



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Lucas Coser

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE COR E DA TRANSLUCIDEZ DE UMA RESINA
NANOCERÂMICA APÓS IMERSÃO EM CAFÉ**

Florianópolis

2023

Lucas Coser

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE COR E DA TRANSLUCIDEZ DE UMA RESINA
NANOCERÂMICA APÓS IMERSÃO EM CAFÉ**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Odontologia apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Orientador: Prof.^a Dra. Cláudia Ângela Maziero Volpato
Coorientadora: M.a. Bruna Mueller

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Coser, Lucas

Análise da estabilidade de cor e da translucidez de uma resina nanocerâmica após imersão em café / Lucas Coser ; orientadora, Cláudia Ângela Maziero Volpato, coorientadora, Bruna Mueller, 2023.

55 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciênciasda Saúde, Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

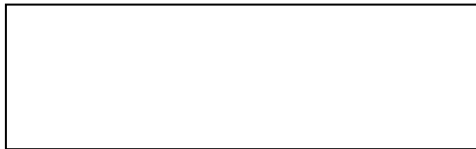
1. Odontologia. 2. Materiais dentários. 3. CAD/CAM. 4. Cor. 5. Café. I. Volpato, Cláudia Ângela Maziero. II. Mueller, Bruna. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Odontologia. IV. Título.

Lucas Coser

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE COR E DA TRANSLUCIDEZ DE UMA RESINA
NANOCERÂMICA APÓS IMERSÃO EM CAFÉ**

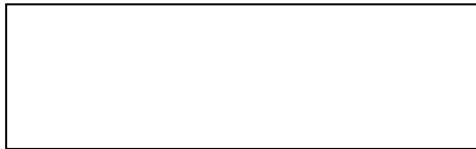
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Cirurgião-Dentista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Odontologia.

Florianópolis, 20 de novembro de 2023.

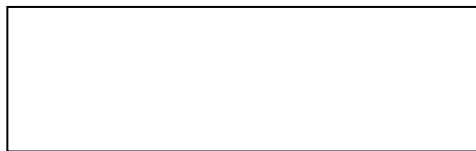


Prof.^a Dra. Gláucia Santos Zimmermann
Coordenação do Curso

Banca examinadora



Prof. Dra. Cláudia Ângela Maziero Volpato
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Lucas da Fosenca Roberti Garcia
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Sylvio Monteiro Junior
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus agradecimentos a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso. Este projeto é o resultado de meses de dedicação e esforço, e não teria sido possível sem o apoio e contribuição de várias pessoas.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Neuri e Cristina, por todo amor, incentivo, e apoio ao longo de toda minha jornada acadêmica. Nada disso seria possível sem este suporte, vocês são motivo de força e inspiração para mim.

À minha namorada, também colega e amiga, Lívia, por todos os momentos compartilhados desde o início da graduação. Foram quase 6 anos de alegrias e comemorações, mas também de muito estudo, desafios e troca de conhecimento. Muito obrigado por estar ao meu lado, sempre juntos nesta caminhada.

Aos amigos que estiveram ao meu lado e alegraram esta etapa da minha vida, os levarei sempre no meu coração.

À minha orientadora, Professora Cláudia Volpato, pela sua atenção, empenho, dedicação, pelas oportunidades e ensinamentos que compartilhou comigo ao longo da graduação. Sua participação neste trabalho, e a maneira como me orientou, tornou toda esta jornada de pesquisa muito mais leve e agradável. Ter a experiência de aprender e trabalhar contigo foi enriquecedor para o meu crescimento pessoal e acadêmico, você é exemplo a ser seguido. Muito obrigado.

Agradeço também à minha coorientadora, Bruna Mueller, por toda sua assistência. Esteve presente nos momentos que precisei, oferecendo ajuda sempre com muita disposição.

Expresso também a minha sincera gratidão à banca examinadora, composta pelos Professores Sylvio e Lucas e Professora Elisa. Agradeço profundamente por dedicarem seu tempo e conhecimento para lerem e avaliarem este trabalho. Estendo também meu agradecimento a todos os professores da UFSC que de alguma forma participaram do meu aprendizado durante este curso, bem como a todos os servidores desta instituição na qual passei grande parte dos meus dias nestes últimos anos.

Este trabalho é dedicado a todos vocês que acreditaram em mim e contribuíram para sua realização. Muito obrigado por tornarem isso possível.

RESUMO

Resinas nanocerâmicas são materiais propensos aos manchamento e alterações de cor em função do uso clínico, devido ao alto conteúdo polimérico presente em sua composição. Este estudo avaliou a estabilidade de cor e a translucidez de uma resina nanocerâmica (RNC) submetida à imersão em café. Dez amostras foram confeccionadas com 1,0mm de espessura, imersas em solução de café por 28 dias e analisadas a cada 7 dias. As amostras foram mensuradas antes e após cada período de imersão em um espectrofotômetro de esfera de integração (Minolta CM 3600A). Após a obtenção das coordenadas $L^*a^*b^*$, as diferenças de cor foram calculadas pelo sistema CIEDE2000 e analisadas estatisticamente por ANOVA a um critério. Diferenças de luminosidade, croma e matiz foram avaliadas por ANOVA de medidas repetidas. Os parâmetros de translucidez (PT) foram calculados e analisados por ANOVA a um critério. Comparações múltiplas foram feitas pelo Teste HSD de Tukey ($\alpha=0.05$). As diferenças de cor ΔE_{00} aumentaram de forma gradual após a imersão no café (7 dias: $2,17\Delta E_{00}$, 14 dias: $2,79\Delta E_{00}$, 21 dias: $3,86\Delta E_{00}$ e 28 dias: $4,30\Delta E_{00}$), com semelhança estatística para os dias 21 e 28 ($p<0,001$). Essas mudanças de cor estão relacionadas à redução de luminosidade (L^*), juntamente com a tendência ao vermelho ($+a^*$) e ao amarelo ($+b^*$) ($p<0,001$). A translucidez diminuiu em todos os tempos ($p<0,001$), porém, não houve diferença estatística após o 7º dia. O café foi capaz de alterar a cor inicial da RNC testada e reduzir a sua translucidez ao longo do tempo avaliado.

Palavras-chave: Materiais dentários; CAD/CAM; Pigmentação; Cor; Translucidez; Café.

ABSTRACT

Nanoceramic resins are materials prone to staining and color changes due to clinical use, attributed to the high polymeric content in their composition. This study assessed the color stability and translucency of a nanoceramic resin (NCR) subjected to immersion in coffee. Ten samples were fabricated with a thickness of 1.0mm, immersed in a coffee solution for 28 days, and analyzed every 7 days. For the analysis of optical parameters over time, the samples were measured before and after each immersion period using an integration sphere spectrophotometer (Minolta CM 3600A). After obtaining the L*a*b* coordinates, color differences were calculated using the CIEDE2000 system and statistically analyzed by one-way ANOVA. Differences in brightness, chroma, and hue were evaluated by repeated measures ANOVA. The translucency parameter (TP) was calculated and analyzed by one-way ANOVA. Multiple comparisons were made using the Tukey HSD test ($\alpha=0.05$). The color differences ΔE_{00} gradually increased after immersion in coffee (7 days: $2.17\Delta E_{00}$, 14 days: $2.79\Delta E_{00}$, 21 days: $3.86\Delta E_{00}$, and 28 days: $4.30\Delta E_{00}$), with statistical similarity on days 21 and 28 ($p<0.001$). These color changes were primarily due to a decrease in brightness (L^*), indicating material darkening ($p<0.001$), along with a tendency towards red ($+a^*$) and yellow ($+b^*$). Translucency decreased at all experimental time points ($p<0.001$); however, there was no statistical difference after the 7th day. Coffee was able to alter the initial color of the resin nanoceramic and reduce its translucency over the evaluated period.

Keywords: Dental Materials; CAD/CAM; Pigmentation; Color; Translucency; Coffee.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Espaço de cor CIELab.

Figura 2 - Cortadora de precisão ISOMET 1000 (Laboratório da Pós-Graduação em Odontologia da UFSC).

Figura 3 – Acabamento das amostras com papel de óxido de alumínio (600~1200) e conferência da espessura com paquímetro digital.

Quadro 1 - Descrição dos materiais utilizados, lote, composição, especificações, fabricante e local.

Gráfico 1 - Diferenças de cor (ΔE_{00}), luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) da resina nanocerâmica testada após diferentes tempos de imersão em café.

Gráfico 2 - Parâmetros de translucidez da resina nanocerâmica testada após diferentes tempos de imersão em café.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA - Análise de variância

Bis-GMA - Bisfenol glicidil metacrilato

CAD - *computer-aided design* (Projeto Assistido por Computador)

CAM - *computer-aided manufacturing* (Manufatura Assistida por Computador)

CERMAT - Núcleo de Pesquisas em Materiais Cerâmicos e Compósitos do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC

CIELab - Espaço de cor $L^*a^*b^*$

GC - Grau de conversão

HEMA – Hidroxietilmetacrilato

LA – Limiares de aceitabilidade

LP - Limiares de perceptibilidade

PT - Parâmetro de translucidez

RNC - Resina nanocerâmica

T0 - Tempo 0

T1 - Tempo 1

T2 - Tempo 2

T3 - Tempo 3

T4 - Tempo 4

TEGDMA - Trietilenoglicol Dimetacrilato

UDMA - Uretano Dimetacrilato

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias das coordenadas L*a*b* obtidas para os tempos testados (fundos branco e preto).....	38
Tabela 2 – Médias das diferenças de cor (ΔE_{00}), luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) encontradas nos tempos testados.	39
Tabela 3 – ANOVA 1 critério para as diferenças de cor (ΔE_{00}) em relação aos tempos de imersão avaliados.....	41
Tabela 4 – Teste de comparações múltiplas de Tukey para as diferenças de cor (ΔE_{00}) encontradas em relação aos tempos de imersão avaliados.	41
Tabela 5 – ANOVA multivariada para as diferenças de luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) em relação aos tempos testados.	41
Tabela 6 – Teste de comparações múltiplas de Tukey para as diferenças de luminosidade ($\Delta L'$) encontradas em relação aos tempos de imersão avaliados.	42
Tabela 7 – Teste de comparações múltiplas de Tukey para as diferenças de croma ($\Delta C'$) encontradas em relação aos tempos de imersão avaliados.	42
Tabela 8 – Teste de comparações múltiplas de Tukey para as diferenças de matiz ($\Delta H'$) encontradas em relação aos tempos de imersão avaliados.	42
Tabela 9 – Valores e médias dos parâmetros de translucidez (PT) para os tempos de imersão testados.....	43
Tabela 10 – ANOVA 1 critério para os valores de translucidez (PT) em relação os tempos de imersão avaliados.....	44
Tabela 11 – Teste de comparações múltiplas de Tukey para os parâmetros de translucidez (PT) encontrados em relação aos tempos de imersão avaliados.	44

LISTA DE SÍMBOLOS

a^*	Coordenada vermelho/verde do espaço de cor CIELab
b^*	Coordenada amarelo/azul do espaço de cor CIELab
L^*	Luminosidade referente ao espaço de cor CIELab

Letras Gregas

ΔC	Diferença de croma
ΔE_{00}	Diferença de cor
$\Delta H'$	Diferença de matriz
$\Delta L'$	Diferença de luminosidade
ΔPT	Diferença de parâmetros de translucidez

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
3.1 RESINAS NANOCERÂMICAS.....	16
3.2 COR	17
3.3 TRANSLUCIDEZ	19
3.4 ESTUDOS ÓPTICOS REALIZADOS COM RESINAS NANOCERÂMICAS.....	20
3.5 LIMIARES DE PERCEPTIBILIDADE E ACEITABILIDADE.....	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	33
4.2 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS.....	33
4.3 PRIMEIRA ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA – TEMPO 0.....	35
4.4 PROTOCOLO DE IMERSÃO EM CAFÉ.....	35
4.5 MENSURAÇÃO DAS COORDENADAS L*a*b* APÓS AS IMERSÕES.....	35
4.6 CÁLCULOS DAS DIFERENÇAS DE COR, LUMINOSIDADE, CROMA E MATIZ.....	36
4.7 CÁLCULOS DO PARÂMETRO DE TRANSLUCIDEZ E RAZÃO DE CONTRASTE ...	36
4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA	36
4.9 SÍNTESE DO EXPERIMENTO.....	37
5 RESULTADOS.....	38
5.1 MENSURAÇÃO DAS COORDENADAS L*a*b*	38
5.2 CÁLCULO DAS DIFERENÇAS DE COR, LUMINOSIDADE, CROMA E MATIZ.....	39
5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DE COR E VARIAÇÕES	40
5.4 CÁLCULOS DO PARÂMETRO DE TRANSLUCIDEZ (PT).....	42
5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DE TRANSLUCIDEZ	44
6 DISCUSSÃO	45
7 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	52
ANEXO 1 - ATA DE APRESENTAÇÃO.....	55

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos materiais estéticos resultou em diversas possibilidades de tratamento e opções restauradoras para a Odontologia. Associado a esse desenvolvimento, tecnologias CAD/CAM (*computer-aided design/computer-aided manufacturing*) estão cada vez mais presentes no ambiente clínico e laboratorial dos cirurgiões-dentistas e técnicos de laboratório. Desta forma, o conhecimento das propriedades biológicas, mecânicas e ópticas desses materiais é fundamental para garantir o sucesso e a longevidade dos procedimentos restauradores (Samra *et al.*, 2008).

Os blocos de resinas nanocerâmicas (RNCs) são uma alternativa aos blocos de cerâmica CAD/CAM para serem empregados na confecção de restaurações indiretas, em função desse material apresentar resistência ao desgaste e ser bastante estético (Sarıkaya *et al.*, 2018). Uma vantagem considerável em relação à materiais cerâmicos, é sua maior resistência flexural e módulo de resiliência, além de um menor módulo de elasticidade, atributos que conferem a esses materiais uma capacidade ampliada de suportar cargas, enquanto se deformam elasticamente antes de atingir o ponto de falha (Awada; Nathanson, 2015). Porém, em se tratando de estabilidade de cor e resistência mecânica, o seu desempenho ainda é inferior ao das restaurações cerâmicas e isso se deve a presença de matriz resinosa em sua composição (Acar *et al.*, 2016).

Em conjunto com o desempenho mecânico de uma prótese, a estabilidade de cor prolonga a vida útil de um material restaurador, mantendo a longevidade da restauração ao longo do tempo (De Oliveira *et al.*, 2014; Acar *et al.*, 2016). Diversos fatores podem estar associados à descoloração de materiais dentários à base de resina quando em função oral; sendo que o tipo de solução, composição do material e tempo de exposição ao agente corante são as causas mais frequentes de manchamento (Erdemir; Yildiz; Mert, 2012; Gönülol, 2012).

Os fatores externos relacionados às alterações de cor de materiais resinosos têm como principal causa o uso de soluções corantes presentes em bebidas e alimentos que são consumidos frequentemente (Bagheri; Burrow; Tyas, 2005). Bebidas como café e vinho tinto possuem alto potencial de manchamento em materiais compósitos (Schürmann e Olms, 2018; Aydin *et al.*, 2019), e esses manchamentos

podem ser identificados em diferentes graus, de acordo com a composição do material em questão (Arocha *et al.*, 2014; Ertas *et al.*, 2006).

O café, em especial, age por meio de pigmentos amarelados de alto peso molecular presentes em sua composição; os taninos, que são compostos fenólicos facilmente oxidáveis. Esses pigmentos apresentam grande afinidade pela matriz polimérica dos materiais compósitos, levando assim ao seu manchamento com o passar do tempo (Samra *et al.*, 2008).

O presente estudo teve por objetivo avaliar o comportamento óptico de uma resina nanocerâmica submetida a um protocolo de imersão em café. Esta análise é relevante, visto que a alteração de cor ou redução da translucidez como resultado do manchamento causado pela ação de bebidas corantes pode resultar em restaurações insatisfatórias (Aydin *et al.*, 2019). A hipótese nula testada foi que o café não seria capaz de alterar a cor e a translucidez da resina testada ao longo do tempo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo *in vitro* teve por objetivo avaliar a estabilidade de cor e o parâmetro de translucidez de uma resina nanocerâmica (RNC) após imersão em café ao longo do tempo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as diferenças de cor (ΔE_{00}), luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) de uma resina nanocerâmica;
- Avaliar o parâmetro de translucidez (PT) da resina nanocerâmica testada;
- Avaliar a estabilidade de cor e a translucidez da RNC após a imersão em café por 7, 14, 21 e 28 dias.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 RESINAS NANOCERÂMICAS

Resinas nanocerâmicas são materiais restauradores híbridos que combinam conteúdo resinoso e cerâmico em sua composição, com o intuito de simular as propriedades físicas análogas ao esmalte humano por meio da presença da cerâmica, e as características da resiliência da dentina humana em função da presença da resina composta (Duarte; Sartori; Phark, 2016).

A composição das resinas nanocerâmicas se divide em fase inorgânica (aprox. 80%) e orgânica (aprox. 20%), podendo variar de acordo com o fabricante. A porção inorgânica é composta por nanopartículas de sílica, com tamanho aproximado de 20nm, e zircônia, com tamanho de partícula que varia entre 4 e 11nm. A parte orgânica do material é composta por monômeros de UDMA (dimetacrilato de uretano) e Bis-EMA (dimetacrilato de bifenol-A etoxilado). Além dessas nanopartículas e da matriz resinosa, essa resina possui nanopreenchimentos de partículas não agregadas dispersas e nanoaglomerações de sílica e zircônia. Um agente de união silano promove a ligação química entre o conteúdo cerâmico e a matriz polimérica, e um nanopreenchimento resultante das partículas não agregadas e nanoaglomerações fazem com que os espaços intersticiais da matriz resinosa sejam diminuídos (Duarte; Sartori; Phark, 2016).

Recentemente, a resina nanocerâmica mais conhecida é comercializada com o nome de Lava Ultimate (3M, ESPE, St. Paul, EUA). Esse material, apresentado na forma de blocos para usinagem CAD/CAM, associa uma pequena quantidade de matriz orgânica a uma parte majoritariamente cerâmica, e tem por objetivo alcançar as seguintes características: módulo de elasticidade próximo ao da dentina; resistência flexural melhorada; usinagem rápida e simplificada; e maior facilidade de reparo, uma vez que pode ser reparada diretamente em boca com resina composta (Gracis *et al.*, 2016).

Os blocos de resinas nanocerâmicas têm se mostrado uma alternativa aos blocos de cerâmica CAD/CAM para a confecção de restaurações indiretas, pois, em função de sua composição híbrida, conseguem apresentar uma maior resistência à flexão e maior módulo de resiliência do que as cerâmicas (Awada; Nathanson, 2015). A combinação dessas características resulta na capacidade de suportar cargas

deformando-se de forma elástica antes de ocorrer a falha, diferentemente dos materiais cerâmicos que são menos flexíveis e mais susceptíveis a fraturas. Essa discrepância nas propriedades elásticas entre cerâmicas e polímeros pode ser atribuída à presença de componentes resinosos na matriz nas resinas nanocerâmicas, o que contribui para a diminuição da friabilidade (Awada; Nathanson, 2015). Além disso a configuração presente na estrutura de uma resina nanocerâmica ajuda a dissipar as forças oclusais a partir dos pontos de contato, distribuindo-as para uma área extensa e reduzindo a tensão concentrada em um único ponto (Al Amri *et al.*, 2020).

Os blocos de resina nanocerâmica CAD/CAM podem ser usinados em uma espessura muito fina, para ser empregados até mesmo em áreas marginais (Güth *et al.*, 2013). Eles também apresentam outra vantagem importante que é a polimerização sob condições controladas de temperatura e pressão, reduzindo os problemas de contração de polimerização inerentes às técnicas restauradoras diretas (Engler *et al.*, 2019).

Por outro lado, comparados com as cerâmicas, esses materiais exibem uma maior propensão a sofrerem alterações de cor e manchamentos por bebidas e alimentos corantes, o que certamente impactará na estética das restaurações dentárias (Eldwakhly *et al.*, 2019).

3.2 COR

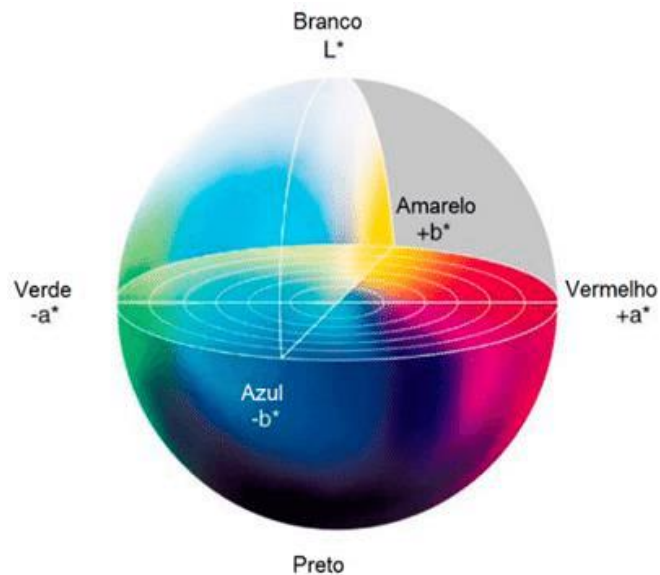
A cor é um fenômeno psicobiofísico que ocorre em resposta à interação das ondas de energia luminosa com um objeto e a experiência de um observador individual (O'Brien; Groh; Boenke, 1989). Todas as cores que conhecemos estão dentro do espectro de luz visível. O espectro de luz visível é a região da luz capaz de sensibilizar a visão e seu comprimento de onda compreende a faixa de 400 a 700nm. Em um objeto, a cor que percebemos é uma mistura de vários comprimentos de onda refletidos. Na ausência da luz, tudo o que um observador humano consegue enxergar é o escuro, ou seja, a ausência de cor, ou o preto (Sproull, 1973).

Em 1936, Munsell (1936 apud Sproull, 1973) descreveu as três dimensões da cor: matiz, croma e valor. A matiz representa as cores fundamentais, como: vermelho, amarelo, verde, azul, entre outras. O croma indica a intensidade de uma cor, podendo variar em níveis de saturação. O valor é a propriedade pela qual se tem o grau de

luminosidade da cor e pode variar de 0 a 100, sendo 100 o branco absoluto, e 0 o preto absoluto. Essas dimensões da cor são a base para a construção das escalas de cores utilizadas na Odontologia para a seleção visual de cores.

A fim de criar uma comunicação mais precisa, a Comissão Internacional de l'Eclairage (CIE) desenvolveu alguns métodos para expressar as cores e suas curvas espectrais de forma numérica. O método mais utilizado na Odontologia é o espaço de cor uniforme, conhecido por sistema CIE $L^*a^*b^*$, que facilita a representação espacial da cor.

Figura 1 - Espaço de cor CIELab



Fonte - Localizado no link:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Espaco-de-cor-CIELab_fig1_311429289

De acordo com o espaço de cor CIELab, a cor pode ser expressa por meio de coordenadas. A coordenada L^* representa a luminosidade, onde os valores vão de 0 (preto absoluto) a 100 (branco absoluto). Os valores a^* e b^* indicam as coordenadas de cromaticidade que apresentam o posicionamento tridimensional do objeto no espaço de cor e a sua direção. A coordenada a^* varia de -90 a +70. Quando a coordenada a^* for positiva ($+a^*$), a cor do objeto tende ao vermelho. Quando esta coordenada for negativa ($-a^*$), a tendência é a direção para o verde. A coordenada b^* varia de -80 a +100; com tendência para o azul ($-b^*$) e tendência para o amarelo ($+b^*$) (O'Brien; Groh; Boenke, 1989).

A maioria dos estudos que examinam parâmetros colorimétricos e eventuais discrepâncias de cor entre as amostras são conduzidos de forma objetiva e instrumental, utilizando o sistema CIE L*a*b*. Nesses estudos, ferramentas de análise digital, como espectrofotômetros e colorímetros, são empregadas para medir tridimensionalmente a cor e suas variações, eliminando a subjetividade inerente às pesquisas visuais (Volpato, Baratieri e Monteiro, 2005). Nesse sistema colorimétrico, as diferenças de cor podem ser calculadas usando uma fórmula específica:

$$\Delta E_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

No entanto, a aparência de um objeto não está limitada aos atributos do sistema colorimétrico CIE L*a*b*. Ela pode ser afetada por características como brilho, opacidade, transparência, translucidez, bem como fenômenos ópticos como metamerismo, opalescência e fluorescência (Hunter, 1987). Em 2004, a CIE propôs o uso da fórmula CIEDE2000 a fim de identificar de forma mais precisa, as discretas diferenças de cor entre objetos que apresentam cores muito similares (CIE, 2004). Nesta fórmula, funções de ponderação (Sl, SC e SH) e fatores paramétricos (KL, KC e KH) foram introduzidos para levar em consideração a contribuição de outros atributos relacionados à aparência do objeto:

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

3.3 TRANSLUCIDEZ

A translucidez pode ser descrita como o estado entre a completa opacidade e a transparência, uma vez que permite a passagem de luz, mas também a dispersa. Essa característica óptica faz com que restaurações à base de cerâmicas e resinas aparentem maior naturalidade, resultando em um melhor desfecho estético para a restauração (Awad *et al.*, 2015).

A translucidez de um material está intimamente relacionada à composição do mesmo e a espessura ao qual a restauração será confeccionada. Um mesmo material, confeccionado em espessuras diferentes, pode apresentar comportamentos ópticos variados em relação ao parâmetro de translucidez, uma vez que quanto maior a

espessura, maior a dificuldade de a luz atravessar o material (Wang; Takahashi e Iwasaki, 2013).

3.4 ESTUDOS ÓPTICOS REALIZADOS COM RESINAS NANOCERÂMICAS

Em 2014, um estudo conduzido por Arocha *et al.* analisou a estabilidade de cor de materiais restauradores, comparando dois materiais CAD/CAM e outras duas resinas convencionais processadas em laboratório após imersão em três diferentes soluções corantes; café, chá preto e vinho tinto. Os blocos CAD/CAM examinados foram a resina nanocerâmica Lava Ultimate (3M Espe, EUA) e o bloco de resina composta Paradigm MZ100 (3M Espe, EUA). Para os materiais convencionais, foram empregadas as resinas SR Adoro (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) e Premise Indirect (Kerr Corporation, EUA). Um total de 160 discos de amostras foram feitos, sendo 40 para cada material. Os espécimes de resina indireta processadas em laboratório foram feitas condensando o material em um molde de metal, que foi colocado entre duas lâminas de vidro, cada uma coberta por tiras de poliéster (Mylar, DuPont, Wilmington, Del., EUA) e posteriormente polimerizadas por uma lâmpada de LED Bluephase (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) com uma intensidade de luz de 1200 mW/cm² durante 20 segundos. Após a polimerização, as amostras foram polidas com discos Sof-lex fino e extra-fino (3M Espe, EUA) (10mm de diâmetro e 2mm de espessura). As amostras dos materiais CAD-CAM foram fabricadas seccionando o bloco com uma cortadora de precisão ISOMET (Buehler, Lake Bluff, EUA) na espessura de 2 mm. Para padronizar as amostras, o diâmetro dos discos foi marcado com o molde de metal e cortado usando uma broca de diamante, e também foram polidas com discos Sof-lex fino e extra-fino. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas para reidratação e conclusão da polimerização. As amostras foram divididas aleatoriamente em quatro grupos, com 10 amostras em cada solução corante (café, chá preto, vinho tinto e água destilada como grupo de controle). Foram feitas análises de cor iniciais, seguidas de avaliações semanais durante um período de 4 semanas após a imersão, utilizando um espectrofotômetro de reflectância (SpectroShade, Handy Dental Type, MHT, Arbizzano, Itália) em fundo branco, usando o sistema CIE Lab*. ANOVA e Teste de Tukey HSD foram empregados para avaliar as diferenças de cor (ΔE_{00}) entre os grupos. Todos os materiais apresentaram alterações de cor significativas ($p < 0,01$) em comparação com o grupo de controle. A maior diferença

de cor ($31,86\Delta E_{00}$) foi observada nas amostras de Lava Ultimate após a imersão em vinho tinto por 28 dias, enquanto o chá preto mostrou a menor ($4,99\Delta E_{00}$) para SR Adoro após o mesmo período. Compósitos de resina indireta processados em laboratório apresentaram maior estabilidade de cor em comparação com blocos de resina CAD/CAM.

Em 2016, Acar *et al.* compararam o efeito da pigmentação do café em 3 diferentes tipos de materiais restauradores CAD/CAM e uma resina nanoparticulada. Amostras de uma cerâmica dental híbrida (VITA Enamic, VITA Zahnfabrik, Alemanha), uma resina nanocerâmica (Lava Ultimate, 3M ESPE, EUA), uma cerâmica vítrea à base de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD, Ivoclar, Liechtenstein) e uma resina nanoparticulada (Filtek Supreme Ultra Universal, 3M ESPE, EUA) tiveram suas alterações de cor avaliadas após termociclagem em café. Amostras de 0,5 a 0,7mm e 1 a 1,2mm de espessura foram termocicladadas por 5000 ciclos. As coordenadas $L^*a^*b^*$ foram obtidas por um espectrofotômetro e as diferenças de cor (ΔE_{00}) foram calculadas utilizando a fórmula CIEDE2000. ANOVA foi utilizada para analisar as diferenças de cores entre os materiais com diferentes espessuras. Comparações foram realizadas pelo teste HSD de Tukey. Para a diferença de cor por pigmentação, a espessura foi uma covariável significativa ($p < 0,001$). Em relação a análise de diferenças de cor, cada par de materiais testados mostrou-se significativamente diferente ($p < 0,001$). A média das diferenças de cor na espessura média foi $4,34\Delta E_{00}$ para resina composta nanohíbrida, $3,66\Delta E_{00}$ para a resina nanocerâmica, $1,35\Delta E_{00}$ para a cerâmica híbrida, e $0,43\Delta E_{00}$ para a cerâmica de dissilicato de lítio. Os pesquisadores concluíram que quando expostos ao café, as diferenças de cor foram acima do aceitável clinicamente nas resinas nanocerâmica e nanoparticulada. A diferença de cor média da cerâmica híbrida foi clinicamente perceptível, mas aceitável entre as espessuras testadas. A alteração de cor da cerâmica à base de dissilicato de lítio não foi perceptível clinicamente em nenhuma das espessuras testadas.

Em 2017, Fonseca *et al.* analisaram a influência de monômeros à base de BisGMA, BisEMA, BisEMA 30 e dois monômeros à base de UDMA (UDMA e Fit 852), com TEGDMA como co-monômero, no grau de conversão, absorção de água, solubilidade em água e propriedades ópticas de compósitos dentários experimentais. Os materiais foram formulados em proporções molares de 70/30 usando BisGMA,

BisEMA, BisEMA 30, UDMA ou FIT 852 como monômeros bases, combinados com TEGDMA. Foi adicionado 60% em peso de partículas de vidro silanizadas. O grau de conversão (GC) e a cinética de polimerização foram monitorados usando espectroscopia de infravermelho de transformada de Fourier na faixa do infravermelho próximo. A absorção de água e a solubilidade foram avaliadas usando variação de massa após 60 dias de armazenamento em água. A cor foi avaliada usando um espectrofotômetro digital, aplicando os parâmetros CIELab, 24 horas após o armazenamento a seco e 60 dias após a imersão em água para calcular os valores de ΔE_{ab} . Todos os dados foram analisados usando ANOVA e o teste HSD de Tukey. A mistura de co-mômeros à base de BisGMA apresentou o grau de conversão mais baixo (62%), enquanto o BisEMA 30 teve o valor mais alto de grau de conversão (95%). A maior absorção de água foi observada no BisEMA 30 (12,2%) e a menor no BisEMA (0,4%). O BisEMA apresentou a menor solubilidade (0,03%), enquanto o BisEMA 30 teve a maior (0,97%). Os valores de ΔE_{ab} indicaram que o BisEMA 30 ($7,3\Delta E_{ab}$) e o Fit 852 ($3,8\Delta E_{ab}$) sofreram alterações importantes na cor. Os autores concluíram que a composição química e estrutura do monômero base influenciaram o grau de conversão, a absorção de água, a solubilidade em água e a estabilidade da cor. Levando em consideração os resultados gerais, é possível afirmar que o monômero base BisEMA misturado com o co-mônômero TEGDMA apresentou o melhor desempenho em termos de todos os parâmetros testados.

Em 2018, Sarıkaya *et al.* avaliaram os efeitos de soluções corantes e do acabamento de superfície na estabilidade de cor e translucidez de uma cerâmica híbrida (Enamic, Vita Zahnfabrik, Alemanha) e uma resina nanocerâmica (Lava Ultimate, 3M Espe, EUA). Um total de 240 amostras foram feitas a partir desses materiais, sendo divididas em 10 grupos, incluindo 6 grupos que foram armazenados em água destilada para servir como grupo controle. O kit técnico Vita Enamic (VITA Zahnfabrik, Alemanha), polidores Shofu (Shofu Inc, Japão), discos de borracha médio e fino e discos de lixa Sof-lex (3M Espe, EUA) foram utilizados para o polimento. Os grupos foram divididos de acordo com o sistema de polimento empregado: “polished”, “Shofu” e “Sof-lex”. Refrigerante a base de cola, chá e café foram usados como soluções corantes. As diferenças de cor (ΔE_{ab}) e parâmetros de translucidez (PT) foram avaliados com auxílio de um espectrofotômetro. Os dados foram analisados por ANOVA e teste de Mann-Whitney U. Foram observados aumentos nos valores de ΔE_{ab}

em amostras da cerâmica híbrida (CH) quando armazenadas em solução de café ($3,17\Delta E_{ab}$ para o grupo "polished", $3,49\Delta E_{ab}$ para o grupo "sof-lex", e $3,56\Delta E_{ab}$ para o grupo "Shofu"), em comparação com as amostras mantidas em soluções de chá ($2,59\Delta E_{ab}$ para o grupo "polished", $2,80\Delta E_{ab}$ para o grupo "sof-lex", e $2,90\Delta E_{ab}$ para o grupo "Shofu") ou cola ($1,82\Delta E_{ab}$ para o grupo "polished", $2,48\Delta E_{ab}$ para o grupo "sof-lex", e $2,52\Delta E_{ab}$ para o grupo "Shofu"). Ambas as amostras de resina nanocerâmica (RNC) que ficaram imersas em café ($3,35\Delta E_{ab}$ para o grupo "polished", $3,84\Delta E_{ab}$ para o grupo "sof-lex", e $3,87\Delta E_{ab}$ para o grupo "Shofu") e chá ($2,69\Delta E_{ab}$ para o grupo "polished", $3,43\Delta E_{ab}$ para o grupo "sof-lex", e $3,55\Delta E_{ab}$ para o grupo "Shofu") apresentaram valores mais elevados do que as amostras de RNC armazenadas na solução de cola ($1,89\Delta E_{ab}$ para o grupo "polished", $2,75\Delta E_{ab}$ para o grupo "sof-lex", e $2,81\Delta E_{ab}$ para o grupo "Shofu"). Os valores de PT diminuíram após imersão em café tanto para amostras de CH (15,35 para o grupo "polished", 14,12 para o grupo "sof-lex", e 14,25 para o grupo "Shofu") quanto de RNC (18,11 para o grupo "polished", 16,63 para o grupo "sof-lex", e 16,21 para o grupo "Shofu"). No geral, as amostras de RNC apresentaram valores de PT mais altos do que as amostras de CH em todos os grupos. Notavelmente, o café resultou nas superfícies mais manchadas em comparação com o chá e a cola, tanto na CH quanto em RNC. Com base nos resultados deste estudo, a utilização de acabamento com Sof-Lex e Shofu nas superfícies da Enamic pode ser considerada como uma alternativa ao conjunto de polimento técnico Vita Enamic, a fim de reduzir a propensão do material a manchar.

Em 2019, Eldwakhly *et al.* avaliaram a estabilidade de cor e translucidez de diferentes materiais restauradores CAD/CAM antes e depois de serem submetidos a diferentes soluções corantes. 160 discos foram confeccionados a partir de blocos CAD/CAM com cerâmica vítrea (IPS-e.max-CAD, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, e Celtra Duo, Dentsply Sirona, EUA), zircônia de alta translucidez (Lava Plus, 3M Espe, EUA), resina nanocerâmica (Lava Ultimate, 3M Espe, EUA) e cerâmica híbrida (Vita Enamic, VITA Zahnfabrik, Alemanha). As diferenças de cor (ΔE_{ab}) e o parâmetro de translucidez (PT) foram calculados após a mensuração das amostras em um espectrofotômetro antes e após a imersão das amostras por 28 dias em diferentes soluções corantes (café, refrigerante de cola/gengibre e água). Os dados foram analisados usando a ANOVA e o teste HSD de Tukey ($p < 0.05$). A cor inicial de todas as amostras foi significativamente afetada pelas bebidas corantes utilizadas. A bebida

cola/gengibre teve efeito mais significativo na Lava Plus ($4,01\Delta E_{ab}$), refrigerante de cola na Celtra Duo ($2,29\Delta E_{ab}$) e o café na Lava Ultimate ($2,59\Delta E_{ab}$). De uma forma geral, a cerâmica vítrea IPS-e.max-CAD demonstrou as menores diferenças de cor. Nenhuma diferença significativa na variação do parâmetro de translucidez foi encontrada entre as diferentes soluções corantes. O aumento na diferença de cor se correlacionou com a diminuição da translucidez para todos os materiais testados e soluções corantes. Os autores concluíram que os pigmentos presentes nas bebidas tiveram um efeito acentuado nas diferenças de cor e na translucidez dos materiais de CAD/CAM testados. As diferenças de cor foram dependentes do material e da solução corante utilizada, tendo a cerâmica vítrea IPS-e.max-CAD, apresentando a melhor estabilidade de cor.

Em 2019, Aydın *et al.* realizaram um estudo a fim de investigar as alterações de cor em materiais restauradores CAD/CAM após exposição em diferentes soluções corantes. Foram utilizadas duas resinas nanocerâmicas: Cerasmart (GC Corporation, Japão) e Shofu Block (Shofu, Japão); dois blocos de resina composta: Grandio Blocs (VOCO GmbH, Alemanha) e Brilliant Crios (Coltene, Suíça); e uma zircônia reforçada com silicato de lítio: Celtra Duo (Dentsply Sirona, Alemanha). 40 amostras de cada material, medindo 12x7mm e 1,5mm de espessura, foram produzidas a partir do corte dos blocos com uma cortadora de precisão (MICRACUT 201, Bursa, Turquia) sob refrigeração de água. Em seguida, as amostras foram polidas utilizando um kit de polimento (Clearfil Twist Dia, Kuraray, Japão), limpas em água destilada com um ultrassom (Pro-Sonic 600; Sultan Healthcare, New Jersey) e armazenadas em água destilada a 37°C por 24 horas. Os dados de cor $L^*a^*b^*$ foram obtidos com um espectrofotômetro (Vita Easy Shade Advance, Alemanha) e as diferenças de cor (ΔE_{00}) foram calculadas com auxílio da fórmula CIEDE2000. Os resultados foram analisados por ANOVA a um critério. Após análise de cor inicial, as amostras foram imersas em vinho tinto, café, refrigerante de cola, bebida energética, e água destilada e novamente analisadas em espectrofotômetro após 1 dia, 7 dias e 30 dias. Em todos os grupos de materiais restauradores, as mudanças de cor mais evidentes foram observadas nas amostras expostas ao vinho tinto ($8,69\Delta E_{00}$ para Grandio Blocs; $6,46\Delta E_{00}$ para Cerasmart; $10,63\Delta E_{00}$ para Brilliant Crios; $6,05\Delta E_{00}$ para Celtra Duo; e $6,63\Delta E_{00}$ para Shofu Block, após os 30 dias), seguidas pelas expostas ao café ($2,43\Delta E_{00}$ para Grandio Blocs; $2,31\Delta E_{00}$ para Cerasmart; $2,94\Delta E_{00}$ para Brilliant Crios;

2,27 ΔE_{00} para Celtra Duo; e 2,38 ΔE_{00} para Shofu Block, após os 30 dias). Nenhuma alteração de cor significativa foi observada nas amostras expostas a cola e energético, em comparação com o grupo de controle ($p > 0.05$). Entre as amostras expostas a vinho tinto e café, as maiores alterações de cor foram observadas nos materiais CAD/CAM de resina composta. Ao final dos 30 dias, todos os materiais imersos em vinho tinto e café mostraram alterações de cor acima dos valores clinicamente aceitáveis (2,25 ΔE_{00}).

Em 2020, Stamenkovic *et al.* avaliaram a pigmentação, o envelhecimento e o intervalo de exposição nas alterações de cor de resinas nanocerâmicas: Cerasmart (GC Corp, Japão); Lava Ultimate (3M Espe, EUA); Shofu HC (Shofu Dental Corp, Japão); polímeros infiltrados por cerâmica: Vita Enamic (Vita Zahnfabrik, Alemanha); zircônia reforçada com silicato de lítio: Vita Suprinity PC (Vita Zahnfabrik, Alemanha); e dissilicato de lítio: IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). Um total de 288 amostras com 1mm de espessura foram preparados. Metade das amostras de todos os materiais foram polidas usando métodos clínicos, enquanto a outra metade foi polida por métodos laboratoriais. Os dados de cor $L^*a^*b^*$ foram obtidos com um espectrofotômetro e as diferenças de cor (ΔE_{00}) foram calculadas com auxílio da fórmula CIEDE2000. Após as medidas iniciais (T0), as amostras foram divididas em 3 grupos ($n=8$) e expostas a pigmentação por imersão em café, vinho e ao envelhecimento artificial acelerado. As amostras foram mantidas nas soluções corantes a 37°C por 60 (T1) e 120 horas (T2). O envelhecimento acelerado foi feito usando uma câmara de testes com lâmpada xênon, tendo uma exposição total de 150 (T1) e 300 kJ/m² (T2). Os resultados foram analisados usando o Teste T, ANOVA e Teste HSD de Tukey ($\alpha=0.05$). Diferenças de cor de $\leq 0,8$ e $\leq 1,8$, correspondendo ao limite de percepção de 50:50% e ao limite de aceitabilidade de 50:50%, foram utilizadas para interpretar os resultados. O teste T não mostrou diferença significativa na estabilidade de cor entre as amostras polidas em laboratório e as amostras polidas no consultório. Ainda, com esta pesquisa, os autores notaram que os materiais cerâmicos à base de silicato de lítio e dissilicato de lítio mostraram-se mais estáveis em relação à cor do que as resinas nanocerâmicas e materiais PICN após a imersão em café e vinho tinto. Durante o envelhecimento artificial, Shofu HC, Vita Enamic e Vita Suprinity mostraram maior estabilidade de cor em relação a outros materiais (T0-T1 e T0-T2). O café causou as maiores mudanças de cor para o intervalo T0-T2

(3,1 ΔE_{00} para Cerasmart; 0,9 ΔE_{00} para IPS e.max CAD; 6,5 ΔE_{00} para Lava Ultimate; 5,0 ΔE_{00} para Shofu HC; 3,9 ΔE_{00} para Vita Enamic; e 1,0 ΔE_{00} para Vita Suprinity), e a alteração de cor para os outros intervalos de tempo foi dependente do material e do processo de manchamento/envelhecimento. Além disso, as alterações de cor aumentaram significativamente com a exposição prolongada, exceto para os materiais de dissilicato de lítio e silicato de lítio. Durante o envelhecimento artificial, a mudança de cor mostrou ser dependente do material.

Em 2020, um estudo realizado por Al Amri *et al.* avaliou a translucidez e a estabilidade de cor de um novo material cerâmico infiltrado por polímeros (Crystal Ultimate), após envelhecimento acelerado e imersão em café e comparou com outros materiais restauradores CAD/CAM já estabelecidos. Os materiais utilizados foram: uma cerâmica vítrea de dissilicato de lítio: IPS e.max (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein); duas resinas nanocerâmicas: Lava Ultimate (3M Espe, EUA) e Cerasmart (GC Corporation, Japão); e duas cerâmicas infiltradas por polímeros: Vita Enamic (Vita Zahnfabrik, Alemanha) e Crystal Ultra (Digital Dental, EUA). Um total de 80 amostras foram feitas, medindo 12x14mm e espessura de 1mm. As amostras foram divididas em dois grupos (A e B) (n=8), submetidas ao envelhecimento acelerado por 5.000 ciclos térmicos (CT), seguidas de imersão em café por uma semana para o grupo A e em água destilada para o grupo B. Após a imersão, as amostras dos dois grupos foram submetidas novamente à 5.000 CT. Um espectrofotômetro foi utilizado para medir os parâmetros de translucidez (PT) e de variação de cor (ΔE_{00}) das amostras utilizando as coordenadas de cor CIELAB no início, após 5.000 CT, após a imersão e após mais 5.000 CT. A estabilidade de cor foi avaliada utilizando a fórmula CIEDE2000 e os dados foram analisados por testes não paramétricos ($\alpha=0,05$). Os valores de PT dos materiais CAD/CAM variaram de 18,0 a 22,0. Após o CT inicial, as alterações nos valores de PT foram significativas para Vita Enamic ($p=0,012$). A imersão em café e o envelhecimento térmico adicional impactaram significativamente nos valores de PT dos materiais Vita Enamic e Crystal Ultimate em comparação com os materiais de cerâmica (IPS e.max) e resina nanocerâmica (Cerasmart e Lava Ultimate) ($p=0,012$). Os materiais apresentaram alterações de cor perceptíveis após o CT inicial, exceto para Vita Enamic e Crystal Ultimate (cerâmicas infiltradas por polímeros) que demonstraram alterações de cor aceitáveis. A maior alteração de cor foi observada nos espécimes de resina nanocerâmica imersos em café (2,45 ΔE_{00} para Lava Ultimate

e $2,09\Delta E_{00}$ para Cerasmart). Lava Ultimate e Cerasmart mostraram maiores alterações de cor ($2,45$ e $2,09\Delta E_{00}$, respectivamente) em comparação à Vita Enamic e Crystal Ultimate ($\Delta E_{00} < 1,8$). Com este estudo, os autores puderam concluir que a translucidez da cerâmica infiltrada por polímeros (Crystal Ultra) é baixa em comparação com as resinas nanocerâmicas (Lava Ultimate e Cerasmart) e com o dissilicato de lítio (IPS e.max). No entanto, o Crystal Ultra demonstrou uma melhor estabilidade de cor em comparação com as resinas nanocerâmicas (Lava Ultimate e Cerasmart), mas teve uma alteração de cor mais acentuada quando comparado com Vita Enamic e IPS e.max. Entre os materiais testados, o dissilicato de lítio (IPS e.max) apresentou a melhor estabilidade de cor. As resinas nanocerâmicas mostraram diferenças de cor inaceitáveis após a imersão em café, que foram significativamente diferentes dos outros materiais de CAD/CAM testados. O envelhecimento acelerado por meio dos CT e a pigmentação tiveram efeitos significativos na translucidez e na cor dos materiais testados.

Um estudo realizado por Kang *et al.* em 2020, comparou a estabilidade de cor entre blocos híbridos reforçados e convencionais CAD/CAM (Reinforced Hybrid Composite vs Regular) de cinco diferentes fabricantes. Os blocos utilizados foram: Cerasmart 200 e Cerasmart 300 (GC Corporation, Japão); KZR-CAD HR e KZR-CAD HR3 (Yamakin, Japão); Estelite Block e Estelite P Block (Tokuyama Dental, Japão); Katana Avencia Block e Katana Avencia P Block (Kuraray, Japão); Mazic Duro e Duro Ace (Vericom, Coreia do Sul). Um total de 150 amostras, em formato de disco, foram preparadas a partir do corte dos materiais utilizando uma cortadora de precisão (ISOMET 1000, Buehler, EUA). Em seguida, as amostras foram polidas e limpas em um banho de ultrassom por 5 minutos. As dimensões finais foram padronizadas em 10×10 mm com 2mm de espessura. As amostras dos 10 materiais avaliados foram separadas em 10 grupos ($n=15$) e posteriormente subdivididas em 3 subgrupos ($n=5$). Cada um desses subgrupos foi imerso em um tipo de solução corante: água destilada, etanol a 10% e vinho tinto por um total de 12 semanas. Os parâmetros de cor e translucidez das amostras (PT) foram avaliados usando um espectrofotômetro (CiXX0, X-Rite, EUA) antes (T_0) e depois da imersão nas soluções corantes ($T_1=1$ semana $T_2=2$ semanas $T_3=4$ semanas $T_4=6$ semanas $T_5=8$ semanas e $T_6=12$ semanas). As diferenças de cor (ΔE_{ab}) e translucidez (ΔPT) das amostras foram calculadas. Os dados foram analisados utilizando a análise de variância (ANOVA) e o teste HSD de

Tukey. A imersão em água destilada e etanol a 10% não causou diferenças significativas na cor ou na translucidez (exceto para o bloco Avencia-P); no entanto, o vinho tinto provocou alterações significativas na cor e na translucidez de quase todas as amostras, especialmente após a quarta semana de imersão. Os blocos híbridos reforçados (exceto para Estelite P e Duro Ace) apresentaram menor estabilidade de cor em comparação com os blocos regulares correspondentes. O bloco Avencia P mostrou estabilidade de cor significativamente menor em comparação com o bloco Avencia. Mesmo em água destilada e etanol a 10%, o bloco Avencia P apresentou uma mudança perceptível no valor de ΔE_{ab} ($3,60\Delta E_{ab}$ para água destilada e $3,51\Delta E_{ab}$ para etanol a 10%, após 12 semanas) e uma diminuição na translucidez ($-1,36\Delta PT$ para água destilada e $-1,54\Delta PT$ para etanol a 10%). Os blocos Estelite, Estelite P, Mazic Duro e Duro Ace mostraram uma melhor estabilidade de cor em comparação com os outros materiais testados.

Em 2021, Jalali *et al.* realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes soluções corantes na estabilidade de cor de cerâmicas híbridas com diferentes tratamentos de superfície. Foram produzidas 60 amostras de cada material, incluindo duas cerâmicas híbridas: Vita Enamic (VITA Zahnfabrik, Alemanha) e Mazic Duro (Vericom, Coréia do Sul); e uma cerâmica feldspática: Vita Mark II (VITA Zahnfabrik, Alemanha). Para a produção das amostras, os blocos foram seccionados em discos com espessura de 1mm, utilizando uma cortadora de precisão. Em seguida, metade dos discos foi submetida a um processo de glazeamento, enquanto a outra metade foi polida. Após essa etapa, as amostras foram divididas em três subgrupos e imersas em água destilada, suco de cenoura e café. A variação de cor (ΔE_{ab}) foi calculada com base no espaço de cor CIE Lab*. Os dados foram analisados usando ANOVA de três fatores e ANOVA de um fator; o teste de diferença significativa de Tukey também foi realizado para comparações múltiplas ($\alpha=0.05$). As amostras de Vita Mark II apresentaram menos alterações de cor geral em comparação com os outros grupos. A variação de cor (ΔE_{ab}) das amostras de Vita Enamic com glazeamento foi maior do que as amostras polidas após imersão em água destilada ($p=0,03$) e café ($p=0,001$), mas não foi significativa em suco de cenoura. Resultados semelhantes foram observados para as amostras polidas de Mazic Duro. A variação de cor (ΔE_{ab}) foi comparável nos subgrupos polidos e glazeados de Vita Mark II. A variação de cor de todas as amostras cerâmicas estava dentro da faixa clinicamente

aceitável, exceto para as amostras de Mazic Duro glazeadas e imersas em suco de cenoura. No entanto, a alteração de cor das cerâmicas híbridas Vita Enamic e Mazic Duro foi maior do que a cerâmica feldspática. Considerando a menor variação de cor das amostras polidas, o polimento pode ser considerado como tratamento de superfície para cerâmicas híbridas, ao invés do glazeamento.

Em 2022, Yerliyurt e Sarıkaya avaliaram a estabilidade de cor de materiais híbridos após imersão em diferentes combinações de bebidas que são comumente consumidas. Foram feitas amostras com resina nanocerâmica (cor A2-HT, Lava Ultimate, 3M ESPE, EUA) e uma cerâmica híbrida (cor 2M2/HT, Vita Enamic, Vita Zahnfabrik, Alemanha), com espessuras de 1mm, obtidas por auxílio de uma cortadora de precisão e polidas com um kit de polimento (Shofu Super Snap Rainbow Technique Kit, Shofu Dental Corporation, EUA). Posteriormente, as amostras foram envelhecidas em banhos de água destilada a 5°C e 55°C, com um tempo de 30 segundos, por 10.000 ciclos em uma termocicladora, o que equivale a um ano do uso clínico em boca. Os pesquisadores dividiram aleatoriamente os espécimes em 8 grupos, e as amostras foram imersas por 12+12 horas (dia 1, dia 7, dia 14 e dia 28) em diferentes combinações de bebidas, que foram: água-água, café-água, café-café, café-chá, café-coca, café-vinho, café-suco de romã e café-suco de nabo. Todas as amostras foram mantidas em recipientes fechados para prevenir a evaporação das soluções corantes durante o estudo e, antes da mensuração das cores, foram lavadas por 10 segundos em água corrente e secas. Os valores de L^* , a^* e b^* foram determinados usando um espectrofotômetro, e as diferenças de cor (ΔE_{00}) foram calculadas usando a fórmula CIEDE2000. A rugosidade da superfície foi medida usando um perfilômetro. As maiores diferenças de cor para os grupos LavaUltimate (resina nanocerâmica) foram encontradas no grupo café-chá imerso por 28 dias ($12,68\Delta E_{00}$), enquanto nos grupos Enamic (cerâmica híbrida) as maiores diferenças foram nas amostras imersas em café-vinho por 28 dias ($12,76\Delta E_{00}$). Entre as soluções corantes, as que mais causaram alterações de cor em ambos os materiais foram café-vinho e café-chá e, em todas as soluções, as maiores mudanças de cor foram no 28º dia. Em geral, as amostras de resina nanocerâmica sofreram mais alterações de cor em comparação com a cerâmica híbrida.

Em 2022, um estudo realizado por Andrade *et al.* avaliou a estabilidade das propriedades ópticas de materiais restauradores CAD/CAM pré-polimerizados e resinas fotopolimerizáveis após imersão em solução corante. Foram analisadas 4 resinas convencionais: GrandioSO (VOCO, Alemanha), Filtek Z350 (3M Espe, EUA); Opallis (FGM Dental Group, Brasil) e Kalore GC (GC Dental Products, Japão); e 4 blocos CAD/CAM dos mesmos fabricantes: Grandio Blocs (VOCO, Alemanha), Lava Ultimate (3M Espe, EUA), Brava Block (FGM Dental Group, Brasil) e Cerasmart (GC Dental Products, Japão). As amostras de resina convencional foram produzidas utilizando uma matriz de silicone com um único incremento e fotoativadas por 20 segundos com um fotopolimerizador de LED (Valo Cordless, EUA). Para a obtenção das amostras dos materiais CAD/CAM, os blocos foram seccionados utilizando uma cortadora de precisão (Labcut, Extec, Enfield, Connecticut, EUA). Na sequência, todos os espécimes receberam polimento e ficaram com a espessura final de 1mm. Cor, brilho, translucidez e fluorescência iniciais foram avaliadas. Um protocolo de manchamento utilizando uma solução corante recomendada pela ADA (mistura de café, chá preto, mucina gástrica, corante vermelho, corante amarelo, vinho tinto e água destilada) foi realizado por 15 dias, e as propriedades ópticas finais foram reavaliadas. As alterações em cada propriedade foram calculadas (Δ Brilho, Δ Translucidez, Δ Fluorescência, ΔE_{00}). Os dados foram analisados por ANOVA e Teste HSD de Tukey ($\alpha=5\%$). Alterações em todas as propriedades foram observadas após o protocolo de manchamento para todos os materiais, com escurecimento e redução do brilho, fluorescência e translucidez. Não foram encontradas diferenças significativas na mudança de brilho e translucidez entre os materiais fotoativados e pré-polimerizados (CAD/CAM) dos mesmos fabricantes. No entanto, foram observadas diferenças significativas na fluorescência e na cor. O processo de manchamento afetou tanto os compósitos CAD/CAM pré-polimerizados quanto as resinas fotopolimerizáveis testadas em relação à redução de brilho e translucidez. Ainda, uma maior redução da fluorescência ($-167.11\Delta F$) foi observada em apenas uma marca de material CAD/CAM (FGM Dental Group). Os materiais convencionais fotopolimerizáveis GrandioSO e Z350 apresentaram menor manchamento ($2,16\Delta E_{00}$ e $2,69\Delta E_{00}$) em comparação com os blocos CAD/CAM correspondentes ($3,39\Delta E_{00}$ para Grandio Blocs e $5,15\Delta E_{00}$ para Lava Ultimate). O efeito do manchamento variou de acordo com a composição e formulação do material utilizado.

Um estudo feito por Abouraya e Sabry em 2022, avaliou a alteração de cor de três diferentes blocos CAD/CAM após imersão em soluções corantes. Os materiais analisados foram: uma zircônia reforçada com silicato de lítio (Vita Suprinity, VITA Zahnfabrik Alemanha); uma resina nanocerâmica (Lava Ultimate, 3M Espe, EUA); e uma cerâmica híbrida/PICN (Vita Enamic, VITA Zahnfabrik, Alemanha). Um total de 45 amostras foram produzidas através do corte dos blocos com o auxílio de uma cortadora de precisão (ISOMET 1000, Buehler, EUA), em seguida foram polidas, limpas em ultrassom com água destilada por 10 minutos e secas. Suas medidas finais foram 14x12mm e 2mm de espessura. As amostras de cada material foram divididas em três subgrupos (n=5), e cada grupo foi imerso, durante 2 semanas, em 20 ml de diferentes bebidas comumente consumidas: café, refrigerante de cola, e água destilada como grupo controle. Um espectrofotômetro (Konica Minolta CM-2600D, Japão) foi empregado para detectar as variações de cor (ΔE) em todos os grupos antes e após a imersão em cada solução. As diferenças de cor (ΔE_{ab}) das amostras foram avaliadas utilizando a fórmula CIELab e foram analisadas estatisticamente por ANOVA a um critério. Para comparações múltiplas, o Teste HSD de Tukey foi aplicado ($\alpha=0.05$). Quanto ao efeito das diferentes bebidas utilizadas, os resultados revelaram que a imersão em café e refrigerante de cola produziu a menor alteração de cor na Vita Suprinity ($0,43\Delta E_{ab}$ e $1,16\Delta E_{ab}$ respectivamente). Além disso, a imersão em café resultou em uma mudança de cor significativamente menor na resina nanocerâmica Lava Ultimate ($4,13\Delta E_{ab}$) em comparação à cerâmica híbrida Vita Enamic ($5,35\Delta E_{ab}$). As maiores mudanças de cor resultantes das bebidas corantes foram registradas na imersão em café para o grupo Vita Enamic ($5,35\Delta E_{ab}$) e na imersão em refrigerante de cola para o grupo Lava Ultimate ($4,11\Delta E_{ab}$). Enquanto isso, a água destilada resultou na maior mudança de cor no grupo Lava Ultimate ($4,64\Delta E_{ab}$) em comparação com os outros dois materiais, ($1,95\Delta E_{ab}$) para Vita Suprinity e ($1,45\Delta E_{ab}$) para Vita Enamic)

3.5 LIMIARES DE PERCEPTIBILIDADE E ACEITABILIDADE

Em 2015, Paravina *et al.* realizaram um estudo multicêntrico com o objetivo de determinar limiares 50:50% de perceptibilidade (LP) e aceitabilidade (LA) em restaurações dentárias sob parâmetros clínicos simulados. O limite de perceptibilidade

(LP) refere-se à menor diferença de cor que pode ser detectada por um observador. Um limite de perceptibilidade de 50:50% significa que em uma situação 50% dos observadores notam uma diferença na cor entre dois objetos, enquanto os outros 50% não notam diferença alguma. De forma semelhante, a diferença de cor que é aceitável para 50% dos observadores corresponde a um limiar de aceitabilidade de 50:50% (LA). Em outras palavras, 50% dos observadores considerariam que a restauração dentária precisa de correção de cor, enquanto os outros 50% considerariam a diferença de cor aceitável. A diferença entre esses dois limiares é chamada de tolerância da indústria e indica o quão distante da diferença perceptível podemos chegar e ainda obter uma correspondência de cor aceitável. Para esta pesquisa, a radiação espectral de 63 amostras cerâmicas monocromáticas foi medida usando um espectro-radiômetro sem contato. Os valores de 50:50% LP e 50:50% LA foram determinados para CIELAB e CIEDE2000. O teste T foi utilizado para avaliar as significâncias estatísticas. Para o sistema CIEDE2000, os valores dos limiares de 50:50% foram definidos em $\Delta E_{00}=0,8$ para LP e $\Delta E_{00}=1,8$ para LA, valores que correspondem a $\Delta E_{ab}=1,2$ e $\Delta E_{ab}=2,7$ no sistema CIELAB.

Em 2019, Paravina *et al.* rerepresentaram uma interpretação das diferenças de cor com base nos limiares de perceptibilidade e aceitabilidade de 50:50%, baseado em seu estudo de 2015. Nessa interpretação, os autores redefiniram os tipos de discordância da seguinte forma: moderadamente inaceitáveis ($>1,8-\leq 3,6 \Delta E_{00}$), claramente inaceitáveis ($>3,6-\leq 5,4 \Delta E_{00}$) e extremamente inaceitáveis ($>5,4$).

Os limiares de diferença visual de cor podem funcionar como uma ferramenta de controle de qualidade para orientar a seleção de materiais odontológicos estéticos, avaliar o desempenho clínico e interpretar descobertas visuais e instrumentais na odontologia clínica, pesquisa odontológica e subsequente padronização. A importância do controle de qualidade na odontologia é reforçada pela crescente demanda estética dos pacientes e dos profissionais odontológicos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os materiais que foram utilizados neste estudo estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 - Descrição dos materiais utilizados, lote, composição, especificações, fabricante e local.

Material / equipamento	Lote	Composição	Especificações	Fabricante / local
Blocos de RNC A3/L	0112 1923	Monômeros metacrílicos, coiniador, estabilizantes, silano, cargas vitrocerâmicas, sílica e pigmentos	KZR-CAD HR3 GAMMATHETA	YAMAKIN, Japão
Espectrofotômetro	-	-	Minolta CM 3600A	Konica Minolta, Japão
Cortadora de precisão	-	-	ISOMET 1000	Lake Bluff, EUA
Papel de óxido de alumínio	-	-	Granulação 600	3M, Brasil
Papel de óxido de alumínio	-	-	Granulação 1200	3M, Brasil
Café	-	-	Nescafé Original Forte	Nestlé Brasil, Brasil
Paquímetro digital	-	-	Paquímetro universal digital MTX Brasil	MTX, Brasil

4.2 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS

Neste estudo foram utilizados 3 blocos (18mm X 14mm X 14mm) de uma resina nanocerâmica (RNC) indicada para restaurações indiretas (cor A3/L, GAMMATHETA KZR-CAD HR3, YAMAKIN, Japão). Com o auxílio de uma cortadora metalográfica de precisão (ISOMET 1000, Lake Bluff, EUA), cada bloco foi seccionado em amostras com 1,1mm de espessura, polidos sequencialmente com lixas de óxido de alumínio (600~1200 grãos, 3M, Brasil) até atingirem 1,0mm de espessura, conferidos com um

paquímetro digital (MTX, Brasil) e limpos através de lavagem ultrassônica por 40 minutos em água destilada. Um total de 10 amostras foram selecionadas ($n=10$), com espessura final de 1,0mm.

Figura 2 - Cortadora de precisão ISOMET 1000
(Laboratório da Pós-Graduação em Odontologia da UFSC)



Fonte: (autoria própria)

Figura 3 - Acabamento das amostras com papel de óxido de alumínio (600~1200) e conferência da espessura com paquímetro digital.



Fonte: (autoria própria)

4.3 PRIMEIRA ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA – TEMPO 0

Todas as amostras foram mensuradas em um espectrofotômetro de esfera de integração (Minolta CM 3600A, Konica Minolta, Tokyo, Japão) antes (T0) e após os tempos de imersão (7, 14, 21 e 28 dias). As medições espectrofotométricas foram realizadas no CERMAT – Núcleo de Pesquisas em Materiais Cerâmicos e Compósitos do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. As amostras limpas e secas foram posicionadas sobre fundos branco (padrão de calibração CIE $L^* = 92,717$; $a^* = -1,391$; $b^* = 4,184$) e preto (padrão de calibração CIE $L^* = 6,789$; $a^* = -0,055$; $b^* = 1,451$) padronizados, e mensuradas consecutivamente no seu centro por três vezes, sempre pelo mesmo operador. Propilenoglicol (LabSynth, Diadema, São Paulo, Brasil) foi utilizado entre as amostras e os fundos, a fim de garantir a continuidade óptica (Dozić *et al.*, 2003).

As seguintes configurações do equipamento foram empregadas: modo de refletância com geometria de medição $d/8^\circ$, observador padrão 2° , comprimento de onda de 360-740nm (intervalo de 10nm), área de iluminação/medição em área pequena (3mm), componente especular excluída (SCE) e iluminante padrão D65. As coordenadas $L^*a^*b^*$ (Sistema CIEL*a*b*) e xyz (Sistema CIE XYZ) foram registradas no software do sistema (OnColor QC, Konica Minolta, Tóquio, Japão).

4.4 PROTOCOLO DE IMERSÃO EM CAFÉ

Dez amostras foram imersas em 5 ml de solução de café (Nescafé Solúvel Forte, Nescafé Brasil) durante um período de 28 dias. A solução de café foi preparada de acordo com as orientações do fabricante, utilizando 1g para cada 50 ml de água, sendo renovada semanalmente. A cada 7 dias, as 10 amostras eram retiradas da solução, limpas e submetidas à mensuração no espectrofotômetro (T1=7 dias; T2=14 dias; T3=21 dias e T4=28 dias).

4.5 MENSURAÇÃO DAS COORDENADAS $L^*a^*b^*$ APÓS AS IMERSÕES:

Após cada tempo de imersão citado acima (T1=7 dias; T2=14 dias; T3=21 dias e T4=28 dias), as amostras foram novamente mensuradas no espectrofotômetro, da mesma forma anteriormente citada.

4.6 CÁLCULOS DAS DIFERENÇAS DE COR, LUMINOSIDADE, CROMA E MATIZ:

Para os cálculos das diferenças de cor (ΔE_{00}), luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$), a fórmula CIEDE 2000 foi empregada:

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

Onde, $\Delta L'$, $\Delta C'$ e $\Delta H'$ são os valores correspondentes às diferenças de luminosidade, croma e matiz, respectivamente. R_T é a função de rotação; S_L , S_C e S_H são as funções de ponderação; e os fatores paramétricos K_L , K_C e K_H são os termos a serem ajustados, os quais neste estudo foram definidos em 1 (Sharma, Wu, Dalal, 2005).

4.7 CÁLCULOS DO PARÂMETRO DE TRANSLUCIDEZ (PT)

O parâmetro de translucidez (PT) foi determinado a partir das diferenças entre as coordenadas $L^*a^*b^*$ sobre os fundos branco e preto. Quanto mais alto o valor obtido, maior é a translucidez do material. A seguinte fórmula foi empregada, onde o B e W referem-se, respectivamente, aos fundos preto e branco:

$$PT = \left[(L^*_B - L^*_W)^2 + (a^*_B - a^*_W)^2 + (b^*_B - b^*_W)^2 \right]^{1/2}$$

Após, os valores das diferenças de PT_{00} foram calculados considerando as medidas que foram feitas antes e após os tempos de imersão usando a seguinte equação:

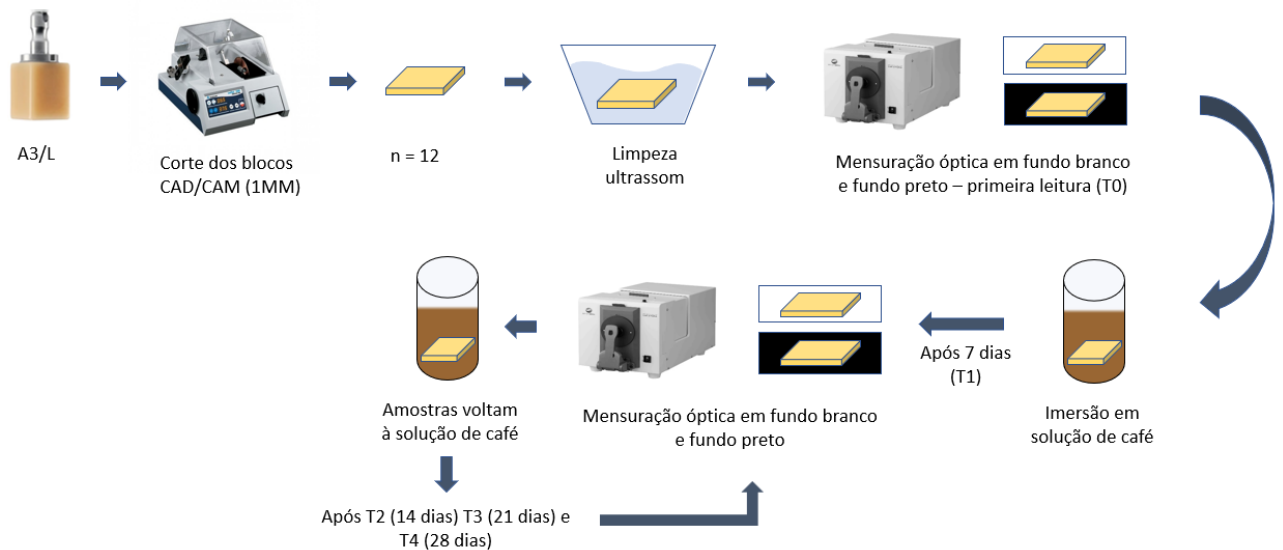
$$\Delta PT_{00} = PT_{\text{após imersões}} - PT_{\text{antes da imersão}}$$

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O teste de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$) foi empregado para analisar a distribuição normal dos dados e a homogeneidade das amostras foi verificada pelo teste de Levene ($p > 0.05$). Para avaliar as diferenças de cor (ΔE_{00}), ANOVA a um critério

(tempo) foi empregada. As diferenças de luminosidade ($\Delta L'$) croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) foram analisadas por ANOVA de medidas repetidas. Os valores de PT (parâmetro de translucidez) foram avaliados por ANOVA a um critério. Comparações múltiplas foram feitas pelo teste HSD de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

4.9 SÍNTESE DO EXPERIMENTO



5 RESULTADOS

5.1 MENSURAÇÃO DAS COORDENADAS L*a*b*

As coordenadas L*a*b* (Sistema CIEL*a*b*) foram registradas no software do sistema (OnColor QC, Konica Minolta, Tóquio, Japão) e podem ser encontradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias das coordenadas L*a*b* obtidas para os tempos testados (fundos branco e preto).

	7 dias			14 dias			21 dias			28 dias		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Fundo branco												
1	69,95	1,26	21,94	69,51	1,40	21,96	69,14	1,44	21,52	68,19	1,89	22,84
2	71,16	0,81	21,59	70,54	1,18	21,37	69,60	1,60	21,89	69,96	1,50	22,08
3	71,33	0,82	20,95	70,90	1,04	20,87	69,03	1,72	22,00	68,83	1,77	22,43
4	71,46	0,50	21,01	70,99	0,76	20,96	69,56	1,34	21,55	69,64	1,41	22,09
5	72,36	0,37	20,58	71,52	0,81	20,86	70,30	1,23	21,24	69,64	1,48	22,65
6	71,33	0,45	20,56	70,73	0,80	21,76	69,41	1,34	22,10	68,59	1,58	22,13
7	72,04	0,54	20,95	71,47	0,85	21,02	69,67	1,51	21,38	68,97	1,72	22,24
8	71,09	0,54	21,78	70,63	0,86	22,04	69,44	1,37	22,66	69,04	1,57	22,83
9	71,23	0,64	21,15	70,09	1,05	21,56	69,03	1,44	22,03	68,98	1,47	22,66
10	71,78	0,83	20,51	70,50	1,36	21,04	69,48	1,68	20,72	68,67	2,03	22,67
M	71,35	0,69	21,13	70,69	1,01	21,34	69,47	1,47	21,71	68,19	1,89	22,84
Fundo preto												
1	61,38	-0,97	12,85	60,72	-0,97	12,02	60,10	-0,81	12,27	59,88	-0,66	12,51
2	61,37	-1,22	11,96	60,89	-1,13	11,34	60,17	-0,88	12,19	60,58	-0,87	12,69
3	61,81	-1,20	11,38	61,57	-1,09	11,58	59,52	-0,76	12,11	59,39	-0,73	12,48
4	61,86	-1,49	11,29	61,85	-1,28	11,62	60,40	-1,03	12,05	59,91	-0,88	12,90
5	62,12	-1,49	10,92	59,87	-1,26	11,67	60,49	-1,08	11,22	60,16	-0,89	12,85
6	61,85	-1,52	11,00	61,58	-1,29	12,35	60,67	-1,02	12,80	60,53	-0,96	12,69
7	62,17	-1,38	11,13	61,69	-1,23	11,37	59,84	-0,79	12,74	59,41	-0,81	12,54
8	61,45	-1,48	11,65	61,00	-1,32	12,05	60,68	-1,05	12,86	59,73	-0,92	13,26
9	61,54	-1,40	11,59	60,48	-1,14	12,71	59,86	-0,97	12,40	60,58	-1,00	12,41
10	62,21	-1,10	10,90	60,79	-0,96	11,54	60,11	-0,63	12,49	59,93	-0,61	11,81
M	61,78	-1,32	11,47	61,04	-1,17	11,82	60,18	-0,90	12,31	59,88	-0,66	12,51

Em uma primeira análise, as coordenadas L*a*b* mostraram que as amostras se tornaram menos luminosas (mais escuras) e tenderam ao vermelho (+a*) e ao amarelo (+b*) com o passar do tempo.

5.2 CÁLCULO DAS DIFERENÇAS DE COR, LUMINOSIDADE, CROMA E MATIZ

Para os cálculos das diferenças de cor (ΔE_{00}), luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$), os valores das coordenadas $L^*a^*b^*$, antes e após os tempos de imersão foram avaliados pelo sistema CIEDE2000, empregando-se a seguinte fórmula:

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

Onde, $\Delta L'$, $\Delta C'$ e $\Delta H'$ são os valores correspondentes às diferenças de luminosidade, croma e matiz, respectivamente. R_T é a função de rotação; S_L , S_C e S_H são as funções de ponderação; e os fatores paramétricos K_L , K_C e K_H são os termos a serem ajustados, os quais nesse estudo foram definidos para 1 (Sharma; Wu; Dalal, 2005).

Os cálculos de diferenças de cor (ΔE_{00}) foram realizados comparando-se as médias-padrão (CIE $L^*=73,900$; $a^*=-0,104$; $b^*=19,954$) das amostras antes da imersão em fundo branco (T_0) com as médias dos diferentes tempos de imersão (7, 14, 21 e 28 dias). Os valores das diferenças de cor (ΔE_{00}), luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) podem ser encontrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias das diferenças de cor (ΔE_{00}), luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) encontradas nos tempos testados.

T0	7 dias				14 dias				21 dias				28 dias			
	ΔE_{00}	$\Delta L'$	$\Delta C'$	$\Delta H'$	ΔE_{00}	$\Delta L'$	$\Delta C'$	$\Delta H'$	ΔE_{00}	$\Delta L'$	$\Delta C'$	$\Delta H'$	ΔE_{00}	$\Delta L'$	$\Delta C'$	$\Delta H'$
1	3,46	-3,95	2,05	-1,66	3,82	-4,40	2,08	-1,82	4,05	-4,76	1,65	-1,90	5,02	-5,71	3,01	-2,34
2	2,42	-2,74	1,66	-1,13	2,96	-3,37	1,46	-1,58	3,84	-4,30	2,03	-2,07	3,58	-3,94	2,21	-1,94
3	2,22	-2,57	1,02	-1,16	2,61	-3,00	0,96	-1,44	4,28	-4,87	2,16	-2,20	4,49	-5,07	2,59	-2,23
4	2,02	-2,44	1,06	-0,76	2,43	-2,91	1,03	-1,09	3,71	-4,34	1,66	-1,77	3,75	-4,27	2,21	-1,82
5	1,30	-1,54	0,63	-0,60	2,09	-2,38	0,93	-1,15	3,14	-3,60	1,34	-1,66	3,86	-4,27	2,77	-1,88
6	2,04	-2,57	0,61	-0,71	2,73	-3,17	1,83	-1,10	3,87	-4,49	2,21	-1,74	4,54	-5,31	2,26	-2,03
7	1,64	-1,87	1,01	-0,81	2,15	-2,43	1,09	-1,19	3,70	-4,23	1,51	-1,99	4,35	-4,93	2,39	-2,18
8	2,41	-2,81	1,84	-0,79	2,86	-3,27	2,11	-1,17	3,95	-4,46	2,77	-1,74	4,32	-4,86	2,96	-1,97
9	2,24	-2,67	1,21	-0,93	3,23	-3,81	1,65	-1,41	4,17	-4,87	2,15	-1,86	4,30	-4,92	2,78	-1,86
10	1,90	-2,12	0,59	-1,18	3,05	-3,40	1,16	-1,83	3,88	-4,42	0,87	-2,24	4,74	-5,24	2,86	-2,52
M	2,17	-2,53	1,17	-0,97	2,79	-3,21	1,43	-1,38	3,86	-4,43	1,84	-1,92	4,30	-4,85	2,60	-2,08
	$\pm 0,57$	$\pm 0,64$	$\pm 0,52$	$\pm 0,31$	$\pm 0,52$	$\pm 0,60$	$\pm 0,46$	$\pm 0,29$	$\pm 0,31$	$\pm 0,37$	$\pm 0,54$	$\pm 0,20$	$\pm 0,45$	$\pm 0,55$	$\pm 0,31$	$\pm 0,23$

Os comportamentos das diferenças de cor (ΔE_{00}), luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) estão apresentados no Gráfico 1:

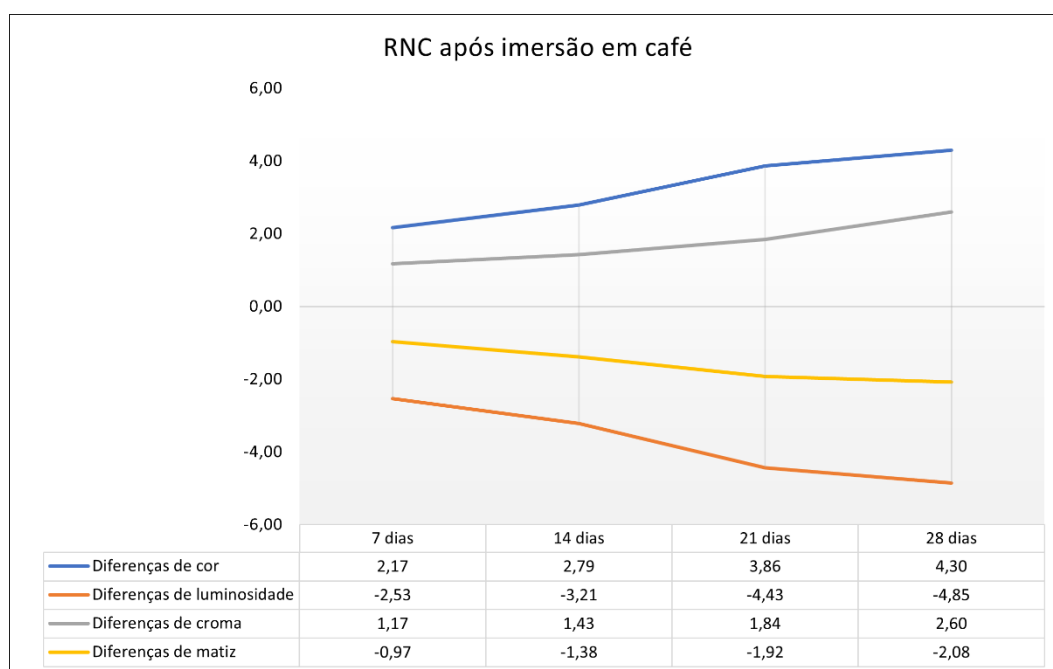


Gráfico 3 - Diferenças de cor (ΔE_{00}), luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) da resina nanocerâmica testada após diferentes tempos de imersão em café.

5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DE COR E VARIAÇÕES

Os resultados foram analisados com o software SPSS (SPSS versão 24.0, IBM SPSS Inc., Nova York, EUA). A distribuição normal dos dados foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk ($p=0,14$) e a normalidade da variável foi conferida pelo Teste de Levene ($p=0,53$). Análise de variância (ANOVA) a um critério foi utilizada para avaliar as diferenças de cor (ΔE_{00}). As diferenças de luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) foram analisadas por ANOVA de medidas repetidas. Comparações múltiplas foram feitas utilizando-se o Teste HSD de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Os resultados da ANOVA a um critério em relação às diferenças de cor (ΔE_{00}) podem ser encontrados na Tabela 3.

Tabela 3 – ANOVA 1 critério para as diferenças de cor (ΔE_{00}) em relação aos tempos de imersão avaliados.

Fator de variação	SS	df	MS	F	P
Tempos	28,4727	3	9,4909	42,183	<0,001
Erro	8,0998	36	0,2250	-	-
Total	36,5725	39	-	-	-

De acordo com ANOVA, os tempos avaliados mostraram-se significantes em relação às diferenças de cor (ΔE_{00}). Desta forma, o teste de comparações múltiplas de Tukey ($\alpha=0.05$) foi utilizado para identificar as diferenças encontradas (Tabela 4).

Tabela 4 – Teste de comparações múltiplas de Tukey para as diferenças de cor (ΔE_{00}) encontradas em relação aos tempos de imersão avaliados ($p<0,001$)

Tempos de imersão	Valores
7 dias	2,13
14 dias	2,73
21 dias	3,82
28 dias	4,26

* A barra vertical indica similaridade estatística.

O Teste HSD de Tukey encontrou que as diferenças de cor (ΔE_{00}) aumentaram de acordo com o tempo de imersão, embora os tempos de 21 e 28 dias tenham apresentado similaridade estatística.

Os resultados da ANOVA multifatorial em relação às diferenças de luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – ANOVA multivariada para as diferenças de luminosidade ($\Delta L'$), croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$) em relação aos tempos testados.

Fator de variação	Df	L'				C'				H'			
		SS	Ms	F	P	SS	MS	F	F	SS	MS	F	P
Tempos	3	34,6491	11,5497	38,026	<0,001	11,8009	3,9336	17,9844	<0,001	7,68082	2,56027	37,276	<0,001
Erros	36	10,9343	0,3037	-	-	7,8741	0,2187	-	-	2,47260	0,06868	-	-
Total	39	45,5834	-	-	-	19,6749	-	-	-	10,1534	-	-	-

Em relação ao tempo, todas as diferenças avaliadas mostraram-se significantes ($p<0,001$). Desta forma, o teste de comparações múltiplas de Tukey ($\alpha=0.05$) foi utilizado para identificar as diferenças encontradas (Tabelas 6 a 8).

Tabela 6 – Teste de comparações múltiplas de Tukey para as diferenças de luminosidade (ΔL^*) encontradas em relação aos tempos de imersão avaliados ($p < 0,001$).

Tempos de imersão	Valores
7 dias	-2,45
14 dias	-3,14
21 dias	-4,36
28 dias	-4,78

* A barra vertical indica similaridade estatística.

Tabela 7 – Teste de comparações múltiplas de Tukey para as diferenças de croma (ΔC^*) encontradas em relação aos tempos de imersão avaliados ($p < 0,001$).

Tempos de imersão	Valores
7 dias	1,30
14 dias	1,56
21 dias	1,97
28 dias	2,74

* A barra vertical indica similaridade estatística.

Tabela 8 – Teste de comparações múltiplas de Tukey para as diferenças de matiz (ΔH^*) encontradas em relação aos tempos de imersão avaliados ($p < 0,001$).

Tempos de imersão	Valores
7 dias	-0,94
14 dias	-1,35
21 dias	-1,89
28 dias	-2,05

* A barra vertical indica similaridade estatística.

O Teste HSD de Tukey identificou que a luminosidade e o matiz das amostras diminuiram com o tempo, enquanto o croma das amostras aumentou, embora significâncias estatísticas tenham sido encontradas nos tempos 21 e 28 dias.

5.4 CÁLCULOS DO PARÂMETRO DE TRANSLUCIDEZ (PT)

O parâmetro de translucidez (PT) foi determinado a partir das diferenças entre as coordenadas $L^*a^*b^*$ sobre os fundos branco e preto. Quanto mais alto o valor obtido, maior a translucidez do material. Para calcular o PT, a fórmula CIELab foi empregada, onde B e W referem-se, respectivamente, aos fundos preto e branco:

$$PT = [(L_B^* - L_W^*)^2 + (a_B^* - a_W^*)^2 + (b_B^* - b_W^*)^2]^{1/2}.$$

Os valores encontrados estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores e médias dos parâmetros de translucidez (PT) para os tempos de imersão testados.

	Inicial	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
1	15,18	12,70	13,48	13,13	13,50
2	15,95	13,88	14,10	13,75	13,49
3	15,13	13,64	13,34	13,95	13,94
4	14,12	13,80	13,22	13,41	13,57
5	14,96	14,20	14,98	14,21	13,84
6	14,82	13,60	13,29	12,99	12,68
7	14,61	14,05	13,90	13,29	13,85
8	15,51	14,13	14,04	13,37	13,58
9	14,37	13,77	13,24	13,51	13,47
10	15,36	13,70	13,79	12,68	14,18
M	15,00 ± 0,54	13,75 ± 0,42	13,74 ± 0,55	13,43 ± 0,45	13,61 ± 0,40

O comportamento da translucidez (PT) está apresentado no Gráfico 2:

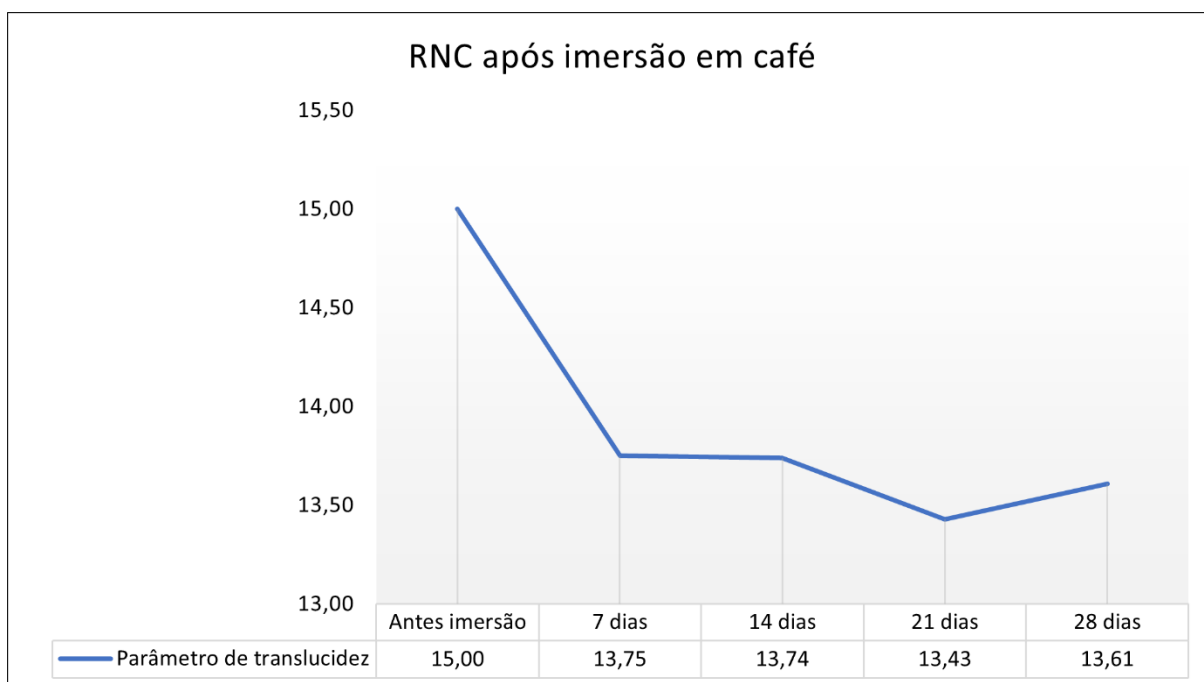


Gráfico 4 - Parâmetros de translucidez da resina nanocerâmica testada após diferentes tempos de imersão em café.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DE TRANSLUCIDEZ

A distribuição normal dos dados de translucidez foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk ($p=0,02$) e a normalidade da variável foi conferida pelo Teste de Levene ($p=0,63$). Os valores de PT (parâmetro de translucidez) foram avaliados por ANOVA a um critério (Tabela 10).

Tabela 10 – ANOVA 1 critério para os valores de translucidez (PT) em relação os tempos de imersão avaliados.

Fator de variação	SS	df	MS	F	P
Tempos	15,664	4	3,916	17,00	<0,001
Erro	10,363	45	0,230	-	
Total	26,027	49	-	-	

De acordo com ANOVA, os tempos avaliados apresentaram significância estatística ($p<0,001$). Desta forma, o teste de comparações múltiplas de Tukey ($\alpha=0.05$) foi utilizado para identificar as diferenças encontradas (Tabela 11).

Tabela 11 – Teste de comparações múltiplas de Tukey para os parâmetros de translucidez (PT) encontrados em relação aos tempos de imersão avaliados ($p<0,001$).

Tempos de imersão	Valores
Inicial	15,00
7 dias	13,75
14 dias	13,74
21 dias	13,43
28 dias	13,61

* A barra vertical indica similaridade estatística.

O Teste HSD de Tukey identificou que a translucidez reduziu em todos os tempos experimentais quando comparados com o tempo inicial. Porém, os parâmetros de translucidez dos tempos testados (7, 14, 21 e 28 dias) mostraram-se similares estatisticamente.

6 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados pelo presente estudo indicam que a resina nanocerâmica avaliada apresentou alterações na cor e translucidez após a imersão em café, em todos os tempos testados, rejeitando a hipótese nula testada. Em outras palavras, o café foi capaz de alterar a cor inicial da RNC e reduzir a sua translucidez ao longo do tempo.

É consenso na literatura que um dos problemas relacionados à falha de restaurações estéticas é o manchamento de materiais à base de resina (Nakazawa, 2009; Nasim *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2012; Acar *et al.*, 2016; Al Ahmari *et al.*, 2022). As causas relacionadas à essa instabilidade colorimétrica estão relacionadas ao acúmulo de placa, pigmentação por agentes corantes presentes em bebidas e alimentos, desidratação, absorção de água, rugosidade superficial, degradação química e oxidação de ligações duplas de carbono não reagidas (Nakazawa, 2009; Ardu *et al.*, 2010; Nasim *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2012; Arocha *et al.*, 2014). Neste contexto, apesar de conterem uma grande quantidade de substâncias inorgânicas, as resinas nanocerâmicas também possuem matrizes resinosas, o que as torna suscetíveis ao manchamento (Della Bona; Corazza; Zhang, 2014; Acar *et al.*, 2016).

Nas resinas nanocerâmicas, as matrizes resinosas se integram a uma rede cerâmica, sendo que a força dessa ligação depende do tratamento de silano nas partículas cerâmicas e do tipo de matriz resinosa e, quando essa ligação é insuficiente, resulta em rugosidades na superfície que facilitam a pigmentação do material, afetando conseqüentemente suas propriedades ópticas (Kang *et al.*, 2020; Jalali *et al.*, 2021).

Ainda, o manchamento de materiais à base de resina também se dá pela hidrofiliabilidade dos monômeros que os compõem, que permite a entrada de água e pigmentos solúveis em água no substrato ou na interface entre a resina e o preenchedor (Kang *et al.*, 2020). Essa hidrofiliabilidade leva à sorção de líquidos na matriz de resina, podendo levar à hidrólise do silano e formação de microfissuras, permitindo a penetração de pigmentos entre os materiais de preenchimento e a matriz resinosa (Andrade *et al.*, 2022). Apesar de o bloco investigado neste estudo conter monômero UDMA; que é mais hidrofóbico e, portanto, mais estável em relação à cor; as redes formadas aprisionam monômeros não reagidos, formando uma estrutura

aberta que facilita a absorção adicional de água, acompanhada de agentes pigmentantes (Abouraya e Sabry, 2022).

O café demonstra ser um agente capaz de produzir pigmentações extrínsecas em restaurações à base de resina, afetando a sua estabilidade de cor com o passar do tempo (Ertas *et al.*, 2006; Acar *et al.*, 2016; Ardu *et al.*, 2017), o que, dependendo do comprometimento estético, pode levar à substituição da restauração. Por ser frequentemente consumido no dia a dia dos indivíduos, o café é considerado um dos agentes colorantes mais relevantes em estudos colorimétricos. Esse estudo adotou o café como meio de imersão a fim de verificar o comportamento colorimétrico (cor e translucidez) da RNC ao longo do tempo. O potencial de manchamento do café em materiais que contêm resina pode ocorrer devido à capacidade dos pigmentos amarelos presentes no café de penetrar na microestrutura desses materiais. Essa capacidade de mudança de cor pode ser agravada pela baixa polaridade da solução de café, facilitando uma penetração mais profunda dos pigmentos nas matrizes resinosas (Eldwakhly *et al.*, 2019). Além disso, também foi relatado que soluções com pH variando de 4 a 6 possuem uma maior capacidade de penetração nos materiais de resina, sendo que o café possui um pH aproximado de 5,5 (Borges *et al.*, 2011).

As diferenças de cor encontradas neste estudo revelaram um aumento progressivo nas diferenças de cor (ΔE_{00}) após os tempos de imersão em café, reforçando o poder de pigmentação dessa bebida colorante. A cada novo tempo de imersão, uma nova solução de café foi feita, o que permitiu que novos agentes de pigmentação estivessem presentes. Apesar das diferenças de cor apresentarem-se de forma progressiva ao longo dos períodos avaliados (7 dias: $2,17\Delta E_{00}$, 14 dias: $2,79\Delta E_{00}$, 21 dias: $3,86\Delta E_{00}$ e 28 dias: $4,30\Delta E_{00}$), similaridade estatística foi encontrada nos tempos de 21 e 28 dias ($p < 0,001$). As diferenças de cor encontradas são resultantes de uma diminuição significativa da luminosidade (L^*), indicando o escurecimento do material ($p < 0,001$). Associado a isso, tendências ao vermelho ($+a^*$) e ao amarelo ($+b^*$) foram encontradas e identificadas pelas diferenças no croma ($\Delta C'$) e matiz ($\Delta H'$). Essa inclinação do manchamento ao amarelo pode estar diretamente relacionada à presença de pigmentos amarelos no café, que penetram a microestrutura do material.

Para interpretar clinicamente os resultados deste experimento *in vitro*, é possível comparar os resultados das diferenças de cor encontradas com os limiares de perceptibilidade (LP) e aceitabilidade (LA) descritos por Paravina *et al.* em 2015 e

reapresentados em 2019 (Paravina *et al.*, 2015; Paravina *et al.*, 2019). Se compararmos os resultados encontrados pelo presente estudo com os resultados dos limiares de perceptibilidade e aceitabilidade, as diferenças encontradas para os dois primeiros tempos (7 dias: $2,17\Delta E_{00}$ e 14 dias: $2,79\Delta E_{00}$) são consideradas moderadamente inaceitáveis ($>1,8$ – $\leq 3,6\Delta E_{00}$), enquanto as diferenças encontradas para os últimos tempos (21 dias: $3,86\Delta E_{00}$ e 28 dias: $4,30\Delta E_{00}$) são consideradas claramente inaceitáveis ($>3,6$ – $\leq 5,4\Delta E_{00}$). Essa correlação sugere que o material em questão apresenta uma instabilidade colorimétrica preocupante após 28 dias, com alterações de cor que são perceptíveis e inaceitáveis clinicamente.

No estudo conduzido por Arocha *et al.* em 2014, após imergir amostras de uma resina nanocerâmica (Lava Ultimate) em solução de café, os pesquisadores obtiveram resultados de $10,95\Delta E_{00}$ após 7 dias, $12,22\Delta E_{00}$ após 14 dias, $12,69\Delta E_{00}$ após 21 dias e $14,21\Delta E_{00}$ após 28 dias. Apesar de Arocha ter encontrado variações de cor significativamente maiores que as do presente estudo (7 dias: $2,17\Delta E_{00}$, 14 dias: $2,79\Delta E_{00}$, 21 dias: $3,86\Delta E_{00}$ e 28 dias: $4,30\Delta E_{00}$), os valores de ambos ultrapassaram os limiares de aceitabilidade ($\Delta E_{00}=1,8$) e perceptibilidade ($\Delta E_{00}=0,8$) (Paravina *et al.*, 2019). Uma possível explicação para os resultados tão diferentes pode estar relacionada aos protocolos de imersão e temperaturas de armazenamento das amostras. No estudo de Arocha *et al.* (2014) as amostras foram mantidas a 37°C , enquanto neste estudo os espécimes foram armazenados em temperatura ambiente.

Ainda, quando comparamos os dados obtidos no presente estudo com os resultados obtidos por Aydin *et al.* (2019), o mesmo comportamento se repete após a imersão em café. A alteração de cor observada na resina nanocerâmica avaliada neste estudo após 7 dias de imersão em café ($2,17\Delta E_{00}$), exibe uma correspondência com os resultados obtidos por Aydin *et al.* (2019) com o mesmo período de imersão, também submetendo as amostras a uma solução de café (com valores de $1,34\Delta E_{00}$ para Grandio, $1,23\Delta E_{00}$ para Cerasmart, $1,88\Delta E_{00}$ para Brilliant, $1,46\Delta E_{00}$ para Celtra Duo, e $2,06\Delta E_{00}$ para o bloco Shofu), particularmente em relação à resina nanocerâmica Shofu. No entanto, é importante notar que os valores obtidos após 28 dias de imersão no presente estudo ($4,30\Delta E_{00}$) contrastam significativamente com os dados de 30 dias no estudo de Aydin ($2,43\Delta E_{00}$ para Grandio, $2,31\Delta E_{00}$ para Cerasmart, $2,94\Delta E_{00}$ para Brilliant, $2,27\Delta E_{00}$ para Celtra Duo, e $2,38\Delta E_{00}$ para Shofu) ($p=0,006$) e, apesar da diferença de dois dias de imersão, indicam uma diferente evolução das alterações de cor entre os materiais ao longo do tempo.

Além disso, no estudo realizado por Kang *et al.* em 2020, que utilizou o mesmo material empregado no presente estudo (KZR-CAD HR 3 GAMMATHETA, Yamakin, Japão), foram obtidos dados que mostram alterações na cor mesmo quando imersos em diferentes soluções (água destilada, etanol a 10% e vinho tinto simulado). Após 7 dias de imersão, observou-se uma variação de cor de $1,14\Delta E_{ab}$ em água destilada, $1,05\Delta E_{ab}$ em etanol a 10% e $0,83\Delta E_{ab}$ em vinho tinto simulado. Após 14 dias, as variações foram de $1,13\Delta E_{ab}$, $1,14\Delta E_{ab}$ e $0,93\Delta E_{ab}$, respectivamente. Após 28 dias, a variação de cor foi de $1,36\Delta E_{ab}$ para água destilada, $1,14\Delta E_{ab}$ para etanol e $3,78\Delta E_{ab}$ para o vinho. Em sua última análise, após 84 dias de imersão, Kang obteve $1,57\Delta E_{ab}$ para água destilada, $1,51\Delta E_{ab}$ para etanol a 10% e $9,59\Delta E_{ab}$ para o vinho tinto simulado. Apesar da diferença entre a metodologia e soluções corantes utilizadas no presente estudo, é relevante observar que a pesquisa conduzida por Kang também forneceu dados que evidenciam a suscetibilidade da resina nanocerâmica ao manchamento.

Em relação ao estudo realizado por Stamenkovic *et al.* em 2020, os pesquisadores encontraram resultados que confirmam o manchamento de resinas nanocerâmicas após imersão em café. No entanto, os valores obtidos por Stamenkovic após 5 dias ($3,10\Delta E_{00}$ para Cerasmart, $6,50\Delta E_{00}$ para Lava Ultimate e $5,00\Delta E_{00}$ para Shofu) foram relativamente mais altos do que os encontrados neste estudo após 7 ($2,17\Delta E_{00}$) e 14 dias ($2,79\Delta E_{00}$). Ainda, os valores de Lava Ultimate e Shofu, mesmo sendo imersos por apenas 5 dias, excederam os valores encontrados nas amostras desta pesquisa após 28 dias de imersão ($4,30\Delta E_{00}$). Essa divergência considerável pode estar associada ao protocolo de imersão e armazenamento das amostras.

Quando comparamos a alteração de cor nos dados obtidos por Yerliyurt *et al.* em 2022, após analisar uma resina nanocerâmica de outro fabricante (Lava Ultimate, 3M ESPE) imersa em café, suas medições mostraram valores significativamente superiores aos deste estudo. Após 7 dias, Yerliyurt registrou uma variação de $3,50\Delta E_{00}$, enquanto neste estudo obtivemos $2,17\Delta E_{00}$. Essa diferença persistiu ao longo do tempo de imersão, alcançando $6,63\Delta E_{00}$ em 14 dias e $7,74\Delta E_{00}$ em 28 dias, em comparação com $2,79\Delta E_{00}$ e $4,30\Delta E_{00}$ respectivamente, nos mesmos períodos avaliados nesta pesquisa. Além da diferença de fabricantes dos materiais analisados, com consequente variação em sua composição, uma variável que pode ter contribuído

para as discrepâncias nos dados é o envelhecimento artificial realizado previamente à imersão.

Enquanto na presente pesquisa obteve-se uma alteração de cor de $2,79\Delta E_{00}$ após 14 dias de imersão em café, no estudo de Andrade *et al.* em 2022, após imersão de diferentes blocos de resina nanocerâmica por 15 dias em uma solução corante recomendada pela ADA, os autores obtiveram valores de $3,39\Delta E_{00}$ para Grandio Blocs, $5,15\Delta E_{00}$ para Lava Ultimate, $2,51\Delta E_{00}$ para Brava Block, e $2,95\Delta E_{00}$ para Cerasmart. Esses resultados evidenciam a disparidade no desempenho óptico de materiais semelhantes, porém de fabricantes distintos, após exposição a agentes corantes

Da mesma forma que a cor, a translucidez desempenha um papel fundamental nas propriedades das restaurações dentárias estéticas, sendo influenciada não apenas pela espessura e rugosidade superficial do material, mas também por sua composição (Kang *et al.*, 2020). Ainda, esta característica também é afetada pelas discrepâncias no índice de refração entre o preenchedor e a matriz resinosa, bem como pelo tamanho e quantidade das partículas preenchedoras (Awad *et al.*, 2015). Quanto aos parâmetros de translucidez (PT) encontrados pelo presente estudo, o Teste HSD de Tukey identificou que houve redução nos valores em todos os intervalos de tempo de imersão (T1=13,75 T2=13,74 T3=13,43 e T4=13,61) em comparação com os valores das amostras antes da imersão (T0=15,00). Porém, apesar da redução na translucidez aumentar com o tempo de imersão, similaridade estatística foi observada entre todos os intervalos avaliados ($p < 0,001$). As variações de translucidez também foram calculadas e os valores obtidos foram os seguintes: T1=-1,25 Δ PT, T2=-1,26 Δ PT, T3=-1,57 Δ PT, T4=-1,39 Δ PT.

Na pesquisa realizada por Eldwakhly *et al.* (2019), uma variação de -0,97 Δ PT para as amostras com espessura de 2mm da resina nanocerâmica Lava Ultimate após imersão em café por 28 dias foi observada, enquanto Elsaka *et al.* (2022), obtiveram -0,62 Δ PT para Lava Ultimate e -0,56 Δ PT para Grandio Blocs, depois de 7 dias de imersão em café, com amostras de 1,5mm.

Embora tenha ocorrido redução nos parâmetros de translucidez em todos os estudos mencionados anteriormente, a variação nos valores de PT entre as pesquisas pode estar relacionada às diferenças nos tempos de imersão, composição dos materiais e, principalmente, à espessura das amostras. Dada a influência direta dessas variáveis na translucidez, é fundamental considerá-las ao interpretar os

resultados. Além disso, a diminuição da translucidez nas amostras do presente estudo pode estar atribuída a mudanças na microestrutura da resina nanocerâmica devido à absorção de água pelos componentes resinosos. Isso leva ao enfraquecimento da união entre a matriz resinosa e o material preenchedor, permitindo o acúmulo de pigmentos solúveis em água na microestrutura, o que reduz a passagem de luz através do material (Elsaka *et al.*, 2022).

Este estudo apresenta algumas limitações, incluindo a análise de apenas uma cor (A3/L) da resina nanocerâmica, em uma única espessura. O uso de mais soluções corantes também deve ser destacado. Estas limitações devem ser consideradas ao interpretar os resultados, ressaltando a necessidade de futuras pesquisas com uma abordagem mais abrangente que envolva diferentes cores e outras soluções corantes. Ainda, o fato de ser um estudo *in vitro* exclui fatores como a presença da saliva e a microbiota da cavidade bucal, que podem ter um impacto direto nos resultados.

7 CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos através desta pesquisa foi possível concluir que:

- As diferenças de cor (ΔE_{00}) encontradas para a resina nanocerâmica avaliada aumentaram com os tempos de imersão em café, apesar dos tempos de 21 e 28 dias apresentarem similaridade estatística;
- Redução da luminosidade (L') e aumento do croma (C') e matiz (H') foram observados, sendo os responsáveis pelas diferenças de cor observadas;
- Os parâmetros de translucidez (PT) diminuíram em todos os períodos experimentais quando comparados ao período inicial. No entanto, os parâmetros de translucidez nos tempos experimentais (7, 14, 21 e 28 dias) mostraram-se estatisticamente semelhantes.

REFERÊNCIAS

- ABOURAYA, N.; SABRY, H. Color Stability of three esthetic monolithic block materials after immersion in commonly consumed beverages. **Egyptian Dental Journal**, v. 68, n. 4, p. 3761–3770, 2022.
- ACAR, O. *et al.* Color stainability of CAD/CAM and nanocomposite resin materials. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 115, n. 1, p. 71–75, 2016.
- AL AHMARI, N. M. *et al.* Physical, Optical, and Mechanical Properties of Ceramic Materials after Coffee Immersion and Evaluation of Cleaning Impact with Different Oral Hygiene Tools. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 22, p. 15047, 2022.
- AL AMRI, M. D. *et al.* In Vitro Evaluation of Translucency and Color Stability of CAD/CAM Polymer-Infiltrated Ceramic Materials after Accelerated Aging. **Journal of Prosthodontics**, v. 30, n. 4, p. 318–328, 2020
- ARDU, S. *et al.* Color stability of recent composite resins. **Odontology**, v. 105, n. 1, p. 29–35, 2017.
- AROCHA, M. A. *et al.* ScienceDirect Colour stainability of indirect CAD – CAM processed composites vs. conventionally laboratory processed composites after immersion in staining solutions. **Journal of Dentistry**, v. 42, n. 7, p. 831–838, 2014.
- AWAD, D. *al.* Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 113, n. 6, p. 534–540, 2015.
- AWADA, A.; NATHANSON, D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v.114, p. 587-593, 2015.
- AYDIN, N. *et al.* Investigating the color changes on resin-based CAD/CAM Blocks. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 32, n. 2, p. 251–256, 2019.
- BAGHERI, R.; BURROW, M. F.; TYAS, M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. **Journal of Dentistry**, v. 33, n. 5, p. 389–398, 2005.
- BARUTCIGIL K. *et al.* Do resin-based composite CAD/CAM blocks release monomers? **Clinical oral investigations**, v. 25, n. 1, p. 329–336, 2020.
- BORGES, A. L. S. *et al.* Color stability of composites: effect of immersion media. **Acta Odontol. Latinoam**, v. 24, n. 2, p. 193–199, 2011.
- DE OLIVEIRA, A. L. B. *et al.* Effects of Immersion Media and Repolishing on Color Stability and Superficial Morphology of Nanofilled Composite Resin. **Microscopy and microanalysis**, v.20, p. 1234–1239, 2014.

DELLA BONA, A.; CORAZZA, H.P.; ZHANG, Y.; Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material. **Dental Materials**, v.30, p. 564-569, 2014.

DUARTE, S.; SARTORI, N.; PHARK, J. Ceramic-Reinforced Polymers: CAD/CAM Hybrid Restorative. **Dental Restorative Materials**, v.3, p.198-202, 2016.

ELDWAKHLY, E. *et al.* Color and translucency stability of novel restorative CAD/CAM materials. **Dental and Medical Problems**, v. 56, n. 4, p. 349–356, 2019.

ENGLER, M. L. *et al.* Residual monomer elution from different conventional and CAD/CAM dental polymers during artificial aging. **Clinical oral investigations** v. 24, n. 1, p. 277–284, 2019.

ERDEMIR, U.; YILDIZ, E.; MERT, M. Effects of sports drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites after long-term immersion. **Journal of Dentistry**, v. 40, n. 2012, p. e55–e63, 2012.

ERTAS, E. *et al.* Color Stability of Resin Composites after Immersion in Different Drinks. **Dental Materials Journal**, v. 25, n. 2, p. 371–376, 2006.

FONSECA, A. *al.* Effect of monomer type on the C C degree of conversion, water sorption and solubility, and color stability of model dental composites. **Dental Materials**, v. 33, n. 4, p. 394–401, 2017.

GÖNÜLOL, N. Y. F. The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. **Journal of dentistry**. p. 64–70, 2012.

GRACIS, S. *et al.* A New Classification System for All-Ceramic and Ceramic-like Restorative Materials. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 28, n. 3, p. 227–235, 2016.

GÜTH J. F. *et al.* Optical properties of manually and CAD/CAM-fabricated polymers. **Dental Materials Journal**, v. 32, n. 6, p. 865–871, 2013.

KANG, Y.-A. *et al.* Color Stability of Dental Reinforced CAD/CAM Hybrid Composite Blocks Compared to Regular Blocks. **Materials**, v. 13, n. 21, p. 4722, 2020.

LEE, Y.-K. *et al.* Difference in the color stability of direct and indirect resin composites. **Journal of Applied Oral Science**, v. 19, n. 2, p. 154–160, 2011.

NAKAZAWA, M. Color stability of indirect composite materials polymerized with different polymerization systems. **Journal of Oral Science**, v. 51, n. 2, p. 267–273, 2009.

NASIM, I. *et al.* Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—An in vitro study. **Journal of Dentistry**, v. 38, p. e137–e142, 2010.

O'BRIEN, W. J.; GROH, C. L.; BOENKE, K. M. A one-dimensional color order system for dental shade guides. **Dental Materials**, v. 5, n. 6, p. 371–374, 1989.

PARAVINA R. D. *et al.* Color difference thresholds in dentistry. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 27 Suppl 1, p. S1-9, 2015

PARAVINA, R. D.; PÉREZ, MM; GHINEA, R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 31, n. 2, p. 103–112, 2019.

PERRONI, A. P. *et al.* Spectrophotometric analysis of clinical factors related to the color of ceramic restorations: A pilot study. **J Prosthet Dent**, v. 118, p. 611-616, 2017.

SANTOS, P. H. *et al.* Effect of postpolymerization method on the color stability of composite resins submitted to ultraviolet aging. **The International journal of periodontics & restorative dentistry**, v. 32, n. 3, p. e95–e100, 2012.

SAMRA, A. P. BÜHRER. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. **Dental Materials**, v. 22, n. 3, p. 205–210, 2008

SARIKAYA, I; YERLIYURT, K; HAYRAN, Y. Effect of surface finishing on the colour stability and translucency of dental ceramics. **BMC Oral Health**, v. 18, n. 1, 2018.

SHARMA, G.; WU, W.; DALAL, E. N. The CIEDE2000 color difference formula: implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. **Color Res Appl**, v. 30, p. 21-30, 2005.

SCHÜRMAN, M. G.; OLMS, C. Shade Stability of Polymer-Infiltrated and Resin Nano Ceramics. **The Open Dentistry Journal**, v. 12, n. 1, p. 791–800, 18 out. 2018.

SPROULL, R. C. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 29, n. 5, p. 556–566, 1973.

SPROULL, R. C. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 86, n. 5, p. 453–457, 2001

STAMENKOVIĆ, D. D. *et al.* Staining and aging-dependent changes in color of CAD-CAM materials. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 126, n. 5, p. 672–678, 2021.

STEFANO ARDU *et al.* A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. **Quintessence International**, v. 41, n. 8, p. 695–702, 2010.

VOLPATO, C. A. M.; BARATIERI, L. N.; MONTEIRO JÚNIOR, S. Análise instrumental da cor em Odontologia: considerações básicas. **Revista Dental Press Estética** v.2, n.1, p.21-31, 2005.

WANG, F.; TAKAHASHI, H.; IWASAKI N. Translucency of dental ceramics with different thicknesses. **J Prosthet Dent**, v. 110, p. 14-20, 2013.

YERLIYURT, K; SARIKAYA, I. Color stability of hybrid ceramics exposed to beverages in different combinations. **BMC Oral Health**, v. 22, n. 1, 2022.

ANEXO 1 – ATA DE APRESENTAÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ODONTOLOGIA

ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 20 dias do mês de novembro de 2023, às 10:00 horas, em sessão pública na Plataforma Google Meet, na presença da Banca Examinadora presidida pela Professora Dra. Cláudia Ângela Maziero Volpato

e pelos examinadores:

1 – Professor Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia,

2 – Professor Dr. Sylvio Monteiro Jr.,

o aluno Lucas Coser

apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação intitulado:

Análise da estabilidade de cor e da translucidez de uma resina nanocerâmica após imersão em café,

como requisito curricular indispensável à aprovação na Disciplina de Defesa do TCC e a integralização do Curso de Graduação em Odontologia. A Banca Examinadora, após reunião em sessão reservada, deliberou e decidiu pela aprovação do referido Trabalho de Conclusão do Curso, divulgando o resultado formalmente ao aluno e aos demais presentes, e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais componentes da Banca Examinadora e pelo aluno orientando.



Documento assinado digitalmente
Claudia Angela Maziero Volpato
Data: 20/11/2023 11:10:01-0300
CPF: ***.319.339-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Presidente da Banca Examinadora



Documento assinado digitalmente
Sylvio Monteiro Junior
Data: 20/11/2023 11:30:14-0300
CPF: ***.132.029-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Examinador 1



Documento assinado digitalmente
Lucas da Fonseca Roberti Garcia
Data: 20/11/2023 11:31:34-0300
CPF: ***.929.858-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Examinador 2



Documento assinado digitalmente
Lucas Coser
Data: 20/11/2023 11:13:08-0300
CPF: ***.205.860-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Aluno