2023). Vale ressaltar que todas essas alterações cromáticas observadas excederam os limites visuais de aceitabilidade descritos na literatura para avaliação de cor da gengiva humana ($AT_{00} = 2,9$) (BENEVIDESREYES et al., 2023). Um terceiro estudo comparou a estabilidade de cor de três CGFs (Amaris Gingiva (VOCO), Beautiful II Gingiva (Shofu), and PermaFlo Pink (Ultradent)) imersos em água, chá preto, café, vinho tinto e curry (MARCHAN et al., 2020). Segundo os resultados, a solução de curry foi a responsável pela maior alteração, seguida do café (MARCHAN et al., 2020). Nesse estudo, a imersão em água destilada, vinho e chá preto não resultou em alterações significativas (MARCHAN et al., 2020). De qualquer forma, os autores relatam que o comprimento de onda dominante inicial e a tonalidade avermelhada dos CGFs podem ter influenciado os resultados e mais pesquisas são necessárias para melhor compreensão do comportamento óptico desses materiais (MARCHAN et al., 2020).

Fica evidente que os resultados dos estudos prévios são ainda incipientes e muitas vezes contraditórios e diversas marcas comerciais e diferentes composições de materiais estão disponíveis no mercado, necessitando de avaliações experimentais adicionais. Ainda, pouco se

sabe sobre a influência da espessura do material aplicado em relação à estabilidade de cor do CGF e a interação desses produtos com a resina de impressão 3D, utilizada em próteses removíveis. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a estabilidade de cor do CFG aplicado sobre resina de impressão 3D, analisando a influência de diferentes espessuras de CFG, em diferentes tempos de imersão e em diversas soluções corantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ALTERAÇÕES CROMÁTICAS

2.1.1. Resinas acrílicas

O primeiro estudo (WALDEMARIN et al., 2013) avaliando o comportamento óptico de resinas acrílicas processadas com diversas combinações de polimerização comparou diferentes resinas (termopolimerizável por microondas x termopolimerizável convencional) e métodos de processamentos (termopolimerização por microondas x termopolimerização convencional). Foram confeccionadas 75 amostras na proporção pó/líquido de acordo com as recomendações de cada fabricante e o processamento seguiu de acordo com o grupo correspondente. Após a polimerização, as amostras foram polidas e armazenadas por 48h em água destilada para a eliminação do monômero residual. A cor de cada amostra foi mensurada com colorímetro de bancada (Konica-Minolta CR-10) por um avaliador cegado. As amostras foram então divididas de forma randomizada e imersas em cinco soluções corantes (água, refrigerante, café, chá de erva-mate e vinho tinto). Os líquidos foram trocados a cada três dias e, após 15 dias de imersão a cor foi novamente mensurada e o ΔE calculado. Observou-se que a técnica de polimerização não influenciou a cor das resinas acrílicas. O vinho tinto provocou a maior alteração de cor, que foi considerada clinicamente inaceitável ($\Delta E = 3,68$). O refrigerante e o café provocaram alterações aceitáveis de cor, sendo que o refrigerante apresentou um valor médio abaixo do limite da perceptibilidade (0,87). No grupo do café, observou-se uma variação de cor abaixo do limite perceptível (1,41), enquanto o grupo do chá preto apresentou alteração de cor perceptível (2,25), porém, clinicamente aceitável. Os autores concluíram que as resinas apresentam alterações cromáticas dependendo da solução corante e essas alterações podem, em certos casos, serem consideradas clinicamente inaceitáveis.

Um segundo estudo transversal (BARÃO et al., 2015) avaliou a estabilidade de cor de dentes artificiais em resina acrílica utilizados na confecção de próteses totais removíveis, com

acompanhamento longitudinal de cinco anos. Foram avaliados inicialmente 480 pacientes, porém apenas 50 pacientes foram incluídos de acordo com os critérios de inclusão. Um questionário padronizado foi aplicado para avaliar possíveis razões para alterações cromáticas dos dentes artificiais. Após a profilaxia com escova Robinson e pedra-pomes, o incisivo central superior direito da prótese foi avaliado extra oralmente com um espectrofotômetro portátil (Easychade Advance; VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co KG). Para comparar os parâmetros de cor foram utilizados dentes artificiais novos baseados na informação dos prontuários, considerando a marca, o modelo e a cor dos dentes que foram utilizados quando as próteses foram confeccionadas. Para a avaliação da confiabilidade e reprodutibilidade do instrumento, foram realizadas 10 medições do mesmo dente em quatro períodos diferentes (inicial, 1 hora, 1 dia e 3 dias). Foi observada uma boa concordância entre os parâmetros $L^*a^*b^*$, com confiabilidade $> 0,92$ e reprodutibilidade $> 0,95$. Os dados subjetivos dos questionários foram comparados com os dados objetivos das análises feitas com o espectrofotômetro. O consumo frequente de alimentos com maior concentração de corantes aumentou o grau de alterações cromáticas dos dentes artificiais, com grande variação de cor (ΔE variou entre 1,83 e 11,03), sendo que o terço incisal foi o que apresentou maiores alterações. De qualquer forma, as alterações cromáticas não foram observadas pelos pacientes. Os autores concluíram que apesar das alterações de cor terem sido maiores que os níveis aceitáveis, esse problema parece não ser clinicamente relevante visto que não houve queixa dos participantes a esse respeito.

De forma semelhante, um terceiro estudo (DAYAN et al., 2019) comparou a estabilidade de cor do PMMA convencional com a de blocos de PMMA fresados. Quatro resinas para bases de prótese foram comparadas (resina autopolimerizável (Weropress, Merz Dental GmbH, Alemanha), resina termopolimerizável (Paladent, Kulzer, Alemanha), resina fotopolimerizável (Eclipse, Dentsply, Reino Unido) e um bloco de PMMA fresado (M-PM

Disc, Merz Dental GmbH, Alemanha). Para cada grupo, foram preparadas 60 amostras, as quais foram seccionadas em máquina de corte de precisão (IsoMet 1000; Buehler) para a obtenção de discos de 2 mm de espessura. A preparação de cada material seguiu as instruções de cada fabricante. Todas as amostras foram polidas com pedra-pomes, água e escova de cerdas (taxa de 1500 rpm para 90 segundos). O polimento final foi feito com pasta de polimento e flanela de torno por 90 segundos. As amostras (n = 240) foram limpas em cuba ultrassônica e água destilada por 10 minutos e submetidas a ciclagem térmica por 5.000 ciclos entre 5°C e 55°C. Após a termociclagem, as amostras foram divididas aleatoriamente em quatro grupos de acordo com as soluções corantes testadas: café, refrigerante, vinho tinto e água destilada (controle positivo). A imersão aconteceu por 15 minutos, duas vezes por dia, durante 30 dias. O valor de pH das soluções corantes foi verificado antes de cada imersão e a temperatura foi controlada em 23°C para garantir a padronização. Os dados de cores foram registrados antes e após a imersão em 7 e 30 dias com auxílio de um espectrofotômetro (Data color CHECK 3, EUA). A diferença de cor (ΔE) foi calculada aplicando a fórmula $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ nas amostras submetidas à quatro avaliações, sendo o valor médio utilizado. Entre os grupos, os dados relacionados às diferenças de cor (ΔE) foram analisadas pelo teste Kruskal-Wallis em períodos de 7 e 30 dias. Comparações múltiplas foram realizadas usando o teste U de Mann-Whitney. De acordo com os resultados, todas as soluções corantes provocaram alterações de cor das resinas, sendo que o vinho tinto foi responsável pelas maiores alterações quando comparado com ao refrigerante e ao café. Em acréscimo, a resina CAD-CAM apresentou a maior estabilidade de cor em comparação aos demais materiais para base de prótese. Com exceção da resina Eclipse imersa em vinho tinto, todos os demais grupos apresentaram valores clinicamente detectáveis para as análises de mudança de cor. Os autores enfatizam que embora a descoloração de materiais de base de prótese dentária avaliada por métodos in vitro possa não ser tão precisa ou válida quanto aquelas obtidas por métodos in vivo, esses resultados podem

fornecer orientações úteis para aplicações clínicas. Apesar das limitações do estudo, as alterações de cor de resinas de base de prótese dentária foram evidentes e relacionadas às bebidas, que são frequentemente consumidas na vida diária. A resina CAD-CAM apresentou a maior estabilidade de cor em comparação aos demais materiais para base de prótese.

Por fim, o estudo mais recente publicado (AL-QARNI et al., 2020) avaliou as possíveis alterações cromáticas de resinas acrílicas utilizadas em próteses totais fresadas em sistema CAD-CAM, comparando o comportamento cromático ao de resinas convencionais. Para isso, foram utilizadas três marcas de resinas de PMMA: resina convencional (Lucitone 199, Dentsply Sirona), resina injetável (IvoBase, Ivoclar Vivadent) e resina fresada (Lucitone 199, AvaDent). Foram ainda avaliadas três marcas de dentes artificiais: SR Vivodent DCL (Ivoclar Vivadent), Portrait IPN (Dentsply Sirona) e dentes fresados AvaDent (Global Ciência Odontológica LLC). Todas as amostras foram seccionadas em máquina de corte (IsoMet 1000, Buehler), para padronização do comprimento e espessura (10 x 2 mm), sendo as dimensões confirmadas com paquímetro digital. O polimento das amostras foi realizado de forma convencional e todas as amostras foram armazenadas em estufa úmida (37°C) por 24 horas, antes da avaliação inicial da cor ser realizada. Em seguida, as amostras foram imersas em soluções corantes (água, café e vinho tinto), as quais foram substituídas a cada 24 horas por 7 dias. A cor das amostras foi então avaliada com auxílio de um espectrofotômetro digital (VITA Easyshade; VITA). A diferença de cores (ΔE – CIELab) foi mensurada comparando-se os parâmetros cromáticos mensurados antes e depois da imersão nas soluções. Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) para determinar diferenças significativas entre os materiais e as soluções corantes. De acordo com os resultados, foi possível observar que todos os dentes imersos em café e vinho tinto sofreram alterações cromáticas significativas quando comparados à imersão em água destilada ($P < 0,001$). Os dentes imersos em café apresentavam também descoloração aparente, porém, a diferença não foi significativa em comparação aos demais

grupos. As amostras de dente Portrait IPN (Dentsply Sirona) foram as que mais sofreram alterações de cor ($P = 0,001$). Não foram observadas diferença significativa entre os dentes SR Vivodent DCL (Ivoclar Vivadent) e o dente fresado AvaDent (Global Ciência Odontológica LLC). Em relação às resinas de base, as amostras imersas em café e vinho tinto também apresentaram alterações de cor significativas quando comparadas ao grupo imerso em água destilada ($P < 0,001$). As resinas processadas por injeção apresentaram menores alterações na imersão em vinho tinto e o café do que as resinas convencionais ($P = 0,001$). As amostras de resina fresada imersas em café não apresentaram alterações de cor significativas em comparação às demais resinas, porém quando imersas em vinho tinto as amostras dessa resina comportou-se de forma semelhante às amostras convencionais e a diferença de cor foi significativamente maior do que as amostras injetadas ($P = 0,003$). Ao final, os autores concluíram que todas as amostras de resina analisadas apresentam alguma alteração cromática quando imersas no café e no vinho tinto, porém o café resultou em maiores diferenças. Em acréscimo, os dentes e a base de resina fresada apresentaram alterações de cor semelhantes à resina acrílica convencional.

2.1.2. *Compósitos gengivais fotopolimerizáveis*

Um dos primeiros estudos (MARCHAN et al., (2020) avaliando a estabilidade de cor de três diferentes marcas de CGF após a imersão em soluções corantes de café, chá, vinho e curry demonstrou resultados bastante interessantes. As marcas de CGF testadas foram Amaris Gingiva (VOCO), Beautiful II Gingiva (Shofu Dental) e PermaFlo Pink (Ultradent Products), sendo comparadas a um grupo controle de compósito nanohíbrido (Filtek Z250, 3M ESPE). Vinte e cinco amostras de cada CGF foram confeccionadas e fotopolimerizados com fotopolimerizador Valo (Ultradent) de acordo com as instruções do fabricante. As amostras foram polidas e armazenadas por 24 horas em um local à prova de luz. As amostras foram então

randomizadas em cinco grupos de acordo com a solução corante utilizada. A cor foi mensurada com espectrofotômetro antes da imersão e após 7 dias, e a diferença foi calculada através da fórmula $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]$. Os valores médios analisados previamente à imersão (ΔE) dos compósitos gengivais fotopolimerizáveis foram estatisticamente semelhantes. As soluções de curry e café apresentaram as maiores alterações de cor para todas as marcas. Por outro lado, as amostras imersas em água, chá preto e vinho não apresentaram alterações significativas. Por fim, os autores concluíram que alguns corantes da alimentação podem alterar a cor dos CGF de forma perceptíveis e inaceitáveis.

Petropoulou et al., (PETROPOULOU et al., 2020) também realizou um estudo *in vitro*, para analisar as propriedades superficiais e a estabilidade de cor de CGFs. Foram comparados diferentes CGFs (AnaxGUM (Anaxdent, Alemanha), Ceramage Body (Shofu, Japão) e Gradia Gum (GC, Bélgica)). Trinta e seis amostras de cada CGF foram confeccionadas e fotopolimerizadas previamente por 40s com fotopolimerizador Elipar Highlight (3M ESPE, Alemanha). Uma cura final de 5 min foi realizada em uma unidade de polimerização de laboratório (Labolight, GC). Em seguida, os corpos de prova foram randomizados e armazenados em diferentes soluções corantes (água, café e vinho tinto) em temperatura ambiente por 30 dias, sendo as soluções trocadas a cada 3 dias. A estabilidade de cor foi avaliada pelo método visual com fotografias e um método instrumental por meio de um colorímetro (Lange Microcolor, Bélgica). A diferença de cor entre o *baseline* e após a imersão foi calculada com base na fórmula $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]$. Nas análises fotográficas, foi possível observar que o café e o vinho foram as soluções que mais alteraram a cor dos materiais. De qualquer forma, alterações cromáticas foram observadas em todas as soluções corantes, com interação significativa entre a solução corante e o CGF analisado ($P < 0,001$). Por fim, os autores concluíram que em todos os CGF analisados, as maiores variações cromáticas foram

relacionadas à imersão em café, seguido pelo vinho tinto, principalmente em relação ao CGF Ceramage Body (Shofu, Japão) ($P < 0,05$).

Recentemente, um terceiro estudo (BENAVIDES REYES et al., 2023) analisou a estabilidade de cor de seis CGF, incluindo o Amaris Gingiva (VOCO, Alemanha), Renamel Gingafill (Cosmedent, USA), PermFlo Pink (Ultradent, USA), AnaxGUM, (AnaxGUM, Alemanha), Venus Pearl Gum (Kulzer, Alemanha) e Beautifil II Gingiva (Shofu, Japão). Doze discos de cada CGF foram confeccionados e fotopolimerizados com fotopolimerizador Bluephase Style (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein). A espessura das amostras foi avaliada em três pontos com um paquímetro digital ((Mitutoyo, Europe GmbH, Alemanha). Dos doze discos confeccionados para cada material, nove foram utilizados para avaliação de cor e randomicamente distribuídos nas três soluções corantes (água destilada, vinho tinto e café). Todos as amostras permaneceram imersas por 30 dias e tiveram as soluções trocadas a cada 48 horas. As análises de estabilidade de cor foram realizadas antes e após a imersão através de um espectrofotômetro, e os resultados foram calculados a partir da média de três medições repetidas de reflectância espectral. Os valores foram então convertidos nos parâmetros de cor CIE Lab e o ΔE calculado para cada amostra utilizando o CIEDE2000. Todos os compósitos após a imersão sofreram alterações significativas de cor, porém, as alterações foram ainda mais significativas na imersão em vinho tinto. Os autores concluíram que as alterações cromáticas geradas pelo vinho e café estão acima dos limites de aceitabilidade, e são geralmente associadas às mudanças de matiz e luminosidade.

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a estabilidade de cor de compósitos gengivais fotopolimerizáveis aplicados sobre resina de impressão 3D.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência de diferentes espessuras do CGF na estabilidade de cor do compósito aplicado sobre a resina de impressão 3D.
- Avaliar a influência de diferentes tempos de imersão na estabilidade de cor do CGF aplicado sobre a resina de impressão 3D.
- Avaliar a influência de diferentes soluções corantes na estabilidade de cor do CGF aplicado sobre a resina de impressão 3D.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Projeto piloto e cálculo amostral

Inicialmente, foi realizado um estudo piloto para definição do tamanho amostral e análise de pontos importantes da metodologia. Para esse estudo piloto, foram confeccionados 5 espécimes de cada grupo, variando-se a espessura do CGF (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1mm), sendo utilizado apenas o café como solução corante. A variação de cor (ΔE_{00}) foi analisada após a imersão por 2,5, 5 e 7 dias. Baseado nos resultados da diferença de cor (ΔE_{00}) encontrada na comparação entre as diferentes espessuras, foi realizado o cálculo amostral. Considerando um tamanho de efeito de 0,84 e uma diferença mínima entre a variação de cor de $\Delta E_{00} = 0,55 (\pm 0,80)$, poder de 80% e nível de significância de 0,05, seriam necessários 10 espécimes por grupo.

Confecção dos espécimes

Os espécimes foram desenhados em sistema CAD/CAM (Exocad, Darmstadt, Alemanha) com espessura de base de 2 mm e formato quadrangular (dimensões de 18mm (largura) x 18mm (comprimento)). Ao centro, cada espécime apresentou um rebaixo circular de 10 mm de diâmetro, sendo que a espessura deste rebaixo variou em 0,2 mm, 0,4 mm, 0,6 mm, 0,8 mm e 1,0 mm (Figura 1). Finalizado o desenho, os espécimes foram impressos em impressora 3D (Straumann P series P20) utilizando-se a resina de impressão 3D (P Pro, Straumann, Basel, Suíça) (n = 200). O protocolo de polimerização (Tempo de cura de 10 minutos e pós-cura de 25w - 405nm) foi conduzido de acordo com o sugerido pelo fabricante da resina, assim como o jateamento com óxido de alumínio 50 μm a 1,5 bar para a regularização da camada superficial.



Figura 1. Espécime impressos em resina de impressão 3D (P Pro, Straumann) com rebaixo circular central (com profundidade variando em 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1mm) onde foi inserido o compósito.

As amostras foram então limpas em água destilada em banho ultrassônico (Schuster L100, Schuster, Santa Maria, Brasil) por 10 minutos. Em seguida, elas foram secas com jato de ar por 1 minuto e acondicionadas em recipientes fechados. Após o protocolo de limpeza, o manuseio das amostras foi realizado com luvas e pinça clínica para evitar a contaminação da superfície. No rebaixo circular central de cada corpo de prova, uma pequena quantidade de CGF (Gradia GUM, GC Corporation, Tokyo, Japão) foi inserida de forma a preencher todo o rebaixo sem excessos (Figura 2).

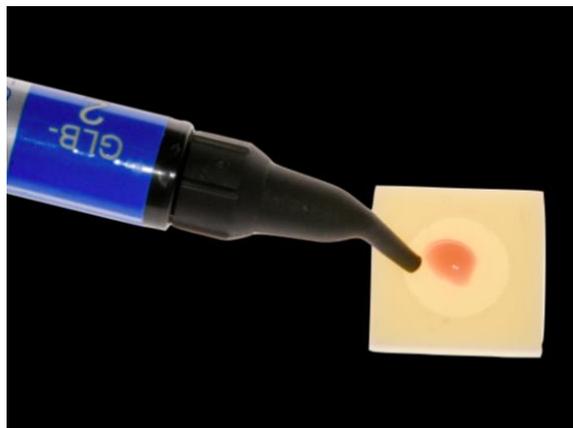


Figura 2. Compósito (Gradia GUM, GC Corporation, Tokyo, Japão) fluído sendo inserido diretamente no rebaixo circular.

Posteriormente, uma lamínula de vidro foi colocada sobre o compósito para uniformizar a camada e prevenir possíveis excessos. Essa lamínula foi fixada lateralmente com o auxílio de dois grampos de apoio (Figura 3).

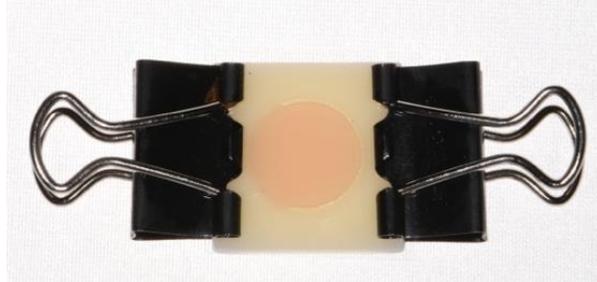


Figura 3. Fixação da lamínula de vidro para uniformização da camada do compósito em todo o espécime.

O protocolo de polimerização foi realizado com fotoativador (Valo Cordless Grand 3200, Ultradent Products, Utah, EUA) de acordo com o recomendado pelo fabricante do CGF (tempo fotopolimerização de 8 segundos no modo de alta potência - 1400 mW/cm^2) (Figura 4). A cor inicial dos espécimes foi mensurada e os espécimes foram randomicamente divididos para a posterior imersão nas soluções corantes.

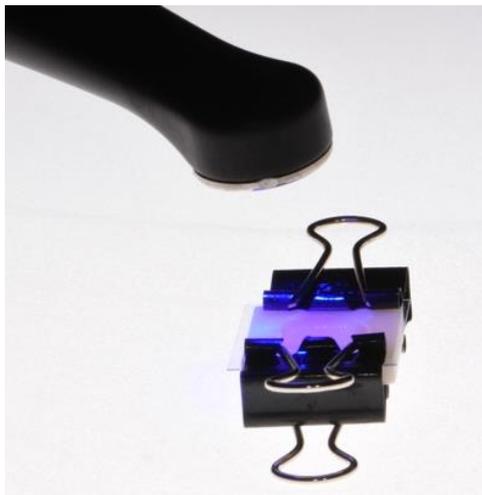


Figura 4. Fotoativação do compósito.

Imersão dos espécimes

Após a confecção, os espécimes foram imersos em quatro diferentes soluções corantes: água destilada (controle), chá preto, café e vinho tinto (Figura 5).



Figura 5. Espécimes imersos em diferentes soluções. Da esquerda para a direita estão as soluções de água destilada (grupo controle), chá preto, café e vinho tinto.

A solução de café foi preparada com 60 g de café (3 Corações Tradicional, Tres®, Varginha, Brasil), coado em um filtro de papel nº 103 (Melitta®, Minden, Alemanha) com 600 ml de água mineral potável a 100° C. Para a preparação do chá preto, 1 litro de água mineral potável a 100° C foi adicionado a 7 sachês de chá preto (Chá Leão®, Fazenda Rio Grande, Brasil) que permaneceu em infusão por 4 minutos. Após as preparações, o café e o chá preto permaneceram em repouso até atingir a temperatura de 50° C a qual foi monitorada com termômetro digital (Incoterm, São Paulo, Brasil). O vinho tinto (Campo Largo, Zanlorenzi®, Campo Largo, Brasil) foi utilizado diretamente da embalagem em temperatura ambiente, não sendo necessário preparo prévio.

Os espécimes foram imersos em cada solução, acondicionada em potes plásticos identificados, com a face a ser analisada voltada para cima. Os potes foram então armazenados

em estufa a 37° C ($\pm 1^\circ$ C) e as soluções foram trocadas diariamente. A análise de cor foi realizada após 2,5, 5 e 7 dias de imersão. Para cada análise, os espécimes foram retirados de sua solução, lavados em água corrente por 20 segundos e secos com jatos de ar frio por aproximadamente 1 minuto. A tomada fotográfica padronizada foi realizada e o espécime foi imerso novamente em seu respectivo líquido de imersão até completar os 7 dias de imersão.

Avaliação colorimétrica

Para a análise fotocolorimétrica, foi realizada uma tomada fotográfica padronizada de cada espécime. A padronização foi baseada no Protocolo eLABor_aid® (HEIN et al. 2017), onde uma câmera Nikon D7200 é utilizada com filtro polarizador cruzado (Polar_eyes, Emulation, Freiburg, Alemanha). Para garantir a sincronização do flash, a velocidade do obturador foi padronizada em 1/125s e, para o alcance de uma adequada profundidade de campo, o valor de abertura foi definido em $F = 22$. A sensibilidade do sensor de ISO foi configurada em 250 e o formato da imagem definido como RAW. O foco foi ajustado entre 0,4 e 0,35, com flash circular externo acoplado e configurado na intensidade de 1, aliado a um cartão de balanço de brancos (White_balance, Emulation, Freiburg, Alemanha) e fundo preto.

O processamento das imagens foi feito no software de processamento fotográfico digital eLAB Prime (eLAB, Freiburg, Alemanha) (Figura 6) e o registro da cor foi mensurado com auxílio do protocolo CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) a partir dos parâmetros de cor $L^*a^*b^*$ (CIELAB). O aplicativo Classic Color Meter (Copyright 2011-2021, Ricci Adams) foi utilizado (Figura 6), os valores das coordenadas colorimétricas foram anotados no software Excel (Microsoft 2021, Redmond, Estados Unidos). A alteração de cor foi calculada (ΔE_{00}) comparando-se a cor de antes da imersão com os valores obtidos após cada período de avaliação.

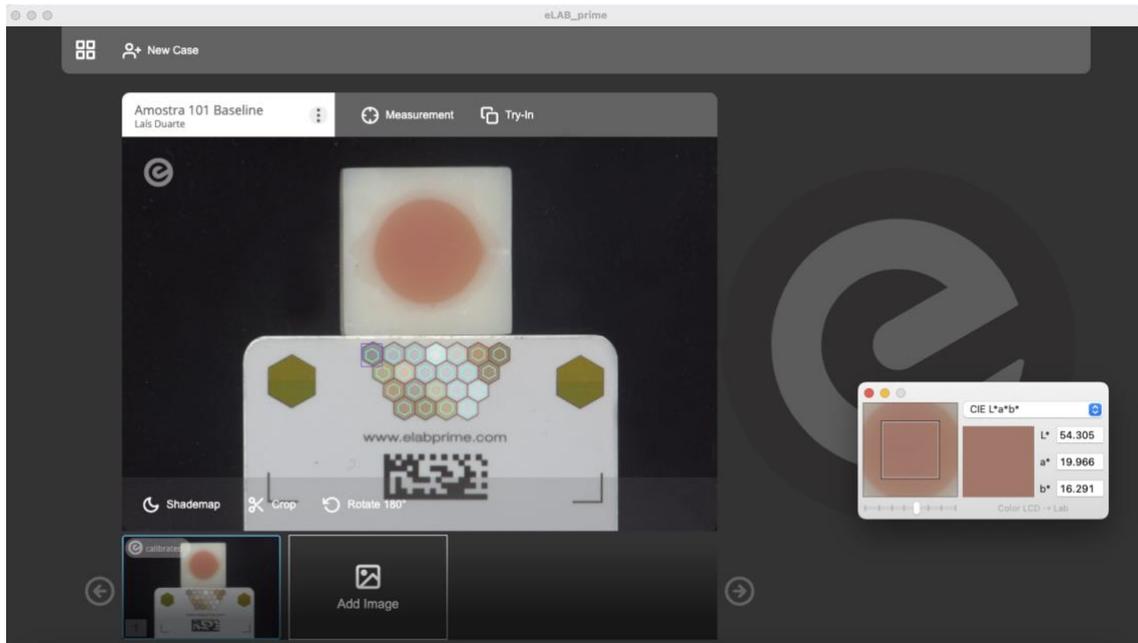


Figura 6. Fotografia padronizada sendo processada no software eLAB Prime (eLAB, Freiburg, Alemanha) e coordenadas fotográficas sendo mensuradas no aplicativo Classic Color Meter.

Análise estatística

A variável dependente considerada foi a alteração de cor (ΔE_{00}) e os fatores de estudo foram a espessura do CGF, o tempo de imersão e as diferentes soluções corantes. Os dados foram analisados em relação à normalidade e distribuição e, em seguida, analisados por Análise de Variância (ANOVA 3-way) de medidas repetidas no programa SPSS (IBM) com nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

Na tabela 1 estão dispostos os resultados brutos da análise estatística. Pode-se notar que todos os efeitos principais e as interações foram significativos (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado da análise estatística (ANOVA 3-way de medida repetida).

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos quadrados	F	P valor.
Espessura	144,3	4	36,1	3,73	0,015
Solução corante	1880,5	3	626,8	139,8	<0,0001
Tempo	57,7	2	28,8	36,3	<0,0001
Espessura x corante	319,8	12	26,6	4,1	<0,0001
Espessura x tempo	41,4	8	5,2	8,1	<0,0001
Tempo x corante	79,3	6	13,2	20,5	<0,0001
Espessura x corante x tempo	82,7	24	3,4	4,6	<0,0001

Na tabela 2, estão dispostos os valores de média e desvio padrão da diferença de cor (ΔE_{00}) observadas em relação à espessura do CGF, à solução corante e ao tempo de imersão.

Tabela 2. Média, desvio padrão e significância entre os três fatores do experimento, espessura da resina, solução corante e tempo de imersão.

Espessura do compósito	Solução Corante	Tempo de Imersão	Media	DP	Significância
0.2 mm	Água	baseline x 2,5 dias	3,58	1,57	Aab *
		baseline x 5 dias	2,64	0,91	Aa
		baseline x 7 dias	3,70	1,70	Aa
	Café	baseline x 2,5 dias	5,42	2,04	Ab

		baseline x 5 dias	8,60	2,46	Bb	
		baseline x 7 dias	9,98	3,11	Cb	
	Vinho	baseline x 2,5 dias	1,75	0,66	Aa	
		baseline x 5 dias	2,62	0,53	Ba	
		baseline x 7 dias	2,87	1,05	Ba	
	Chá	baseline x 2,5 dias	2,23	1,47	Aa	
		baseline x 5 dias	2,98	0,57	Aa	
		baseline x 7 dias	3,67	0,94	Aa	
0.4 mm	Água	baseline x 2,5 dias	0,71	0,67	Aa	* #
		baseline x 5 dias	2,20	0,74	Ba	
		baseline x 7 dias	1,29	0,92	Aba	
	Café	baseline x 2,5 dias	4,78	1,16	Ab	
		baseline x 5 dias	6,45	0,99	Ab	
		baseline x 7 dias	7,98	0,73	ABb	
	Vinho	baseline x 2,5 dias	2,07	0,63	Ac	
		baseline x 5 dias	3,29	1,20	Aac	
		baseline x 7 dias	2,04	0,61	Aa	
	Chá	baseline x 2,5 dias	2,39	0,57	Ac	
		baseline x 5 dias	3,39	0,89	Ac	
		baseline x 7 dias	3,38	0,67	Ac	@
0.6 mm	Água	baseline x 2,5 dias	2,65	1,26	Aa	
		baseline x 5 dias	3,19	1,03	Aa	
		baseline x 7 dias	2,79	0,92	Aa	
	Café	baseline x 2,5 dias	4,78	2,04	Ab	
		baseline x 5 dias	5,62	2,86	Aa	
		baseline x 7 dias	6,04	2,82	Aa	±
	Vinho	baseline x 2,5 dias	3,14	0,90	Aa	\$
		baseline x 5 dias	3,04	0,83	Aa	
		baseline x 7 dias	2,57	0,94	Aa	
	Chá	baseline x 2,5 dias	2,24	0,87	Aa	
		baseline x 5 dias	2,75	0,91	Aa	
		baseline x 7 dias	2,62	0,64	Aa	@
0.8 mm	Água	baseline x 2,5 dias	1,60	0,66	Aa	* §

		baseline x 5 dias	3,14	0,97	Ba	
		baseline x 7 dias	2,61	1,18	ABa	
	Café	baseline x 2,5 dias	9,79	3,97	Ab	
		baseline x 5 dias	9,66	3,58	Ab	
		baseline x 7 dias	11,97	4,12	Bb	±
	Vinho	baseline x 2,5 dias	3,35	1,86	Aa	
		baseline x 5 dias	3,48	2,64	Aa	
		baseline x 7 dias	2,82	2,49	Aa	
	Chá	baseline x 2,5 dias	3,32	1,43	Aa	
		baseline x 5 dias	2,61	1,01	Ba	
		baseline x 7 dias	2,72	0,86	ABa	
1 mm	Água	baseline x 2,5 dias	2,43	0,34	Aac	#
		baseline x 5 dias	2,84	1,05	Aa	
		baseline x 7 dias	2,86	0,48	Aa	
	Café	baseline x 2,5 dias	6,07	3,21	ABa	
		baseline x 5 dias	4,72	2,03	Aa	
		baseline x 7 dias	6,98	2,50	Bb	
	Vinho	baseline x 2,5 dias	1,46	0,70	Ac	\$
		baseline x 5 dias	2,49	1,14	Aba	
		baseline x 7 dias	3,03	1,18	Bab	
	Chá	baseline x 2,5 dias	3,59	2,09	Ac	
		baseline x 5 dias	2,84	1,25	Aa	
		baseline x 7 dias	2,16	0,94	Aa	

Legenda: Letras maiúsculas distintas revelam diferenças entre os tempos de imersão para um mesmo líquido em uma mesma espessura. Letras minúsculas diferentes representam diferenças entre os líquidos na mesma espessura e nos mesmos dias de imersão. Símbolos iguais significam diferença entre as espessuras dentro de cada solução corante e em cada tempo de imersão ($P < 0.05$).

Em relação às espessuras, houve diferença significativa na comparação entre as espessuras de 0,4 e 1 mm (Figura 7) e entre os grupos 0,2, 0,4 e 0,8 mm no grupo controle (imersão em água destilada) após 2,5 dias. A imersão em chá por 7 dias também alterou a cor dos espécimes de 0,4 mm na comparação aos espécimes de 0,6 mm. Esse comportamento

também foi observado na comparação entre 0,8 e 0,6 mm com imersão em café por 7 dias (Figura 8), e entre 0,6 e 1 mm após a imersão em vinho por 2,5 dias.

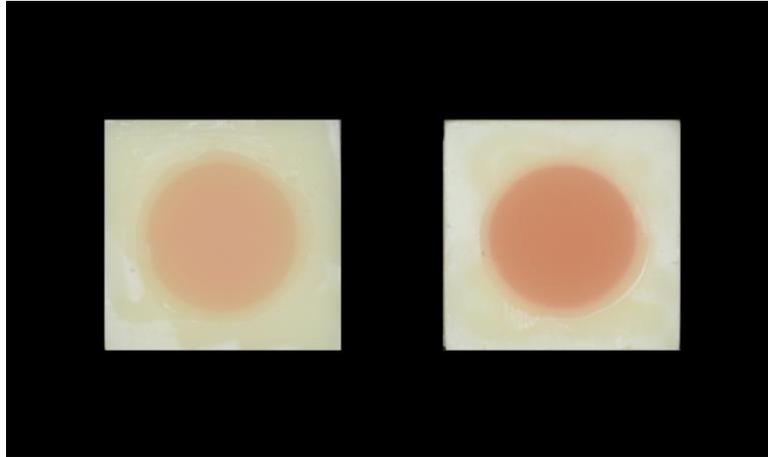


Figura 7. Exemplo de espécimes com espessura de 0,4 e 1 mm do grupo controle com imersão em água destilada por 2,5 dias.

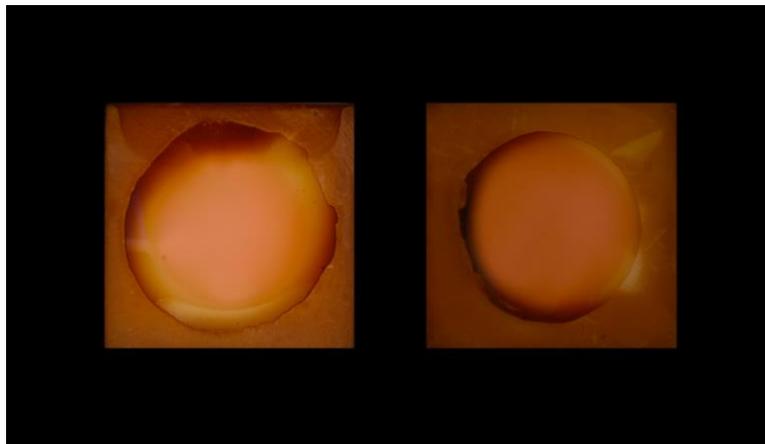


Figura 8. Exemplo de espécimes com espessura de 0,6 e 0,8 mm após imersão em café por 7 dias.

Em relação aos tempos de imersão, a variação de cor foi significativa após 5 e 7 dias, principalmente nos grupos de café e vinho (Figura 9). Esse comportamento foi evidenciado em todas as espessuras, exceto para a espessura de 0,6 mm, a qual não apresentou variações significativas em nenhum dos tempos de imersão e para nenhum dos líquidos.

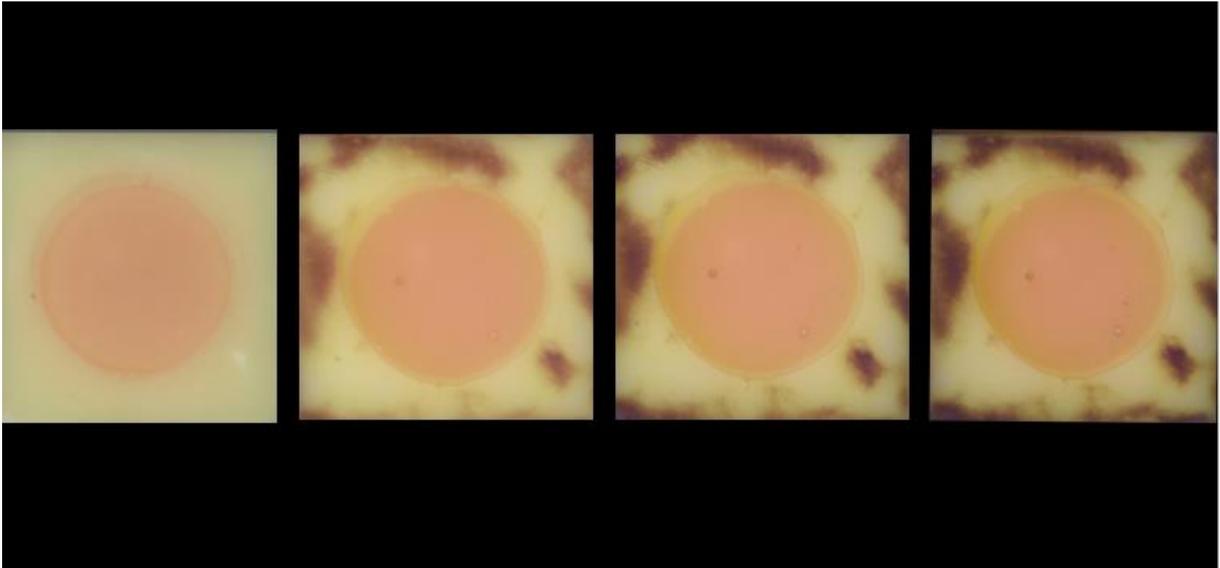


Figura 9. Exemplo de alteração cromática do espécime imerso em vinho. Da esquerda para a direita temos a imagem inicial (baseline) e após a imersão por 2,5, 5 e 7 dias, respectivamente.

Em relação aos líquidos, o café provocou alterações de cor consideráveis para quase todas as espessuras, principalmente após 7 dias de imersão (Figura 10). O grupo imerso em vinho também apresentou diferenças significativas principalmente nas espessuras de 0,4 e 1mm. De forma surpreendente, variações de cor também foram encontradas no grupo controle, onde os espécimes foram imersos em água destilada. Isso foi observado nas espessuras de 0,4 mm e 0,8 após a imersão por 2,5 e 5 dias.

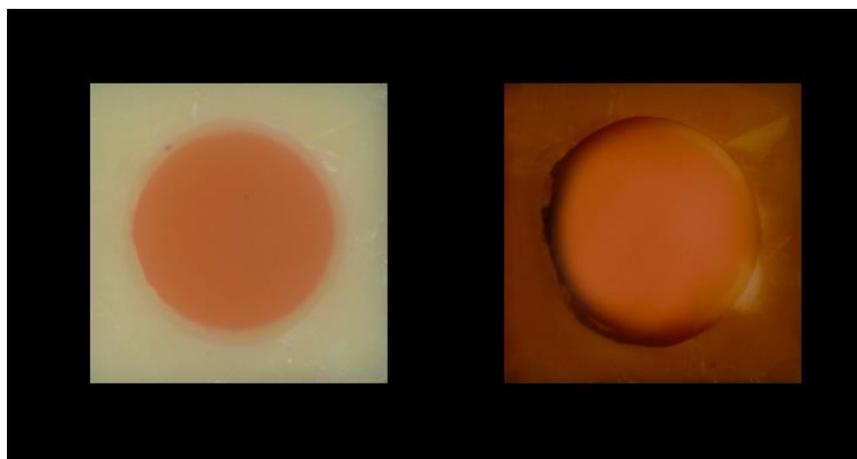


Figura 10. Exemplo da amostra de 0.8mm fotografada no baseline e após 7 dias de imersão no café.

Considerando os limites de perceptibilidade, todas as variações de cor foram consideradas perceptíveis ($\Delta E_{00} > 1$), exceto na espessura 0,4 mm após 2,5 dias de imersão em água destilada. Em relação aos limites de aceitabilidade, as variações cromáticas observadas na imersão em café foram consideradas inaceitáveis ($\Delta E_{00} > 3.7$), independentemente da espessura ou do tempo de imersão.

6 DISCUSSÃO

Os materiais odontológicos sofrem exposições às mais variadas situações dentro da cavidade oral. Além da saliva e das variações de temperatura, a presença de alimentos ricos em pigmentos corantes pode alterar a cor dos materiais odontológicos. Nesse contexto, o vinho tinto, o café e o chá preto são exemplos de soluções corantes comuns à dieta, que no presente estudo, foram capazes de alterar a cor do CGF de forma significativa. Em acréscimo, as diferentes espessuras do compósito influenciaram seu comportamento óptico de forma significativa assim como o tempo de imersão e o tipo de solução corante avaliada, rejeitando-se assim a hipótese nula.

Em relação à espessura do CGF, as diferenças observadas foram significativas, porém não houve um padrão específico de alteração cromática. Em certos casos, a alteração de cor foi relacionada ao aumento da espessura do CGF, como na imersão em água destilada após 2,5 dias (0,4 ($0,71 \pm 0,67$) e 1mm ($2,43 \pm 0,34$)) e em café por 7 dias, (0,6mm ($6,04 \pm 2,82$) e 0,8mm ($11,97 \pm 4,12$)). Por outro lado, esse mesmo comportamento não foi observado, como por exemplo nos grupos de 0,2, 0,4 e 0,8 mm em 2,5 dias de imersão em água; nos grupos de 0,6 e 1mm após imersão em vinho (2,5 dias) e nas espessuras de 0,4mm e 0,6mm na imersão em chá (7 dias). Nesses casos, as diferenças de cor foram significativas, porém essas alterações não foram maiores conforme o aumento da espessura do CGF. Esses dados são de difícil interpretação visto que, na literatura, não há ainda estudos avaliando a relação entre a variação

de espessura do CGF e a estabilidade de cor. De qualquer forma, um estudo prévio avaliando o comportamento óptico de resinas bulk-fill comparou duas espessuras de resina (2mm e 4mm), observou um aumento da alteração cromática com o aumento da espessura do incremento (SHAMSZADEH et al., 2016). Os autores sugerem que essas alterações cromáticas podem estar relacionadas à profundidade de cura das resinas (SHAMSZADEH et al., 2016). Assim, em incrementos mais espessos a cura da resina poderia estar comprometida, tornando-a mais porosa e susceptível à alteração de cor superficial (SHAMSZADEH et al., 2016). Em acréscimo, um segundo estudo (SABATINI et al., 2012) também comprovou que amostras de 3 mm de espessura apresentam maiores alterações cromáticas quando comparadas às amostras de 1 mm. Interessante observar que, após um mês de imersão, as diferenças cromáticas observadas entre as espessuras não foram mais significativas, o que denota uma estabilidade cromática em longo prazo (SABATINI et al., 2012). Vale salientar que esses resultados foram observados em materiais resinosos de cor de dente e não de cor de gengiva.

Outro importante fator responsável pela alteração cromática do CGF foi o tempo de imersão. Na maior parte das amostras, as alterações cromáticas foram aumentando com o passar do tempo de imersão. Resultados semelhantes foram observados em estudos prévios (MARCHAN et al., 2020; PETROPOULOU et al., 2020; BENAVIDES-REYES et al., 2023), que demonstraram uma alteração cromática significativa do CGF após a imersão em soluções corantes por 7 (MARCHAN et al., 2020) e 30 dias (PETROPOULOU et al., 2020; BENAVIDES-REYES et al., 2023), o que confirma que os compósitos são suscetíveis à ação dos pigmentos. No caso, as alterações mais significativas foram observadas após 7 dias de imersão em café, principalmente nos espécimes com espessura de 0.8mm ($11,97 \pm 4,12$). Vale ressaltar que a imersão contínua dos espécimes corresponde ao contato eventual do material aos corantes presentes na dieta. Estima-se que a imersão por 24 horas equivale a um mês de exposição eventual aos corantes da dieta (BENAVIDES-REYES et al., 2023). Assim, a imersão

por 2,5, 5 e 7 dias corresponderia ao comportamento óptico do material em contato eventual por 1, 2 e 3 anos respectivamente (STAMENKÓVIC et al., 2021; GREGORIUS et al., 2012). Esse cálculo é baseado no fato de que as próteses ficam expostas às soluções com alto teor de pigmentos em média de 5 à 10 min ao dia (STAMENKÓVIC et al., 2021; GREGORIUS et al., 2012). Assim, fica comprovado que os CGFs são susceptíveis aos pigmentos da dieta e, em último caso, essas cromáticas poderiam influenciar na longevidade e estética da prótese.

Em relação às soluções corantes, o café foi a solução que mais alterou a cor do CGF, independentemente da espessura do compósito. Esse resultado já era esperado visto que estudos anteriores (MARCHAN et al., 2020; PETROPOULOU et al., 2020) já demonstraram essa tendência. Ao avaliarmos os valores absolutos, todas as espessuras apresentaram altos valores de ΔE (0,2 mm ($9,98 \pm 3,11$); 0,4 mm ($7,98 \pm 0,73$); 0,6 mm ($6,04 \pm 2,82$); 0,8 mm ($11,97 \pm 4,12$) e 1 mm ($6,98 \pm 2,50$). Assim, considerando que alterações ($\Delta E > 1,0$) já são perceptíveis ao olho humano e alterações maiores de 3,3 são considerados clinicamente inaceitáveis (MARCHAN et al., 2020), os altos valores observados no grupo do café e algumas amostras do vinho, chá e até mesmo em água poderiam alterar a aparência estética do CGF e serem consideradas inaceitáveis. Em relação ao vinho, um estudo prévio (WALDEMARIN et al., 2013) demonstrou que essa solução corante é responsável por influenciar o comportamento óptico de diversos materiais dentários. O alto potencial do vinho como uma solução corante é justificado pelo pH mais ácido do vinho e a presença dos taninos (BENAVIDES-REYES et al., 2023). Todavia, na presente pesquisa, as maiores alterações cromáticas dos CGFs foram relacionadas ao café, demonstrando a necessidade de estudos adicionais para melhor entender como a tonalidade avermelhada desses compósitos poderia influenciar em seu comportamento (MARCHAN et al., 2020).

De forma surpreendente, os espécimes do grupo controle imersos em água destilada, também apresentaram alterações cromáticas significativas e consideradas inaceitáveis,

principalmente na espessura de 0,2 mm. De qualquer forma, resultados semelhantes foram relatados em um estudo anterior (BENAVIDES-REYES et al., 2023), onde variações de cor do CGF inferiores ao limite de perceptibilidade ($\Delta E_{00} = 2.1$) foram observadas. Os autores enfatizam que sorção de água e a hidrofiliabilidade da matriz da resina poderiam explicar as alterações observadas no grupo controle (BENAVIDES-REYES et al., 2023). A sorção de água está relacionada à solubilidade, que acontece através da liberação de produtos residuais, como o monômero, o que poderiam alterar a microestrutura da matriz (ARREGUI et al., 2016). Assim, a modificação estrutural da resina, poderia gerar espaços vazios e microfissuras superficiais, o que permite a infiltração de água e alterar a difração da luz e explicar as alterações cromáticas observadas (ARREGUI et al., 2016). Já a hidrofiliabilidade dos monômeros de uma matriz podem afetar o polímero resultante do processo, visto que as moléculas de água formam ligações de hidrogênio com compósitos hidrofílicos (WEI et al., 2011). Assim, as alterações cromáticas após a imersão em água são inesperadas, porém totalmente plausíveis, apesar de mais estudos serem necessários para melhor compreender esse comportamento.

No presente estudo as alterações cromáticas do CGF foram pelo processamento fotográfico digital com o protocolo eLAB Prime (eLAB, Alemanha), sendo o registro da cor mensurado com auxílio do aplicativo Classic Color Meter (Copyright 2011-2021, Ricci Adams). Apesar da maioria dos estudos anteriores (MARCHAN et al., 2020; PETROPOULOU et al., 2020; BENAVIDES-REYES et al., 2023) utilizarem o espectrofotômetro, a fotocolorimetria apresenta vantagens como a fácil aplicação clínica e o armazenamento das imagens, o que permite o registro permanente e a comparação das imagens em qualquer momento. Em acréscimo, as alterações cromáticas foram analisadas utilizando-se a fórmula CIEDE2000 (ΔE_{00}). Essa fórmula foi selecionada pois apresenta maior correlação com a percepção humana de diferenças de cores (95% de concordância), enquanto que a fórmula

anterior (CIELab) apresentava uma concordância de 75% com os achados visuais (STAMENKÓVIC et al., 2021).

O presente estudo apresenta limitações inerentes aos estudos in vitro, sendo necessários estudos clínicos para comprovar os resultados observados. Em acréscimo, apenas uma marca de CGF foi avaliada, sendo necessária a comparação de diferentes marcas de CGFs para avaliar possíveis diferenças no comportamento óptico desses produtos em longo prazo. A avaliação da cor foi realizada apenas na região central dos espécimes visto que possíveis infiltrações dos corantes na interface resina de base e CGF pudessem alterar os resultados, sendo, portanto, um viés. Assim, estudos futuros são ainda necessários avaliando diferentes protocolos adesivos e diversas marcas de CGF e resinas de impressão 3D. Além disso, estudos clínicos longitudinais são cruciais e extremamente necessários para melhor entendermos como esses materiais se comportam clinicamente à exposição de pigmentos presentes em diferentes alimentos corantes da dieta.

7 CONCLUSÃO

A espessura da camada, o tempo de imersão e o tipo de solução corante influenciam diretamente a estabilidade de cor do CGF aplicado sobre resina 3D impressa. Em acréscimo, as maiores alterações cromáticas foram relacionadas à exposição de café, seguido do vinho e quanto maior o tempo de exposição, maior foi a alteração de cor. De qualquer forma, mais estudos serão necessários comprovar a influência da espessura da camada do CGF em relação à estabilidade de cor, visto que não foi observado uma associação direta entre a pigmentação e a espessura da amostra.

8 REFERÊNCIAS

AL-QARNI F.D.; GOODACRE C.J.; KATTADIYIL M.T.; BABA N.Z. Stainability of acrylic resin materials used in CAD-CAM and conventional complete dentures. **J Prosthet Dent**, v.123, n.6, p.880-887, 2020.

ANUSAVICE, K.J. Phillips: materiais dentários. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

ARREGUI M.; GINER L.; FERRARI M. *et al.* Six-month color change and water sorption of 9 new-generation flowable composites in 6 staining solutions. **Braz Oral Res**, v.30, n.1, e123, 2016.

BARÃO V.A.; OGAWA E.S.; MORENO A. *et al.* Long-term clinical evaluation of the color stability and stainability of acrylic resin denture teeth. **J Prosthet Dent**, v.113, n.6, p.628-635, 2015.

BENAVIDES-REYES C.; PÉREZ M.M.; TEJADA-CASADO M. *et al.* Color stability and degree of conversion of gingiva-colored resin-based composites. **J Esthet Restor Dent**, v.35, n.6, p.896-903, 2023.

DANDIWAL N.; KUMAR S.; JAIN S. *et al.* Evaluation of Shear Bond Strength of Three Different Acrylic Resin and Artificial Denture Teeth with and without Monomer Application. **J Contemp Dent Pract**, v.20, n.1, p.94-100, 2019.

DAYAN C.; GUVEN M.C.; GENCEL B.; BURAL C. A Comparison of the Color Stability of Conventional and CAD/CAM Polymethyl Methacrylate Denture Base Materials. **Acta Stomatol Croat**, v.53, n.2, p.158-167, 2019.

FIGUERÔA R.M.S.; CONTERNO B.; ARRAIS C.A.G. *et al.* Porosity, water sorption and solubility of denture base acrylic resins polymerized conventionally or in microwave. **J Appl Oral Sci**, v.26, p.1-7. 2018.

GREGORIUS, W. C.; KATTADIYIL M.T.; GOODACRE C.J. *et al.* Efeitos do envelhecimento e manchamento na cor de dentes de resina acrílica para próteses dentárias. **J Dent**, v.40, Supl. 2, p.e47-54, 2012.

HATIM N.A.; AL-TAHHO O.Z. Comparative evaluation of color change between two types of acrylic resin and flexible resin after thermo cycling. An in vitro study. **J Indian Prosthodont Soc**, v.13, n.3, p.327-37, 2013.

HEIN S.; TAPIA J.; BAZOS P. eLABor_aid: a new approach to digital shade management. **Int J Esthet Dent**, v.12, n.2, p.186-202, 2017.

KUBOCHI K.; KOMINE F.; FUSHIKI R. *et al.* Shear bond strength of a denture base acrylic resin and gingiva-colored indirect composite material to zirconia ceramics. **J Prosthodont Res**, v.61, n.2, p.149-57, 2017.

MARCHAN S.M.; LYNCH L.T.; BASCOMBE K. *et al.* Color stability of gingiva-colored restorative materials: an in vitro study. **Gen Dent**, v.68, n.5, p.61-65, 2020.

NGO TUAN D.; KASHANI A.; IAMBALZANO G. *et al.* Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. **Composites Part B: Engineering**, v.143, p.172-96, 2018.

PAPATHANASIOU I.; PAPAVALIIOU G.; KAMPOSIOIRA P.; ZOIDIS P. Effect of Staining Solutions on Color Stability, Gloss and Surface Roughness of Removable Partial Dental Prosthetic Polymers. **J Prosthodont**, v.31, n.1, p.65-71, 2022.

PARK B.W.; KIM N.J.; LEE J.; LEE H.H. Technique for fabricating individualized dentures with a gingiva-shade composite resin. **J Prosthet Dent**, v.115, n.5, p.547-50, 2016.

PAUL S.; PETER A.; PIETROBON N.; HÄMMERLE CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. **J Dent Res**. v.81, n.8, p.578-82, 2002.

PETROPOULOU A.; DIMITRIADI M.; ZINELIS S. *et al.* Surface Characteristics and Color Stability of Gingiva-Colored Resin Composites. **Materials (Basel)**, v.13, n.11, 2020.

PRPIĆ V.; SCHAUPERL Z.; ČATIĆ A. *et al.* Comparison of Mechanical Properties of 3D-Printed, CAD/CAM, and Conventional Denture Base Materials. **J Prosthodont**, v.29, n.6, p.524-28, 2020.

SABATINI C.; CAMPILLO M.; AREF J. Color stability of ten resin-based restorative materials. **J Esthet Restor Dent**, v.24, n.3, p.185-99, 2012.

SASAKI H.; HAMANAKA I.; TAKAHASHI Y.; KAWAGUCHI T. Effect of long-term water immersion or thermal shock on mechanical properties of high-impact acrylic denture base resins. **Dent Mater J**, v.35, n.2, p.204-9, 2016.

SHAMSZADEH S.; SHEIKH-AL-ESLAMIAN S.M.; HASANI E. *et al.* Color Stability of the Bulk-Fill Composite Resins with Different Thickness in Response to Coffee/Water Immersion. **Int J Dent**, p.1-5, 2016.

SINGH S.; PALASKAR J.N.; MITTAL S. Comparative evaluation of surface porosities in conventional heat polymerized acrylic resin cured by water bath and microwave energy with microwavable acrylic resin cured by microwave energy. **Contemp Clin Dent**, v.4, n.2, p.147-51, 2013.

STAMENKOVIĆ, D.D.; TANGO R.N.; TODOROVIĆ A. *et al.* Alterações na cor de materiais CAD-CAM em função de manchamento e envelhecimento. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v.126, n. 5, p.672-678, 2021.

TAŞIN S.; ISMATULLAEV A.; USUMEZ A. Comparison of surface roughness and color stainability of 3-dimensionally printed interim prosthodontic material with conventionally fabricated and CAD-CAM milled materials. **J Prosthet Dent**, v.128, n.5, p.1094-1101, 2022.

TIEH M.T.; WADDELL J.N.; CHOI J.J.E. Optical Properties and Color Stability of Denture Teeth-A Systematic Review. **J Prosthodont**, v.31, n.5, p.385-398, 2022.

VAN NOORT R. The future of dental devices is digital. **Dent Mater**, v.28, n.1, p.3-12, 2012.

WALDEMARIN R.F.; TERRA P.C.; PINTO L.R. *et al.* Color change in acrylic resin processed in three ways after immersion in water, cola, coffee, mate and wine. **Acta Odontol Latinoam**, v.26, n.3, p.138-43, 2013.

WEI, Y. J.; SILIKAS, N.; ZHANG, Z. T.; WATTS, D. C. Diffusion and concurrent solubility of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles. **Dental Materials**, v.27, n. 2, p.197-205, 2011.

YOSHIDOME K.; TORII M.; KAWAMURA N. *et al.* Trueness and fitting accuracy of maxillary 3D printed complete dentures. **J Prosthodont Res**, v.65, n.4, p.559-64, 2021.