



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Fernanda Matos

**Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de diferentes resinas
utilizadas para confecção de restaurações temporárias**

Araraquara
2025



UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Fernanda Matos

**Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de diferentes resinas
utilizadas para confecção de restaurações temporárias**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Odontologia da
Faculdade de Odontologia de Araraquara, da
Universidade Estadual Paulista, para a
obtenção do grau de Cirurgião-dentista.

**Orientadora: Profa. Dra. Taisa Nogueira
Pansani**

**Araraquara
2025**

M433a Matos, Fernanda
Avaliação de propriedades físicas e mecânicas de diferentes resinas utilizadas para confecção de restaurações temporárias / Fernanda Matos. -- Araraquara, 2025
40 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Odontologia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araraquara
Orientadora: Taisa Nogueira Pansani

1. Resinas. 2. Propriedades de superfície. 3. Teste de materiais.
I. Título.

**UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Odontologia de Araraquara**

Fernanda Matos

**Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de diferentes resinas
utilizadas para confecção de restaurações temporárias**

Orientador: Profa. Dra. Taisa Nogueira Pansani

Assinatura Orientadora:

Assinatura Aluna:

Araraquara, 10 de outubro de 2025.

Dedico essa pesquisa à minha mãe, Simone, que sempre renunciou às próprias necessidades para priorizar as minhas.

Por todos os esforços, pelos impossíveis transformados em realidade e por cada gesto de amor que me trouxe até aqui.

Você é meu maior exemplo de mulher, de força e de humanidade.

Serei eternamente grata por ter me dado a oportunidade de estudar e conquistar meus sonhos.

Essa vitória não é só minha, em cada conquista há sempre um pouco de você.

AGRADECIMENTOS

À Deus e à minha madrinha, Nossa Senhora Aparecida, agradeço a presença constante ao longo desses cinco anos. Sempre me guiando, me fortalecendo e escutando minhas preces, foram meu amparo nos momentos de incerteza, esperança nos dias difíceis e abraço nos dias de conquistas. Sou profundamente grata por tê-los em minha vida, pois sem eles eu seria nada.

À minha mãe, Simone, que nunca poupou esforços para que eu conquistasse tudo o que sempre sonhei. Seu amor e dedicação foram a base de toda a minha trajetória.

À minha avó, Lúcia, que me criou com tanto amor e carinho e me ensinou a levar a vida com leveza, mesmo diante das dificuldades.

À minha tia-irmã de alma, Miriam, minha melhor amiga, que sempre esteve ao meu lado. Com ela aprendi a ser eu mesma, a valorizar a pureza dos sentimentos e a viver nossa conexão única, que vai além de qualquer definição.

Aos meus tios queridos, Luciana e Sérgio, que me trataram como filha e sempre estiveram por perto em cada etapa da minha vida. Com eles aprendi o verdadeiro significado de fé.

À minha tia Rejane, que desde a minha infância se dedicou a me orientar pelos melhores caminhos. De forma indireta, foi ela quem me trouxe até a Odontologia. Sou eternamente grata por seu amor, apoio e por sempre acreditar em mim e no meu potencial.

À minha querida e grande família, que sempre esteve presente e me apoiou em todos os momentos. Sou grata pelo incentivo constante, por acreditar em mim e me dar toda força que eu precisava.

Ao amor da minha vida, Lucca, que me fez enxergar uma Fernanda com muito amor para dar. Obrigada por ser meu porto seguro e meu lar.

À pós-graduanda, Isabela Reis, que desde o início das pesquisas me acompanhou com carinho, paciência e dedicação. Mais que uma orientadora, foi uma amiga sempre solícita, que me ensinou muito.

À minha orientadora, Profa. Dra. Taisa, expresso minha mais profunda gratidão. Uma profissional de excelência, que se dedica à ciência de maneira inspiradora. Sou imensamente grata por sua paciência, compreensão, dedicação e apoio, assim como por todas as portas e oportunidades que gentilmente me proporcionou, pelas quais sempre terei enorme apreço.

Matos F. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de diferentes resinas utilizadas para confecção de restaurações temporárias [Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Odontologia]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2025.

RESUMO

Restaurações temporárias têm, como função, a proteção dos tecidos remanescentes após o preparo dos elementos dentários, restabelecendo a função, estética e estabilizando a oclusão até a instalação de uma prótese final. Os materiais utilizados na confecção de restaurações temporárias devem ser biocompatíveis, com boa resistência mecânica e resistentes ao manchar até sua substituição. Os objetivos desse estudo foram avaliar propriedades físicas e mecânicas de 4 materiais utilizados para confecção de restaurações temporárias: resina acrílica autopolimerizável convencional (pó/líquido), resina bis-acrílica, resina para manufatura subtrativa (fresada CAD/CAM) e resina para manufatura aditiva (impressão 3D). Corpos de prova foram confeccionados, seguindo as recomendações dos fabricantes. Foram realizadas as análises de rugosidade superficial (R_a , $n=8$) em microscópio Confocal, microdureza (KHN, $n=8$), análise de pH ($n=6$), resistência ao manchar após imersão à diferentes corantes ($n=6$) e resistência a flexão (MPa, $n=10$). Os dados foram analisados considerando um nível de significância de 5%. Maior R_a foi observado no grupo da resina acrílica convencional, seguido pelos CAD-CAM, 3D e bis-acrílica. A resina 3D apresentou maior microdureza, seguida pela bis-acrílica. Maior e menor resistência a flexão foram observadas nos grupos CAD-CAM e convencional, respectivamente. Não houve nenhum material que causou variação de pH significativo. A imersão dos materiais na água destilada não gerou alteração de cor. A resina bis-acrílica apresentou alteração de cor ao longo do tempo quando imersa tanto em café quanto em vinho tinto. A resina convencional foi a única que não sofreu alteração de cor independente da solução de imersão durante o período avaliado. Conclui-se que nenhum material apresentou todas as propriedades ideais, sendo necessária a compreensão das características individuais para a seleção clínica mais adequada.

Palavras – chave: Resinas; Propriedades de superfície; Teste de materiais.

Matos F. Evaluation of physical and mechanical properties of different resins used for temporary restorations [Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Odontologia]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2025.

ABSTRACT

Temporary restorations serve to protect the remaining tissues after tooth preparation, restoring function, aesthetics, and stabilizing occlusion until the placement of the definitive prosthesis. The materials used for temporary restorations must be biocompatible, mechanically resistant, and stain-resistant until their replacement. The aim of this study was to evaluate the physical and mechanical properties of four materials used for temporary restorations: conventional autopolymerizing acrylic resin (powder/liquid), bis-acrylic resin, subtractive manufacturing resin (CAD/CAM milled), and additive manufacturing resin (3D printed). Specimens were fabricated according to the manufacturers' instructions. The analyses performed included surface roughness (Ra, n=8) using a confocal microscope, microhardness (KHN, n=8), pH analysis (n=6), stain resistance after immersion in different solutions (n=6), and flexural strength (MPa, n=10). Data were analyzed at a significance level of 5%. The highest Ra values were observed in the conventional acrylic resin group, followed by CAD-CAM, 3D, and bis-acrylic. The 3D resin showed the highest microhardness, followed by bis-acrylic. The highest and lowest flexural strength values were observed in the CAD-CAM and conventional groups, respectively. No significant pH variations were detected in any material. Immersion in distilled water did not result in color changes. Bis-acrylic resin showed color alteration over time when immersed in both coffee and red wine. Conventional acrylic resin was the only material that exhibited no color change, irrespective of the immersion solution, during the evaluation period. No material exhibited all the ideal properties for temporary restorations, highlighting the need to understand the individual characteristics of each for the most appropriate clinical selection.

Keywords: Resins; Surface properties; Materials testing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 PROPOSIÇÃO.....	12
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	13
4 MATERIAL E MÉTODO.....	20
4.1 Definição dos Grupos Experimentais.....	20
4.2 Confeção de Corpos de Prova.....	21
4.3 Análise da Rugosidade (Ra, n=8).....	23
4.4 Avaliação da Microdureza (KHN, n=8).....	23
4.5 Análise de Resistência a Flexão em 3 Pontos (MPa, n=10).....	23
4.6 Análise de pH dos Extratos das Resinas (n=6).....	24
4.7 Avaliação da Resistência ao Manchamento após Imersão em Soluções (n=6).....	25
4.8 Análise Estatística.....	26
5 RESULTADO.....	27
5.1 Rugosidade Superficial (Ra).....	27
5.2 Microdureza (Knoop).....	27
5.3 Resistência a Flexão em 3 Pontos (MPa).....	28
5.4 Alteração de pH dos Extratos das Resinas.....	29
5.5 Resistência ao Manchamento.....	29
6 DISCUSSÃO.....	32
7 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

Restaurações temporárias ou provisórias são aquelas confeccionadas com o objetivo de permitir uma boa estética, promover estabilidade e função durante um período limitado. Essas restaurações têm como função proteger os tecidos duros (esmalte e dentina) dos dentes preparados, danificados e/ou perdidos, reintegrando-os ao sistema estomatognático, restabelecendo sua função, melhorando a estética e estabilizando a oclusão até o momento de sua substituição por uma prótese fixa definitiva^{1,2}.

Os materiais utilizados para confecção de restaurações temporárias devem apresentar algumas características como: fácil manuseio, biocompatibilidade, apropriado tempo de trabalho, baixa exotermia, ser pouco poroso e atóxico, garantindo melhores propriedades físico-químicas e biológicas desses materiais¹. Os materiais utilizados para confecção de restaurações temporárias são classificados de 2 formas: (a) quanto ao seu método de polimerização; e (b) quanto sua composição e tipo de monômero². Quanto ao método de polimerização, esses materiais podem ser: autopolimerizáveis (ativados quimicamente), termopolimerizáveis (ativados pelo calor) e fotopolimerizáveis (ativados pela luz)¹. Quanto à composição, eles podem ser divididos em: resinas à base de metacrilato de metila (PMMA), resina composta de bisfenol A-glicidil-dimetacrilato (Bis-GMA ou bis-acrílica), resinas à base de polietil metacrilato (PEMA) e resinas de dimetacrilato de uretano¹⁻³.

Os principais problemas das resinas acrílicas estão relacionados à presença de monômeros residuais. Sua presença em quantidade elevada resulta em maior incidência às fraturas, maior desgaste⁴, aumento da citotoxicidade e rugosidade superficial⁵, e alteração de cor⁶. A resina bis-acrílica surgiu com o objetivo de resolver alguns problemas das resinas acrílicas convencionais, como a elevada exotermia, elevada contração de polimerização, baixa resistência ao desgaste e odor forte^{1,7}. Entretanto, sua indicação é limitada, pois, esse material apresenta custo elevado, baixa resistência ao manchamento, maior dificuldade de polimento e maior dificuldade de reparos⁸, sendo indicado para confecção de restaurações temporárias em preparos de facetas.

Com a introdução do desenho assistido por computador (CAD) e fresagem assistida por computador (CAM) na odontologia, novos materiais foram desenvolvidos para sua utilização na tecnologia subtrativa, como as resinas prensadas para

fresagem de restaurações temporárias⁹. Dentre as vantagens desses materiais estão: maior resistência mecânica, adaptação marginal, menor porosidade e menor liberação de monômeros residuais^{10,11}. Além dos métodos subtrativos, a manufatura aditiva por meio da impressão 3D também tem ganhado destaque na odontologia, através da confecção de modelos, placas e restaurações temporárias de longa duração. As resinas disponíveis para impressão 3D contêm em sua composição fotoiniciadores, absorvedores de luz ultravioleta (UV), além de monômeros acrilatos e epóxi para que um sistema específico de luz realize sua polimerização¹².

Quando comparadas a manufatura subtrativa (fresagem por CAD/CAM) com a manufatura aditiva (impressão 3D), a segunda apresenta um tempo de confecção reduzido e causa menos desperdício de matéria-prima¹³. Entretanto, as propriedades físicas e mecânicas de resinas temporárias impressas comparadas com resinas acrílicas convencionais e resinas fresadas apresentam resultados divergentes na literatura¹⁴⁻¹⁶. A literatura ainda relata que algumas resinas utilizadas para manufatura aditiva podem apresentar polimerização incompleta nas camadas mais profundas liberando monômeros e fotoiniciadores para os tecidos adjacentes provocando danos locais e sistêmicos^{17,18}. Além disso, estudos sugerem que as restaurações temporárias por manufatura subtrativa apresentam melhores propriedades físicas e mecânicas que as restaurações temporárias convencionais^{11,19}. Dessa forma, faltam estudos que comparando propriedades físico-químicas de materiais CAD/CAM e impressos 3D.

2 PROPOSIÇÃO

Avaliar a rugosidade superficial, microdureza, resistência a flexão, pH e resistência ao manchamento das diferentes resinas utilizadas para a confecção de restaurações temporárias, sendo elas a resina acrílica autopolimerizável, resina bis-acrílica, resina prensada para manufatura subtrativa CAD/CAM e resina para manufatura aditiva por impressão 3D.

3 REVISÃO DA LITERATURA

As resinas para restaurações temporárias em Odontologia podem ser classificadas principalmente em três grupos: resinas acrílicas convencionais (geralmente à base de polimetilmetacrilato - PMMA), resinas bis-acrílicas e resinas processadas por tecnologia CAD/CAM (incluindo blocos pré-polimerizados de PMMA e impressas 3D). Estes materiais possuem propriedades físico-químicas e propriedades específicas, que influenciam diretamente na sua indicação, desempenho e aplicação clínica.

Saisadan et al.²⁰, compararam as propriedades físico-mecânicas de três materiais utilizados na confecção de restaurações temporárias para próteses parciais fixas: resina provisória fotopolimerizável (Revotek LC, GC Corporation, Japão), resina bis-acrílica (Protemp 4, 3M ESPE, EUA) e resina de cura dual (TemSpan, Pentron Clinical Technologies, LLC). O estudo avaliou três parâmetros principais: resistência à flexão, resistência à compressão e estabilidade de cor. Foi evidenciado que a resina bis-acrílica apresentou maior resistência à flexão e à compressão em comparação com o restaurador provisório fotopolimerizável (Revotek LC). Entretanto, a resina fotopolimerizável obteve menor alteração de cor, se comparada a resina bis-acrílica. De modo geral, o estudo ressaltou que nenhum dos materiais avaliados apresentou melhor desempenho em todos os parâmetros avaliados. Embora os materiais possuam composições parecidas, variações na formulação, especialmente no que diz respeito aos agentes de reticulação, influenciaram diretamente o comportamento clínico. Assim, observa-se a necessidade de investigações adicionais que aprofundem a compreensão acerca da resposta desses materiais ao meio bucal.

O estudo de Tahayeri et al.²¹, comparou as resinas Integrity® (Dentsply, CA, EUA) e Jet® (Lang Dental Inc., IL, EUA) utilizadas na confecção de coroas e próteses fixas provisórias, confeccionadas por métodos convencionais e a resina NextDent C&B (Vertex Dental, Holanda) impressa 3D, quanto às propriedades físico-mecânicas. O estudo avaliou resistência à flexão, dureza superficial e estabilidade dimensional onde foi demonstrado que a resina impressa apresentou resistência à flexão e dureza superiores às resinas convencionais, possivelmente devido à maior homogeneidade estrutural e menor porosidade proporcionadas pelo processo de impressão. Além disso, observou-se que essas resinas mantiveram melhor estabilidade dimensional ao longo do tempo, indicando menor absorção de água e menor risco de deformação. De

maneira geral, o estudo reforça que a forma de fabricação influencia diretamente o desempenho dos materiais, e que a impressão 3D oferece vantagens significativas em termos de resistência mecânica e precisão dimensional. Esses achados são relevantes para pesquisas sobre resinas temporárias, considerando que o desempenho desses materiais está diretamente relacionado à manutenção da integridade das restaurações provisórias durante o uso clínico.

Astudillo-Rubio et al.²², realizaram uma revisão sistemática com meta-análise comparando as evidências disponíveis sobre o desempenho mecânico de materiais provisórios utilizados em restaurações indiretas confeccionadas por técnica direta. O objetivo do estudo foi investigar se os materiais à base de dimetacrilato, como as resinas bis-acrílicas, apresentam propriedades mecânicas superiores quando comparados aos materiais à base de monometacrilato, como as resinas acrílicas convencionais. Na pesquisa, foram considerados parâmetros como resistência à flexão, dureza e tenacidade à fratura. Os resultados mostram que as resinas bis-acrílicas tiveram melhor desempenho em termos de resistência à flexão e dureza quando comparadas as resinas acrílicas convencionais, porém, quanto à tenacidade à fratura não houve diferenças significantes entre os grupos. Assim, os autores concluíram que as resinas bis-acrílicas têm propriedades mecânicas melhores para restaurações temporárias, principalmente quanto a resistência e dureza, já as resinas acrílicas convencionais continuam sendo uma boa alternativa. Além disso, os autores ressaltaram como é importante os estudos futuros serem conduzidos com maior padronização metodológica, amostras maiores e testes mais controlados, para diminuir o risco de erros e tornar as evidências mais confiáveis.

Park et al.²³, realizaram uma análise comparativa da resistência ao desgaste de resinas impressas em 3D em comparação com resinas fresadas (CAD/CAM) e resinas autopolimerizáveis tradicionais, para próteses dentárias. Todas as amostras foram submetidas a simulação de mastigação com carga de 5 kg por 30.000 ciclos, utilizando dentes antagonistas em zircônia e liga de cobalto-cromo (Co-Cr), em condição de termociclagem simulando o ambiente bucal. Foram mensurados a perda de profundidade máxima e o volume de desgaste, além de avaliar a presença de fissuras ou separações entre camadas no material impresso em 3D com microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os três materiais quanto à perda de profundidade ou ao volume de desgaste. No entanto, o material impresso em 3D apresentou, fissuras e separação

entre as camadas quando em contato com antagonistas metálicos, indicando possíveis fragilidades estruturais. Os autores concluíram que, apesar dessas características, as resinas impressas apresentam resistência ao desgaste equivalente às resinas fresadas e às resinas autopolimerizáveis, demonstrando sua indicação clínica satisfatória. Entretanto, são ressaltados os possíveis pontos de fragilidade evidenciados na análise de MEV, sugerindo a necessidade de monitoramento em situações de maior desgaste ou atrito.

Reeponmaha et al.¹⁴, conduziram um estudo comparando a resistência à fratura e os padrões de falha de coroas provisórias confeccionadas com diferentes materiais, como a resina de metacrilato de metila autopolimerizável (Unifast Trad, GC, Tóquio, Japão), resina bis-acrílica (Protemp 4, 3M ESPE, Seefeld, Alemanha), resina de PMMA fresada por CAD/CAM (Brylic Solid, Sagemax Bioceramics, WA, EUA) e resina de bisacrilato impressa 3D (Freeprint Temp, Detax GmbH, Ettlingen, Alemanha). Todas as coroas foram cimentadas e submetidas a um protocolo de envelhecimento termo-mecânico e, em seguida, testadas quanto a resistência máxima à fratura em uma máquina de ensaio universal. Os resultados mostraram que a resistência a fratura do Unifast Trad foi menor, enquanto não houve diferença relevante entre Protemp 4, Brylic Solid e Freeprint Temp. Quanto ao padrão de falha o Unifast Trad e Brylic Solid apresentaram fraturas lineares, enquanto o Protemp 4 e Freeprint Temp tiveram fraturas mais localizadas em cúspides. A resina acrílica convencional (Unifast Trad) demonstrou desempenho inferior na resistência à fratura após envelhecimento termo-mecânico. Já os demais materiais: resina bis-acrílica, CAD/CAM e resina impressa 3D apresentaram resultados semelhantes, indicando que podem ser alternativas clinicamente viáveis para coroas provisórias mais resistentes. Os autores sugerem que tanto o fresamento via CAD/CAM quanto a impressão 3D são alternativas viáveis para provisórios de longa duração.

Britto et al.²⁴, estudaram propriedades biomecânicas de uma resina impressa para restaurações temporárias comparada à resina bis-acrílica e resina acrílica convencional curada por calor. O objetivo da pesquisa foi avaliar as propriedades relevantes do material, como resistência a flexão, módulo elástico, sorção de água, solubilidade e biocompatibilidade. Para avaliação de resistência a flexão e módulo de elasticidade, os materiais foram submetidos a flexão de três pontos, e alguns corpos de prova foram envelhecidos por 6 meses em água a 37°C antes do teste. Para calcular a sorção de água e a solubilidade, os corpos de prova foram secos em estufa

até alcançar a estabilidade do peso, e então foram imersos em água destilada por sete dias, pesados e secados novamente. Os resultados mostraram que a resina 3D apresentou maior resistência a flexão que resina convencional depois do envelhecimento, enquanto a resina bis-acrílica apresentou menores valores quanto a resistência a flexão e módulo elástico. Nos testes de sorção de água e solubilidade, todos materiais tiveram resultados dentro dos padrões recomendados. Foi concluído que a resina 3D, além de ter menor tempo clínico para sua confecção, economia de materiais, baixo custo e ótima qualidade e previsibilidade, nos testes realizados mostrou-se mais resistente a flexão que os demais materiais após o envelhecimento.

Já Ribeiro et al.²⁵, estudaram o efeito do envelhecimento por termociclagem sobre as propriedades mecânicas, topográficas e microbiológicas de diferentes materiais provisórios (resina acrílica autopolimerizável, resina bis-acrílica, resina composta, resina de polimetilmetacrilato (PMMA) fresado por CAD/CAM e uma resina obtida por impressão 3D). Foram realizados testes de resistência à flexão em três pontos, análise de rugosidade superficial, porosidade por microtomografia computadorizada e adesão de microrganismos (*Candida albicans*). Parte das amostras também passou pelo processo de envelhecimento acelerado por termociclagem, simulando a condição clínica ao longo do tempo. Os resultados mostraram que a resina bis-acrílica apresentou a maior resistência à flexão, enquanto a resina impressa obteve os menores valores iniciais, porém, após a termociclagem, o material impresso apresentou uma melhora em sua resistência a flexão, enquanto os demais sofreram redução. Quanto à rugosidade, a resina acrílica mostrou-se mais áspera que a bis-acrílica, enquanto o PMMA CAD/CAM apresentou a menor porosidade. Em relação à adesão microbiana, observou-se maior crescimento de *C. albicans* na resina composta, enquanto o PMMA CAD/CAM apresentou menores valores. Assim, os autores concluíram que o envelhecimento influencia o desempenho mecânico dos materiais provisórios e que cada material apresenta vantagens e limitações específicas. Entanto, é visto que a resina bis-acrílica se destacou pela alta resistência mecânica, enquanto o PMMA CAD/CAM apresentou excelente estabilidade e baixa porosidade. A resina impressa 3D mostrou potencial promissor, especialmente após o envelhecimento, podendo se tornar uma alternativa viável para restaurações temporárias quando se busca equilíbrio entre propriedades mecânicas e microbiológicas.

Duymus et al.²⁶, investigaram o efeito de diferentes soluções corantes sob a estabilidade de cor de materiais utilizados para coroas provisórias, como a resina acrílica quimicamente polimerizada e um bloco de resina de PMMA CAD/CAM. As amostras foram imersas na água destilada, Coca-Cola, chá com e sem açúcar, café com e sem açúcar e enxaguante bucal. A análise de cor foi realizada pelo sistema CIE Lab*, com medições nos períodos de 24 horas, 1 semana e 3 semanas. Além da variação de cor, também foram avaliadas a microdureza e a rugosidade superficial após os períodos de imersão. Nos resultados é visto que o manchamento aumentou progressivamente com o tempo de imersão. O café com açúcar teve a maior alteração de cor, seguido por café sem açúcar, chá com açúcar, chá sem açúcar, Coca-Cola e, por último, água destilada. A resina acrílica quimicamente polimerizada apresentou maior suscetibilidade à descoloração quando comparada ao bloco CAD/CAM. Além disso, amostras polidas demonstraram menor variação de cor em relação às não polidas. Na discussão, os autores destacam que a maior instabilidade cromática da resina acrílica química se deve à sua estrutura mais porosa e à presença de monômeros residuais, que facilitam a absorção de pigmentos. Por outro lado, a resina CAD/CAM apresentou maior densidade e menor permeabilidade, garantindo melhor resistência ao manchamento. O polimento das peças foi um fator relevante, reduzindo a rugosidade e a adesão de pigmentos às superfícies. Além disso, a análise dos agentes corantes confirmou que bebidas consumidas rotineiramente, especialmente café adoçado, representam risco significativo de alteração estética em restaurações provisórias. Como conclusão, o estudo evidenciou que a estabilidade de cor dos materiais provisórios é influenciada pelo tipo de resina, pela qualidade do acabamento superficial, pelo agente corante e pelo tempo de exposição.

Chuchulska et al.²⁷, realizaram uma revisão narrativa comparando propriedades mecânicas e a biocompatibilidade de diferentes materiais temporários usados em reabilitação oral. Foram comparados três materiais, sendo eles resina acrílica convencional, resina impressa 3D e resina de PMMA fresada por CAD/CAM. O estudo utilizou como banco de dados o Pubmed, Web of Science e EMBASE, abrangendo artigos entre os anos 2004 e 2024. Na discussão do artigo foi evidenciado que as resinas CAD/CAM se destacaram pela resistência, estabilidade e pela padronização do processo de fabricação, que aumenta a previsibilidade e reduz falhas em restaurações de longa duração. Em relação às resinas convencionais (PMMA polimerizado por calor), foi observado que, elas são mais baratas e apresentam ampla

aplicabilidade, mas têm limitações importantes, como menor resistência à flexão, além de maior suscetibilidade à colonização bacteriana, apresentando um pior desempenho clínico. Já as resinas de impressão 3D são muito promissoras, pois, embora ainda sejam piores quanto as propriedades mecânicas em relação as resinas fresadas, elas demonstram resultados aceitáveis dentro dos padrões da ISO, além de vantagens como rapidez de confecção e possibilidade de personalização, o que pode trazer muitos benefícios clínicos e para o paciente. Quanto à biocompatibilidade, todos os materiais avaliados apresentaram resultados adequados. Os autores concluíram que não existe um material perfeito, sendo a escolha dependente do tempo de uso clínico e do contexto de cada caso. Nesse cenário, as resinas fresadas por CAD/CAM são mais indicadas para restaurações de longa duração, as convencionais permanecem como uma opção acessível, enquanto as resinas impressas se mostram viáveis para situações provisórias de curto a médio prazo.

Yıldırım et al.²⁸, avaliaram a resistência à fratura, a dureza superficial e a estabilidade de cor de diferentes materiais provisórios obtidos por métodos convencionais, fresagem CAD/CAM e impressão 3D. Foram utilizados quatro materiais: polimetilmetacrilato autopolimerizável (PEMA), resina bis-acrílica autopolimerizável, PMMA CAD/CAM fresado e resina fotopolimerizável impressa em 3D, todos na cor A2. Foram feitas 80 amostras, sendo coroas para ensaio de fratura e discos para os testes de dureza e cor. Para os testes de resistência a fratura, as coroas foram submetidas a força compressiva até a fratura em máquina universal. Já para calcular a dureza superficial foi mensurada a dureza Vickers, antes e após a termociclagem em café, e a estabilidade de cor foi avaliada por espectrofotometria utilizando a fórmula ΔE_{00} (CIEDE2000). As resinas obtidas por meio de impressão 3D e de PMMA CAD/CAM apresentaram os melhores resultados em relação a resistência à fratura. Quanto a dureza superficial, antes da termociclagem a resina bis-acrílica e a CAD/CAM apresentaram maior dureza, mas após a termociclagem a dureza aumentou significativamente nas resinas de impressão 3D e diminuiu nas bis-acrílicas, enquanto os valores de dureza no PEMA e na resina CAD/CAM permaneceram estáveis. Nos testes de estabilidade de cor, o PEMA e a resina CAD/CAM demonstraram menor alteração de cor, enquanto o oposto foi observado para a resina bis-acrílica e impressa 3D. Os autores explicam que os materiais produzidos por técnicas digitais, como CAD/CAM e impressão 3D, tiveram melhor desempenho mecânico devido menor porosidade, menor quantidade de monômero

residual e uma estrutura mais uniforme. Sobre a dureza superficial, no caso das amostras impressas, seu aumento após a ciclagem em café foi atribuído a uma possível cura adicional do material induzida pelo calor, além de ajustes moleculares que podem deixar a superfície mais densa e resistente, enquanto a diminuição da dureza observada na resina bis-acrílica foi relacionada à sua composição resinosa, que a torna mais vulnerável à degradação com o tempo e ao contato com soluções como o café. Quanto à cor, o PEMA e o CAD/CAM apresentaram maior estabilidade por absorverem menos água.

4 MATERIAL E MÉTODO

Nesta seção foram abordadas as etapas de confecção de corpos de prova e metodologias empregadas utilizadas para avaliação das propriedades físicas e mecânicas de resinas utilizadas para confecção de restaurações temporárias.

4.1. Definição dos Grupos Experimentais

A distribuição e composição dos materiais deste estudo estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição e composição dos materiais dos grupos experimentais.

Produto	Fabricante	Composição
Resina acrílica convencional ativada quimicamente	Duralay cor 67 Reliance Dental Mfg. Co. Worth, IL, Estados Unidos.	Pó: Polimetacrilato de metacrilato de metila (99,85%), ftalato de dietila (0,01% - 0,05%), peróxido de benzoíla (0,03% - 0,05%) e pigmentos (0,10%). Líquido: metacrilato de metila (99,92%), álcool isopropílico (0,05%), e dimetil p-toloidina (DMPT) (0,03%).
Resina Bis-acrílica	Structur 2, cor A3 - VOCO, Alemanha.	n-alquil dimetacrilato, bis-GMA, UDMA, sílica.
Resina para manufatura subtrativa (fresagem)	Vipiblock – TRILUX VIPI Produtos Odontológicos, cor A3, Pirassununga, São Paulo, Brasil.	Polimetacrilato de metila, pigmentos biocompatíveis, EDMA e fluorescente.
Resina para manufatura aditiva (impressão 3D)	Resina MakertechLabs priZma 3D Bio Prov, cor A3, MakertechLabs, Tatuí, SP, Brasil.	Monômeros acrilados e triacrilados (>10%), sílica amorfa ($\leq$ 5%), cargas (< 10%), oligômeros meta-acrilados (<70%), óxido de difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfina (< 5%).

Fonte: Própria.

4.2. Confecção de Corpos de Prova

Para obtenção de corpos de provas, os materiais foram manipulados de acordo com as recomendações dos fabricantes e inseridos em matrizes de silicone (Odeme Dental Research, Brasil), conforme Figura 1 com dimensões padronizadas (8 mm de diâmetro e 1 mm de espessura). Os discos de resina acrílica convencional (pó/líquido, Duralay, Reliance Dental Mfg. Co. Worth, IL, Estados Unidos da América) foram obtidos a partir da manipulação do material na proporção recomendada pelo fabricante, enquanto os discos de resina bis-acrílica (Structur 2, Voco) foram obtidos a partir da mistura do material em seringa auto misturadora específica, também conforme indicado pelo fabricante. Os materiais foram inseridos na matriz, e sobre a matriz uma lâmina de vidro foi mantida sob pressão digital durante a polimerização.

Figura 1. Imagem da matriz de silicone utilizada para confecção de corpos de prova com resina acrílica convencional e resina bis-acrílica.



Fonte: Própria.

Os discos de resina para manufatura subtrativa por CAD/CAM (Vipiblock, VIPI produtos odontológicos, Pirassununga, SP, Brasil) foram obtidos a partir de cilindros usinados em torneiro mecânico com diâmetro de 8 mm. Então os mesmos foram cortados com auxílio de uma cortadeira metalográfica (ISOMET 1000, Buehler Ltda., Lake Bluf, IL, Estados Unidos da América) acoplado a um disco de diamante (11-4254, 4"x 0,012"/série 15LC, Diamond Wafering blade, Buehler Ltda.), obtendo-se discos com 1 mm de espessura (Figura 2).

Figura 2. Imagem dos corpos de prova confeccionados com resina prensada para manufatura subtrativa (CAD/CAM).



Fonte: Própria.

A resina utilizada na manufatura aditiva por impressão 3D, foi a resina MakertechLabs priZma 3D Bio Prov (MakertechLabs, Tatuí, SP, Brasil) e a impressora 3D Flashforge Hunter DLP (Done 3D, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Os corpos de prova foram impressos com uma angulação de 90°, os parâmetros de impressão foram: 5 segundos de tempo de cura, 20 segundos de cura por camada de aderência, 0,05 mm de altura de camada. O pós-processamento foi com 5 minutos de imersão em álcool isopropílico em lavadora (Wash and Cure, Done) e 15 minutos de pós-cura em câmara de luz UV (Wash and Cure, Done), conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3. Imagem dos corpos de prova confeccionados com resina impressa para manufatura aditiva.



Fonte: Própria.

Os discos confeccionados tiveram seus diâmetros e espessuras mensuradas com paquímetro digital e em seguida, foram submetidos ao sistema de lixamento com lixas d'água de granulação 1200, para padronização do polimento superficial das amostras para que as mesmas obtivessem uma espessura final de 1 mm (Figura 4).

Figura 4. Imagem do corpo de prova mensurado com paquímetro digital previamente e após lixamento para obtenção de amostras com 1 mm de espessura.



Fonte: Própria.

4.3. Análise da Rugosidade (R_a , $n=8$)

Para a avaliação quantitativa da rugosidade superficial dos discos, foi utilizado o microscópio Confocal (OLYMPUS LEXT OLS4000, Japão). O parâmetro R_a (rugosidade média) foi analisado. O R_a corresponde à média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (picos e vales) em relação à linha média no percurso de medição. Foram realizadas 3 aferições por amostra e a média foi considerada a R_a de cada amostra.

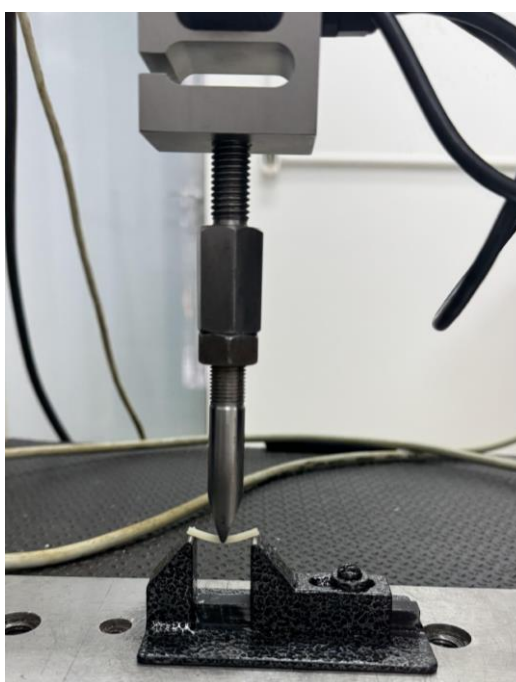
4.4. Avaliação da Microdureza (KHN, $n=8$)

As medições de microdureza Knoop (KHN, Shimadzu, Kyoto, Japão) foram realizadas nos corpos de prova com carga de 50kgf por 15 segundos²⁹. Três endentações foram realizadas em cada amostra e os valores médios das 3 aferições realizadas foi considerado o valor de microdureza da amostra.

4.5. Análise de Resistência a Flexão em 3 Pontos (MPa, $n=10$)

A análise de resistência à flexão em três pontos foi realizada conforme recomendação da norma ISO 10477:2020³⁰. As dimensões do corpo de prova foram de 25 mm de comprimento, 2,0 mm de largura e 2,0 mm de altura. Os corpos de prova foram colocados em máquina de ensaios mecânicos (DL2000, EMIC, São José dos Pinhais, Brasil), equipada com célula de carga de 1000 N, sobre duas hastes de aproximadamente 2,0 mm de diâmetro, com espaçamento de 20 mm. Então, foi aplicada força de compressão sobre o centro do corpo de prova, utilizando um pistão com aproximadamente de 2,0 mm de diâmetro, a uma velocidade de 1,0 mm/min da até a fratura.

Figura 5. Imagem do corpo de prova durante o teste de resistência a flexão em 3 pontos.



Fonte: Própria.

4.6. Análise de pH dos Extratos das Resinas (n=6)

Esse ensaio seguiu a norma ISO 10993-12³¹. Cada corpo de prova foi colocado em um tubo falcon vedado e mantido em contato com 0,42 mL de meio de cultura DMEM (Dulbecco's Modified Eagle Medium, Gibco, Grand Island, NY, Estados Unidos

da América) contendo 1,0% de penicilina e estreptomicina (Gibco, Carlsbad, CA, Estados Unidos da América), em incubadora a 37°C pelos períodos de 24 h, 48 h, 72 h e 7 dias. Então o pH dos extratos das resinas foi determinado através de mensurações com o pHmetro (HI 2221 Calibration Check pH/ORP Meter, Hanna instruments).

4.7. Avaliação da Resistência ao Manchamento após Imersão em Soluções (n=6)

Amostras de cada um dos grupos foram subdivididas em 3 grupos conforme o tipo de solução que as mesmas foram imersas para o protocolo de manchamento: café solúvel (Nescafe Original, Nestle, SP, Brazil), vinho tinto (Reservado Cabernet Sauvignon, Concha Y Toro, Chile) e água destilada, onde foram mantidas em contato com as soluções pelo período de 30 dias em estufa à 37°C. Para a solução de café foi utilizado 3 g do pó de café solúvel para cada 100 mL de água destilada. Os corpos de prova foram posicionados em placas de 24 compartimentos e 1 mL das soluções foi adicionado (amostra submersa). As soluções foram trocadas semanalmente, e aos 7, 15 e 30 dias de protocolo de manchamento as amostras foram lavadas em água corrente, limpas com ultrassom e água destilada por 5 min e secas para realização da análise da cor. As soluções escolhidas foram baseadas na alta frequência de ingestão pela população e em sua capacidade de manchamento³². A análise da resistência ao manchamento foi realizada através da Equação CIE L*a*b*³³.

O sistema CIE L*a*b* estabelecido pela Comissão Internationale de l'Eclairage – CIE (Comissão Internacional sobre Iluminação) considera esta escala de cor onde a variável L* representa a medida de brilho do objeto. Assim, a quantificação é realizada de tal forma que o preto indica um valor de L* igual a 0 e a luz totalmente refletida um valor de L* igual a 100. Enquanto a coordenada a* é a medida da quantidade de vermelho (+a*) e verde (-a*), a coordenada b* representa a quantidade de amarelo (+ b*) e azul (- b*).

Equação CIE L*a*b*

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

Os discos de resina foram posicionados numa matriz de silicone branca permitindo uma leitura padronizada da cor das amostras utilizando o equipamento Color-Guide Sphere (BYK Gardner), sempre no mesmo ponto pré-definido (Figura 6).

Foi feita a mensuração da cor dos corpos de prova previamente ao manchamento e após o protocolo de manchamento. Então, essa diferença de cor foi calculada e quanto menor ela se apresentar maior será a resistência do material ao manchamento.

Figura 6. Leitura de cor das amostras no espectrofotômetro.



Fonte: Própria

4.8. Análise Estatística

Os dados foram avaliados quanto a sua normalidade e homocedasticidade através dos testes de Shapiro-Wilk e Brown-Forsythe. Então análises de rugosidade superficial, microdureza e resistência a flexão foi aplicado o teste estatístico de análise de variância (ANOVA). Para os testes de comparação múltipla foram aplicados os pós testes de Tukey ou Dunnet. Para a análise de pH foi aplicado o intervalo de confiança IC95%. Para a análise de resistência ao manchamento foi realizado o teste de ANOVA a 2 fatores com pós teste de Sidak. Para todos os testes foi considerado o nível de significância de 5%.

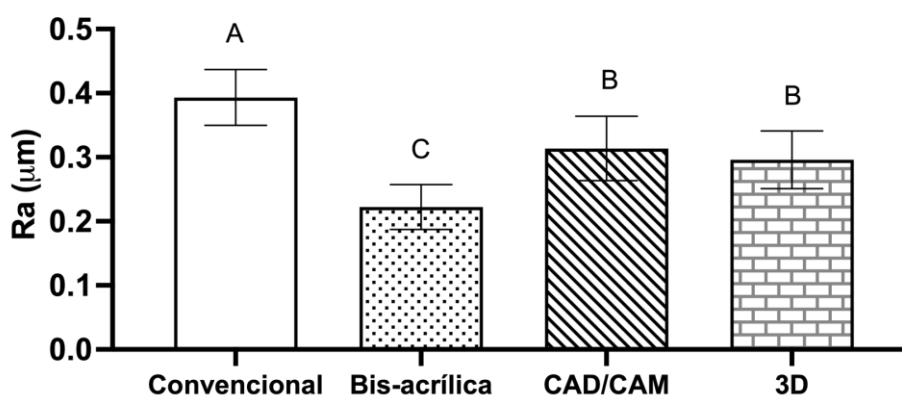
5 RESULTADOS

Os resultados a seguir comparam as propriedades físicas e mecânicas dos diferentes tipos de resinas utilizadas para confecção de restaurações temporárias.

5.1. Rugosidade Superficial (Ra)

Apesar de todos os grupos estivessem sendo submetidos ao mesmo protocolo de lixamento, maior Ra foi observado no grupo da resina acrílica convencional, seguido pelos grupos das resinas CAD-CAM, impresso 3D e por último bis-acrílica ($p > 0,05$), conforme Figura 7. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre as resinas CAD-CAM e 3D ($p < 0,05$).

Figura 7. Análise da rugosidade (Ra) superficial dos materiais testados. As colunas representam a média enquanto as barras de erro no topo das colunas representam o desvio padrão de cada grupo. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si (ANOVA a 1 fator, pós teste de Tukey, $n=8$, $\alpha=0,05$).

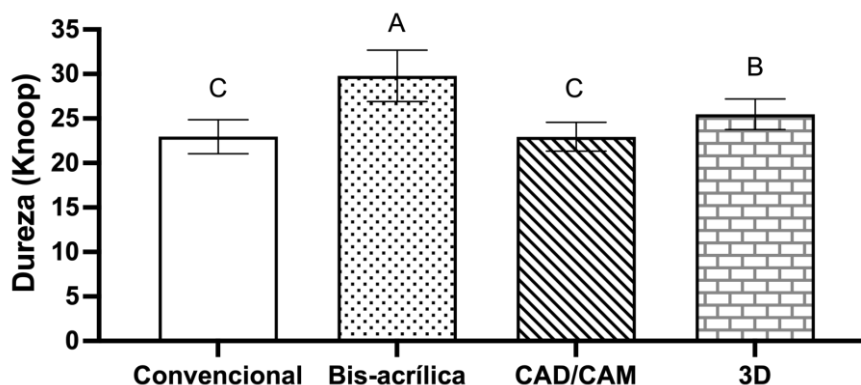


Fonte: Própria.

5.2. Microdureza (Knoop)

O grupo da resina impressa 3D apresentou maior microdureza, seguido pelo grupo bis-acrílica ($p > 0,05$), Figura 8. Menor microdureza foi observada nos grupos da resina acrílica convencional e CAD-CAM não havendo diferença estatisticamente significativa entre elas ($p < 0,05$), Figura 8.

Figura 8. Microdureza (Knoop) dos materiais testados. As colunas representam a média enquanto as barras de erro no topo das colunas representam o desvio padrão de cada grupo. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si (ANOVA a 1 fator, pós teste de Tukey, $n=8$, $\alpha=0,05$).

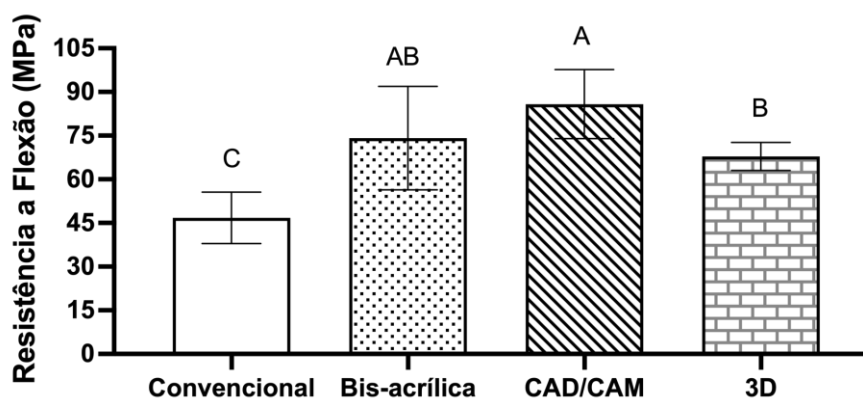


Fonte: Própria.

5.3. Resistência a Flexão em 3 Pontos (MPa)

Quanto a resistência a flexão em 3 pontos, foi observado maior resistência no grupo da resina CAD-CAM enquanto a menor resistência a flexão foi evidenciada pelo grupo da resina acrílica convencional ($p > 0,05$), Figura 9.

Figura 9. Resistência a flexão em 3 pontos (MPa) dos materiais testados. As colunas representam a média enquanto as barras de erro no topo das colunas representam o desvio padrão de cada grupo. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si (ANOVA a 1 fator, pós teste de Dunnet, $n=10$, $\alpha=0,05$).

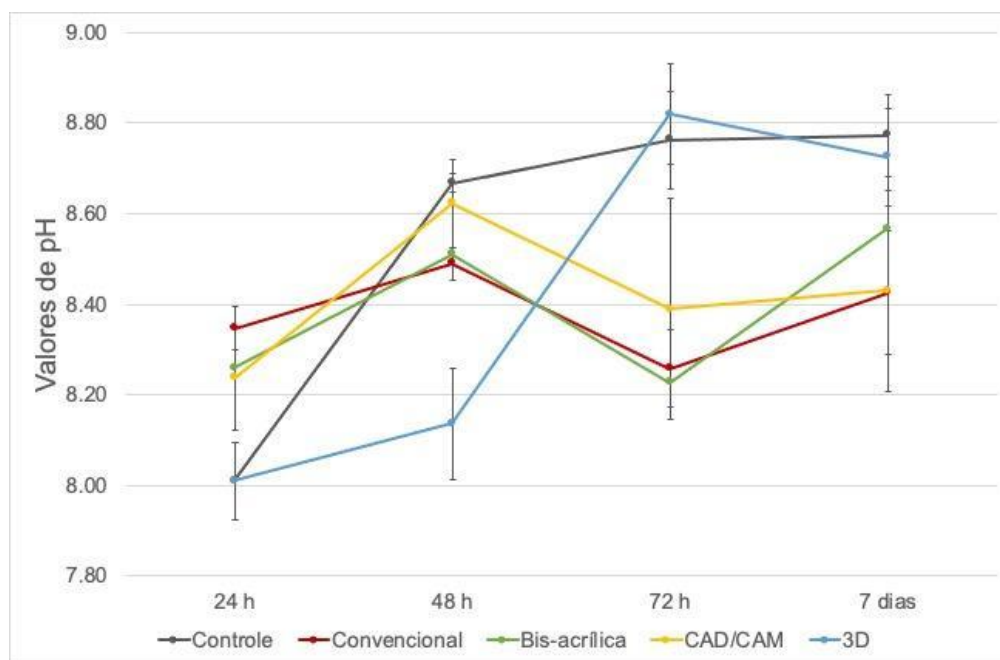


Fonte: Própria.

5.4. Alteração de pH dos Extratos das Resinas

Para esta análise de alteração de pH, os corpos de prova dos materiais estiveram em contato com meio de cultura o qual foi definido como o controle do experimento (Figura 10). Ao longo dos 7 dias de análise foi observada uma variação muito pequena no pH de todos os grupos testados, não havendo nenhum material que apresentasse valores que divergissem do grupo controle (meio de cultura que não estava em contato com os materiais).

Figura 10. Valores de pH dos extratos n=6. Os pontos representam os valores médios dentro de cada período e as barras de erro indicam o intervalo de confiança (IC95%).

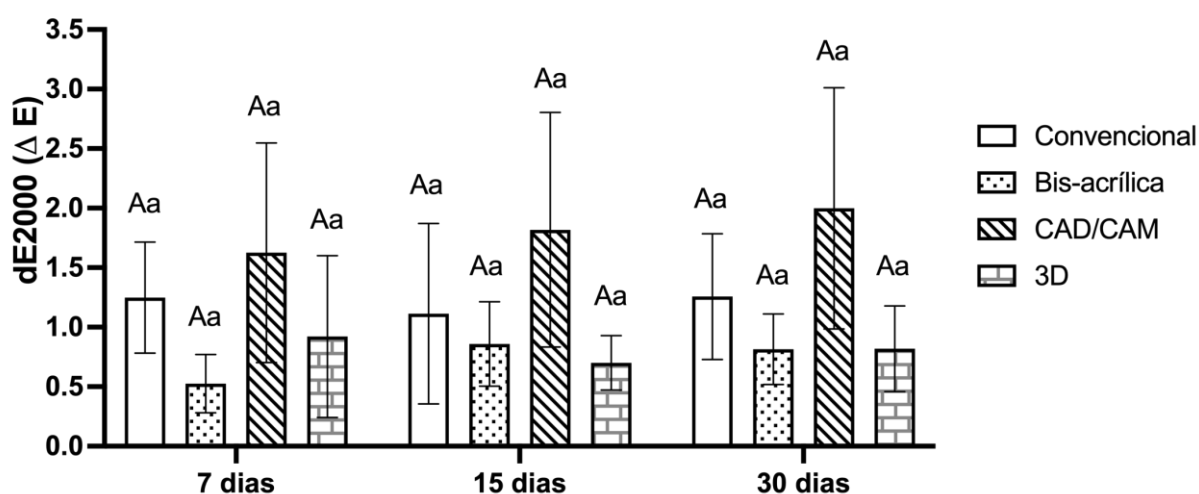


Fonte: Própria.

5.5. Resistência ao Manchamento

Quando os corpos de prova foram imersos em água destilada, independentemente do tipo de material e do período de avaliação, não foram observadas alteração de cor dos materiais que fossem estatisticamente significantes ($p < 0,05$), conforme demonstrado na Figura 11.

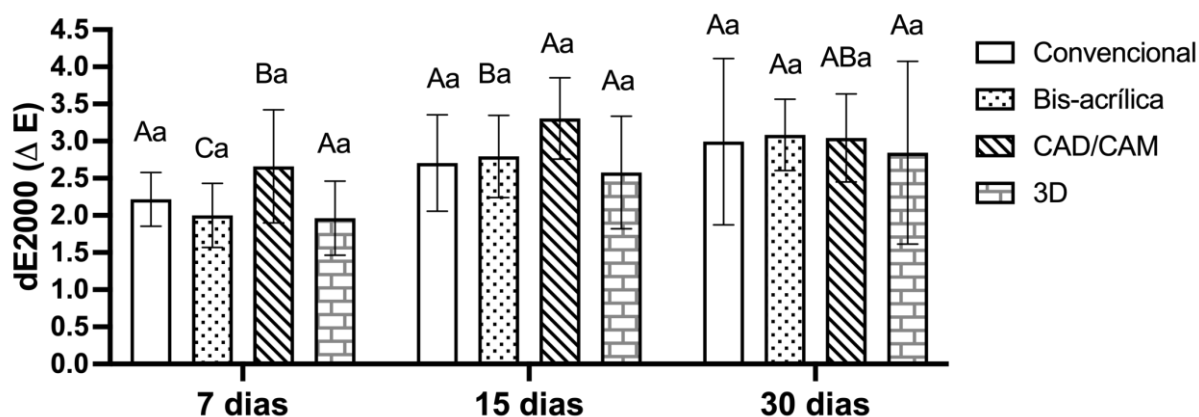
Figura 11. Resistência ao manchamento dos materiais testados em água destilada. As colunas representam a média, enquanto as barras de erro no topo das colunas representam o desvio padrão de cada grupo. Letras maiúsculas comparam o mesmo grupo nos diferentes períodos de análise. Letras minúsculas comparam diferentes grupos no mesmo período de análise. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si (ANOVA a 2 fatores, pós teste de Sidak, $n=6$, $\alpha=0,05$).



Fonte: Própria.

Quando os corpos de prova foram imersos em café, observamos que o grupo da resina bis-acrílica apresentou maior manchamento ao longo do tempo, enquanto o grupo da resina CAD/CAM apresentou maior manchamento entre 7 e 15 dias, $p > 0,05$, Figura 12. Quando comparados os diferentes tipos de materiais dentro de um mesmo período de análise, não houve diferença estatisticamente significativa entre os mesmos, $p < 0,05$, Figura 12.

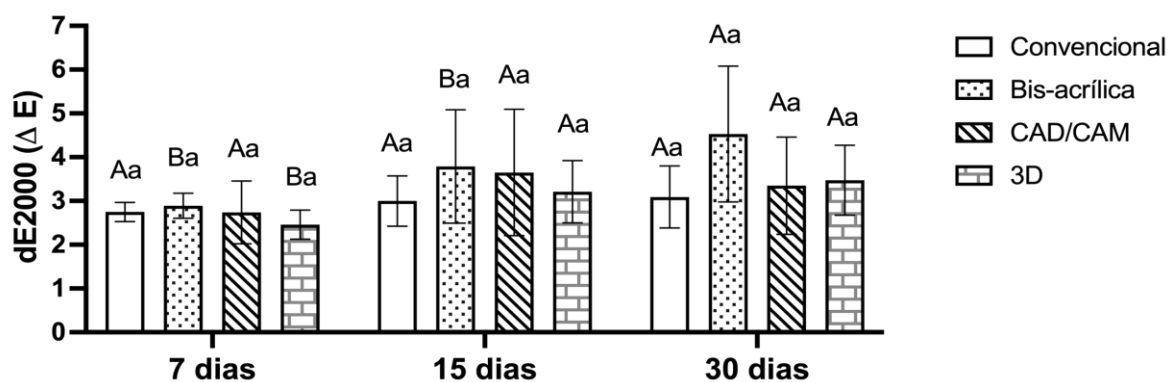
Figura 12. Resistência ao manchamento dos materiais testados em café. As colunas representam a média, enquanto as barras de erro no topo das colunas representam o desvio padrão de cada grupo. Letras maiúsculas comparam o mesmo grupo nos diferentes períodos de análise. Letras minúsculas comparam diferentes grupos no mesmo período de análise. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si (ANOVA a 2 fatores, pós teste de Sidak, $n=6$, $\alpha=0,05$).



Fonte: Própria.

Quando os corpos de prova foram imersos em vinho tinto, observamos que o grupo da resina bis-acrílica apresentou alteração de cor ao longo do tempo, e a resina 3D apresentou maior manchamento entre 7 e 15 dias, $p > 0,05$, Figura 13. Quando comparados os diferentes tipos de materiais dentro de um mesmo período de análise, não houve diferença estatisticamente significativa entre os mesmos, $p < 0,05$, Figura 14.

Figura 13. Resistência ao manchamento dos materiais testados em vinho tinto. As colunas representam a média, enquanto as barras de erro no topo das colunas representam o desvio padrão de cada grupo. Letras maiúsculas comparam o mesmo grupo nos diferentes períodos de análise. Letras minúsculas comparam diferentes grupos no mesmo período de análise. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si (ANOVA a 2 fatores, pós teste de Sidak, $n=6$, $\alpha=0,05$).



Fonte: Própria.

6 DISCUSSÃO

As restaurações temporárias desempenham um papel importante na reabilitação oral, pois elas são responsáveis por proteger os tecidos dentários remanescentes, restabelecer função, estética e estabilizar a oclusal até a instalação da prótese definitiva^{1,2}. Para cumprir essas funções de forma adequada, os materiais devem ser biocompatíveis, apresentar uma boa resistência mecânica, estabilidade de cor e mínima liberação de monômeros residuais⁸.

No presente estudo, foi verificada uma maior rugosidade superficial (Ra) no grupo da resina acrílica convencional, seguido pelos grupos CAD/CAM, 3D e bis-acrílica (Figura 7). Esses resultados estão de acordo com os dados de Ribeiro et al.²⁵, que relataram maior rugosidade em resinas acrílicas autopolimerizáveis, possivelmente devido à formação de bolhas de ar e à polimerização incompleta, enquanto as resinas fresadas CAD/CAM apresentaram superfícies mais homogêneas e menos porosas. É importante ressaltar que a maior rugosidade pode favorecer a adesão bacteriana e prejudicar a estética, destacando a importância da realização de um acabamento superficial adequado²⁶.

A elevada microdureza é uma propriedade desejada nos materiais indicados para confecção de restaurações temporárias, pois essa propriedade demonstra a resistência ao desgaste do material durante seu uso clínico contribuindo para a durabilidade da restauração²⁴. Nesse contexto, no presente estudo foi verificado que a maior microdureza foi do grupo da resina 3D, seguida pela resina bis-acrílica (Figura 8). Nossos resultados de microdureza corroboram com o estudo de Tahayeri et al.²¹, onde foi constatado que as resinas impressas 3D apresentam maior dureza devido à homogeneidade estrutural e menor porosidade proporcionadas pelo processo de impressão. Os menores valores de microdureza foram observados nos grupos da resina acrílica convencional e CAD/CAM, sem diferença estatística relevante entre elas (Figura 8).

O grupo da resina CAD/CAM apresentou maior resistência a flexão, enquanto a menor resistência a flexão foi observada no grupo da resina convencional (Figura 9). Assim como os estudos de Saisadan et al.²⁰ e Yildirim et al.²⁸, foi observado que os materiais fresados apresentam resistência mecânica superior devido sua pré-polimerização industrial, o qual reduz a presença de monômeros residuais e porosidades. A resina bis-acrílica apresentou resistência intermediária, confirmando

os resultados observados por Astudillo-Rubio et al.²². Estes autores ressaltaram que resinas bis-acrílicas possuem boa resistência à flexão principalmente devido sua composição química, porém ainda inferior às resinas de PMMA do tipo CAD/CAM.

A análise de pH mostrou que nenhum dos materiais avaliados causou variações significativas no meio de cultura, indicando boa estabilidade química em contato com meios aquosos (Figura 10) corroborando com os estudos de Souza et al.¹⁹ e Chuchulska et al.²⁷. Ambos os estudos relataram que todos os materiais temporários avaliados apresentaram adequadas propriedades químicas, minimizando risco de irritação aos tecidos adjacentes oriundas da liberação dos monômeros residuais.

A análise de resistência ao manchamento mostrou que a resina convencional não sofreu alteração de cor significativa em nenhuma das soluções testadas (água destilada, café solúvel e vinho tinto), enquanto a resina bis-acrílica apresentou maior alteração de cor, em café e vinho tinto (Figuras 12 e 13). As resinas do tipo bis-acrílica apresentam maior porosidade e, portanto, absorvem mais pigmentos enquanto as resinas acrílicas convencionais tendem a apresentar melhor desempenho do que as bis-acrílicas, especialmente quando expostas a agentes pigmentantes como café³⁴. Além disso, já foi verificado que o polimento superficial influencia diretamente a estabilidade de cor das resinas para restaurações provisórias²⁶. Já as resinas de PMMA confeccionadas por CAD/CAM apresentaram boa resistência ao manchamento devido sua maior densidade e menor permeabilidade obtidos pelo seu método de processamento²³.

Em termos de biocompatibilidade e resposta celular, os estudos destacam que os materiais CAD/CAM e 3D apresentam um comportamento favorável em relação às células da mucosa oral, enquanto as resinas convencionais e bis-acrílicas mostraram maior potencial citotóxico, provavelmente devido à lixiviação de monômeros residuais^{1,3,8}. Isso reforça a segurança dos materiais pré-polimerizados e impressos digitalmente, em comparação com os métodos de preparo manual, que apresentam variabilidade na polimerização e maior liberação de componentes tóxicos.

Baseado nos dados científicos anteriores e nos resultados obtidos no presente estudo, podemos ressaltar que não existe um material ideal que atenda a todos os parâmetros clínicos ideais. Por mais que a resina acrílica convencional tenha apresentado maior rugosidade superficial, ela demonstrou estabilidade de cor superior em todas as soluções de imersão. As resinas acrílicas convencionais são amplamente utilizadas devido ao baixo custo e facilidade de manipulação, porém apresentam

menor resistência mecânica, maior rugosidade superficial após desgaste e maior liberação de monômero residual, o que pode comprometer a biocompatibilidade e a longevidade da restauração temporária^{14,35,36}.

A resina CAD/CAM se destacou pela maior resistência à flexão e estabilidade de cor o que pode resultar em melhor biocompatibilidade e menor adesão bacteriana³⁵⁻³⁷. Já a resina impressa 3D se destacou pela elevada microdureza e bom comportamento estrutural essa tecnologia de integração ao fluxo digital facilita a reprodução de formas complexas e a personalização do tratamento se tornando um material promissor para uso odontológico^{14,38}. Já a resina bis-acrílica apresentou menor rugosidade, porém estudos apontam que esse material pode apresentar maior rugosidade superficial após envelhecimento^{14,38}. Também foi observado maior susceptibilidade ao manchamento em soluções de café e vinho tinto sendo um material pouco recomendado para restaurações de médio e longo prazo. Portanto, a seleção do material deve ser baseada no contexto clínico, considerando fatores como tempo de uso da restauração, necessidade de resistência mecânica, estética e biocompatibilidade^{14,25}.

7 CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia aplicada neste estudo laboratorial, foi possível concluir que a rugosidade superficial (R_a) foi maior nos corpos de prova confeccionados com a resina acrílica convencional, seguida pelas resinas CAD/CAM, de impressão 3D e bis-acrílica. A microdureza apresentou maiores valores na resina impressa em 3D, seguida pela bis-acrílica, enquanto a resina convencional e CAD/CAM apresentaram os menores valores. A resistência à flexão foi superior nos corpos de prova de resina CAD/CAM e inferior nos de resina acrílica convencional, com a bis-acrílica apresentando desempenho intermediário. Nenhum dos materiais avaliados causou alterações significativas de pH. Quanto à resistência ao manchamento, a resina convencional apresentou maior estabilidade, enquanto a bis-acrílica mostrou maior susceptibilidade ao manchamento em café e vinho tinto, e as resinas CAD/CAM e 3D apresentaram comportamento intermediário.

Diante desses achados, conclui-se que cada material apresenta vantagens e limitações específicas, não existindo uma opção única que reúna simultaneamente todas as propriedades ideais para restaurações temporárias.

REFERÊNCIAS

1. Burns DR, Beck DA, Nelson SK. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: Report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 2003; 90(5): 474-97.
2. Gratton DG, Aquilino SA. Interim restorations. *Dent Clin North Am.* 2004; 48(2): vii 487-97.
3. Nejatidanesh F, Lotfi HR, Savabi O. Marginal accuracy of interim restorations fabricated from four interim autopolymerizing resins. *J Prosthet Dent.* 2006; 95(5): 364-7.
4. Azzarri MJ, Cortizo MS, Alessandrini JL. Effect of the curing conditions on the properties of an acrylic denture base resin microwave-polymerised. *J Dent.* 2003; 31(7): 463-68.
5. Bural C, Aktas E, Deniz G, Ünlügerçi Y, Kızılcın N, Bayraktar G. Effect of post-polymerization heat-treatments on degree of conversion, leaching residual MMA; in vitro cytotoxicity of autopolymerizing acrylic repair resin. *Dent Mater.* 2011; 27(11): 1135-43.
6. Morita K, Tsuka H, Kato K, Tsuga K. Effect of polymerization temperature on the properties of autopolymerizing resin. *J Prosthet Dent.* 2018; 119(5): 840-4.
7. Rice CA, Riehl J, Broman K, Soukup JW, Gengler WR. Comparing the degree of exothermic polymerization in commonly used acrylic and provisional composite resins for intraoral appliances. *J Vet Dent.* 2012; 29(2): 78-83.
8. Mickeviciute E, Ivanauskiene E, Noreikiene V. In vitro color and roughness stability of different temporary restorative materials. *Stomatologija.* 2016; 18(2): 66-72.
9. van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater.* 2012; 28: 3–12.
10. Rayyan MM, Aboushelib M, Sayed NM, Ibrahim A, Jimbo R. Comparison of interim restorations fabricated by CAD/CAM with those fabricated manually. *J Prosthet Dent.* 2015; 114: 414–9.
11. Abdullah AO, Tsitrou EA, Pollington S. Comparative in vitro evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns. *J Appl Oral Sci.* 2016; 24: 258–63.
12. Khorsandi D, Fahimipour A, Abasian P, Mashhadi Z, Safari F, Karamzadeh B, et al. 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: printing techniques, materials, and applications. *Acta Biomater.* 2021; 122: 26-49.
13. Goodacre BJ, Goodacre CJ. Additive manufacturing for complete denture fabrication: A narrative review. *J Prosthodont.* 2022; 31: 47–51.

14. Reepomaha T, Angwaravong O, Angwarawong T. Comparison of fracture strength after thermo-mechanical aging between provisional crowns made with CAD/CAM and conventional method. *J Adv Prosthodont.* 2020; 12: 218–24.
15. Shin JW, Kim JE, Choi YJ, Lee JH, Park JH, Kim YJ, et al. Evaluation of the color stability of 3D-printed crown and bridge materials against various sources of discoloration: an in vitro study. *Materials.* 2020; 13: 5359.
16. Pantea M, Ciocoiu RC, Greabu M, Totan AR, Imre M, Țâncu AMC, Sfeatcu R, Spînu TC, Ilinca R, Petre AE. Compressive and flexural strength of 3D-printed and conventional resins designated for interim fixed dental prostheses: An in vitro comparison. *Materials.* 2022; 15: 3075.
17. Manojlovic D, Dramićanin MD, Miletic V, Stojanovic D, Uskokovic DP, Stankovic A. Cytotoxicity and genotoxicity of a low-shrinkage monomer and monoacylphosphine oxide photoinitiator: comparative analyses of individual toxicity and combination effects in mixtures. *Dent Mater.* 2017; 33: 454-66.
18. Lin CH, Lin YM, Lai YL, Lee SY. Mechanical properties, accuracy, and cytotoxicity of UV-polymerized 3D printing resins composed of Bis-EMA, UDMA, and TEGDMA. *J Prosthet Dent.* 2020;123: 349–54.
19. Souza IR, Pansani TN, Basso FG, Hebling J, de Souza Costa CA. Cytotoxicity of acrylic resin-based materials used to fabricate interim crowns. *J Prosthet Dent.* 2020; 124(1): 122.e1-122.e9.
20. Saisadan D, Manimaran P, Meenapriya PK. In vitro comparative evaluation of mechanical properties of temporary restorative materials used in fixed partial denture. *J Pharm Bioallied Sci.* 2016; 8(Suppl 1): S105-9.
21. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater.* 2018; 34(2):192-200.
22. Astudillo-Rubio D, Delgado-Gaete A, Bellot-Arcís C, Montiel-Company JM, Pascual-Moscardó A, Almerich-Silla JM. Mechanical properties of provisional dental materials: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2018; 13(2): e0193162.
23. Park JM, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. Wear resistance of 3D printing resin material opposing zirconia and metal antagonists. *Materials (Basel).* 2018; 11(6): 1043.
24. Britto VT, Cantelli V, Collares FM, Bertol CD, Della Bona Á. Biomechanical properties of a 3D printing polymer for provisional restorations and artificial teeth. *Dent Mater.* 2022; 38(12): 1956-62.
25. Ribeiro AKC, de Freitas RFCP, de Carvalho IHG, de Miranda LM, da Silva NR, de Fátima Dantas de Almeida L, et al. Flexural strength, surface roughness, micro-CT analysis, and microbiological adhesion of a 3D-printed temporary crown material. *Clin Oral Investig.* 2023; 27(5): 2207-20.

26. Duymus ZY, Aydiner SF, Yanikoglu N. The effect of different staining solutions on the color stability of temporary crown materials. *Niger J Clin Pract.* 2023; 26(2): 234-39.
27. Chuchulska B; Dimitrova M; Vlahova A; Hristov I; Tomova Z; Kazakova R. Comparative analysis of the mechanical properties and biocompatibility between CAD/CAM and conventional polymers applied in prosthetic dentistry. *Polymers* 2024; 16: 877.
28. Yıldırım M, Aykent F, Özdoğan MS. Comparison of fracture strength, surface hardness, and color stain of conventionally fabricated, 3D printed, and CAD-CAM milled interim prosthodontic materials after thermocycling. *J Adv Prosthodont.* 2024; 16(2): 115-25.
29. Digholkar S, Madhav VNV, Palaskar J. Evaluation of the flexural strength and microhardness of provisional crown and bridge materials fabricated by different methods. *J Indian Prosthodont Soc.* 2016; 16(4): 328-34.
30. ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Dentistry — Polymer-based crown and veneering materials [ISO] 10477:2020-10. Edição 4. Genebra, 2020.
31. ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 10993-12:2016. Avaliação biológica de produtos para a saúde – Parte 12: Preparação de amostras e materiais de referência. Rio de Janeiro, 2016.
32. Costa IAF, Lima EMCX. Effect of colorant solutions on the color stability of provisional prosthetic materials. *Braz J Oral Sci.* 2018; 17: e18153.
33. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, Sakai M, Takahashi H, Tashkandi E, Perez MM. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent.* 2015; 27(1): 51-9.
34. Saraswathy A, Latha N, Ayyadanveetil P, Thavakkara V. Comparative evaluation of surface roughness and color stability of polyetheretherketone with conventional interim prosthetic materials: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2024; 25(10): 930-35.
35. de Oliveira E, Zancanaro de Figueiredo E, Spohr AM, Lima Grossi M. Properties of acrylic resin for cad/cam: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *J Prosthodont.* 2021; 30(8): 656-64.
36. Wei X, Pan Y, Wang M, Wang Y, Lin H, Jiang L, et al. Comparative analysis of leaching residual monomer and biological effects of four types of conventional and CAD/CAM dental polymers: an in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2022; 26(3): 2887-98.
37. Raszewski Z. Acrylic resins in the CAD/CAM technology: A systematic literature review. *Dent Med Probl.* 2020; 57(4): 449-54.

38. Rizzante F, Bueno T, Guimarães G, Moura G, Teich S, Furuse A, et al. Comparative physical and mechanical properties of a 3D printed temporary crown and bridge restorative material. *J Clin Exp Dent*. 2023; 15(6): e 464-9.

**Não autorizo a publicação deste trabalho pelo prazo de até 2 anos após a data
de defesa**

(Direitos de publicação reservados ao autor)

Araraquara, de 10 outubro de 2025.

Fernanda Matos