



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

VISEU

Mestrado Integrado em Medicina Dentária
2022-2023

**ESTABILIDADE DA COR DE RESINAS ACRÍLICAS DE
BASES PROTÉTICAS – RESINA CAD/CAM VS RESINA
CONVENCIONAL**

*Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária*

Francisca Neves Almeida

Viseu, 2023

Mestrado Integrado em Medicina Dentária
2022-2023

**ESTABILIDADE DA COR DE RESINAS ACRÍLICAS DE
BASES PROTÉTICAS – RESINA CAD/CAM VS RESINA
CONVENCIONAL**

*Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária*

Por:

Francisca Neves Almeida

Orientador: Prof.^a Doutora Patrícia Fonseca

Co-Orientador: Prof.^a Doutora Helena Salgado

Viseu, 2023

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.

- Madre Teresa de Calcutá

Dedicatória

...Aos meus amados pais,
Neste espaço sagrado da tese,
Ressoam as batidas do meu coração,
A sinfonia dos laços profundos.

Mãe,
Com tua luz radiante,
Guiaste-me pelos caminhos da vida,
Ensinaste-me a ser resiliente,
A abraçar o amor e a compaixão.

Pai,
Com tua força inabalável,
Ergueste-me em tempos de tempestade,
Ensinaste-me a lutar pelos meus sonhos,
A perseverar com coragem e determinação.

Unidos, vocês são o alicerce da minha existência.
Na imensidão do vosso amor,
Descubro a essência da verdade e da sabedoria.

Que esta tese seja a expressão humilde,
Da imensidão do meu agradecimento,
Por serem os pilares que sustentam o meu ser,
E por tudo que sou, serei eternamente grata.

Agradecimentos

À minha orientadora, Prof^ª. Doutora Patrícia Fonseca e **à minha coorientadora**, Prof^ª. Doutora Helena Salgado, cuja dedicação e orientação foram essenciais neste percurso de partilha de sabedoria, paciência e motivação. Agradeço profundamente pelo tempo, conhecimento e suporte que me proporcionaram ao longo desta jornada de investigação. Esta tese é um reflexo do trabalho em equipa, e devo a vocês uma imensa gratidão pelo impacto positivo que tiveram na minha formação académica.

A todos os professores da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Católica Portuguesa de Viseu (FMD – UCP), pela oportunidade de aprender com profissionais tão dedicados e experientes. Por todo o compromisso e empenho, essenciais para o meu crescimento e percurso académico.

À Associação Juvenil Ready to Help Viseu, pelo desafio inerente à fundação de uma Associação Juvenil para a promoção do voluntariado ao longo do percurso escolar e académico dos jovens.

À Associação Nacional de Estudantes de Medicina Dentária (ANEMD), por criar oportunidades e fortalecer a união entre os estudantes de Medicina Dentária.

À Federação Académica de Viseu (FAV), pelo exemplo inspirador de dedicação para com a comunidade estudantil.

À Associação Académica de Viseu da Universidade Católica Portuguesa (AAV-UCP), pelo compromisso para com a instituição e estudantes.

A Viseu, cidade que me viu nascer e crescer, por ter acompanhado todo o meu percurso escolar e académico, com encanto e inspiração em cada rua e recanto.

À minha Madrinha, Catarina, por me ter acolhido e acompanhado desde o primeiro dia, ao longo de todo este percurso.

Ao meu Padrinho, Bruno Faria, por ser o apoio ao longo destes anos. Agradeço cada conselho e ensinamento.

Ao meu Binómio, António Amaral, por seres meu amigo, companheiro, Médico Dentista e Assistente. Juntos evoluímos neste mundo bonito que é a Medicina Dentária. 226 será um número para sempre guardado no meu coração.

Aos meus melhores amigos, Alexandre Maia, Beatriz Alves, Beatriz Chaves, Ricardo Costa, por estarem sempre presentes nos bons e maus momentos.

À minha família, minha fonte de inspiração, são a força e o carinho que me envolve a cada passo.

À minha irmã, porque sem ela não faria sentido, por ser o meu apoio, porém um dos meus maiores desafios. Acabamos este percurso juntas nunca fez tanto sentido.

Aos meus queridos avós, Toninho, Tininha e Anunciação, cujo amor incondicional e apoio moldaram a pessoa que sou hoje.

Ao meu Avô, Joaquim, obrigada por seres a estrela que guia e ilumina o meu caminho.

Aos meus pais, pela dedicação constante, apoio e amor inabalável. Com gratidão honro os sacrifícios que fizeram por mim.

Resumo

Introdução: Na área da Reabilitação Oral, os avanços tecnológicos e o aumento do *workflow* digital têm-se tornado cada vez mais uma realidade, o que levou à introdução de novas técnicas de confecção das próteses dentárias. O polimetilmetacrilato é o polímero mais utilizado na Medicina Dentária para a confecção de bases protéticas. Desvantagens inerentes às resinas convencionais conduziram ao surgimento de outras resinas para ultrapassar estes problemas, como as adaptadas à tecnologia CAD/CAM. A alteração de cor é muitas vezes causa de insatisfação do paciente pela reabilitação protética. O principal objetivo do presente estudo é determinar a estabilidade da cor de diferentes resinas acrílicas utilizadas para a confecção de bases protéticas obtidas por diferentes técnicas de processamento.

Material e Métodos: Foram confeccionados 60 provetes com forma quadrangular (20x20mm) de resinas acrílicas de bases protéticas obtidas por diferentes métodos de processamento: resina termopolimerizável, resina de fresagem e resina de impressão 3D. Os provetes foram submetidos ao mesmo protocolo de polimento e posteriormente foram sujeitos a um protocolo de pigmentação com recurso a duas soluções corantes: vinho tinto e café solúvel. A imersão em água destilada funcionou como grupo controlo. A leitura da cor foi realizada com recurso a um colorímetro calibrado, em três tempos diferentes: antes da imersão e um e dez dias após a imersão nas soluções. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente através do programa SPSS com um nível de significância definido a 0,05.

Resultados: O café foi a solução que induziu uma maior variação de cor ao longo do tempo, em todos os métodos de processamento. A água apresentou os valores mais baixos de variação de cor exceto no método de impressão 3D/90°, onde o vinho apresentou valores mais baixos. Quanto ao método de processamento das resinas acrílicas, o de impressão 3D/90° foi o que apresentou variações de cor mais elevadas em todas as resinas. De seguida foi o método de impressão 3D/0°, o de fresagem e por último, o método com valores mais baixos de variação de cor foi o tradicional.

Conclusão: A resina acrílica convencional foi a que apresentou maior estabilidade de cor ao longo dos 10 dias. As resinas de impressão 3D apresentaram

a maior variação de cor ao longo do tempo, sendo a resina de impressão 3D/90° a menos estável.

Palavras – Chave: Prótese Removível, PMMA, CAD/CAM, Cor, Colorímetro

Abstract

Introduction: In the field of Oral Rehabilitation, technological advancements and the increasing use of digital workflows have become a reality every day, leading to the introduction of new techniques for fabricating dental prostheses. Polymethylmethacrylate is the most commonly used polymer in Dentistry for the fabrication of prosthetic bases. Inherent disadvantages have led to the emergence of various types of resin to overcome these issues, such as the CAD/CAM system. Color change is often the cause of patient dissatisfaction with prosthetic rehabilitation. The main objective is to determine the color stability of different acrylic resins used for fabricating prosthetic bases obtained through different processing techniques.

Methodology: Sixty acrylic resin samples were prepared using different processing methods. The samples were subjected to the same polishing protocol and subsequently underwent a pigmentation protocol using distilled water, red wine, and instant coffee. Color readings were performed using a colorimeter. The obtained data were statistically analyzed using the SPSS software, with a significance level set at 0.05.

Results: Coffee was the solution that induced the highest color variation over time in all processing methods. Water showed the lowest color variation values except in the 3D/90° printing method, where wine showed lower values. Regarding the processing method of acrylic resins, the 3D/90° printing method showed the highest color variations in all resins. Next was the 3D/0° printing method, followed by milling, and finally, the traditional method had the lowest color variation values.

Conclusion: The conventional acrylic resin was the one that exhibits the highest color stability over the course of 10 days. 3D printing resins showed the greatest variation in color over time, with resin printed at 90° being the least stable.

Key Words: Denture Prosthesis, PMMA, CAD/CAM, Color, Colorimeter

Índice

Índice de Tabelas.....	XVII
Índice de Figuras	XIX
Índice de Gráficos.....	XXI
Lista de Siglas.....	XXIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Reabilitação Oral Protética	4
1.1.1. Próteses Dentárias.....	5
1.2. Processamento das Próteses Removíveis.....	5
1.2.1. Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM).....	6
1.3. Resinas Acrílicas em Medicina Dentária.....	6
1.3.1. Resinas Utilizadas no Método Subtrativo ou Fresagem	7
1.3.2. Resinas Utilizadas no Método Aditivo ou impressão 3D	7
1.3.3. Resinas Acrílicas Termopolimerizáveis	8
1.4. Cor	9
1.4.1. Métodos de Avaliação da Cor	11
1.4.2. Aparelhos de Medição de cor	12
1.5. Objetivos do Estudo	12
1.6. Hipóteses	13
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
2.1. Desenho do Estudo.....	17
2.2. Amostras.....	17
2.2.1. Divisão da Amostra	18
2.3. Critérios de Inclusão e Exclusão das Amostras	18
2.4. Variáveis em Estudo	19
2.5. Protocolo de Confeção dos Provetes	19
2.5.1. Resina Termopolimerizável.....	19
2.5.2. Resinas Acrílicas do Sistema CAD/CAM	20

2.6.	Verificação da Qualidade dos Provetes:.....	22
2.7.	Protocolo de Polimento.....	22
2.8.	Protocolo de Pigmentação.....	24
2.9.	Avaliação da Estabilidade de Cor	25
2.10.	Análise Estatística.....	27
3.	RESULTADOS	29
3.1.	Varição de Cor ΔE	31
3.2.	Inspeção Visual Objetiva (Unidades NBS)	39
4.	DISCUSSÃO	43
5.	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

Índice de Tabelas

Tabela 1- Tipos de resinas para bases protéticas	17
Tabela 2 - Divisão das amostras.....	18
Tabela 3. Caraterização da variação da cor após um dia.....	31
Tabela 4. Resultados Anova fatorial para a variação da cor a um dia.....	32
Tabela 5. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor após um dia com ajustamento de Bonferroni para as soluções	32
Tabela 6. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor após um dia com ajustamento de Bonferroni para os métodos.....	33
Tabela 7. Caraterização da variação da cor entre o 1º e 10º dias.....	34
Tabela 8. Resultados Anova fatorial para a variação da cor entre o 1º e 10º dias	34
Tabela 9. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor entre o 1º e 10º dias com ajustamento de Bonferroni para as soluções	35
Tabela 10. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor entre o 1º e 10º dias com ajustamento de Bonferroni para os métodos.....	35
Tabela 11. Caraterização da variação da cor após 10 dias.....	36
Tabela 12. Resultados Anova fatorial para a variação da cor após 10 dias.....	37
Tabela 13. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor após 10 dias com ajustamento de Bonferroni para as soluções	37
Tabela 14. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor após 10 dias com ajustamento de Bonferroni para os métodos.....	38
Tabela 15. Variação de cor em unidades NBS dos provetes de resina tradicional em cada solução	39
Tabela 16. Variação de cor em unidades NBS dos provetes em cada solução - Fresagem.	40
Tabela 17. Variação de cor em unidades NBS dos provetes em cada solução - Impressão 3D/0º.....	40
Tabela 18. Variação de cor em unidades NBS dos provetes em cada solução - Impressão 3D/90º.....	41

Índice de Figuras

Figura 1. A - Resina termopolimerizável; B- Resina de fresagem; C - Resina de impressão 3D	17
Figura 2. A - Molde de silicone; B - Preenchimento do molde com resina acrílica termopolimerizável	19
Figura 3. A - Panela de pressão; B - Pré-definições da panela de pressão.....	20
Figura 4. Desenho do provete	20
Figura 5. A - Bloco de PMMA pré-polimerizado; B - Provetes fresados.....	21
Figura 6. A - Provetes impressão 3D/0°; B - Provetes impressão 3D/90°	21
Figura 7. Paquímetro digital.....	22
Figura 8. Kit de polimento de bases protéticas.....	23
Figura 9. Micromotor e peça de mão.....	23
Figura 10. Estufa	24
Figura 11. A - Café solúvel; B - Vinho tinto; C - Água destilada	24
Figura 12. Provetes na estufa a 37°	25
Figura 13. A - Colorímetro; B - Medição da cor dos provetes com recurso ao colorímetro...26	

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Representação das médias da variação da cor após um dia por método e solução	33
Gráfico 2. Representação das médias da variação da cor entre o 1º e 10º dias por método e solução	36
Gráfico 3. Representação das médias da variação da cor após 10 dias por método e solução	38

Lista de Siglas

CAD/CAM: *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*

NBS: National Bureau of Standards

PLA: Ácido Polilático

PMMA: Polimetilmetacrilato

PRR: Prótese Parcial Removível

SLS: Sinterização seletiva a laser

SPSS: *Statistical Package for the Social Sciences*

STL: *Standard tessellation language*

1. INTRODUÇÃO

O avanço científico tecnológico e a modernização têm exercido um papel importante e revolucionário ao longo da história da humanidade, mudando a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Desde a Revolução Industrial, a tecnologia impulsionou grandes mudanças em todas as áreas da sociedade, incluindo a ciência, a medicina, a comunicação, a indústria e o comércio. ^(1,2)

A tecnologia tem avançado a um ritmo acelerado, trazendo uma série de inovações em áreas tão diversas como inteligência artificial, biotecnologia, robótica e nanotecnologia. ^(1,2) Essas inovações têm o potencial de resolver muitos dos problemas que a humanidade enfrenta facilitando e agilizando a execução de trabalhos e serviços. A modernização, por sua vez, envolve a atualização dos processos, sistemas e infraestrutura existentes para que estes sejam mais eficientes e atendam às necessidades atuais. Pode ser vista como uma resposta aos avanços tecnológicos, pois muitas vezes envolve a adoção de novas tecnologias e práticas mais modernas. ⁽¹⁻³⁾

Coletivamente, o avanço científico tecnológico e a modernização estão a mudar a maneira como a sociedade funciona, oferecendo oportunidades de melhoria da qualidade de vida das pessoas. ⁽¹⁻³⁾

No entanto, é fundamental gerir estas mudanças de forma responsável, garantindo que os seus benefícios sejam distribuídos de forma justa e os seus impactos negativos sejam minimizados. ⁽³⁾

A saúde constitui um bem ou valor que ocupa o topo da pirâmide de prioridades das pessoas, sendo que a era digital levou à convergência da ciência e da tecnologia. Nos últimos anos, temos observado uma evolução crescente das novas tecnologias, particularmente na área da saúde. Estas estão a mudar a forma como os profissionais de saúde tratam os pacientes e, no geral, como as pessoas cuidam da sua saúde⁽⁴⁻⁶⁾.

Desde a descoberta dos antibióticos e vacinas no início do século 20, o avanço tecnológico ao nível dos equipamentos médicos tem sido muito, e culminou no desenvolvimento de dispositivos inovadores de saúde que facilitam a caracterização e precisão dos tratamentos. Desta forma tem vindo a ser possível otimizar os cuidados de saúde, não só aumentando a sua qualidade, efetividade e eficiência, como permitindo a criação de novas formas de atuar em medicina, mais eficazes e com redução de custos ⁽⁴⁻⁶⁾.

Embora a introdução de novas tecnologias apresente desafios, como a proteção de dados e a capacidade de integração das mesmas nos sistemas de saúde

**Workflow* é um termo inglês que em português podemos traduzir como fluxo de trabalho

existentes, há um enorme potencial para melhorar a saúde e o bem-estar das pessoas (4-6).

Nas últimas décadas, também na Medicina Dentária, o avanço tecnológico se fez sentir tendo contribuído para o aumento do *workflow** digital que se traduziu numa maior rapidez, fiabilidade e eficiência dos tratamentos^(7,8). É um processo ou rotina de trabalho, que define uma sequência de etapas que devem ser seguidas para a conclusão o mesmo. A primeira etapa na criação de um fluxo de trabalho é identificar as atividades necessárias para a sua conclusão. Por sua vez é necessário determinar a ordem correta dessas tarefas e a sua distribuição. Outro ponto importante é estabelecer prazos para a conclusão de cada uma. Isso garante que o trabalho seja finalizado dentro do prazo determinado. Finalmente, é importante monitorizar o fluxo de trabalho para garantir que todas as etapas sejam seguidas corretamente e que a progressão esteja a decorrer conforme planeado. Se necessário, podem ser feitas alterações para melhorar a eficiência do processo. Através de um fluxo de trabalho claramente definido, é possível garantir a eficiência e qualidade dos processos e aumentar a produtividade^(8,9).

A recolha e armazenamento eletrónico dos dados clínicos dos pacientes, a facilidade de comunicação em equipa, a ajuda no diagnóstico e planeamento tornando os tratamentos mais previsíveis são algumas vantagens da introdução das tecnologias digitais na atuação do médico dentista⁽¹⁰⁻¹²⁾.

1.1. Reabilitação Oral Protética

A reabilitação oral é um conjunto de procedimentos que visa restaurar a função e a estética da cavidade oral, através da reparação ou substituição dos dentes danificados ou perdidos^(13,14).

O processo de reabilitação oral envolve uma avaliação clínica detalhada que inclui uma análise da saúde oral do paciente, incluindo a análise dos dentes, estruturas ósseas, gengivais e estudos de imagem, como radiografias e tomografias computadorizadas. Com base nessas informações, o médico dentista elabora um plano de tratamento individualizado, que pode incluir diferentes técnicas e materiais de acordo com a necessidade de cada paciente⁽¹³⁾.

As técnicas de reabilitação oral mais comuns incluem próteses dentárias fixas ou removíveis.⁽¹⁵⁾

Na área da Reabilitação Oral, os avanços tecnológicos e o aumento do

workflow digital têm-se tornado a cada dia uma realidade, o que levou à introdução de novas técnicas de confecção das próteses dentárias, resultando numa diminuição do tempo necessário para a realização dos tratamentos, através das impressões digitais com recurso a *scanners* intra ou extra orais e de novos processos de confecção^(10,16,17).

1.1.1. Próteses Dentárias

É passível melhorar a qualidade de vida dos pacientes desdentados com recurso a próteses dentárias. Estas visam a substituição artificial dos dentes ausentes ou danificados, permitindo o restabelecimento das funções mastigatória, fonética e estética⁽¹⁸⁾.

Atualmente, a perda dentária é considerada um problema de saúde pública, sendo que em termos epidemiológicos, a idade é um fator predisponente. Através do avanço científico e tecnológico, a esperança média de vida da população aumentou consideravelmente, o que nos leva a uma população mais envelhecida e conseqüentemente uma taxa mais elevada de edentulismo parcial. Com o envelhecimento ativo da população, é imprescindível a procura de soluções e resoluções mais eficientes e satisfatórias para os pacientes. Ainda que o edentulismo total apresente taxas mais reduzidas, as mesmas permanecem consideráveis^(19,20). A melhoria dos cuidados de saúde oral e a procura pela estética, conseqüentes da evolução, têm levado a uma redução das perdas dentárias, o que por sua vez deu origem a uma população idosa parcialmente desdentada⁽²¹⁾.

O fator decisivo para a seleção da prótese dentária, depende das condições orais de cada paciente, como por exemplo, a quantidade de dentes existentes, localização dos defeitos ósseos e saúde dos tecidos moles, mas o fator económico deve também ser tido em conta. Existem vários tipos de próteses dentárias disponíveis, como por exemplo próteses dentárias removíveis, fixas, parciais ou totais. Estas variam em termos de materiais, método de fixação e extensão da prótese.^(22,23)

É imperativo a compreensão por parte do médico dentista e do técnico de prótese dos métodos e materiais utilizados para a confecção das próteses dentárias para o melhor adequarem a cada caso clínico⁽²³⁾.

1.2. Processamento das Próteses Removíveis

1.2.1. Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM)

A tecnologia CAD/CAM é uma tecnologia que integra dois sistemas diferentes: o CAD (*Computer-aided design*) e o CAM (*Computer-aided manufacturing*). A tecnologia CAD é utilizada para a criação de modelos 3D no computador permitindo o desenho virtual da restauração final. Por outro lado, o sistema CAM é responsável pela programação e controlo dos equipamentos usados para o fabrico de componentes. O *software* CAM traduz o modelo criado no CAD em instruções para o dispositivo de fabrico, permitindo a produção automatizada da peça. Este sistema CAD/CAM tem vindo a ser cada vez mais utilizado para a construção virtual das reabilitações, com base nos dados recolhidos do paciente ⁽²⁴⁾.

A sua utilização apresenta algumas vantagens como: a facilidade/simplicidade de utilização, minimização dos erros devido ao grau de ajuste mais elevado, menor tempo de trabalho e de produção ⁽²⁵⁾.

1.2.1.1. Técnicas e Materiais Utilizados no Sistema CAM

O sistema CAM utiliza a tecnologia digital para fabricar produtos personalizados recorrendo a várias técnicas e materiais ⁽²⁵⁾.

Existem dois métodos de fabrico digital: o subtrativo, também designado de fresagem, onde o material é cortado, e o aditivo, mais conhecido como impressão tridimensional (3D), onde o material é depositado camada a camada. A fresagem permite a criação de próteses dentárias a partir de blocos de cerâmica, metal ou acrílico pré polimerizado. Através de um programa CAD, é realizada a criação de um modelo digital da prótese, que é enviado para uma máquina de fresagem, onde o bloco, previamente selecionado, é cortado. Por sua vez, na impressão 3D, através do mesmo programa CAD, o projeto digital da prótese é transferido para uma impressora 3D, que através de material de impressão, imprime a prótese camada a camada ^(26,27).

1.3. Resinas Acrílicas em Medicina Dentária

São vários os materiais que podem ser utilizados em reabilitação oral: metais, cerâmicas e resinas. As resinas são materiais muito versáteis sendo utilizados com diversas finalidades. Dentro da vasta gama de polímeros encontra-se o polimetilmetacrilato (PMMA), que é ainda hoje a resina mais usada na confeção de próteses dentárias. A sua popularidade advém do facto de possuir boas propriedades

como: estabilidade dimensional, que ajuda a garantir um ajuste adequado e confortável, baixa densidade, estética, boa relação custo-benefício, facilidade de manipulação, que garante uma maior facilidade de adaptação às necessidades de cada paciente, baixa toxicidade e boa resistência ao desgaste, que influencia diretamente a sua durabilidade ^(28,29).

As resinas acrílicas são materiais sintéticos, com várias aplicações na medicina dentária, principalmente, na confecção de próteses dentárias. A forma convencional do PMMA consiste na mistura de um pó e um líquido, havendo uma dependência na utilização das proporções corretas para a obtenção de uma boa textura e para que o material não perca as suas propriedades. Uma incorreta utilização pode contribuir para a alteração da contração de polimerização, mudanças dimensionais e imprecisões no ajuste das próteses aos tecidos de suporte⁽²⁹⁻³¹⁾.

As resinas introduzidas com as novas tecnologias digitais são processadas de forma diferente, o que lhes confere características físicas e mecânicas diferentes⁽³²⁾.

1.3.1. Resinas Utilizadas no Método Subtrativo ou Fresagem

As resinas utilizadas nos sistemas CAD/CAM por fresagem são blocos de PMMA pré polimerizado a alta temperatura e pressão, selecionados tendo em conta a sua aplicação⁽³³⁾. Por isso, são resinas mais densas, com cadeias poliméricas mais longas, apresentando-se superiores ao PMMA tradicional no que diz respeito às propriedades mecânicas – resistência à flexão e dureza⁽³⁴⁾. Para além disso, a contração de polimerização das bases protéticas confeccionadas com estas resinas é praticamente nula o que confere uma precisão mais elevada e uma melhor adaptação aos tecidos de suporte. Esta precisão também advém da utilização de instrumentos de corte com detalhe até aos micrómetros, que vão esculpir as próteses dentárias com mais detalhe. É um método automatizado que, em comparação, com os métodos tradicionais, acelera o processo de confecção de próteses dentárias. A nível biológico têm a vantagem de apresentarem uma menor quantidade de monómero residual^(34,35).

A principal desvantagem é o desperdício de material, com porções do bloco inutilizadas⁽³⁶⁾.

1.3.2. Resinas Utilizadas no Método Aditivo ou impressão 3D

As resinas utilizadas na técnica de impressão 3D são resinas líquidas

fotopolimerizáveis, sendo que a obtenção do dispositivo protético ocorre por deposição consecutiva de camadas de resina polimerizada apenas nos locais pré-definidos^(37,38). Este processo permite uma reprodução mais detalhada do que a técnica de fresagem uma vez que não depende de ferramentas especiais de corte, sendo possível a confecção de próteses com geometrias mais complexas. Uma outra vantagem desta técnica é que a resina que sobrar após a impressão pode ser novamente armazenada e reutilizada. O desperdício de material é praticamente nulo, sendo que apenas é depositado material para a estrutura da prótese anteriormente definida. Assim como o método de fresagem, em comparação com os métodos convencionais, apresenta rapidez mais elevada na confecção da prótese^(39,40).

1.3.3. Resinas Acrílicas Termopolimerizáveis

Apesar do aparecimento destes novos materiais associados à tecnologia CAD/CAM o PMMA convencional apresenta boa estabilidade no ambiente oral, fácil manuseamento e baixo custo, daí que, ainda seja, atualmente considerada a resina “*gold standard*” para a confecção de bases protéticas⁽⁴¹⁻⁴³⁾.

As resinas utilizadas em bases protéticas devem possuir um conjunto de propriedades ideais e/ou desejadas, tais como: biocompatibilidade, resistência ao desgaste, flexão e impacto, baixa rugosidade e porosidade, e estabilidade de cor. Esta última propriedade, em particular, apresenta uma elevada relevância, uma vez que interfere diretamente com a estética da prótese ^(32,44).

A alteração de cor é frequentemente causa de insatisfação por parte do paciente em relação à reabilitação protética. A pigmentação da prótese ou até mesmo a sua descoloração podem levar à necessidade de confecção de uma nova prótese. Essas mudanças de cor podem ocorrer ao longo do tempo devido a fatores como a exposição a alimentos pigmentados, tabaco, bebidas como café ou chá, entre outros. É essencial que as resinas utilizadas nas bases protéticas sejam capazes de manter a sua cor estável ao longo do tempo, garantindo assim a aparência estética desejada. Além disso, a estabilidade de cor contribui para a longevidade e qualidade geral da prótese, evitando a necessidade de substituições prematuras ^(32,44).

Para alcançar a estabilidade de cor desejada, é fundamental selecionar materiais de resina de alta qualidade e realizar um processo de fabricação adequado. Isso envolve a escolha de pigmentos apropriados, bem como a utilização de técnicas precisas de coloração e polimerização. No entanto, é importante destacar que, apesar

dos esforços para garantir a estabilidade de cor, fatores externos e cuidados inadequados por parte do paciente podem influenciar negativamente a aparência da prótese ao longo do tempo. Portanto, é fundamental educar e orientar os pacientes sobre os cuidados necessários para preservar a estética e prolongar a vida útil da prótese, tais como o descanso noturno da prótese, a lavagem com sabão e a não utilização de pasta dos dentes, a utilização de pastilhas efervescentes de desinfecção semanalmente ^(32,44).

1.4. Cor

A cor é uma propriedade da luz que permite perceber e distinguir objetos e elementos. A cor também desempenha um papel fundamental em nossas emoções e sentimentos, influenciando o nosso humor e comportamento.

Em protodontia, a cor da base protética é importante porque em muitos casos, o tecido gengival, é parte integrante do sorriso e da aparência facial. A cor natural da gengiva é geneticamente determinada e pode variar de pessoa para pessoa, bem como mudar ao longo do tempo devido a vários fatores, como envelhecimento, hábitos alimentares e tabagismo. A cor é um aspecto importante a ser considerado na confecção de próteses dentárias. É fundamental que o Médico Dentista saiba identificar a cor do tecido gengival do paciente para transmitir essa informação ao técnico de laboratório. Mimetizar os tecidos moles nas bases protéticas é tão relevante quanto a aparência, forma e cor dos dentes. Para que o paciente se sinta confortável com a sua prótese, é imprescindível a estética rosa e que a mesma se mantenha estável ao longo do tempo. A escolha da cor certa pode afetar a autoestima do paciente e a confiança na aparência. Desta forma, o Médico Dentista deve conhecer os componentes da cor e ter acesso a ferramentas de medição de cor, tais como o colorímetro e o espectrofotômetro, para garantir resultados estéticos satisfatórios ^(45,46).

Vários fatores podem influenciar a alteração de cor das resinas que constituem as bases protéticas. Entre eles destacam-se a absorção de água, a acumulação de pigmentos externos, a degradação dos pigmentos intrínsecos da resina e a rugosidade de superfície, que se encontra intimamente ligada à adesão microbiana ^(47,48).

O ambiente oral origina degradação e envelhecimento dos materiais utilizados em protodontia, nomeadamente os polímeros, devido ao contacto constante com a saliva, alimentos e bebidas que são por nós ingeridos. Idealmente as resinas devem

ser insolúveis na saliva e nos fluidos orais para não se verificarem alterações de cor. O consumo de certos alimentos e bebidas fazem com que as resinas protéticas fiquem expostas a um pH ácido (inferior a 5) e a pigmentos intensos que afetam a sua cor e rugosidade de superfície ⁽⁴⁹⁻⁵¹⁾.

A cor pode ser caracterizada através de três componentes: a matriz, o valor e o croma. A matriz representa a cor que realmente vemos, permite diferenciar as cores primárias (magenta, azul e amarelo) das suas combinações. É determinada pela frequência de onda da luz refletida ou emitida pelo objeto. O valor é a quantidade de luz emitida ou refletida pelo objeto, o que nos permite distinguir cores escuras de cores claras. Por sua vez o croma está relacionado com a pureza da cor. Uma cor altamente saturada é pura e vibrante, enquanto uma cor com baixa saturação é mais pastel ou descolorada. Para além desses componentes, a cor também é influenciada por fatores como a textura, o acabamento e o ângulo de visualização do objeto ^(46,52).

Vários sistemas foram desenvolvidos para especificar a cor, como o Munsell System, o Ostwald System e o Natural Color System (NCS), no entanto, estes sistemas não permitem quantificar a diferença entre duas cores. Cada um destes sistemas apresenta características diferentes para a caracterização da cor. O Munsell System é baseado nas três dimensões descritas anteriormente: matiz, valor e croma. O Ostwald System é baseado num sistema de cores primárias: vermelho, amarelo e azul e utiliza a mistura de cores como base para a posterior descrição das outras cores. É usado principalmente na química e ciência dos materiais. O Natural Color System (NCS) é baseado em quatro componentes: matiz, croma, valor e pureza. A pureza mede a mistura da cor com o cinza^(54,55).

O sistema CIELab é dos mais utilizados para a medição da cor, uma vez que permite especificar as diferenças de cor com mais precisão. É um sistema de cor utilizado para descrever as cores de objetos e superfícies. Encontra-se baseado em três valores: L^* , a^* e b^* . O valor L^* mede a claridade ou a luminosidade da cor, variando de 0 (preto absoluto) a 100 (branco absoluto). O valor a^* mede a quantidade de cor vermelha ou verde na cor, variando de valores negativos (verde) a valores positivos (vermelho). O valor b^* mede a quantidade de cor amarela ou azul na cor, variando de valores negativos (azul) a valores positivos (amarelo). A cor num espaço tridimensional é descrita por estes três valores juntos. Permite uma visualização gráfica da cor, onde posteriormente é possível comparar as cores dada a padronização do sistema ⁽⁵⁶⁾.

O sistema CIE (Commission Internationale de L' Eclairage) é baseado num sistema tridimensional com os eixos L^* , a^* e b^* , que são posteriormente convertidos numa fórmula: $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$. Essa fórmula considera três componentes principais da cor: a diferença de luminosidade (ΔL^*), a diferença de tonalidade entre vermelho e verde (Δa^*), e a diferença de tonalidade entre amarelo e azul (Δb^*) ⁽⁵⁷⁾.

A diferença de luminosidade (ΔL^*) representa a discrepância entre os valores de luminosidade das duas cores. Valores positivos indicam que a cor é mais clara, enquanto valores negativos indicam que a cor é mais escura. A variação de tonalidade entre vermelho e verde (Δa^*) corresponde à diferença entre os valores de tonalidade vermelha e verde das duas cores. Valores positivos indicam que a cor é mais avermelhada, enquanto valores negativos indicam que a cor é mais esverdeada. A diferença de tonalidade entre amarelo e azul (Δb^*) representa a discrepância entre os valores de tonalidade amarela e azul das duas cores. Valores positivos indicam que a cor é mais amarelada, enquanto valores negativos indicam que a cor é mais azulada ⁽⁵⁷⁾.

1.4.1. Métodos de Avaliação da Cor

A cor da superfície pode ser avaliada através de diferentes métodos.

A observação visual é executada por um observador humano e pode ser influenciada por fatores como a iluminação do ambiente e a capacidade visual do observador. A comparação da cor da superfície com padrões estabelecidos é realizada através de padrões de cor.

Existem medidores de cor que utilizam tecnologias para medir a cor de uma superfície, como o espectrofotómetro e o colorímetro, que são os mais comuns. Por outro lado, os *softwares* de análise de imagem analisam a imagem da superfície e determinam a cor de forma precisa e objetiva, mas sua eficácia depende da qualidade da imagem capturada. Além disso, a espectrofotometria difusa é um método que mede a quantidade de luz refletida pela superfície em diferentes comprimentos de onda e pode ser usado para medir a cor em diferentes condições de iluminação ⁽⁵³⁾.

1.4.2. Aparelhos de Medição de cor

1.4.2.1. Espectrofotômetro

Através de uma fonte de luz e de um detetor de luz, o espectrofotômetro, mede a intensidade da luz que passa através da amostra. Este instrumento mede a absorção ou a transmissão da luz em determinada amostra e pode ser utilizado em várias áreas, incluindo a medicina dentária, para medir a cor dos materiais. Com recurso a um espectrofotômetro é possível, utilizando um sistema de escalas de cor, medir as variações da cor ⁽⁵⁷⁾.

Existem diferentes tipos de espectrofotômetros, onde cada tipo é projetado para medir diferentes comprimentos de onda, tendo a capacidade de estudar diferentes propriedades na mesma amostra.

1.4.2.2. Colorímetro

. Na medicina dentária, para avaliação da estabilidade de cor das resinas utilizadas para a confecção de bases protéticas, é comum a utilização de um colorímetro pois permite quantificar as variações da cor ⁽⁵⁷⁾.

O colorímetro é um dispositivo que visa medir a cor de forma objetiva e quantitativa, muito utilizado na área da ciência e da tecnologia. O princípio de funcionamento, baseia-se na absorção de luz das substâncias ou objetos. O colorímetro emite luz branca que incide sobre a amostra. Esta absorve uma determinada frequência de luz incidente, enquanto outra parte é refletida ou transmitida. O colorímetro mede a quantidade de luz absorvida pela amostra em diferentes comprimentos de onda, permitindo a obtenção de um espectro de absorção ^(58,59).

A quantificação da cor da amostra, a partir dos dados obtidos pelo colorímetro, é possível utilizando escalas de cores padronizadas, como a escala CIELab. Essas escalas fornecem valores numéricos que representam as características da cor, das quais podemos enumerar a luminosidade, a tonalidade e a saturação ^(58,59).

1.5. Objetivos do Estudo

O objetivo desta investigação é avaliar, em meio laboratorial, a alteração de cor de diferentes resinas utilizadas para a confecção de bases protéticas.

1.6. Hipóteses

Como hipótese nula considera-se que não existem diferenças na estabilidade de cor das diferentes resinas utilizadas na confecção de bases protéticas após imersão em soluções corantes.

Como hipótese de trabalho considera-se a variação significativa ou não, na estabilidade de cor das diferentes resinas utilizadas na confecção de bases protéticas após imersão em soluções corantes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Desenho do Estudo

O presente estudo é do tipo experimental *in vitro* e consiste na avaliação quantitativa da alteração de cor de três tipos de resinas acrílicas utilizadas na confecção de bases protéticas após imersão em duas soluções corantes (café e vinho tinto da marca portuguesa pingo doce) e numa solução padrão, a água destilada (da marca Auchan).

As resinas utilizadas nesta investigação foram manuseadas de acordo com as instruções do fabricante.

2.2. Amostras

Neste estudo foram utilizados três tipos diferentes de resina acrílica, habitualmente utilizados na confecção de bases protéticas (Tabela 1) e (Figuras 1).



Figura 1. A - Resina termopolimerizável; B- Resina de fresagem; C - Resina de impressão 3D

Tabela 1- Tipos de resinas para bases protéticas

Tipo de resina	Nome	Marca Comercial	País de Origem
Termopolimerizável	Probase Hot	Ivoclar Vivadent ®	Liechtenstein
CAD/CAM: Fresagem	CediTEC DB	VOCO GmbH ®	Alemanha
CAD/CAM: Impressão 3D	V – Print dentbase	VOCO GmbH ®	Alemanha

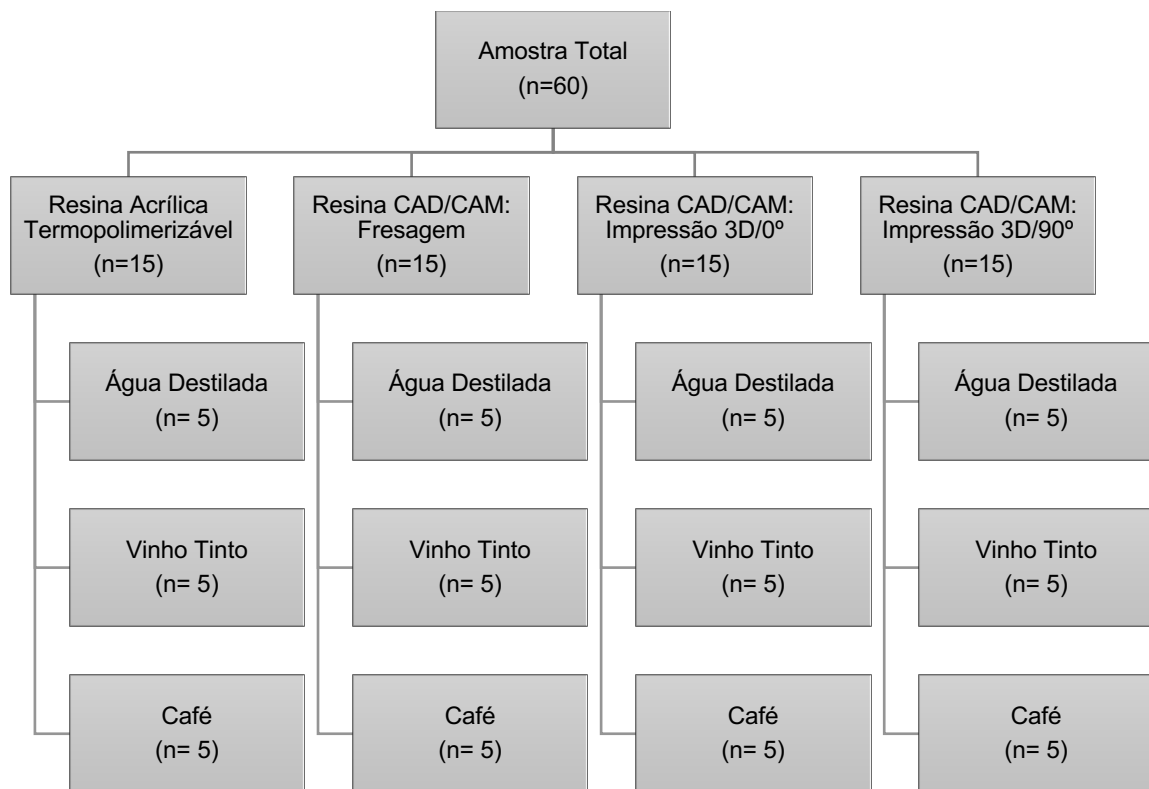
Para este estudo experimental foi confeccionado um total de 60 provetes com forma quadrangular e dimensões padronizadas (20x20mm e 2mm de espessura): 15 de resina termopolimerizável, 15 de resina de fresagem e 30 de resina de impressão 3D, uma vez que foram usadas duas angulações de impressão (0° e 90°).

2.2.1. Divisão da Amostra

A população em estudo foi dividida em 12 grupos, tendo em conta o método de processamento das resinas e a solução de imersão. (Tabela 2)

Para cada método de processamento da resina, os provetes numerados de 1 a 5 foram imersos na solução de controlo (água destilada), de 6 a 10 na solução corante de vinho tinto e de 11 a 15 na solução corante de café solúvel. Esta divisão, resultou em 4 grupos controlo, 4 grupos imersos em vinho tinto e 4 grupos imersos em café, um para cada tipo de resina.

Tabela 2 - Divisão das amostras



2.3. Critérios de Inclusão e Exclusão das Amostras

Os critérios que se seguem foram utilizados para a inclusão ou exclusão dos provetes:

Critérios de Inclusão

- Provetes de resina com forma e dimensões pré-definidas.
- Provetes sem alterações significativas como resultado do procedimento

de polimento.

2.4. Variáveis em Estudo

Variável dependente: Cor

Variável Independente: tipo de resina (resina acrílica termopolimerizável, resina acrílica CAD/CAM método de fresagem, resina acrílica CAD/CAM método impressão 3D a 0°, resina acrílica CAD/CAM método impressão 3D a 90°) e Corantes.

2.5. Protocolo de Confeção dos Provetes

2.5.1. Resina Termopolimerizável

1. Confeção de um molde em silicone utilizando os provetes confeccionados através do método de fresagem, para criação dos espaços no molde de silicone (Figura 2 A);
2. Preparação da resina com a proporção de 20g de pó para 10 ml de líquido;

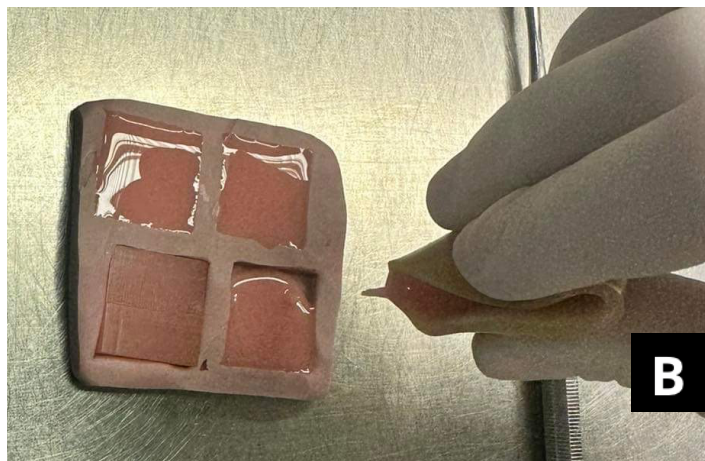
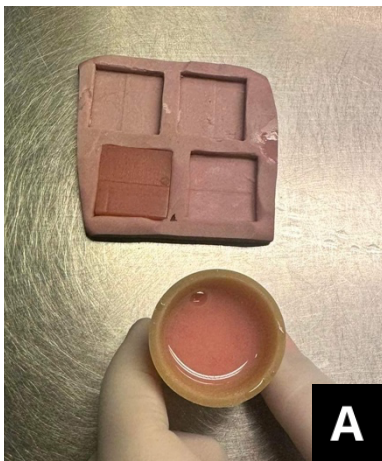


Figura 2. A - Molde de silicone; B - Preenchimento do molde com resina acrílica termopolimerizável

3. Colocação da resina nos espaços do molde de silicone (Figura 2 B);

4. Colocação do molde dentro da panela de pressão, com a temperatura a 55°C, durante 30 minutos, e, depois submersão em água fria por 15 min (Figura 3);

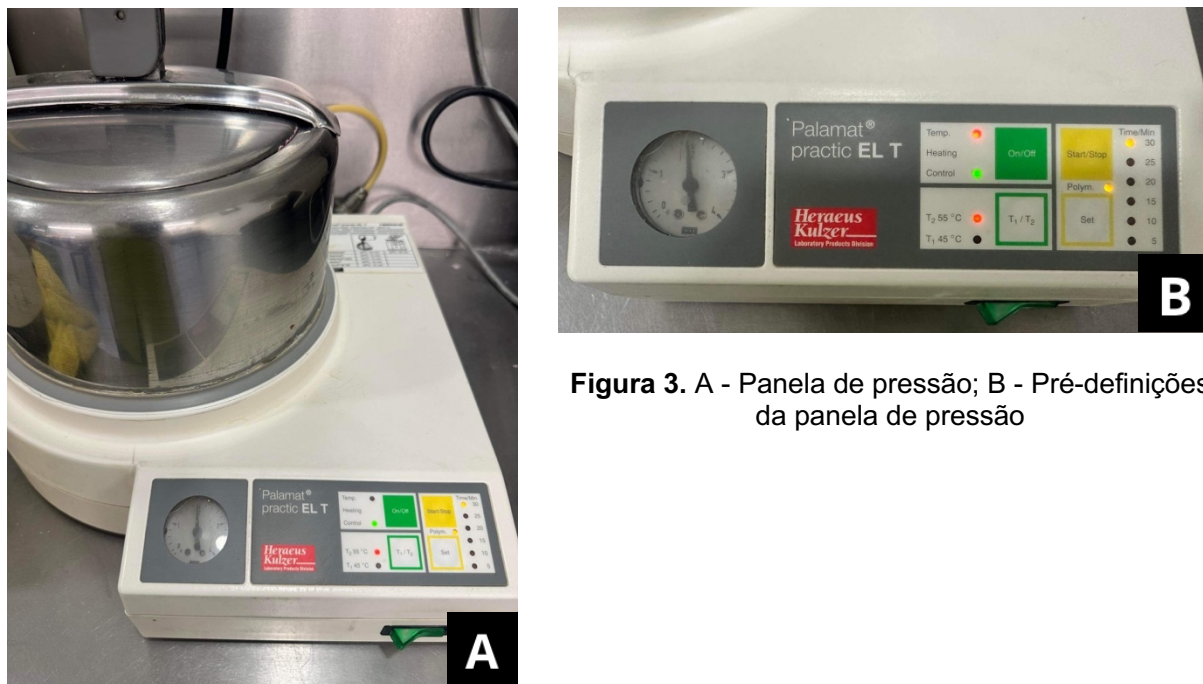


Figura 3. A - Panela de pressão; B - Pré-definições da panela de pressão

5. Armazenamento dos provetes em mangas esterilizadas, seladas e etiquetadas para evitar contaminação ou deterioração até ao início do protocolo de pigmentação.

2.5.2. Resinas Acrílicas do Sistema CAD/CAM

2.5.2.1. Método de Fresagem

1. Desenho virtual dos provetes utilizando um programa informático de CAD (Solidworks®) sendo esse desenho convertido num ficheiro STL (Figura 4);

2. Envio do ficheiro STL para a fresadora DWX- 52D (DWX Series, Espanha);

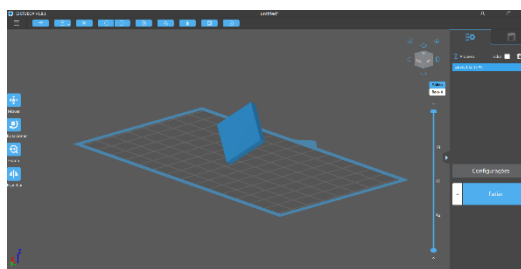


Figura 4. Desenho do provete

3. Colocação do bloco de PMMA pré-polimerizado (CediTEC DB, VOCO® GmbH, Alemanha) com 98,5x30mm no adaptador adequado à dimensão. Corte do disco com broca direcionada a 90° em relação à posição do bloco de PMMA pelo método de fresagem a seco, com aspiração das partículas para assegurar o corte sem detritos. Remoção do disco do suporte e destaque dos provetes do disco (Figura 5)

4. Armazenamento dos provetes em mangas esterilizadas, seladas e etiquetadas para evitar contaminação ou deterioração até ao início do protocolo de pigmentação.

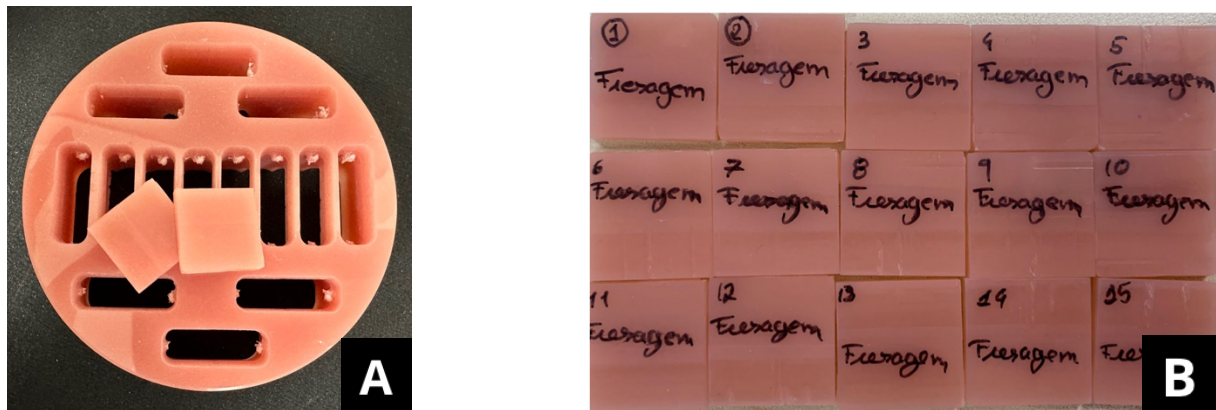


Figura 5. A - Bloco de PMMA pré-polimerizado; B - Provetes fresados

2.5.2.2. Métodos de Impressão 3D

1. Desenho virtual dos provetes realizado no programa informático de CAD (Solidworks®) sendo esse desenho convertido num ficheiro STL (Figura 4);

2. Envio do ficheiro STL para a impressora 3D (Asiga Max UV 3D Printer, ASIGA, Alemanha);



Figura 6. A - Provetes impressão 3D/0°; B - Provetes impressão 3D/90°

3. Impressão dos provetes com duas angulações em relação ao plano horizontal: 0° e 90° (Figura 6)
4. Lavagem dos provetes em dois ciclos de banho ultrassónico com álcool isopropílico com duração de 2 minutos cada (Sonorex Super RK 102H, Bandelin, Alemanha), respeitando as instruções do fabricante;
5. Polimerização pós impressão com radiação no comprimento de onda compreendido entre os 280-580nm (Otoflash G171, Flashing Unit, NK-Optik GmbH, Alemanha);
6. Armazenamento dos provetes em mangas esterilizadas, seladas e etiquetadas para evitar contaminação ou deterioração até ao início do protocolo de pigmentação.

2.6. Verificação da Qualidade dos Provetes:

- Avaliação da integridade física: presença de fraturas ou irregularidades detetáveis a olho nu.
- Verificação das dimensões pré-definidas com recurso a paquímetro digital (Mitutoyo, ABSOLUTE AOS DIGMATIC, Alemanha) (Figura 7).



Figura 7. Paquímetro digital

2.7. Protocolo de Polimento

Os provetes de cada resina foram submetidos a igual polimento, para excluir a influência da rugosidade de superfície nas amostras, utilizando-se um protocolo de polimento de resinas de base protética.

O protocolo de polimento foi executado pelo mesmo operador, para não

introduzir variabilidade, de forma homogênea e independente da resina testada.

As brocas utilizadas encontram-se representadas na Figura 8. Inicialmente, para o alisamento da superfície foi utilizada a Broca 9572G, grão verde, que elimina as rugosidades presentes no acrílico, em seguida, o pré-polimento foi executado com a broca 9572M, grão cinzento, para obtenção do primeiro brilho sobre a superfície. A broca seguinte foi a 9572F, grão amarelo, para a obtenção de uma superfície totalmente suave e com brilho. A última broca utilizada foi a 1164 em combinação com a emulsão 1150 para obtenção de brilho elevado e textura totalmente lisa. Todas as brocas são da VOCO GmbH



Figura 8. Kit de polimento de bases protéticas

O polimento foi executado com a sequência de brocas anteriormente descrita, com recurso a uma peça de mão acoplada a um micromotor (STRONG 206, SAESHIN®, Coreia) a 5'000rpm. (Figura 9).

Cada broca da série, foi utilizada durante 30 segundos.



Figura 9. Micromotor e peça de mão

2.8. Protocolo de Pigmentação

Os provetes foram colocados numa estufa EHRET BK 4106 (EHRET GmbH, Alemanha) em água destilada a 37°C durante 24h horas antes da imersão nas soluções corantes (Figura 10), para hidratação e mimetizar a cavidade oral.

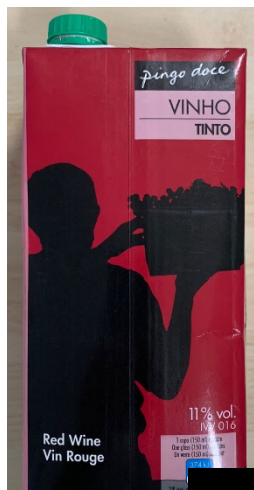


Figura 10. Estufa

Os provetes foram, posteriormente, imersos em três soluções, duas corantes (café, vinho tinto) e uma controlo (água destilada) (Figura 11). A solução de café foi preparada diluindo 3g de café solúvel por cada 100mL de água em ebulição.



A



B



C

Figura 11. A - Café solúvel; B - Vinho; C - Água destilada

Após a sua preparação, as soluções foram colocadas numa estufa, de modo a atingirem a temperatura de 37°C. Estas foram substituídas diariamente, para não perderem as suas propriedades físicas e químicas (Figura 12).



Figura 12. Provetes na estufa a 37°

No total, as amostras ficaram imersas nas respetivas soluções por um período de 10 dias, sendo apenas retiradas para se substituírem as soluções e para serem realizadas as medições de cor. Sempre que são efetuadas medições de cor, os provetes são removidos das soluções corantes e limpos em papel absorvente.

2.9. Avaliação da Estabilidade de Cor

Cada amostra foi submetida à leitura de cor em três locais diferentes da superfície polida sendo calculado o valor médio dessas medições. Em todas as amostras foi registada a cor inicial – T0 (após imersão em água destilada durante 24h) e após imersão nas soluções ao 1 e 10 dias – T1 e T2, respetivamente.

A avaliação quantitativa da alteração de cor foi realizada de forma objetiva com recurso ao colorímetro PCE-CSM 5 (PCE instruments®) programado no sistema CIEL *a*b* (Figura 13 A).



Figura 13. A - Colorímetro; B - Medição da cor dos provetes com recurso ao colorímetro

Inicialmente, o colorímetro foi calibrado usando uma peça branca, fornecida pelo fabricante. As medições foram realizadas na mesma altura do dia (ao longo da manhã) sem variações de luz. Foi utilizada sempre a mesma base, totalmente branca, correspondente a uma folha de papel. As leituras da cor foram realizadas com o colorímetro posicionado na vertical e em contacto com a superfície da amostra (Figura 13 B).

A alteração de cor (ΔE^*) foi sempre determinada em relação às medições iniciais (antes da imersão das amostras nas soluções) e calculada segundo a fórmula:

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

Para além disso, os valores da variação de cor foram convertidos em unidades NBS pela seguinte equação:

$$\text{NBS (U)} = \Delta E^* \times 0,92$$

A alteração de cor aceitável clinicamente é dada através das unidades NBS (National Bureau of Stan, onde a interpretação destes resultados é denominada inspeção visual objetiva, onde a sua interpretação tem os seguintes resultados clínicos:

- 0,0 – 0,5 → Vestigial
- 0,5 – 1,5 → Leve
- 1,5 – 3,0 → Perceptível
- 3,0 – 6,0 → Apreciável
- 6,0 – 12,0 → Marcada
- 12,0 > → Muito marcada

2.10. Análise Estatística e Descritiva

Neste estudo, após a recolha dos dados foi efetuada a inserção destes numa base de dados no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 26.0, onde se realizou o tratamento estatístico tendo em consideração os objetivos do estudo.

Para a análise descritiva recorreu-se às medidas estatísticas: média, desvio padrão, mínimo e máximo.

Como as variáveis dependentes (variação da cor) podem ser influenciadas por dois fatores: método e solução recorreu-se à Anova fatorial. Este método permite estudar o efeito de cada um dos fatores e também o efeito da interação entre os fatores. Assim sendo, quando se rejeita a hipótese nula na Anova significa que o fator em estudo tem efeito estatisticamente significativo sobre a variável dependente. Utilizou-se, neste trabalho, a medida de efeito eta quadrado parcial, que acima de 0,5 significa que o efeito é muito elevado. O valor de significância estatística definido foi 0,05.

3. RESULTADOS

Com o objetivo de avaliar a cor dos provetes, foi utilizado um colorímetro, em três momentos distintos (T0 - inicial, T1 – passadas 24h e T2 – passados 10 dias). Foram realizadas três medições, em três locais distintos da superfície de cada provete, tendo sido, posteriormente, o valor médio para cada amostra e por grupo nos três tempos de leitura.

3.1. Variação de Cor ΔE

A variação da cor de cada uma das amostras foi obtida através da fórmula anteriormente descrita. Posteriormente, foi avaliada a variação da cor, para cada solução, entre os intervalos de tempo T0-T1 (diferença de cor após 24h de imersão); T1-T2(diferença de cor entre as 24h e os 10 dias de imersão) e T0-T2 (diferença de cor ao fim de 10 dias de imersão). Em seguida, foi calculada a média e o desvio padrão para se proceder à análise dos dados.

A partir dos resultados obtidos, estudou-se o impacto da solução (H₂O, Vinho e Café) no método utilizado (Tradicional, Fresagem, Impressão 3D 0° e Impressão 3D 90°) com base na variação da cor após um dia (Tabela 3). A solução H₂O apresenta os resultados mais baixos nos métodos: Tradicional (1,50±1,07) e Impressão 3D 0° (1,24±1,14). Por sua vez o café apresenta os resultados mais baixos em Fresagem (2,05±1,44) e em Impressão 3D 90° (3,54±0,51). Os resultados mais elevados pertencem à solução vinho em todos os métodos com exceção da Impressão 3D 0°.

Tabela 3. Caracterização da variação da cor após um dia

Método	Solução	$\Delta T0_T1$	
		Min; Max	$\bar{X} \pm s$
Tradicional	H ₂ O	0,65; 2,67	1,50±1,07
	Vinho	1,21; 3,55	2,17±0,93
	Café	1,56; 2,81	2,11±0,51
Fresagem	H ₂ O	1,12; 4,22	2,69±1,27
	Vinho	1,20; 4,10	2,80±1,25
	Café	0,84; 4,17	2,05±1,44
Impressão 3D 0°	H ₂ O	0,29; 2,98	1,24±1,14
	Vinho	2,41; 5,98	4,15±1,44
	Café	3,03; 6,51	5,15±1,40
Impressão 3D 90°	H ₂ O	2,24; 5,05	3,87±1,21
	Vinho	3,52; 7,37	5,34±1,83
	Café	3,06; 4,37	3,54±0,51

Min; Max – Mínimo – Máximo; \bar{X} – média; s – desvio padrão;

A Anova fatorial completamente inter-sujeitos, calculada para variâncias homogêneas ($F=0,597$, $p = 0,822$) revela a existência de um efeito principal para o método ($F=10,719$, $p < 0,001$), para a solução ($F=5,836$, $p < 0,01$) e para a interação entre os fatores ($F=4,036$, $p < 0,01$) a que correspondem medidas de efeito de 0,401; 0,196 e 0,335, respectivamente, calculadas com base no eta parcial (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados Anova fatorial para a variação da cor a um dia

Origem	F	Sig.	Eta parcial quadrado
Método	10,719	0,000	0,401
Solução	5,836	0,005	0,196
Método * Solução	4,036	0,002	0,335

Comparações múltiplas a posterior, calculadas com ajustamento de Bonferroni, revelam que quanto às soluções H₂O difere significativamente de Vinho (Tabela 5). Quanto aos métodos observou-se que a Impressão 3D 0° e 90° diferem significativamente do Tradicional e da Fresagem, enquanto os outros métodos são estatisticamente idênticos entre si (Tabela 6).

Tabela 5. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor após um dia com ajustamento de Bonferroni para as soluções

(I) Solução	(J) Solução	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
H ₂ O	Vinho	-1,290*	0,005	-2,248	-0,331
	Café	-0,887	0,078	-1,845	0,071
Vinho	H ₂ O	1,290*	0,005	0,331	2,248
	Café	0,402	0,908	-0,556	1,361
Café	H ₂ O	0,887	0,078	-0,071	1,845
	Vinho	-0,402	0,908	-1,361	0,556

Tabela 6. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor após um dia com ajustamento de Bonferroni para os métodos

(I) Método	(J) Método	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
Tradicional	Fresagem	-0,589	0,999	-1,816	0,639
	Impressão 3D 0°	-1,583*	0,005	-2,811	-0,356
	Impressão 3D 90°	-2,323*	0,000	-3,550	-1,095
Fresagem	Tradicional	0,589	0,999	-0,639	1,816
	Impressão 3D 0°	-0,995	0,183	-2,222	0,233
	Impressão 3D 90°	-1,734*	0,002	-2,961	-0,507
Impressão 3D 0°	Tradicional	-1,583*	0,005	0,356	2,811
	Fresagem	0,995	0,183	-0,233	2,222
	Impressão 3D 90°	-0,739	0,623	-1,967	0,488
Impressão 3D 90°	Tradicional	2,323*	0,000	1,095	3,550
	Fresagem	1,734*	0,002	0,507	2,961
	Impressão 3D 0°	0,739	0,623	-0,488	1,967

Relativamente à interação do método e solução e atendendo ao gráfico 1 pode-se afirmar que esta existe e é visualmente identificável. No método tradicional e no método de fresagem a variação da cor é semelhante entre soluções.

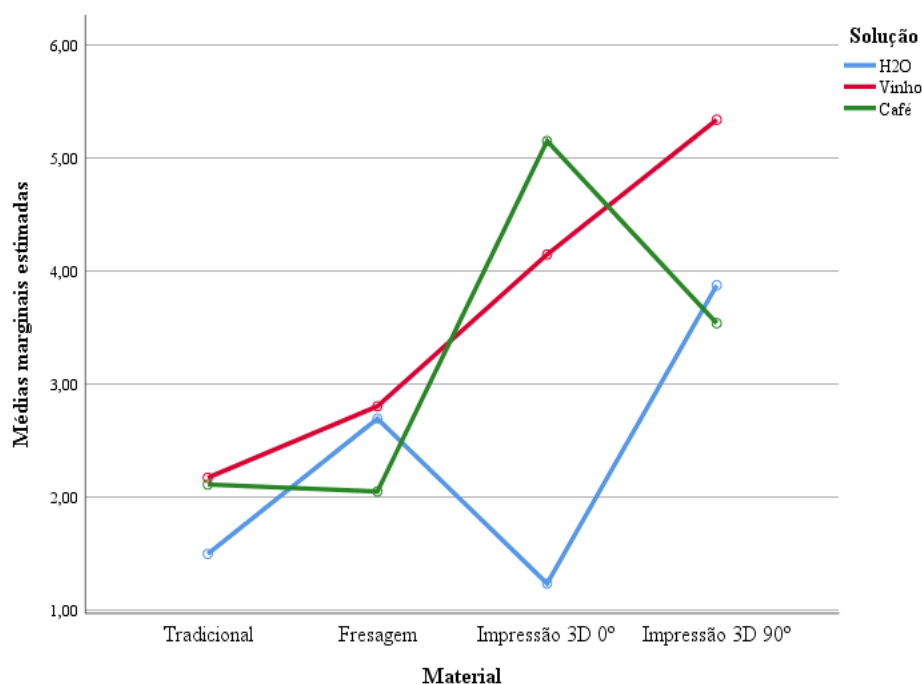


Gráfico 1. Representação das médias da variação da cor após um dia por método e solução

Na Tabela 7, estudou-se o impacto da solução (H₂O, Vinho e Café) no método utilizado (tradicional, Fresagem, Impressão 3D 0° e Impressão 3D 90°) com base na variação da cor entre o 1º e 10º dias de imersão. A solução café apresenta os

resultados mais elevados na Fresagem ($2,85\pm 0,95$), na Impressão 3D 0° ($2,80\pm 1,06$) e em Impressão 3D 90° ($3,73\pm 0,60$). Os valores mais baixos nestes métodos correspondem à solução vinho.

Tabela 7. Caracterização da variação da cor entre o 1° e 10° dias

Método	Solução	$\Delta T_2 - T_1$	
		Min-Max	$\bar{X} \pm s$
Tradicional	H ₂ O	0,63; 2,47	1,35±0,68
	Vinho	0,21; 3,94	1,81±1,59
	Café	0,91; 1,99	1,36±0,48
Fresagem	H ₂ O	0,29; 3,30	1,16±1,22
	Vinho	0,65; 2,15	1,13±0,60
	Café	1,95; 4,26	2,85±0,95
Impressão 3D 0°	H ₂ O	1,40; 4,12	2,68±1,33
	Vinho	0,61; 1,53	1,09±0,37
	Café	1,35; 4,14	2,80±1,06
Impressão 3D 90°	H ₂ O	1,68; 3,36	2,50±0,72
	Vinho	0,16; 1,60	0,97±0,58
	Café	3,04; 4,24	3,73±0,60

Uma Anova fatorial (Tabela 8) completamente inter-sujeitos, calculada para variâncias homogêneas ($F=1,112$, $p=0,373$) revela a existência de um efeito principal para o método ($F=3,024$, $p<0,05$), para a solução ($F=12,162$, $p<0,001$) e para a interação entre os fatores ($F=3,523$, $p<0,01$) a que correspondem medidas de efeito de 0,159; 0,336 e 0,306, respetivamente, calculadas com base no eta parcial.

Tabela 8. Resultados Anova fatorial para a variação da cor entre o 1° e 10° dias

Origem	F	Sig.	Eta parcial quadrado
Método	3,024	0,039	0,159
Solução	12,162	0,000	0,336
Método * Solução	3,523	0,006	0,306

Comparações múltiplas a posterior, calculadas com ajustamento de Bonferroni, revelam que o Café difere significativamente de H₂O e Vinho (Tabela 9). Quanto aos métodos não se encontraram diferenças estatisticamente significativas (Tabela 10).

Tabela 9. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor entre o 1º e 10º dias com ajustamento de Bonferroni para as soluções

(I) Solução	(J) Solução	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
H ₂ O	Vinho	0,677	0,074	-0,046	1,399
	Café	-0,759*	0,036	-1,482	-0,037
Vinho	H ₂ O	-0,677	0,074	-1,399	0,046
	Café	-1,436*	0,000	-2,159	-0,713
Café	H ₂ O	0,759*	0,036	0,037	1,482
	Vinho	1,436*	0,000	0,713	2,159

Tabela 10. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor entre o 1º e 10º dias com ajustamento de Bonferroni para os métodos

(I) Método	(J) Método	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
Tradicional	Fresagem	-0,203	0,999	-1,129	0,722
	Impressão 3D 0º	-0,684	0,285	-1,610	0,242
	Impressão 3D 90º	-0,892	0,065	-1,818	0,034
Fresagem	Tradicional	0,203	0,999	-0,722	1,129
	Impressão 3D 0º	-0,481	0,957	-1,406	0,445
	Impressão 3D 90º	-0,689	0,277	-1,614	0,237
Impressão 3D 0º	Tradicional	0,684	0,285	-0,242	1,610
	Fresagem	0,481	0,957	-0,445	1,406
	Impressão 3D 90º	-0,208	0,999	-1,134	0,718
Impressão 3D 90º	Tradicional	0,892	0,065	-0,034	1,818
	Fresagem	0,689	0,277	-0,237	1,614
	Impressão 3D 0º	0,208	0,999	-0,718	1,134

Relativamente à interação do método e solução e atendendo ao gráfico 2 pode-se afirmar que esta é visível entre todas as soluções e métodos.

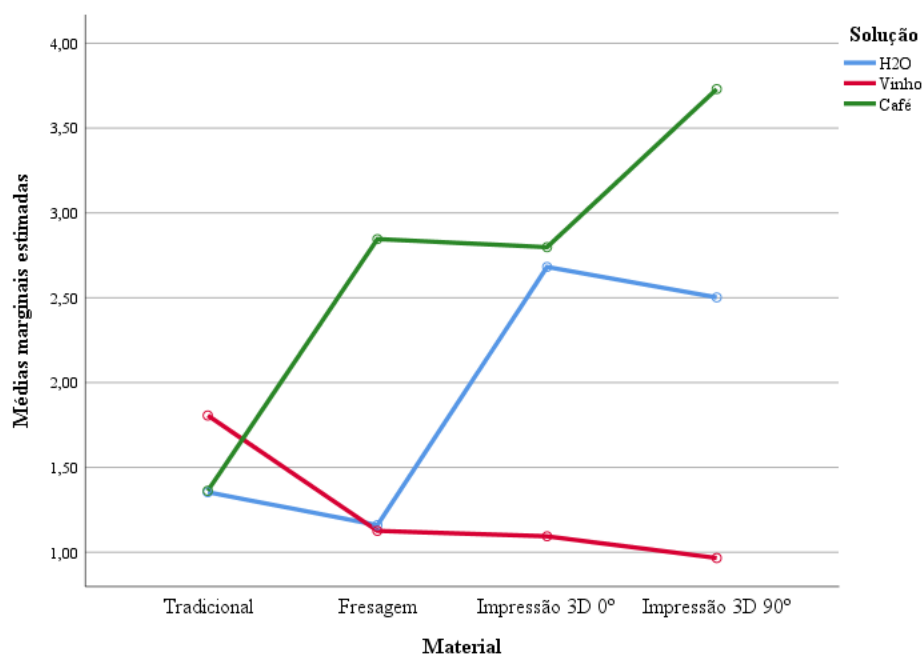


Gráfico 2. Representação das médias da variação da cor entre o 1º e 10º dias por método e solução

Na Tabela 11 encontram-se os resultados do impacto da solução (H₂O, Vinho e Café) no método utilizado (Tradicional, Fresagem, Impressão 3D 0º e Impressão 3D 90º) com base na variação da cor após 10 dias. A solução café apresenta os resultados mais elevados em todos os métodos. A água apresentou os valores mais baixos de variação de cor exceto no método de impressão 3D/90º, onde o vinho apresentou valores mais baixos.

Tabela 11. Caracterização da variação da cor após 10 dias

Método	Solução	$\Delta T2_T0$	
		Min-Max	$\bar{X} \pm s$
Tradicional	H ₂ O	0,63; 2,47	1,06±0,74
	Vinho	0,21; 3,94	1,57±0,40
	Café	0,91; 1,99	2,72±1,36
Fresagem	H ₂ O	0,29; 3,30	3,74±1,41
	Vinho	0,65; 2,15	3,81±0,90
	Café	1,95; 4,26	4,33±0,99
Impressão 3D 0º	H ₂ O	1,40; 4,12	3,21±1,00
	Vinho	0,61; 1,53	4,62±1,30
	Café	1,35; 4,14	7,22±1,68
Impressão 3D 90º	H ₂ O	1,68; 3,36	6,28±1,24
	Vinho	0,16; 1,60	5,76±1,97
	Café	3,04; 4,24	6,69±0,54

Quanto ao método de processamento das resinas acrílicas, o de Impressão 3D/90° foi o que apresentou variações de maiores em todas as soluções, sendo assim a resina menos estável ao longo do tempo. Depois foi o método de Impressão 3D/0°, seguido do de Fresagem e por último, o método mais com valores mais baixos de variação de cor foi o Tradicional.

Uma Anova fatorial completamente inter-sujeitos, calculada para variâncias homogêneas ($F=0,986$, $p =0,472$) revela a existência de um efeito principal para o método ($F=36,756$, $p <0,001$), para a solução ($F=10,503$, $p <0,001$) e para a interação entre os fatores ($F=2,399$, $p <0,05$) a que correspondem medidas de efeito de 0,697; 0,304 e 0,231, respetivamente, calculadas com base no eta parcial (Tabela 12).

Tabela 12. Resultados Anova fatorial para a variação da cor após 10 dias

Origem	F	Sig.	Eta parcial quadrado
Método	36,349	0,000	0,697
Solução	10,503	0,000	0,304
Método* Solução	2,399	0,042	0,231

Comparações múltiplas a posterior, calculadas com ajustamento de Bonferroni, revelam que a solução café difere significativamente de H₂O e do Vinho (Tabela 13). Quanto aos métodos concluiu-se que todos diferem significativamente uns dos outros, com exceção de Fresagem e Impressão 3D 0° que são estatisticamente idênticos (Tabela 14).

Tabela 13. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor após 10 dias com ajustamento de Bonferroni para as soluções

(I) Solução	(J) Solução	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
H ₂ O	Vinho	-0,368	0,899	-1,316	0,582
	Café	-1,667*	0,000	-2,616	-0,719
Vinho	H ₂ O	0,368	0,999	-0,580	1,316
	Café	-1,299*	0,004	-2,248	-0,351
Café	H ₂ O	1,667*	0,000	0,719	2,616
	Vinho	1,299*	0,004	0,351	2,248

Tabela 14. Resultados das comparações múltiplas da variação da cor após 10 dias com ajustamento de Bonferroni para os métodos

(I) Método	(J) Método	Diferença média (I-J)	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
Tradicional	Fresagem	-2,181*	0,000	-3,395	-0,966
	Impressão 3D 0°	-3,237*	0,000	-4,451	-2,022
	Impressão 3D 90°	-4,463*	0,000	-5,677	-3,248
Fresagem	Tradicional	2,181*	0,000	0,966	3,395
	Impressão 3D 0°	-1,056	0,124	-2,271	0,159
	Impressão 3D 90°	-2,282*	0,000	-3,497	-1,067
Impressão 3D 0°	Tradicional	3,237*	0,000	2,022	4,451
	Fresagem	1,056	0,124	-0,159	2,271
	Impressão 3D 90°	-1,226*	0,047	-2,441	-0,011
Impressão 3D 90°	Tradicional	4,463*	0,000	3,248	5,677
	Fresagem	2,282*	0,000	1,067	3,497
	Impressão 3D 0°	1,226*	0,047	0,011	2,441

Relativamente à interação do método e solução e atendendo ao gráfico 3 pode-se afirmar que esta existiu entre todas as soluções em especial no método fresagem.

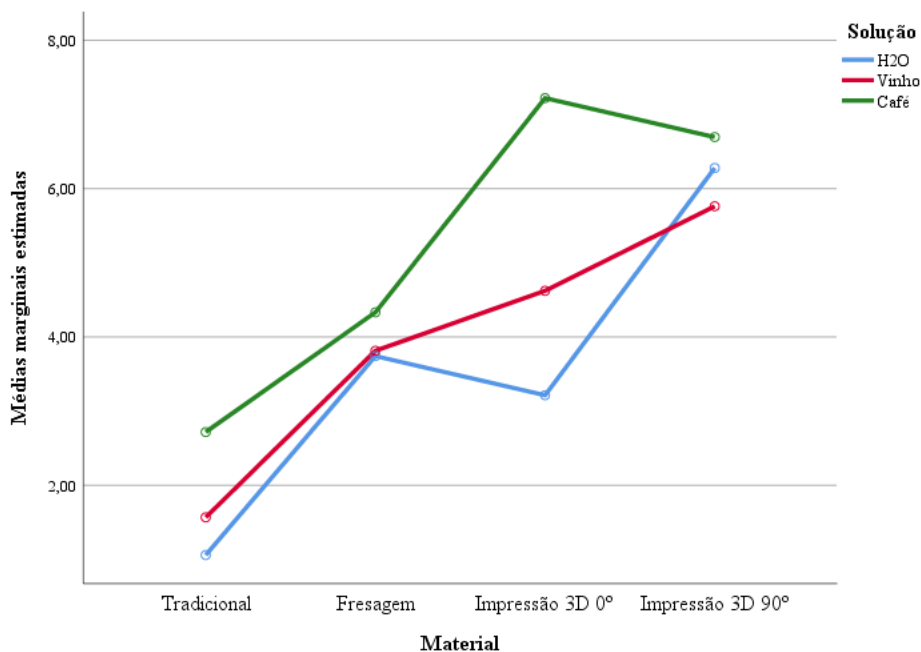


Gráfico 3. Representação das médias da variação da cor após 10 dias por método e solução

3.2. Inspeção Visual Objetiva (Unidades NBS)

Posteriormente foram calculadas as variações de cor em unidades NBS para cada tipo de resina, em cada uma das soluções nos respectivos tempos de leitura T0-T1; T1-T2 e T0-T2. Para isso foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{NBS (U)} = \Delta E^* \times 0,92$$

Na Tabela 15 encontra-se a média dos valores NBS dos provetes processados pelo método tradicional, em cada solução e nos três tempos de estudo. Os valores obtidos entre T0-T1 permitem verificar que na água destilada a variação da cor foi considerada leve, enquanto no Vinho tinto e no café foi considerada perceptível. No intervalo entre T1 e T2, verifica-se que na solução água destilada e no café a variação de cor foi considerada leve e no vinho tinto perceptível. Relativamente aos valores obtidos entre T2 e T0, concluímos que a variação na água destilada e no vinho tinto é considerada leve e no café perceptível.

Tabela 15. Variação de cor em unidades NBS dos provetes de resina tradicional em cada solução

	NBS T0 – T1	NBS T1- T2	NBS T0 – T2
H2O	1,38 ±0,98	1,25±0,62	0,97±0,69
VINHO	2,00±0,85	1,66±1,46	1,44±0,36
CAFÉ	1,94±0,47	1,25±0,44	2,5±1,25

A média dos valores dos provetes processados pelo método de fresagem encontra-se na Tabela 16. Entre T0-T1, verifica-se que a variação de cor na água destilada, no vinho tinto e no café foi considerada perceptível. No intervalo entre T1 e T2, verifica-se que na solução água destilada e no vinho tinto a variação de cor foi considerada leve e no café perceptível. Relativamente aos valores obtidos entre T0 e T2, é possível inferir que a variação na água destilada, no vinho tinto e no café foi considerada apreciável.

Tabela 16. Variação de cor em unidades NBS dos provetes em cada solução - Fresagem

	NBS T0 – T1	NBS T1- T2	NBS T0 – T2
H2O	2,48±1,77	1,07±1,12	3,44±1,30
VINHO	2,58±1,15	1,03±0,55	3,51±0,83
CAFÉ	1,89±1,33	2,62±0,88	3,99±0,92

Na tabela 17 encontram-se descritos os valores médios dos provetes processados pelo método Impressão 3D/0°, em cada solução. Os valores obtidos entre T0-T1, indicam que na água destilada a variação da cor foi considerada leve, no vinho tinto e no café foi considerada apreciável. No intervalo entre T1 e T2, verifica-se que na solução água destilada a variação de cor foi considerada perceptível, no vinho tinto leve e no café perceptível. Relativamente aos valores obtidos entre T2 e T0, é possível verificar que a variação na água destilada é considerada perceptível, no vinho tinto apreciável e no café marcada.

Tabela 17. Variação de cor em unidades NBS dos provetes em cada solução - Impressão 3D/0°

	NBS T1 - T0	NBS T2- T1	NBS T2 - T0
H2O	1,14±1,05	2,47±1,22	2,96±0,92
VINHO	3,81±1,32	1,01±0,34	4,25±1,20
CAFÉ	4,74±1,29	2,57±0,97	6,64±1,54

A média dos valores dos provetes processados pelo método de impressão 3D/90°, indica para o intervalo entre T0-T1 que na água destilada no vinho tinto e no café a variação da cor foi considerada apreciável. Já no intervalo entre T1 e T2, observa-se que na solução água destilada a variação de cor foi considerada perceptível, no vinho tinto leve e no café apreciável. Relativamente aos valores obtidos

entre T0 e T2, é possível inferir que a variação na água destilada e no vinho tinto é considerada apreciável e a do café marcada (Tabela 18).

Tabela 18. Variação de cor em unidades NBS dos provetes em cada solução - Impressão 3D/90°

	NBS T0 – T1	NBS T1- T2	NBS T0 – T2
H2O	3,56±1,11	2,30±0,66	5,78±1,14
VINHO	4,91±1,68	0,89±0,53	5,30±1,81
CAFÉ	3,26±0,47	3,43±0,55	6,16±0,50

4. DISCUSSÃO

Este estudo laboratorial propôs-se a avaliar a estabilidade da cor de resinas de bases protéticas, obtidas por diferentes tipos de processamento, quando imersas nas mesmas soluções corantes (café e vinho tinto), com recurso a um colorímetro.

Aliada à evolução tecnológica, existe a procura pela otimização dos materiais já existentes. Através de critérios de seleção é possível optar pelos materiais com as melhores propriedades e características, das quais podemos destacar as físicas, químicas e mecânicas ^(3,6). A evolução da Medicina Dentária passou pelo desenvolvimento de tecnologias digitais, nomeadamente a tecnologia CAD/CAM ^(11,12). Esta tecnologia veio otimizar a utilização de novas resinas que procuram colmatar as desvantagens associadas às resinas convencionais. ^(16, 24)

Na área da reabilitação oral, a escolha da resina para a confeção de bases protéticas é um fator chave para obtenção da melhor estética e longevidade, ou seja, o sucesso clínico dos tratamentos ^(16, 17, 23). As resinas utilizadas no método convencional de fabrico de próteses dentárias apresentam limitações dependentes do operador e do processo de fabrico. Estas podem causar alterações que afetam diretamente o grau de pigmentação das bases protéticas ⁽³¹⁾. A tecnologia CAD/CAM, com recurso ao método subtrativo ou aditivo, não contabilizando diretamente as suas diferenças, foi desenvolvida para reduzir as variáveis que estão dependentes diretamente do operador. Estes processos vão gerar uma uniformização do método de produção e combater algumas das falhas dos métodos tradicionais ⁽³²⁾.

O PMMA é o material mais utilizado em Medicina Dentária para a confeção de bases protéticas, no entanto, o tipo de resina e o método de processamento confere diferentes propriedades químicas e mecânicas ⁽¹⁶⁻²⁰⁾.

A estabilidade da cor das resinas acrílicas apresenta uma elevada relevância clínica, uma vez que uma prótese com alterações da cor conduz ao descontentamento por parte do paciente. Desta forma, é importante compreender a estabilidade de cor das diferentes resinas que podem ser utilizadas na confeção de bases protéticas para ajudar o clínico na tomada de decisão do tipo de resina mais adequado a cada tratamento.

Em Portugal, a água é a bebida mais consumida, seguindo-se o café e o vinho tinto ⁽⁶¹⁾. Por este motivo selecionamos estas duas bebidas como soluções corantes do nosso estudo.

Relativamente ao café, a sua capacidade de pigmentação é conhecida por afetar a cor dos dentes e dos tecidos da cavidade oral em geral ⁽⁶²⁾. Depende da sua

concentração e do grau de acidez, o que provoca desgaste e torna os materiais mais suscetíveis à pigmentação. O consumo regular do café em quantidades consideráveis, leva a alterações de cor devido aos pigmentos que estão presentes nesta bebida. As melanoidinas são os principais pigmentos responsáveis pela cor escura do café. O café mais torrado, apresenta maior quantidade de melanoidinas, o que o torna mais escuro, resultando numa coloração mais intensa. ⁽⁶¹⁾.

Geralmente o café é ingerido a temperaturas mais elevadas que podem alterar o grau de pigmentação com a variação da temperatura. Por sua vez, o vinho tinto é ingerido a temperaturas mais baixas, o que pode ser um fator decisivo na sua capacidade de pigmentação ⁽⁶²⁾.

O vinho tinto contém várias substâncias que contribuem para a sua cor característica. A principal classe de compostos responsáveis pela pigmentação do vinho tinto são os pigmentos fenólicos como os antocianos. Para além disso, o vinho tinto também pode conter outros compostos que influenciam sua cor, como as catequinas e os polifenóis. Esses compostos podem contribuir para a estabilidade da cor e influenciar a tonalidade do vinho tinto ⁽⁶³⁾.

Tendo em conta os resultados do presente estudo, a substância que confere maior pigmentação é o café. A pigmentação produzida pelo café e pelo vinho é estatisticamente significativa em comparação com a água destilada. Sendo que em todas as resinas, os valores mais elevados da variação da cor verificaram-se nos provetes imersos no café. Estudos realizados anteriormente, que utilizaram estas soluções corantes, obtiveram resultados semelhantes. ⁽⁶⁴⁻⁶⁷⁾.

No entanto, existem outros estudos em que a substância que provocou maior alteração de cor foi o vinho tinto, o que pode ser justificado pela utilização de vinho com características distintas, visto serem de marcas diferentes ⁽⁶⁸⁾.

A resina convencional apresentou a menor variação de cor ao longo do tempo. Pelo contrário a resina de impressão 3D a 90° foi a que obteve maior variação. Para além destas duas resinas a que apresentou valores mais próximos das resinas tradicionais foi a resina de fresagem, seguida da resina de impressão 3D a 0°. Estes resultados estão em concordância com os obtidos noutros estudos que utilizaram as mesmas resinas ou algumas das resinas selecionadas ⁽⁶⁴⁻⁶⁶⁾.

Estudos da rugosidade de superfície de resinas de impressão 3D, com diferentes angulações de impressão, concluíram que aos provetes impressos a 90° apresentavam valores mais elevados de rugosidade superficial quando comparados

com os impressos a 0° (70,71). Este aspeto pode justificar o facto das resinas de impressão 3D a 90° apresentarem, no nosso estudo, valores de alteração de cor mais elevados que as de impressão 3D a 0° (69,70).

A variação da cor pode ser avaliada visualmente, com recurso a um colorímetro ou a um espectrofotómetro. Uma vez que ambos são indicados para a avaliação da cor, estudos semelhantes, dividem-se entre a utilização do colorímetro e do espectrofotómetro (72). Neste estudo, o instrumento seleccionado para a avaliação da estabilidade da cor foi o colorímetro, que mede a cor segundo um conjunto limitado de filtros, para simular a percepção visual humana da cor (66).

Limitações na investigação laboratorial

Esta investigação laboratorial apresenta algumas limitações que devem ser tidas em conta na interpretação dos resultados. Em primeiro lugar, apenas foram testados 3 tipos de resinas acrílicas, de marcas previamente seleccionadas, havendo outras marcas comerciais que podem apresentar diferentes propriedades e comportamentos.

A forma geométrica quadrangular dos provetes, não se assemelha à forma complexa das bases protéticas, não tendo sido este parâmetro considerado na presente investigação (72).

O estudo decorreu em condições que não simularam a biodegradação a que as próteses se encontram sujeitas quando inseridas na cavidade oral por longos períodos de tempo. As diferenças de temperatura e de pH aquando da ingestão dos alimentos e bebidas não foram analisadas (73).

As soluções utilizadas no protocolo de pigmentação não permitem mimetizar realisticamente as condições da cavidade oral. A saliva é um fluido biológico complexo, composto por água, enzimas, proteínas e outras substâncias. Por outro lado, a água destilada, sendo pura e isenta de substâncias presentes na saliva, não é capaz de reproduzir completamente o ambiente oral (74). A sua não utilização é justificada com o facto de introduzir novas variáveis à estabilidade da cor nas bases protéticas. Artigos que recorreram a saliva artificial, relatam interferência com as propriedades do material. Este facto originou uma acrescida dificuldade em analisar a proveniência das alterações de cor (75).

Trabalhos de investigação futuros

A realização de estudos que mimetizem as condições da cavidade oral e a sua implicação, nomeadamente na rugosidade de superfície das resinas é importante para percebermos o impacto desta situação na estabilidade de cor. Para além disso, o protocolo de polimento selecionado, contém variáveis que são dependentes do operador e da correta manipulação dos instrumentos. Sendo assim, deve ser tida em consideração a utilização de mecanismos que excluam essa variável em estudos futuros.

O grau de pigmentação do café está relacionado com a sua concentração, quantidade de cafeína e outras substâncias. Para um estudo mais rigoroso e amplo da estabilidade da cor de bases protéticas em interação com o café, deve ser tida em consideração a utilização de diferentes marcas comerciais de café. O mesmo se passa para o vinho tinto.

Em estudos futuros pretende-se a realização do mesmo protocolo por um período de tempo mais alargado, para uma melhor compreensão da estabilidade de cor destas resinas ao longo do tempo.

Uma vez que só foram selecionadas resinas de uma marca comercial para cada tipo de resina, devem ser elaborados estudos onde dentro do mesmo tipo de resina, sejam estudadas diferentes marcas.

5. CONCLUSÃO

Tendo em consideração as limitações inerentes ao presente estudo experimental, é possível concluir que:

- Quando aplicado o mesmo protocolo de imersão a todos os provetes, a diferença de valores de variação de cor entre as resinas acrílicas para confecção de bases protéticas pode ser atribuída às diferentes características inerentes às resinas assim como ao seu processamento;
- A resina acrílica convencional foi a que demonstrou maior estabilidade de cor ao longo dos 10 dias de estudo. No que diz respeito à resina elaborada pelo método de fresagem, esta obteve valores de variação de cor um pouco mais elevados, mas ainda assim satisfatórios.
- As resinas de impressão 3D são as que evidenciam uma maior variação de cor, sendo a resina de impressão 3D a 90° a que apresentou menor estabilidade desta propriedade ao longo do tempo de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kenski, V. M. Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação. Campinas: Editora Papyrus. 2012; 141p
2. Kulkarni S, Seneviratne N, Baig MS, Khan AHA. Artificial Intelligence in Medicine: Where Are We Now? *Acad Radiol*. 2020;27(1):62-70.
3. Barra, Daniela Couto Carvalho, et al. Evolução histórica e impacto da tecnologia na área da saúde e da enfermagem. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, 2006, 8.3.
4. Lu L, Zhang J, Xie Y, Gao F, Xu S, Wu X, Ye Z. Wearable Health Devices in Health Care: Narrative Systematic Review. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020; 9;8(11):e18907.
5. Wang F, Preininger A. AI in Health: State of the Art, Challenges, and Future Directions. *Yearb Med Inform*. 2019;28(1):16-26
6. O'Rourke B, Oortwijn W, Schuller T; International Joint Task Group. The new definition of health technology assessment: A milestone in international collaboration. *Int J Technol Assess Health Care*. 2020;36(3):187-190.
7. Madhan B, Gayathri H. Identification and prevention of digital forgery in orthodontic records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;138(6):850-7.
8. Stanley M, Paz AG, Miguel I, Coachman C. Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report. *BMC Oral Health*. 2018 Aug 7;18(1):134.
9. Nensa F, Demircioglu A, Rischpler C. Artificial Intelligence in Nuclear Medicine. *J Nucl Med*. 2019 Sep;60(Suppl 2):29S-37S.
10. Dierickx, a et al. 2006. Dental records: a Belgium study. *The Journal of forensic odonto-stomatology*, 24(1), pp.22–31.
11. Stanley M, Paz AG, Miguel I, Coachman C. Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report. *BMC Oral Health*. 2018 7;18(1):134.
12. Coachman C, Sesma N, Blatz MB. The complete digital workflow in interdisciplinary dentistry. *Int J Esthet Dent*. 2021;16(1):34-49
13. Gerritsen A.E., Allen P.F., Witter D.J., Bronkhorst E.M., Creugers N.H.J. Tooth loss and oral health-related quality of life: A systematic review and meta-analysis. *Health Qual. Life Outcomes*. 2010;8:126.
14. Ogino Y. Oral Rehabilitation from Oral and Dental Diseases. *Healthcare (Basel)*. 2022 Oct 18;10(10):2065.

15. Fradeani, M., Barducci, G. Reabilitação Estética em prótese fixa- Tratamento protético: Uma abordagem sistemática à integração Estéticas, biológica e funcional- Vol.2. Quintessence. 2009; p.351
16. Spagnuolo G, Sorrentino R. The Role of Digital Devices in Dentistry: Clinical Trends and Scientific Evidences. *J Clin Med.* 2020;9(6):1692
17. Christensen GJ. Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc.* 2009;140(10):1301-4
18. Locker D, Allen PF. Developing short-form measures of oral health-related quality of life. *J Public Health Dent.* 2002 Winter;62(1):13-20. doi: 10.1111/j.1752-7325.2002.tb03415.x.
19. Krausch-Hofmann S, Cuypers L, Ivanova A, Duyck J. Predictors of Patient Satisfaction with Removable Denture Renewal: A Pilot Study. *J Prosthodont.* 2018;27(6):509-16.
20. Müller F, Naharro M, Carlsson GE. What are the prevalence and incidence of tooth loss in the adult and elderly population in Europe. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18:2–14.
21. Friel T, Waia S. Removable Partial Dentures for Older Adults. *Prim Dent J.* 2020 Sep;9(3):34-39.
22. Zierden K, Wöstmann J, Wöstmann B, Rehmann P. Clinical performance of different types of dental prosthesis in patients with head and neck tumors-a retrospective cohort study. *Clin Oral Investig.* 2022 Dec;26(12):7121-7133.
23. Jayaraman S, Singh BP, Ramanathan B, Pazhaniappan Pillai M, MacDonald L, Kirubakaran R. Final-impression techniques and materials for making complete and removable partial dentures. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018 Apr 4;4(4):CD012256.
24. Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater.* 2012;28(1):3-12.
25. Carneiro Pereira AL, Bezerra de Medeiros AK, de Sousa Santos K, Oliveira de Almeida É, Seabra Barbosa GA, da Fonte Porto Carreiro A. Accuracy of CAD-CAM systems for removable partial denture framework fabrication: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2020;125(2):241-248.
26. Srinivasan M, Kalberer N, Kamnoedboon P, Mekki M, Durual S, Özcan M, Müller F. CAD-CAM complete denture resins: an evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and surface characteristics. *J Dent.* 2021;114:103785.
27. Deb, S. Polymers in dentistry. *J Eng Med.* 1998; 212, 453–464.

28. Hassan, M.; Asghar, M.; Din, S.U.; Zafar, M.S. Chapter 8. In *Thermoset Polymethacrylate-Based Materials for Dental Applications*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019;273–308.
29. Sakaguchi, R.L.; Powers, J.M. *Craig's Restorative Dental Materials*; Elsevier/Mosby: Philadelphia, PA, USA, 2012.
30. Anusavice, K.J.; Shen, C.; Rawls, H.R. *Phillips' Science of Dental Materials*; Elsevier Health Sciences: Amsterdam, The Netherlands, 2012.
31. Zafar MS. Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers (Basel)*. 2020 8;12(10):2299
32. Infante L, Yilmaz B, McGlumphy E, Finger I. Fabricating complete dentures with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent*. 2014;111(5):351-5.
33. Ayman A-D. The residual monomer content and mechanical properties of CAD\CAM resins used in the fabrication of complete dentures as compared to heat cured resins. *Electron physician*. 2017; 9(7): 4766–72.
34. Lee S, Hong S-J, Paek J, Pae A, Kwon K-R, Noh K. Comparing accuracy of denture bases fabricated by injection molding, CAD/CAM milling, and rapid prototyping method. *J Adv Prosthodont*. 2019; 11(1): 55–64.
35. TAO, Jing, et al. Integration of Life Cycle Assessment with computer-aided product development by a feature-based approach. *Journal of cleaner production*, 2017; 143: 1144-1164
36. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation. *J Prosthodont Res*. 2016; 60(2): 72–84.
37. Berman B. 3-D printing: the new industrial revolution. *Bus Horiz* 2012;55:155-62.
38. Braian M, Jimbo R, Wennerberg A. Production tolerance of additive manufactured polymeric objects for clinical applications. *Dent Mater*. *Dent Mater*. 2016;32(7):853-61.
39. Dawood A., Marti B.M., Sauret-Jackson V., Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J*. 2015;219(11):521–529.
40. Kim SY, Lee SH, Cho SK, Jeong CM, Jeon YC, Yun MJ, Huh JB. Comparison of the accuracy of digitally fabricated polyurethane model and conventional gypsum model. *J Adv Prosthodont*. 2014;6(1):1-7
41. Ferreira ML, Cuevás-Suarez CE, Piva E, Lund RG. Novel polymethyl methacrylate modified with metal methacrylate monomers: biological, physicomechanical, and optical properties. *Biofouling*. 2022;38(3):250-259.

42. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health*. 2014, 30;14-10
43. Ali, U.; Karim, K.J.B.A.; Buang, N.A. A Review of the properties and applications of poly (methyl methacrylate) (PMMA). *Polym. Rev.* 2015, 55, 678–705.
44. Shotwell JL, Razzoog ME, Koran A. Color stability of long-term soft denture liners. *J Prosthet Dent*. 1992;68(5):836-8.
45. CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), Colorimetry - technical report. CIE Pub. No. 15 (3rd ed.), Bureau Central de la CIE, Vienna. 2004; 16-20
46. NYQUIST G. A study of denture sore mouth; an investigation of traumatic, allergic and toxic lesions of the oral mucosa arising from the use of full dentures. *Acta Odontol Scand Suppl*. 1952;10(9):1-154.
47. Reggiani MGL, Feitosa FA, de Araújo RM. Color stability of artificial teeth after exposure to acid and staining agents. *Braz Dent Sci*. 2015;18:60–66.
48. Yunisa, Fahmi; SARI, Nurfitia; NURSYAHBANI, Nana Wafiqah. Surface Roughness of Artificial Teeth after Immersion in Coffee Solution and Denture Cleaning. In: *Applied Mechanics and Materials*. Trans Tech Publications Ltd, 2022: 31-38.
49. Heydecke G, Schnitzer S, Türp JC. The color of human gingiva and mucosa: visual measurement and description of distribution. *Clin Oral Investig*. 2005;9(4):257-65.
50. Ho DK, Ghinea R, Herrera LJ, Angelov N, Paravina RD. Color Range and Color Distribution of Healthy Human Gingiva: a Prospective Clinical Study. *Sci Rep*. 2015 22;5:18498.
51. Hong G, Murata H, Li Y, Sadamori S, Hamada T. Influence of denture cleansers on the color stability of three types of denture base acrylic resin. *J Prosthet Dent*. 2009;101(3):205-13.
52. Levkowitz H. *Color Theory and Modeling for Computer Graphics, Visualization, and Multimedia Applications*: Kluwer Boston, 1997.
53. Li X, Yang H, Guo J, Wu L, Li Y. Methods for color evaluation of surfaces: a review. *Optik*. 2020;206:164427.
54. Ren J, Lin H, Huang Q, Zheng G. Determining color difference thresholds in denture base acrylic resin. *J Prosthet Dent*. 2015;114(5):702-8
55. Paravina RD, Powers JM. *Esthetic color training in dentistry*. St Louis: Elsevier Mosby; 2004; 17.

56. Westland S. Review of the CIE system of colorimetry and its use in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2003;15 Suppl 1:S5-12.
57. Pecho OE, Ghinea R, Alessandretti R, Pérez MM, Della Bona A. Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dent Mater* 2016;32:82-92.
58. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res*. 1989;68:819–822.
59. Kim SJ, Woo JM, Jo CW, Park JH, Kim SK, Kahm SH. Color changes of ceramic veneers following glazing with respect to their composition. *J Adv Prosthodont*. 2019 Feb;11(1):16-22.
60. Sousa, Diogo Cruz Pontífice. Barómetro exploratório de inovação e renovação. Diss. 2011.
61. Buyukyilmaz S, Ruyter IE. Color stability of denture base polymers. *Int J Prosthodont*. 1994 Jul-Aug;7(4):372-82.
62. Martin C, Neyraud E. Impact of Very Hot Drink Consumption Habits, Age, and Sex, on Taste Sensitivity. *Foods*. 2021 May 20;10(5):1139.
63. Aleixandre-Tudo JL, Buica A, Nieuwoudt H, Aleixandre JL, du Toit W. Spectrophotometric Analysis of Phenolic Compounds in Grapes and Wines. *J Agric Food Chem*. 2017 May 24;65(20):4009-4026.
64. Gruber S, Kamnoedboon P, Özcan M, Srinivasan M. CAD/CAM Complete Denture Resins: An In Vitro Evaluation of Color Stability. *J Prosthodont*. 2021 Jun;30(5):430-439.
65. Banu F, Jeyapalan K, V AK, Modi K. Comparison of Colour Stability Between Various Denture Base Resins on Staining and Denture Cleansing Using Commercially Available Denture Cleansers. *Cureus*. 2020 Jan 19;12(1):e6698.
66. Ayaz EA, Ustun S. Effect of staining and denture cleaning on color stability of differently polymerized denture base acrylic resins. *Niger J Clin Pract*. 2020 Mar;23(3):304-309.
67. Al-Qarni FD, Goodacre CJ, Kattadiyil MT, Baba NZ, Paravina RD. Stainability of acrylic resin materials used in CAD-CAM and conventional complete dentures. *J Prosthet Dent*. 2020 Jun;123(6):880-887.
68. Sepúlveda-Navarro WF, Arana-Correa BE, Ferreira Borges CP, Habib Jorge J, Urban VM, Campanha NH. Color stability of resins and nylon as denture base material in beverages. *J Prosthodont*. 2011;20(8):632–8.

69. Al-Dulaijan YA, Alsulaimi L, Alotaibi R, Alboainain A, Alalawi H, Alshehri S, Khan SQ, Alsaloum M, AlRumaih HS, Alhumaidan AA, Gad MM. Avaliação Comparativa da Rugosidade da Superfície e Dureza de Resinas Impressas em 3D. *Materiais (Basel)*. 2022 Oct 1;15(19):6822.
70. Shim JS, Kim JE, Jeong SH, Choi YJ, Ryu JJ. Printing accuracy, mechanical properties, surface characteristics, and microbial adhesion of 3D-printed resins with various printing orientations. *J Prosthet Dent*. 2020 Oct;124(4):468-475.
71. Śmielecka M, Dorocka-Bobkowska B. Comparison of two optical devices used for artificial tooth color selection. *Dent Med Probl*. 2022 Apr-Jun;59(2):249-253.
72. Deste Gökay G, Özkan P, Durkan R, Oyar P. Measurements of surface scale changes in different denture base materials by stereophotogrammetric technique. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2021 Winter;15(1):1-6.
73. Vyas HKN, Xia B, Mai-Prochnow A. Clinically relevant in vitro biofilm models: A need to mimic and recapitulate the host environment. *Biofilm*. 2022 Jan 31;4:100069
74. Ramanna PK. Wettability of three denture base materials to human saliva, saliva substitute, and distilled water: A comparative in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2018 Jul-Sep;18(3):248-256.
75. Bitencourt SB, Catanoze IA, da Silva EVF, Dos Santos PH, Dos Santos DM, Turcio KHL, Guiotti AM. Effect of acidic beverages on surface roughness and color stability of artificial teeth and acrylic resin. *J Adv Prosthodont*. 2020 Apr;12(2):55-60.