



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

THIAGO SCUDELER FOLTRAN

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE E DA
CICLAGEM TÉRMICA ASSOCIADA A IMERSÃO EM
SOLUÇÕES ÁCIDAS E/OU CORANTES SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS DAS CERÂMICAS COM
MATRIZ RESINOSA**

Araçatuba - SP
2024

THIAGO SCUDELER FOLTRAN

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE E DA
CICLAGEM TÉRMICA ASSOCIADA A IMERSÃO EM
SOLUÇÕES ÁCIDAS E/OU CORANTES SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS DAS CERÂMICAS COM
MATRIZ RESINOSA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia de Araçatuba, para obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Orientador: Prof. Assoc. Aldiéris Alves
Pesqueira

Araçatuba - SP
2024

Dedico esse trabalho a Deus, meus pais, familiares, namorada, amigos e professores, que sempre estiveram ao meu lado durante os anos de graduação.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, **a Deus e a Nossa Senhora Aparecida**, que fizeram com que meus objetivos fossem alcançados, durante os meus anos de estudo.

Aos meus pais, João Francisco Foltran e Dalguimara Scudeler, meu muito obrigado por serem meu alicerce, acreditarem em mim e darem tudo que fosse possível para que eu pudesse chegar até o final do curso com muita fé e determinação.

Aos meus avós paternos, Natale Foltran – *in memoriam* e Leonides Sebastiani Foltran – *in memoriam*, por me guiarem aí de cima e sempre me darem os melhores caminhos.

Aos meus avós maternos, Alcides Scudeler e Rosa Riette Bellucci Scudeler, que sempre foram símbolos de dignidade, amor e sempre me mostraram o melhor da vida cuidando de mim desde bebê sendo meus segundos pais.

Agradeço também aos meus familiares que estiveram perto de mim durante o curso e sempre me motivaram e deram forças para que eu pudesse chegar até esse momento.

À minha namorada e companheira, Andressa Carolina da Silva, por estar ao meu lado com muito amor e me motivando a querer ser melhor a cada dia.

Ao meu orientador, Professor Aldiéris Alves Pesqueira, que sempre acreditou no meu potencial para me escolher como um de seus alunos bolsista de Iniciação Científica. Agradeço muito ao senhor por todas as oportunidades e ensinamentos dados durante a graduação e por ser meu orientador de Trabalho de Conclusão de Curso.

À equipe de pesquisa do Professor Aldiéris, meu muito obrigado por todo o companheirismo, amizade e aprendizado durante os dias de trabalho no Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese.

Aos meus amigos e colegas que a FOA/Unesp me deu. Citar o nome de todos seria impossível, uma vez que todos deixaram marcas positivas durante esses anos. Meu muito obrigado por esses anos de amizade e companheirismo, tenho certeza de que o futuro de todos nós será brilhante e que podem contar comigo para tudo que precisarem.

Aos docentes que fizeram parte de toda minha graduação, meus sinceros agradecimentos a todo conhecimento clínico - científico passados ao longo desses anos. Podem ter certeza de que cada um de vocês fizeram eu crescer não só como aluno, mas também como pessoa e como Cirurgião – Dentista.

Aos servidores técnico – administrativos e toda família da Faculdade de Odontologia de Araçatuba/ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, sem vocês nada disso seria possível. Obrigado por sempre manterem essa Faculdade maravilhosa, do jeito que todos nós merecemos.

Ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba – Unesp, em nome da Professora Dra. Elidiane Cipriano Rangel, por disponibilizar o Laboratório de Plasmas Tecnológicos para a deposição de filmes por vapor químico melhorado por plasma (PECVD).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pelo financiamento e apoio designado ao projeto de pesquisa através da concessão de bolsa de iniciação científica (**Processo nº 2023/00807-4, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**)).

*“Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas.
Pessoas transformam o mundo.”*

Paulo Freire

RESUMO

FOLTRAN, T. S. **INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE E DA CICLAGEM TÉRMICA ASSOCIADA A IMERSÃO EM SOLUÇÕES ÁCIDAS E/OU CORANTES SOBRE AS CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS DAS CERÂMICAS COM MATRIZ RESINOSA**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2024.

O estudo teve como objetivo avaliar as características ópticas de 03 tipos de cerâmicas com matriz resinosa para CAD/CAM: resina nanocerâmica (Cerasmart - GC), cerâmica infiltrada por polímero (VITA Enamic - VITA) e cerâmica de zircônia e sílica em uma matriz interpenetrante de resina (SHOFU HC - Shofu Dental), após diferentes protocolos de polimento associados ou não a deposição de filme por PECVD (*plasma-enhanced chemical vapor deposition*) após ciclagem térmica associada com imersão em soluções ácidas/corantes. Foram fabricados 120 espécimes com dimensão de 5x5x1,5 mm, para cada tipo de cerâmica. Os espécimes foram divididos em grupos de acordo com os tratamentos de superfície em: 1) Polimento mecânico (P_M) - utilizando o kit Ceramisté (SHOFU, Kyoto, Japan); 2) Aplicação de selante Palaseal (S_P); 3) Polimento mecânico (P_M) + deposição de filme por PECVD ($P_M+PECVD$) - após P_M , os espécimes desse grupo foram submetidos à deposição de filmes de PECVD e 4) Aplicação de selante Palaseal (S_P) + deposição de filme por PECVD ($S_P+PECVD$). O processo de envelhecimentos *in vitro* consistiu em ciclagem térmica (CT), com 30.000 ciclos, entre 5° e 55°C, seguido de imersão (I) em soluções ácidas/corantes por 36 dias, nas soluções água destilada (CT + I_{AD}), chá preto (CT + I_{CP}) e vinho tinto (CT + I_{VT}). As variáveis de resposta foram a alteração de cor (ΔE_{00}), luminosidade (ΔL), croma (ΔC) e matiz (ΔH). Os dados foram analisados por ANOVA de 3 fatores e teste de Bonferroni, com significância de 5%. A ciclagem térmica associada com imersão em soluções (chá preto e vinho tinto) resultou em alterações de cor nas cerâmicas com matriz resinosa que excedem os limites aceitáveis clinicamente ($\Delta E_{00}=1,80$). Tanto ΔL quanto ΔH atingiram seus maiores valores após CT+ I_{VT} , independente da cerâmica ou do tratamento de superfície ($p<0,05$). Para ΔC , os maiores valores foram observados após CT+ I_{CP} ($p<0,05$). A aplicação de PECVD ajudou a reduzir a alteração de cor nas cerâmicas com matriz resinosa, especialmente quando combinada com selante e após a imersão em vinho

tinto. As soluções corantes foram classificadas em ordem decrescente de potencial corante: vinho > chá preto > água destilada. Independentemente do tratamento de superfície e envelhecimento, as cerâmicas com matriz resinosa mostraram propriedades ópticas semelhantes ($p > 0,05$). Conclui-se que a aplicação de PECVD mostrou-se benéfica para reduzir a alteração de cor nas cerâmicas com matriz resinosa, especialmente quando combinada com a aplicação de selante e após imersão em vinho tinto.

Palavras-chave: fabricação assistida por computador CAD-CAM; cerâmicas; gases em plasma; cor.

ABSTRACT

FOLTRAN, T. S. **Influence of surface treatment and thermal cycling associated with immersion in acid solutions and/or dyes on the optical characteristics of ceramics with resin matrix.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2024.

The study aimed to evaluate the optical characteristics of 03 types of ceramics with a resinous matrix for CAD/CAM: nanoceramic resin (Cerasmart - GC), polymer-infiltrated ceramic (VITA Enamic - VITA) and zirconia and silica ceramics in an interpenetrating matrix resin (SHOFU HC - Shofu Dental), after different polishing protocols associated or not with film deposition PECVD (plasma-enhanced chemical vapor deposition) after thermal cycling associated with immersion in acid/dye solutions. 120 specimens were manufactured with dimensions of 5x5x1.5 mm for each type of ceramic. The specimens were divided into groups according to surface treatments: 1) Mechanical polishing (MP) - using the Ceramisté kit (SHOFU, Kyoto, Japan); 2) Application of Palaseal sealant (S); 3) Mechanical polishing (MP) + film deposition by PECVD (MP+ PECVD) - after MP, the specimens in this group were subjected to PECVD film deposition and 4) Application of Palaseal sealant (S) + film deposition by PECVD (SP+ PECVD). The in vitro aging process consisted of thermal cycling (TC), with 30,000 cycles, between 5° and 55°C, followed by immersion (I) in acid/dye solutions for 36 days, in the solutions distilled water (TC + I_{DW}), black tea (TC + I_{BT}) and red wine (TC + I_{RW}). The response variables were color change (ΔE_{00}), luminosity (ΔL), chroma (ΔC) and hue (ΔH). Data were analyzed by 3-factor ANOVA and Bonferroni test, with a significance of 5%. Thermal cycling associated with immersion in solutions (black tea and red wine) resulted in color changes in resin-based ceramics that exceed clinically acceptable limits ($\Delta E_{00}=1.80$). Both ΔL and ΔH reached their highest values after TC+I_{RW}, regardless of the ceramic or surface treatment ($p<0,05$). For ΔC , the highest values were observed after TC+I_{BT} ($p<0,05$). The application of PECVD helped to reduce color change in ceramics with a resinous matrix, especially when combined with sealant and after immersion in red wine. The coloring solutions were classified in decreasing order of coloring potential: wine > black tea > distilled water. Regardless of surface treatment and aging, resin matrix ceramics showed similar optical properties ($p>0,05$). It is concluded that the application of PECVD proved to be beneficial in reducing color

changes in ceramics with a resinous matrix, especially when combined with the application of sealant and after immersion in red wine.

Keywords: computer-aided design; ceramics; plasma gases; color.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delineamento experimental contendo material, tratamentos de superfícies, envelhecimentos, distribuição, número dos espécimes, variáveis respostas e tempos das análises realizados	18
Figura 2 – Média (\pm desvio padrão) da alteração de cor (ΔE_{00}) das cerâmicas após tratamentos de superfície, após ciclagem térmica com imersão em soluções corantes (água, chá preto e vinho tinto)	24
Figura 3 – Média da alteração de cor (ΔE_{00}) das cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimento	25
Figura 4 – Média da alteração de cor (ΔE_{00}) dos tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos	25
Figura 5 – Média da alteração de cor (ΔE_{00}) dos envelhecimentos nas diferentes soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície	26
Figura 6 – Média (\pm desvio padrão) da diferença de luminosidade (ΔL) das cerâmicas após tratamentos de superfície, após ciclagem térmica com imersão em soluções corantes (água destilada, chá preto e vinho tinto)	27
Figura 7 – Média da diferença de luminosidade (ΔL) das cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimento	28
Figura 8 – Média da diferença de luminosidade (ΔL) dos tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos	28
Figura 9 – Média da diferença de luminosidade (ΔL) dos envelhecimentos nas diferentes soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície	29
Figura 10 – Média (\pm desvio padrão) da diferença de croma (ΔC) das cerâmicas após tratamentos de superfície, após ciclagem térmica com imersão em soluções corantes (água destilada, chá preto e vinho tinto)	30
Figura 11 – Média da diferença de croma (ΔC) das cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimento	31
Figura 12 – Média da diferença de croma (ΔC) dos tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos	32

Figura 13 – Média da diferença de croma (ΔC) dos envelhecimentos nas 32
diferentes soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de
superfície

Figura 14 – Média (\pm desvio padrão) da diferença de matiz (ΔH) das 34
cerâmicas após tratamentos de superfície, após ciclagem térmica com
imersão em soluções corantes (água destilada, chá preto e vinho tinto)

Figura 15 – Média da diferença de matiz (ΔH) das cerâmicas, independente 34
dos tratamentos de superfície e envelhecimento

Figura 16 – Média da diferença de matiz (ΔH) dos tratamentos de superfície, 35
independente das cerâmicas e envelhecimentos

Figura 17 – Média da diferença de matiz (ΔH) dos envelhecimentos nas 35
soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nome comercial, composição e fabricante das cerâmicas que foram utilizadas 19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD/W	Água destilada
AO	Análises ópticas
Ar	Argônio
CAD/CAM	Computer aided- design/ computer aided manufacturing
CH/BT	Chá preto
CS	Cerasmart
CT/TC	Ciclagem térmica
EN	VITA Enamic
HMDSO	Hexametildissiloxano
I _{AD/W}	Imersão em água destilada
I _{CP/BT}	Imersão em chá preto
I _{VT/RW}	Imersão em vinho tinto
PECVD	Plasma enhanced chemical vapor deposition
PM/MP	Polimento mecânico
SH	SHOFU HC
S/SP	Selante fotopolimerizável Palaseal
VN/RW	Vinho tinto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 PROPOSIÇÃO	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1 Delineamento experimental	18
3.2 Formação dos grupos	18
3.3 Fabricação dos espécimes	19
3.4 Acabamento e tratamentos de superfície dos espécimes	19
3.4.1 Polimento mecânico (PM)	20
3.4.2 Selante Palaseal (SP)	20
3.4.3 Polimento mecânico (PM) + deposição de filme por PECVD (PM+ PECVD)	20
3.4.4 Selante Palaseal (SP) + deposição de filme por PECVD (SP+ PECVD)	20
3.5 Procedimentos de envelhecimentos <i>in vitro</i>	21
3.6 Variáveis de resposta (ΔE_{00} , ΔL , ΔC e ΔH)	21
3.7 Análise Estatística	22
4 RESULTADOS	23
4.1 Alteração de cor (ΔE_{00})	23
4.2 Alteração de luminosidade (ΔL)	26
4.3 Alteração de croma (ΔC)	29
4.4 Alteração de matiz (ΔH)	33
5 DISCUSSÃO	37
6 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os materiais híbridos foram desenvolvidos para combinar vantagens das cerâmicas (biocompatibilidade, alta estética, resistência ao desgaste e estabilidade de cor) com as dos polímeros (facilidade de polimento, viscoelasticidade, melhores propriedades de flexão e baixa abrasividade)¹⁻⁶. Eles também se assemelham mais aos dentes naturais, incorporando propriedades de deformação elástica dos polímeros, aumentando a resistência sob forças de mastigação^{2,7}.

O acabamento e polimento adequados de restaurações cerâmicas influenciam suas propriedades mecânicas e ópticas, como cor, translucidez e contraste. Superfícies ásperas ou rugosas estão associadas a maior risco de acúmulo de biofilme, doença periodontal, cárie secundária e pigmentação^{2,3,4,8-15}. A retenção de bactérias está diretamente ligada à rugosidade superficial, proporcionando um ambiente favorável para seu acúmulo.^{10,3,16}. Além disso, a adesão bacteriana e formação de biofilme estão relacionadas à topografia e hidrofobicidade da superfície e comunicação entre os microrganismos existentes^{12,15}. Diante disso, foram desenvolvidos diversos materiais para acabamento e polimento de restaurações em cerâmicas híbridas, destacando-se os selantes de superfície, que visam preservar ou melhorar as propriedades mecânicas e estéticas dos materiais restauradores.¹⁷ Além disso, o tratamento de superfície pela deposição de filmes por vapor químico melhorado por plasma (PECVD - *plasma enhanced chemical vapor deposition*) tem ganhado destaque na Odontologia.^{6,18-21} Essa técnica é considerada uma alternativa para reduzir a degradação das resinas odontológicas, produzindo filmes finos com diferentes níveis de hidrofobicidade e vedando imperfeições superficiais, como poros e trincas.²⁰

As cerâmicas atuais, apesar de suas ótimas propriedades, podem sofrer degradação quando expostas na cavidade oral devido a fatores como umidade, variação de temperatura, força de mastigação, hábitos alimentares e higiênicos, além do tabagismo.^{8,9,22-24} Alterações na composição dos polímeros para CAD/CAM, voltadas para melhorias mecânicas, podem influenciar a absorção de água, levando a desequilíbrios nas forças intermoleculares.²⁵ As mudanças de temperatura podem impactar significativamente as propriedades das resinas, especialmente devido às

variações nos coeficientes de expansão térmica entre suas matrizes, resultando em tensões interfaciais elevadas. Portanto, a realização de testes de ciclagem térmica é essencial, pois esses testes conseguem simular as flutuações de temperatura na cavidade oral, permitindo a identificação de parâmetros ideais para garantir o bom desempenho dos materiais em próteses provisórias e definitivas.²⁶⁻³⁰

A durabilidade das restaurações de cerâmicas híbridas depende da preservação de suas propriedades mecânicas e ópticas frente aos fatores de degradação bucais. No entanto, devido à sua recente introdução no mercado, há poucos estudos na literatura sobre o tema. Diante disso, o estudo propõe desenvolver métodos para preservar ou melhorar as propriedades ópticas das restaurações de cerâmicas com matriz resinosa para CAD/CAM. Por meio do uso de selante de superfície e tratamento experimental com deposição de filme por PECVD, busca-se avaliar se essa combinação de tratamentos pode reduzir o manchamento das cerâmicas após ciclagem térmica associada com imersão em soluções ácidas/corantes.

2 PROPOSIÇÃO

O estudo teve como objetivo avaliar as características ópticas de 03 tipos de cerâmicas com matriz resinosa para CAD/CAM: resina nanocerâmica (Cerasmart - GC), cerâmica infiltrada por polímero (VITA Enamic - VITA) e cerâmica de zircônia e sílica em uma matriz interpenetrante de resina (SHOFU HC - Shofu Dental), após diferentes protocolos de polimento (usando o kit Ceramisté - Shofu ou o selante de superfície Palaseal – Kulzer) associados ou não a deposição de filme por PECVD após ciclagem térmica associada com imersão em soluções ácidas/corantes. (CT+I_{AD}-água destilada, CT+I_{CP}-chá preto e CT+I_{VT}-vinho tinto).

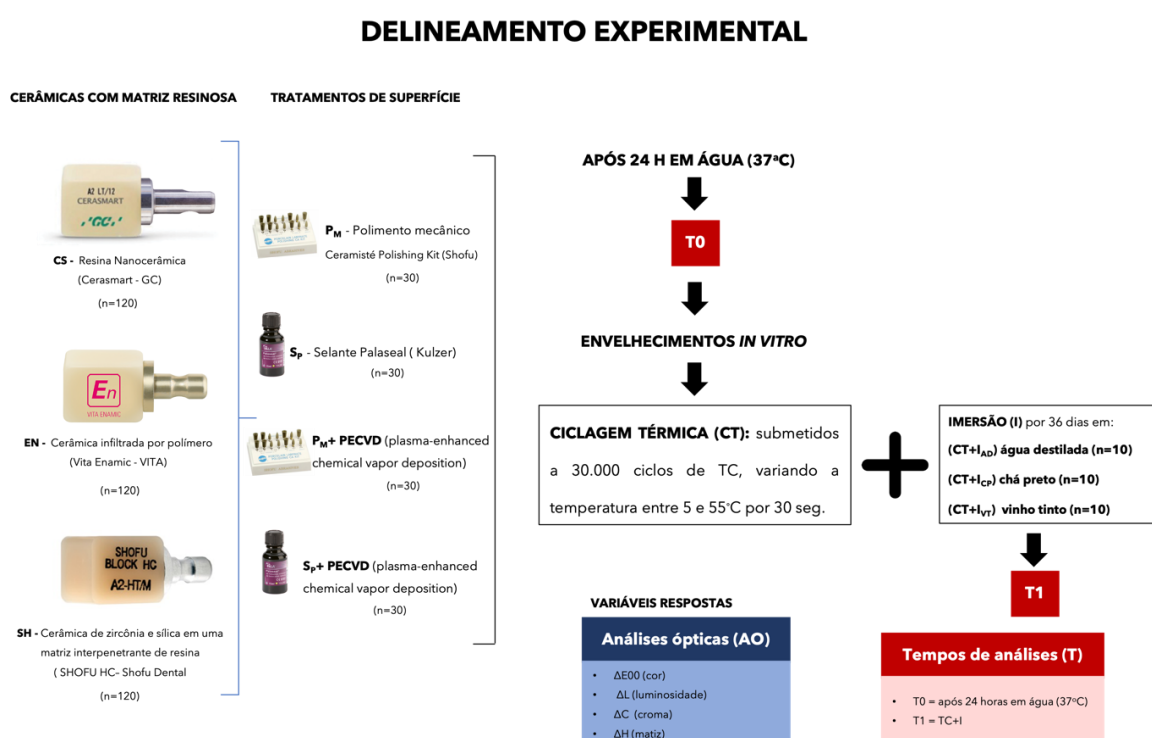
A hipótese deste estudo foi de que a imersão em soluções ácidas/corantes após o processo de ciclagem térmica teria um impacto negativo nas características ópticas das cerâmicas avaliadas, independentemente do tratamento de superfície realizado.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental do estudo está ilustrado na Figura 1.

Figura 1- Delineamento experimental contendo material, tratamentos de superfícies, envelhecimentos, distribuição, número dos espécimes, variáveis respostas e tempos das análises realizados



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

3.2 Formação dos grupos

As cerâmicas com matriz resinosa para CAD/CAM utilizadas estão descritas na Tabela 1. Foram confeccionados um total de 360 espécimes, sendo 120 para cada cerâmica testada. Estes foram subdivididos em grupos de acordo com os tratamentos de superfície, envelhecimento e análises realizadas, conforme no delineamento experimental (Figura 1).

Tabela 1- Nome comercial, composição e fabricante das cerâmicas que foram utilizadas

Cerâmicas	Composição	Fabricante
CS - Resina nanocerâmica (Cerasmart)	71% de nanopartículas de sílica e bário unida a 29% de matriz resinosa (BisMEPP, UDMA, DMA)	GC, Dental Products
EN - Cerâmica infiltrada por polímero (VITA Enamic)	Peso é de 86 % em peso da cerâmica (SiO ₂ ; Al ₂ O ₃ ; Na ₂ O; K ₂ O; Br ₂ O ₃ ; ZrO ₂ ; Ca) e 14% de polímero UDMA, BisGMA e TEGDMA	VITA Zahnfabrik
SH - Silicato de lítio reforçada por zircônia (SHOFU HC)	61% de sílica em pó e silicato de zircônio e uma matriz de resina composta (UDMA, TEGDMA)	SHOFU

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

3.3 Fabricação dos espécimes

Para cada cerâmica (Tabela 1), foram confeccionados 120 espécimes quadrados com dimensões de 5x5x1,5 mm.³¹ Todos os espécimes foram seccionados utilizando disco diamantado em baixa rotação (300 rpm), sob irrigação abundante e carga de 300g/f em cortadeira metalográfica (Isomet® 1000, Buehler, Illinois, USA). As dimensões finais foram mensuradas com paquímetro digital (Paquímetro Digital Digimatic, Mitutoyo Sul Americana Ltda, Santo Amaro, SP, Brasil).

3.4 Acabamento e tratamentos de superfície dos espécimes

Inicialmente, os espécimes foram regularizados com lixas abrasivas de carbureto de silício de 320-Grit (Carbimet Paper Discs; Buehler, IL, EUA). Em seguida, foram pré-polidos com lixas abrasivas de carbureto de silício de 600-Grit (Carbimet Paper Discs; Buehler, IL, EUA) em politriz (Arotec Ind. Com., São Paulo, Brasil), sob resfriamento contínuo para obter superfície plana. Na sequência, os espécimes foram lavados em cuba ultrassônica com água por 10 min e secos utilizando jatos de ar. Em seguida, os espécimes foram divididos de acordo com os tratamentos de superfície realizados (n=30) em:

3.4.1 Polimento mecânico (PM)

Realizado com o kit Ceramisté (SHOFU, Kyoto, Japan) composto por 3 pontas: CERAMISTÉ STANDART para pré-polimento; CERAMISTÉ ULTRA para polimento; CERAMISTÉ ULTRA II para polimento de alto brilho. O procedimento consistiu em polir por 15 segundos em uma direção e 15 segundos em uma direção perpendicular, utilizando um contra-ângulo de baixa rotação a 8000 rpm.

3.4.2 Selante Palaseal (SP)

Uma fina camada do selante Palaseal (Heraeus Kulzer) foi aplicada com um pincel fino e macio em uma única direção, com toque suave, garantindo uma camada fina sobre os espécimes. Em seguida, aguardou-se por 20 segundos antes de iniciar a fotopolimerização com uma lâmpada de LED (Valo Cordless Grand 3200, Ultradent), por 90 segundos, a uma curta distância (0-2mm).

3.4.3 Polimento mecânico (PM) + deposição de filme por PECVD (PM+ PECVD)

Após PM conforme descrito no item 3.4.1, as superfícies dos espécimes desse grupo foram tratadas com deposição de filmes de PECVD usando um reator de vidro desenvolvido no Laboratório de Plasmas Tecnológicos (LaPTec, Instituto de Ciência e Tecnologia - ICT/UNESP, Sorocaba, Brasil). O sistema foi evacuado até alcançar uma pressão de fundo de 9×10^{-2} Torr. Os plasmas de deposição foram preparados a partir de uma mistura contendo 85% de vapor de HMDSO (Hexametildissiloxano) e 15% de Ar (Argônio) na radiofrequência de 13,46 MHz (50 W) por 30 minutos no porta-amostras e aterrando o eletrodo superior sob pressão de trabalho constante de 15×10^{-2} Torr. O fluxo de HMDSO+Ar foi interrompido imediatamente após a deposição.²⁰

3.4.4 Selante Palaseal (SP) + deposição de filme por PECVD (SP+ PECVD)

Aplicação de selante Palaseal seguido da deposição de plasma conforme descritos anteriormente.

3.5 Procedimentos de envelhecimentos *in vitro*

Inicialmente, os espécimes foram submetidos ao processo de ciclagem térmica (CT), seguido pelo processo de imersão (I) em soluções corantes (CT+I). Os espécimes passaram por 30.000 ciclos de termociclagem (CT), com variação de temperatura entre 5° e 55°C por 30 segundos, equivalente a 3 anos de exposição na cavidade oral.³ Em seguida, os espécimes foram imersos em três soluções diferentes: água destilada (CT+I_{AD}), chá preto (CT+I_{CP}) e vinho tinto (CT+I_{VT}), por 36 dias, simulando 3 anos de exposição das restaurações nessas soluções corantes.³² Durante a imersão, os espécimes foram mantidos em um ambiente a 37°C, e as soluções foram trocadas a cada 24 horas. Para preparar o chá preto (Mate Leão), foram adicionados 3 g de chá em 250 mL de água destilada fervida. O vinho tinto (Periquita-Portugal) foi adquirido comercialmente. Antes das análises ópticas, os espécimes foram limpos em lavadora ultrassônica (Unique USC 2850, São Paulo, Brasil) com água destilada por 10 minutos e secos com jatos de ar.

3.6 Variáveis de resposta (ΔE_{00} , ΔL , ΔC e ΔH)

O sistema CIEDE2000 (ΔE_{00}) foi desenvolvido para melhorar a avaliação de cor, utilizando como base o sistema CIELab (parâmetros L^* , a^* e b^*). Este sistema apresenta fórmulas mais complexas e é considerado clinicamente superior para a medição de alterações de cor, mostrando uma correlação mais precisa entre os limiares de perceptibilidade e aceitabilidade.³³ As leituras das propriedades ópticas dos espécimes foram realizadas por espectrofotometria de reflexão ultravioleta visível, utilizando o modelo UV-2450 (Shimadzu, Kyoto, Japão), em fundo preto. As alterações de cor foram calculadas conforme o Sistema CIEDE 2000 (ΔE_{00}), seguindo a fórmula:⁸

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

Onde, ΔL , ΔC e ΔH foram as diferenças de luminosidade (L), croma/saturação (C) e matiz/tonalidade (H). S_L , S_C e S_H foram as funções de pesagem para os componentes de luminosidade, croma e matiz, respectivamente. Os fatores K_L , K_C e

KH foram definidos como 1 para ajuste da fórmula $\Delta E00$.⁸ Foi considerado $\Delta E00=0,80$ como limite de perceptibilidade e $\Delta E00=1,80$ de aceitabilidade clínica.^{10,34}

3.7 Análise Estatística

Os dados coletados passaram por uma análise de variância (ANOVA) de três fatores e, posteriormente, foram submetidos ao teste de Bonferroni, com um nível de significância estabelecido em 5%.

4 RESULTADOS

4.1 Alteração de cor (ΔE_{00})

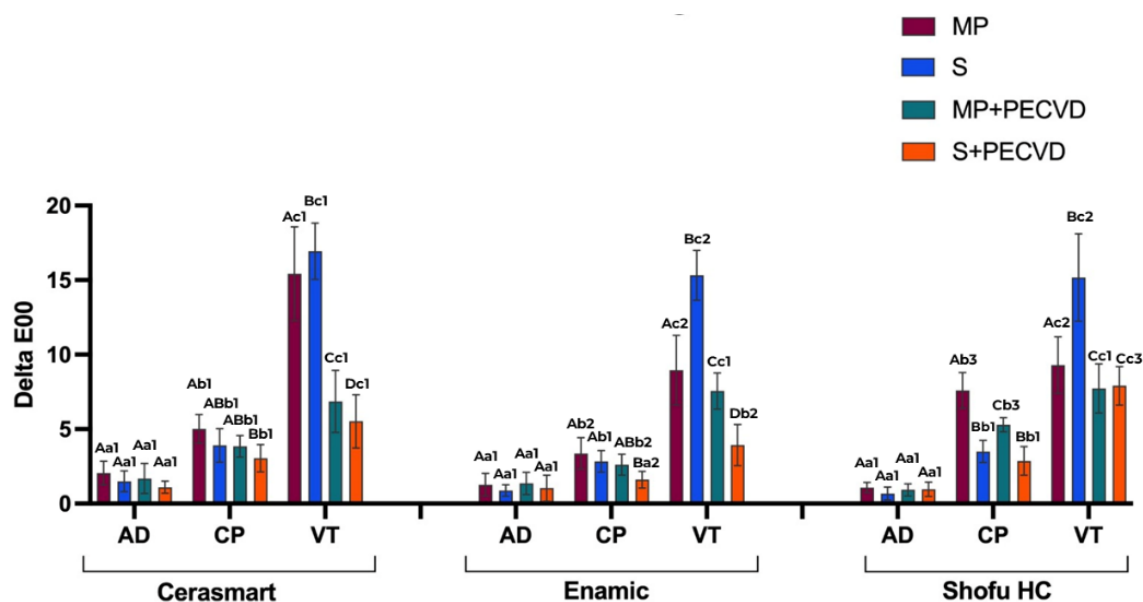
Após a ciclagem térmica e a imersão nas soluções corantes, observa-se que o vinho tinto apresentou o maior potencial corante, independentemente da cerâmica e dos tratamentos de superfície ($p < 0,05$). Além disso, o chá preto demonstrou os segundos maiores valores de ΔE_{00} , seguido pela água destilada, com diferença estatisticamente significativa entre eles ($p < 0,05$). Apenas os grupos submetidos a CT+I_{AD}, independentemente da cerâmica e do tratamento de superfície, apresentaram valores de ΔE_{00} abaixo do limite de aceitabilidade clínica ($\Delta E_{00}=1,80$), com exceção do grupo CS+MP ($p < 0,05$).

Na comparação entre os tratamentos de superfície (MP-S), observa-se nos grupos S de todas as cerâmicas após CT+I_{VT} apresentaram maiores valores de ΔE_{00} em comparação com polimento MP ($p < 0,05$). Ainda, após CT+I_{CP}, o grupo SH+S obteve menor valor de ΔE_{00} em comparação com o grupo MP ($p < 0,05$) (Figura 2).

A aplicação de PECVD resultou em redução estatística significativa do ΔE_{00} na comparação entre os grupos MP e MP+PECVD, independente da cerâmica, após CT+I_{VT} ($p < 0,05$). No geral, após CT+I_{VT}, os tratamentos de superfície com PECVD apresentaram menor alteração de cor em comparação com os grupos sem plasma (MP e S), independente da cerâmica ($p < 0,05$). Além disso, na comparação entre os grupos S e S+PECVD, a aplicação de PECVD resultou em uma redução estatisticamente significativa do ΔE_{00} nos grupos com plasma em todas as cerâmicas após CT+I_{VT} e após CT+I_{CP} na cerâmica EN ($p < 0,05$).

Na comparação entre as diferentes cerâmicas dentro do mesmo tratamento de superfície e da mesma solução corante, após CT+I_{CP} nos grupos MP e MP+PECVD, todas as cerâmicas se diferenciaram entre si, com maiores valores de ΔE_{00} para SH em ambos os casos ($p < 0,05$). Após CT+I_{VT}, nota-se que no grupo MP, S e S+PECVD, a cerâmica CS apresentou o maior valor de ΔE_{00} , com diferença estatística em relação aos demais grupos ($p < 0,05$) (Figura 2).

Figura 2 – Média (\pm desvio padrão) da alteração de cor (ΔE_{00}) das cerâmicas após tratamentos de superfície, após ciclagem térmica com imersão em soluções corantes (água, chá preto e vinho tinto)

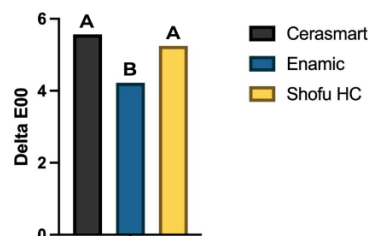


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

AD: água destilada; CP: chá preto; VT: vinho tinto; MP: polimento mecânico; S: selante; PECVD: Deposição Química de Vapor Aprimorada por Plasma; Delta E00: Alteração de cor. Letras maiúsculas diferentes representam diferenças estatística significativas na comparação entre os tratamentos de superfície dentro do mesmo período de análise; Diferentes letras minúsculas representam diferenças estatística significativas na comparação entre as diferentes soluções corantes dentro do mesmo tratamento de superfície e da mesma cerâmica; Diferentes números representam diferenças estatística significativas na comparação entre as diferentes cerâmicas dentro do mesmo tratamento de superfície e do mesmo período de análise e solução corante.

Em relação às cerâmicas, observa-se que a EN apresenta a menor alteração de cor em relação a CS e SH, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimentos ($p < 0.05$) (Figura 3).

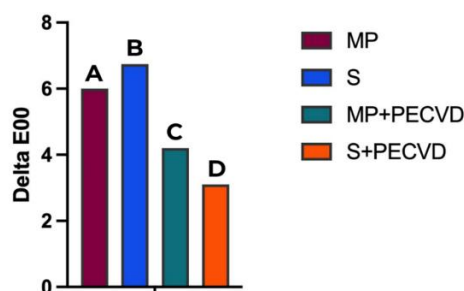
Figura 3 – Média da alteração de cor (ΔE_{00}) das cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Delta E00: Alteração de cor. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre as cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimentos.

Figura 4 – Média da alteração de cor (ΔE_{00}) dos tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos

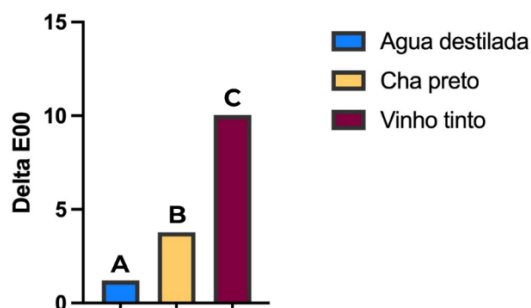


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

MP: polimento mecânico; S: selante; PECVD: Deposição Química de Vapor Aprimorada por Plasma; Delta E00: Alteração de cor. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre os tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos.

Em relação às diferenças nos tratamentos de superfície, independentemente do tipo de cerâmica e dos envelhecimentos, destaca-se o efeito protetor do PECVD. Foi observado que os grupos com aplicação de PECVD, tanto o grupo MP+PECVD quanto o S+PECVD, apresentaram menores alterações de cor (ΔE_{00}) em comparação com os grupos MP e S, de forma significativa ($p < 0.05$) (Figura 4). Além disso, o grupo S+PECVD demonstrou uma menor alteração de cor com diferença significativa em relação aos demais ($p < 0.05$) (Figura 4).

Figura 5 – Média da alteração de cor (ΔE_{00}) dos envelhecimentos nas diferentes soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Delta E00: Alteração de cor. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre as soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície.

Ao observar a capacidade de alteração de cor das soluções corantes, nota-se que o vinho tinto apresenta significativamente o maior potencial corante, seguido pelo chá preto e, em seguida, pela água destilada ($p < 0.05$) (Figura 5).

4.2 Alteração de luminosidade (ΔL)

No geral, a imersão em VT resultou em maiores alterações de luminosidade em comparação com as outras soluções, com diferença estatística significativa ($p < 0.05$), exceto no grupo SH+MP. A segunda solução com valores mais elevados de ΔL foi o chá preto, seguido pela água destilada (Figura 6).

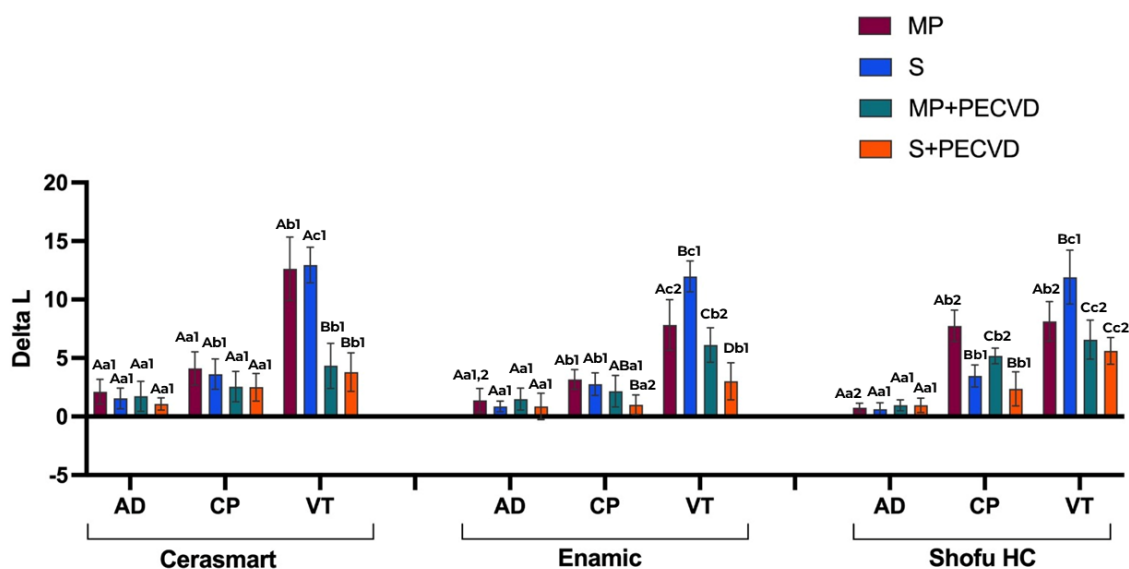
Em relação às diferenças entre polimentos (MP ou S) dentro da mesma cerâmica e imersão, observa-se que não houve diferença estatística ($p > 0.05$) independente da cerâmica e da imersão, com exceção do grupo SH+S após CT+I_{CP}, que apresentou valor de ΔL inferior ao polimento MP ($p < 0.05$), e nos grupos SH+S e EN+S após CT+I_{VT}, onde o ΔL foi maior para o polimento S em comparação com MP ($p < 0.05$) (Figura 6).

A aplicação de PECVD resultou em uma redução estatística significativa do ΔL na comparação entre os grupos MP e MP+PECVD em todas as cerâmicas após

CT+I_{VT} ($p < 0.05$). Após CT+I_{CP}, o grupo MP+PECVD da cerâmica SH apresentou um valor menor de ΔL em comparação com o grupo MP ($p < 0.05$). Na comparação entre os grupos S e S+PECVD, a aplicação de PECVD resultou em uma redução estatisticamente significativa do ΔL nos grupos com plasma em todas as cerâmicas após CT+I_{VT} e na cerâmica EN após CT+I_{CP} ($p < 0.05$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos de superfície nos demais grupos (Figura 6).

Na comparação entre as cerâmicas, dentro do grupo MP, a CS apresentou o maior valor de ΔL após CT+I_{VT}, com diferença estatística das demais, enquanto o menor valor foi observado no grupo MP+PECVD ($p < 0.05$). Por outro lado, os grupos, SH+MP e SH+MP+PECVD apresentaram os maiores valores de ΔL após CT+I_{CP} dentro de cada análise realizada ($p < 0.05$) (Figura 6).

Figura 6 – Média (\pm desvio padrão) da diferença de luminosidade (ΔL) das cerâmicas após tratamentos de superfície, após ciclagem térmica com imersão em soluções corantes (água destilada, chá preto e vinho tinto)

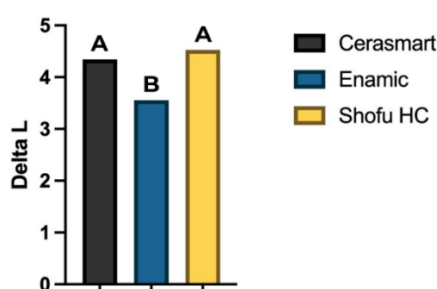


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

AD: água destilada; CP: chá preto; VT: vinho tinto; MP: polimento mecânico; S: selante; PECVD: Deposição Química de Vapor Aprimorada por Plasma; ΔL : Diferença de luminosidade. Letras maiúsculas diferentes representam diferenças estatística significativa na comparação entre os

tratamentos de superfície dentro do mesmo período de análise; Diferentes letras minúsculas representam diferenças estatística significativas na comparação entre as diferentes soluções corantes dentro do mesmo tratamento de superfície e da mesma cerâmica; Diferentes números representam diferenças estatística significativas na comparação entre as diferentes cerâmicas dentro do mesmo tratamento de superfície e do mesmo período de análise e solução corante.

Figura 7 – Média da diferença de luminosidade (ΔL) das cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimento

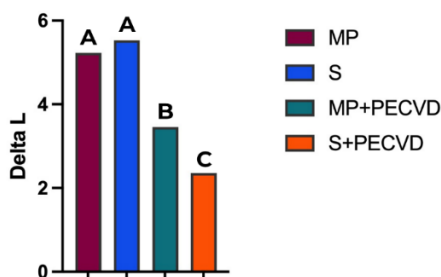


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Delta L: Diferença de luminosidade. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre as cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimentos.

Na análise da alteração de luminosidade entre as cerâmicas, observa-se que a EN apresenta o menor valor, diferenciando-se significativamente da CS e SH ($p < 0,05$) (Figura 7).

Figura 8 – Média da diferença de luminosidade (ΔL) dos tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos

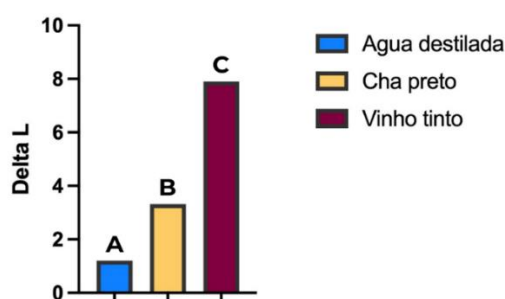


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

MP: polimento mecânico; S: selante; PECVD: Deposição Química de Vapor Aprimorada por Plasma; Delta L: Diferença de luminosidade. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre os tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos.

Nos tratamentos de superfície, os grupos MP e S mostraram os maiores valores de ΔL , sem diferença estatística entre si ($p > 0.05$), mas com diferença significativa em relação aos grupos que receberam PECVD ($p < 0.05$) (Figura 8). Notavelmente, o grupo S+PECVD exibiu o menor valor de ΔL , distinguindo-se dos demais tratamentos de forma estatisticamente significativa ($p < 0.05$) (Figura 8).

Figura 9 – Média da diferença de luminosidade (ΔL) dos envelhecimentos nas diferentes soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Delta L: Diferença de luminosidade. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre as soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície.

Na comparação da influência da solução corante sobre ΔL , nota-se um maior valor para o grupo VT, seguido pelo CP e, por fim, AD, com diferença estatisticamente significativa entre todos eles ($p < 0.05$) (Figura 9).

4.3 Alteração de croma (ΔC)

De forma geral, ao comparar as três soluções corantes, observam-se maiores valores ΔC para os grupos imersos em CP, independente da cerâmica e do tratamento de superfície ($p < 0.05$), exceto nos grupos CS+S, EN+S, EN+MP+PECVD, SH+S e SH+S+PECVD, onde não houve diferença estatística em relação às outras soluções ($p > 0.05$) (Figura 10).

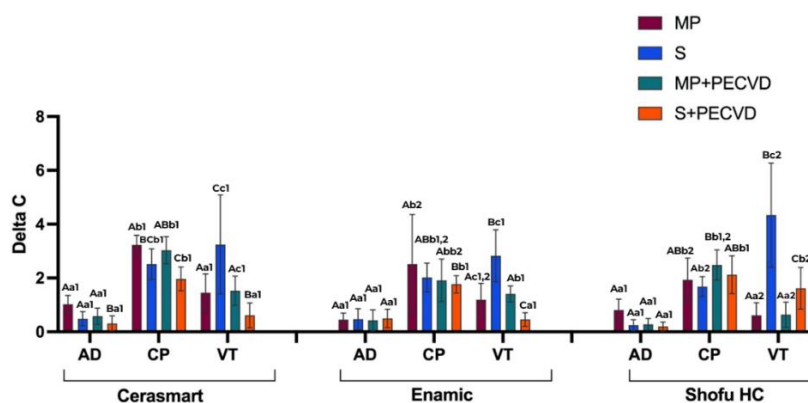
Em relação às diferenças entre os polimentos (MP ou S) dentro da mesma cerâmica e imersão, observa-se que após CT+I_{VT} o grupo S apresentou maiores

valores de ΔC em comparação com MP ($p < 0.05$). Além disso, após CT+I_{CP}, houve diferença estatística na cerâmica CS, onde o grupo MP apresentou maiores valores de ΔC em comparação com o grupo S ($p < 0.05$) (Figura 10).

A aplicação de PECVD não resultou em redução estatística significativa do ΔC na comparação entre os grupos MP e MP+PECVD ($p > 0.05$) independente da cerâmica e da imersão. No entanto, na comparação entre os grupos S e S+PECVD, houve uma redução estatisticamente significativa do ΔC nos grupos com plasma em todas as cerâmicas após CT+I_{VT} ($p < 0.05$). Após CT+I_{AD}, a única diferença encontrada foi entre os grupos S e S+PECVD da cerâmica CS ($p < 0.05$). Nos demais grupos, não houve diferença estatisticamente significativa de ΔC ($p > 0.05$), independente da cerâmica e da imersão (Figura 10).

Na comparação entre as diferentes cerâmicas dentro do mesmo tratamento de superfície e da mesma solução corante, após CT+I_{VT}, os grupos SH+MP e SH+MP+PECVD apresentaram os menores valores de ΔC em comparação com CS, enquanto os grupos SH+S e SH+S+PECVD obtiveram os maiores valores de ΔC em comparação com CS e EN ($p < 0.05$). Após CT+I_{CP}, o grupo CS+MP e CS+S apresentaram os maiores valores de ΔC em comparação com SH, enquanto no grupo CS+MP+PECVD o maior valor foi observado em comparação com EN ($p < 0.05$) (Figura 10).

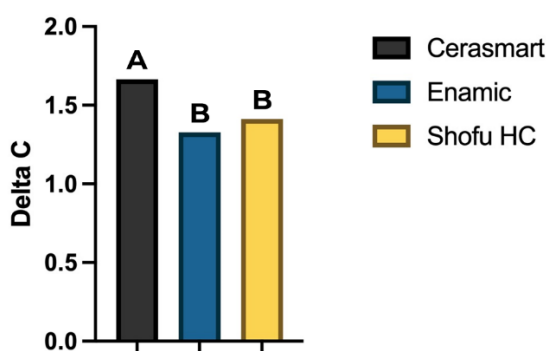
Figura 10 – Média (\pm desvio padrão) da diferença de croma (ΔC) das cerâmicas após tratamentos de superfície, após ciclagem térmica com imersão em soluções corantes (água destilada, chá preto e vinho tinto)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

AD: água destilada; CP: chá preto; VT: vinho tinto; MP: polimento mecânico; S: selante; PECVD: Deposição Química de Vapor Aprimorada por Plasma; ΔC : Diferença de croma. Letras maiúsculas diferentes representam diferenças estatísticas significativas na comparação entre os tratamentos de superfície dentro do mesmo período de análise; Diferentes letras minúsculas representam diferenças estatísticas significativas na comparação entre as diferentes soluções corantes dentro do mesmo tratamento de superfície e da mesma cerâmica; Diferentes números representam diferenças estatísticas significativas na comparação entre as diferentes cerâmicas dentro do mesmo tratamento de superfície e do mesmo período de análise e solução corante.

Figura 11 – Média da diferença de croma (ΔC) das cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimento

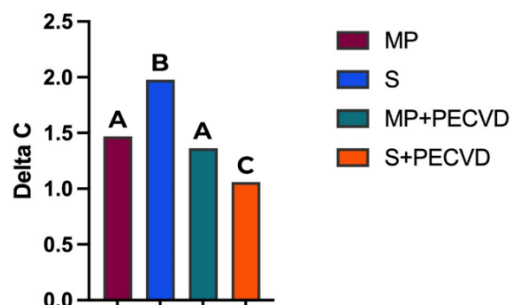


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Delta C: Diferença de croma. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre as cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimentos.

A cerâmica CS demonstra o maior valor de ΔC , independentemente do tratamento de superfície e da imersão em solução corante, diferenciando-se significativamente da EN e SH ($p < 0.05$), enquanto EN e SH não apresentam diferença entre si ($p > 0.05$) (Figura 11).

Figura 12 – Média da diferença de croma (ΔC) dos tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos

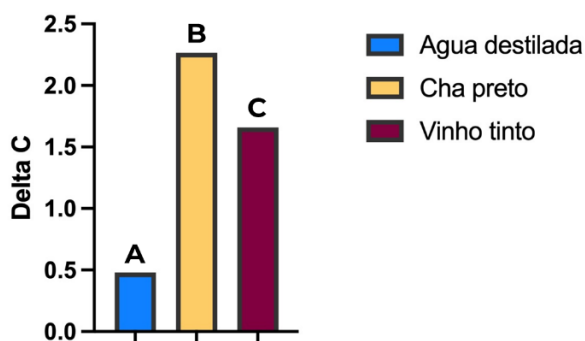


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

MP: polimento mecânico; S: selante; PECVD: Deposição Química de Vapor Aprimorada por Plasma; Delta C: Diferença de croma. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre os tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos.

Em relação aos tratamentos de superfície, os dois polimentos mecânicos (com e sem PECVD) não mostraram diferença significativa entre si em relação ao ΔC , porém apresentaram valores intermediários que diferiram estatisticamente do selante com ou sem PECVD ($p < 0.05$) (Figura 12). O grupo S+PECVD exibiu o menor valor de ΔC , enquanto o grupo S demonstrou o maior valor, com ambas as diferenças significativas em relação aos demais tratamentos ($p < 0.05$) (Figura 12).

Figura 13 – Média da diferença de croma (ΔC) dos envelhecimentos nas diferentes soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Delta C: Diferença de croma. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre as soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície.

A solução corante com o maior potencial cromático foi significativamente o chá preto, seguido pelo vinho tinto e água destilada ($p < 0.05$), independentemente do tipo de cerâmica e tratamento de superfície (Figura 13).

4.4 Alteração de matiz (ΔH)

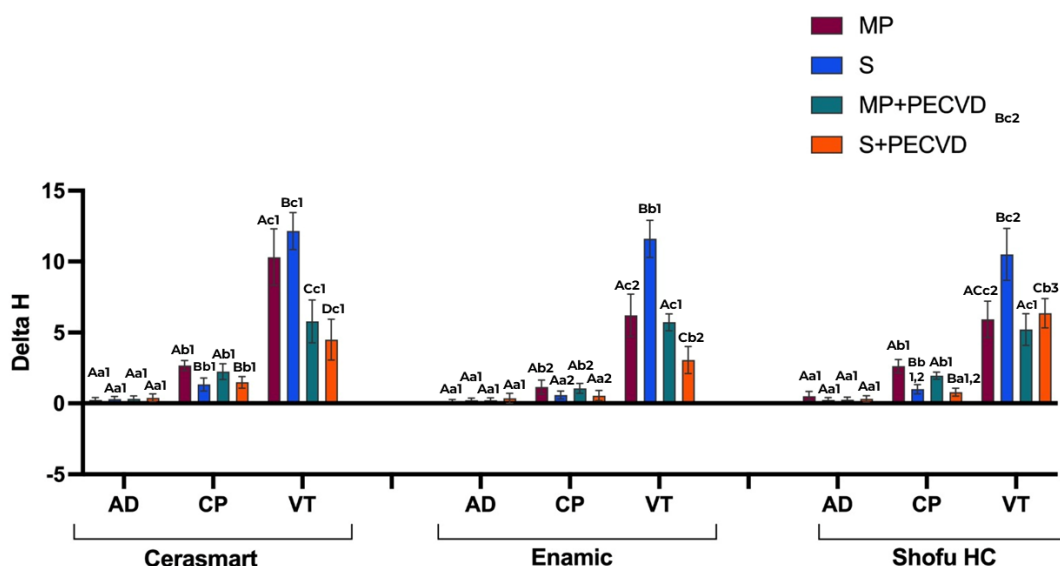
Os maiores valores de alteração de matiz (ΔH) foram observados nas imersões em vinho tinto, independentemente do tipo de cerâmica e do tratamento de superfície, enquanto os menores valores foram encontrados nos grupos imersos em água destilada ($p < 0.05$) (Figura 14).

Comparando os diferentes polimentos (MP ou S) dentro da mesma cerâmica, observou-se que, após CT+I_{CP}, os valores de ΔH foram significativamente maiores no grupo MP em comparação com o grupo S ($p < 0.05$), exceto na cerâmica EN. Após CT+I_{VT}, foram observados maiores valores de ΔH no grupo S em comparação com o grupo MP, independentemente da cerâmica ($p < 0.05$). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na comparação entre MP ou S após CT+I_{AD} (Figura 14).

A aplicação de PECVD resultou em uma redução estatisticamente significativa do ΔH quando comparada entre os grupos MP e MP+PECVD na cerâmica CS após CT+I_{VT} ($p < 0.05$). No entanto, nos demais grupos não foi observada diferença estatisticamente significativa no ΔH ($p > 0.05$), independente da cerâmica e imersão. Na comparação entre os grupos S e S+PECVD, a aplicação de PECVD resultou em uma redução estatisticamente significativa do ΔH nos grupos com plasma em todas as cerâmicas após CT+I_{VT} ($p < 0.05$). Nos demais grupos, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos de superfície (Figura 14).

Na comparação entre as diferentes cerâmicas dentro do mesmo tratamento de superfície e da mesma solução corante, após CT+I_{CP}, as cerâmicas CS e EN diferenciaram-se entre si independentemente do tratamento de superfície, com maiores valores de ΔH para a CS ($p < 0.05$). Após CT+I_{VT}, a cerâmica CS apresentou maiores valores de ΔH em comparação com SH nos grupos MP e S, e menor valor no grupo S+PECVD ($p < 0.05$) (Figura 14).

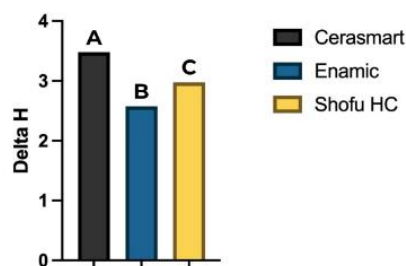
Figura 14 – Média (\pm desvio padrão) da diferença de matiz (ΔH) das cerâmicas após tratamentos de superfície, após ciclagem térmica com imersão em soluções corantes (água destilada, chá preto e vinho tinto)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

AD: água destilada; CP: chá preto; VT: vinho tinto; MP: polimento mecânico; S: selante; PECVD: Deposição Química de Vapor Aprimorada por Plasma; ΔH : Diferença de matiz. Letras maiúsculas diferentes representam diferenças estatística significativas na comparação entre os tratamentos de superfície dentro do mesmo período de análise; Diferentes letras minúsculas representam diferenças estatística significativas na comparação entre as diferentes soluções corantes dentro do mesmo tratamento de superfície e da mesma cerâmica; Diferentes números representam diferenças estatística significativas na comparação entre as diferentes cerâmicas dentro do mesmo tratamento de superfície e do mesmo período de análise e solução corante.

Figura 15 – Média da diferença de matiz (ΔH) das cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimento

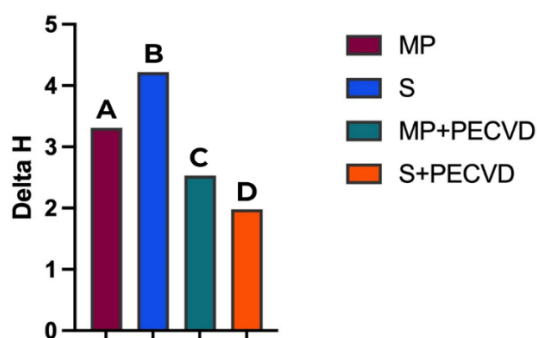


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Delta H: Diferença de matiz. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre as cerâmicas, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimentos.

A cerâmica CS mostrou o maior valor de ΔH , seguida por SH e EN, independentemente do tratamento de superfície e da solução corante ($p < 0.05$) (Figura 15).

Figura 16 – Média da diferença de matiz (ΔH) dos tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos

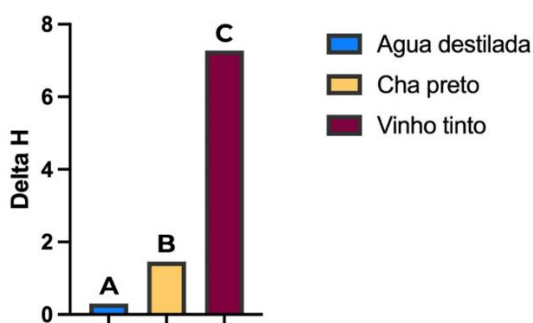


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

MP: polimento mecânico; S: selante; PECVD: Deposição Química de Vapor Aprimorada por Plasma; Delta H: Diferença de matiz. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre os tratamentos de superfície, independente das cerâmicas e envelhecimentos.

O grupo S apresentou o maior valor de ΔH , seguido por MP, MP+PECVD e S+PECVD de forma significativa, destacando o efeito do plasma na ΔH , com os menores valores obtidos ($p < 0.05$) (Figura 16).

Figura 17 – Média da diferença de matiz (ΔH) dos envelhecimentos nas soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Delta H: Diferença de matiz. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre as soluções corantes, independente das cerâmicas e tratamentos de superfície.

A imersão em VT obteve o maior valor de ΔH , seguido de CP e AD, sendo estatisticamente diferentes entre si, independentemente do tipo de cerâmica e tratamento de superfície ($p < 0.05$) (Figura 17).

5 DISCUSSÃO

A hipótese deste estudo que a imersão em soluções ácidas/corantes após a ciclagem térmica afetaria negativamente as características ópticas das cerâmicas avaliadas, independente do tratamento de superfície aplicada, foi aceita, uma vez que tanto os tratamentos de superfície quanto os processos de envelhecimento impactaram as propriedades ópticas das cerâmicas. Além disso, em algumas avaliações, as cerâmicas apresentaram comportamentos distintos entre si.

A ciclagem térmica associada com imersão em soluções corantes revelou uma alteração óptica nas cerâmicas testadas. O vinho tinto mostrou o maior potencial corante, independentemente do tratamento de superfície ou do tipo de cerâmica. Esses resultados corroboram estudos anteriores que ressaltam o potencial corante do vinho tinto.^{10,32,35} A explicação reside na presença de álcool na composição do vinho, que pode degradar a matriz resinosa, além da presença de pigmentos capazes de penetrar no material pela absorção de água pelos polímeros, resultando no manchamento da superfície.^{32,35} Adicionalmente, a composição do vinho apresenta uma elevada concentração de corantes nas tonalidades vermelha, azul e púrpura, os quais têm a capacidade de se infiltrar na superfície do material. Isso resulta em uma adsorção mais intensa dos corantes dessas soluções.^{10,23,24,35,36}

Os menores valores de ΔE_{00} obtidos após a aplicação de PECVD sobre o MP e S da CS imersa em vinho tinto destacam o potencial efeito protetor da combinação de HMDSO e argônio na superfície do material. Essa mesma proteção é evidenciada nas cerâmicas EN e SH com o grupo S+PECVD, quando imersas em chá preto e vinho tinto. O efeito protetor do PECVD na alteração de cor das cerâmicas pode ser explicado pela redução das forças eletrostáticas e, conseqüentemente, pela diminuição ou prevenção da degradação das moléculas de água no material restaurador resultante da adesão do PECVD com HMDSO na superfície do material. O monômero hexametildissiloxano (HMDSO) é capaz de formar uma camada de filme extremamente fina (em nanômetros) de organossilício com alta hidrofobicidade, distribuindo-se uniformemente pela superfície das cerâmicas e preenchendo ranhuras e defeitos superficiais. Isso resulta em uma superfície mais lisa e menos aderente.^{20,21,37,38} Além disso, quando combinado com o selante Palaseal, essa

técnica demonstrou eficácia em vedar e impedir a penetração de água na matriz das cerâmicas, reduzindo, conseqüentemente, o potencial corante das soluções.^{20,21,37,39}

Nos parâmetros de diferença de luminosidade e matiz, ambos apresentaram seus maiores valores após CT+IVT, independentemente do tipo de cerâmica e tratamento de superfície. Por outro lado, a maior variação do croma foi observada após CT+ICP, evidenciando o potencial corante dessas duas soluções.^{10,32,35} Nos dois parâmetros, após a imersão em VT, os menores valores são observados no grupo S+PECVD, o que destaca mais uma vez o efeito protetor nas características ópticas resultante da aplicação do plasma sobre as superfícies desses materiais. Esses resultados são corroborados pelos valores de ΔE_{00} mencionados anteriormente, reiterando que o selante em conjunto com o PECVD é capaz de selar micro defeitos e microfissuras superficiais, como ranhuras e buracos, resultando em uma superfície mais lisa e uniforme, o que dificulta uma maior alteração de cor nos materiais.^{3,5,20,21,38,40}

Neste estudo, as soluções foram classificadas de acordo com seu potencial corante, com o vinho apresentando o maior potencial, seguido pelo chá preto e, por último, pela água destilada. Tanto o vinho quanto o chá preto são bebidas comuns em nossa dieta diária e são conhecidos por sua capacidade de manchar materiais restauradores.³⁵ O potencial de manchamento do vinho está relacionado tanto ao álcool quanto à presença de pigmentos, conforme descrito anteriormente.^{10,32,35} Por outro lado, a capacidade de coloração do chá preto pode ser atribuída à presença de ácido tânico e pigmentos.^{35,41} Além disso, ambas as soluções contêm antocianinas e corantes polares, que causam uma pigmentação mais intensa na superfície dos materiais por serem solúveis em água.^{23,24}

Além disso, é válido destacar o efeito prejudicial da ciclagem térmica sobre esses materiais, visto que todos os resultados obtidos são influenciados pelas variações de temperatura ocorridas antes das imersões em soluções corantes. Seyidaliyeva et. al.,³² realizaram ciclagem térmica e imersão em solução corante na cerâmica Enamic, (Vita) e observaram que a maior alteração de cor foi causada pela variação de temperatura, indicando que a ciclagem térmica isolada tem influência nas mudanças de cor das cerâmicas, mesmo que abaixo do limiar de percepção humana.³² A diferença de temperatura pode levar à deterioração das conexões entre

a matriz e o preenchimento, resultando na degradação hidrolítica dos materiais e afetando o ângulo de contato com a água.³ Além disso, as constantes contrações e expansões volumétricas na superfície do material durante os ciclos podem alterar a rugosidade da superfície e aumentar a susceptibilidade a manchas.^{5,42}

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que:

- A combinação de termociclagem e imersão em soluções corantes (chá preto e vinho tinto) induz alterações de cor nas cerâmicas com matriz resinosa que excedem os limites considerados clinicamente aceitáveis.
- As cerâmicas com matriz resinosa avaliadas demonstraram propriedades ópticas semelhantes, independentemente do tratamento de superfície e do processo de envelhecimento.
- A aplicação de PECVD mostrou-se benéfica na redução da alteração de cor nas cerâmicas com matriz resinosa, especialmente quando combinada com a aplicação de selante e após imersão em vinho tinto.

REFERÊNCIAS

1. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NRFA, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2015;28(3):227–35.
2. Tabata LF, de Lima Silva TA, de Paula Silveira AC, Ribeiro APD. Marginal and internal fit of CAD-CAM composite resin and ceramic crowns before and after internal adjustment. *J Prosthet Dent.* 2020;123(3):500-505.
3. Çakmak G, Subaşı MG, Yilmaz B. Effect of thermocycling on the surface properties of resin-matrix CAD-CAM ceramics after different surface treatments. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021;117:104401.
4. Tribst JPM, Dal Piva AMO, Werner A, Anami LC, Bottino MA, Kleverlaan CJ. Durability of staining and glazing on a hybrid ceramics after the three-body wear. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;109:103856.
5. Dede DÖ, Şahin O, Koroglu A, Yilmaz B. Effect of sealant agents on the color stability and surface roughness of nanohybrid composite resins. *J Prosthet Dent.* 2016;116(1):119-128.
6. Castro EF, Azevedo VLB, Nima G, Andrade OS, Dias CTDS, Giannini M. Adhesion, mechanical properties, and microstructure of resin-matrix CAD-CAM ceramics. *J Adhes Dent.* 2020;22(4):421-431.
7. El Zhawi H, Kaizer MR, Chughtai A, Moraes RR, Zhang Y. Polymer infiltrated ceramic network structures for resistance to fatigue fracture and wear. *Dent Mater.* 2016;32(11):1352-1361.
8. Acar O, Yilmaz B, Altintas SH, Chandrasekaran I, Johnston WM. Color stainability of CAD/CAM and nanocomposite resin materials. *J Prosthet Dent.* 2016;115(1):71-75.
9. Cruz MEM, Simões R, Martins SB, Trindade FZ, Dovigo LN, Fonseca RG. Influence of simulated gastric juice on surface characteristics of CAD-CAM monolithic materials. *J Prosthet Dent.* 2020;123(3):483-490.

10. 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.
11. Alao AR, Stoll R, Zhang Y, Yin L. Influence of CAD/CAM milling, sintering and surface treatments on the fatigue behavior of lithium disilicate glass ceramic. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021;113:10413.
12. Kurt M, Bankoğlu Güngör M, Karakoca Nemli S, Turhan Bal B. Effects of glazing methods on the optical and surface properties of silicate ceramics. *J Prosthodont Res.* 2020;64(2):202-209.
13. Kanat-Ertürk B. Color stability of CAD/CAM ceramics prepared with different surface finishing procedures. *J Prosthodont.* 2020;29(2):166-172.
14. Tekçe N, Pala K, Tuncer S, Demirci M. The effect of surface sealant application and accelerated aging on posterior restorative surfaces: An SEM and AFM study. *Dent Mater J.* 2017;36(2):182-189.
15. Sulaiman TA, Abdulmajeed AA, Shahramian K, Hupa L, Donovan TE, Vallittu P, Närhi TO. Impact of gastric acidic challenge on surface topography and optical properties of monolithic zirconia. *Dent Mater.* 2015;31(12):1445-1452.
16. Dal Piva A, Contreras L, Ribeiro FC, Anami LC, Camargo S, Jorge A, Bottino MA. Monolithic ceramics: effect of finishing techniques on surface properties, bacterial adhesion and cell viability. *Oper Dent.* 2018;43(3):315-325.
17. Gurbuz O, Cilingir A, Dikmen B, Ozsoy A, Mert Eren M. Effect of surface sealant on the surface roughness of different composites and evaluation of their microhardness. *Eur Oral Res.* 2020;54(1):1-8.
18. Bitencourt SB, Piacenza LT, Souza JPDV, da Silva EVF, Rangel EC, Barão VAR, Goiato MC, Dos Santos DM. The effect of different plasma treatments on the surface properties and bond strength between lithium disilicate and resin cement. *J Adhes Dent.* 2020;22(5):531-538.

19. Adımcı P, İbiş F, Ercan UK, Bagis B. Evaluation of effects of non-thermal plasma treatment on surface properties of CAD/CAM materials. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2019;33:35-49.
20. dos Santos D, Vechiato-Filho A, Pesqueira A, Guiotti A, Rangel E, da Cruz N, Goiato M. Effect of nonthermal plasma treatment on the surface of dental resins immersed in artificial saliva. *Journal of Polymer Engineering*. 2016;36(8): 785-793.
21. Vechiato Filho AJ, dos Santos DM, Goiato MC, de Medeiros RA, Moreno A, Bonatto Lda R, Rangel EC. Surface characterization of lithium disilicate ceramic after nonthermal plasma treatment. *J Prosthet Dent*. 2014;112(5):1156-1163.
22. Al-Thobity AM, Gad MM, Farooq I, Alshahrani AS, Al-Dulaijan YA. Acid Effects on the physical properties of different CAD/CAM ceramic materials: an in vitro analysis. *J Prosthodont*. 2021;30(2):135-141.
23. Koçak EF, Ekren O, Johnston WM, Uçar Y. Analysis of color differences in stained contemporary esthetic dental materials [published online ahead of print, 2020 Sep 18]. *J Prosthet Dent*. 2020;S0022-3913(20)30433-9.
24. Quek SHQ, Yap AUJ, Rosa V, Tan KBC, Teoh KH. Effect of staining beverages on color and translucency of CAD/CAM composites. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30(2):9-17.
25. Kelvin Khng KY, Ettinger RL, Armstrong SR, Lindquist T, Gratton DG, Qian F. In vitro evaluation of the marginal integrity of CAD/CAM interim crowns. *J Prosthet Dent*. 2016 May;115(5):617-23. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.10.002. Epub 2016 Jan 7. PMID: 26774313.
26. Thompson GA, Luo Q. Contribution of postpolymerization conditioning and storage environments to the mechanical properties of three interim restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2014 Sep;112(3):638-48. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.04.008. Epub 2014 May 13. PMID: 24831742.
27. Nejatidanesh F, Momeni G, Savabi O. Flexural strength of interim resin materials for fixed prosthodontics. *J Prosthodont*. 2009 Aug;18(6):507-11. doi: 10.1111/j.1532-849X.2009.00473.x. Epub 2009 Jun 3. PMID: 19689710.

28. Naffah N, Ounsi H, Ozcan M, Salameh Z. Evaluation of the Color Stability of Three Resin-Ceramic Materials Using a Spectrophotometer and a Digital Photography Software. *Contemp Clin Dent.* 2024 Jan-Mar;15(1):44-50. doi: 10.4103/ccd.ccd_656_18.
29. Temizci T, Bozoğulları HN. Effect of thermocycling on the mechanical properties of permanent composite-based CAD-CAM restorative materials produced by additive and subtractive manufacturing techniques. *BMC Oral Health.* 2024 Mar 14;24(1):334. doi: 10.1186/s12903-024-04016-z.
30. Taşın S, Ismatullaev A. Effect of coffee thermocycling on the color and translucency of milled and 3D printed definitive restoration materials. *J Prosthet Dent.* 2024 May;131(5):969.e1-969.e7. doi: 10.1016/j.prosdent.2024.01.021.
31. 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.
32. Seyidaliev A, Rues S, Evagorou Z, Hassel AJ, Rammelsberg P, Zenthöfer A. Color stability of polymer-infiltrated-ceramics compared with lithium disilicate ceramics and composite. *J Esthet Restor Dent.* 2020;32(1):43-50.
33. 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.
34. 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.
35. Arocha MA, Basilio J, Llopis J, Di Bella E, Roig M, Ardu S, Mayoral JR. Colour stainability of indirect CAD-CAM processed composites vs. conventionally laboratory processed composites after immersion in staining solutions. *J Dent.* 2014 Jul;42(7):831-8. doi: 10.1016/j.jdent.2014.04.002.
36. Ertaş E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J.* 2006 Jun;25(2):371-6.

37. Rangel RCC, Pompeu TC, Barros Jr JLS, Antonio CA, Santos NM, Pelici BO, Freire CMA, Cruz NC, Range EC. Improvement of the corrosion resistance of carbon steel by plasma deposited thin films. In: Razavi RS, editor. Recent researches in corrosion evaluation and protection. InTech; 2012. <https://doi.org/10.5772/34623>.
38. Zamperini CA, Carneiro HL, Rangel EC, Cruz NC, Vergani CE, Machado AL. In vitro adhesion of *Candida glabrata* to denture base acrylic resin modified by glow-discharge plasma treatment. *Mycoses*. 2013 Mar;56(2):134-44. doi: 10.1111/j.1439-0507.2012.02223.x.
39. Druck CC, Pozzobon JL, Callegari GL, Dorneles LS, Valandro LF. Adhesion to Y-TZP ceramic: study of silica nanofilm coating on the surface of Y-TZP. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2015 Jan;103(1):143-50. doi: 10.1002/jbm.b.33184.
40. Sarac D, Sarac YS, Kulunk S, Ural C, Kulunk T. The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *J Prosthet Dent*. 2006 Jul;96(1):33-40. doi: 10.1016/j.prosdent.2006.04.012.
41. Ardu S, Braut V, Gutemberg D, Krejci I, Dietschi D, Feilzer AJ. A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quintessence International* 2010;41:695–702.
42. Köroğlu A, Şahin O, Dede DÖ, Deniz ŞT, Karacan Sever N, Özkan S. Efficacy of denture cleaners on the surface roughness and *Candida albicans* adherence of sealant agent coupled denture base materials. *Dent Mater J*. 2016;35(5):810-6. doi: 10.4012/dmj.2016-103.

