XXXIII Congresso de Iniciação Científica da Unicamp

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE RESINAS PARA COROAS DENTAIS PROVISÓRIAS CONFECCIONADAS POR FLUXO CONVENCIONAL E DIGITAL EM AMBIENTE EROSIVO: ESTUDO *IN VITRO*

Palavras-Chave: Próteses; Impressão tridimensional; CAD-CAM; Erosão; Propriedades de superfícies.

Autores(as): Nathalia Barcaro de Souza, FOP - Unicamp; Évla Gabriela de Sousa Ramos, FOP - Unicamp; Pedro Henrique Bastos de Oliveira FOP - Unicamp; Rafaela Yoshie Oliveira Kinoshita, FOP- Unicamp

Prof. Dr. William Custódio (orientador), FOP - Unicamp

INTRODUÇÃO

As tecnologias digitais transformaram a confecção de próteses odontológicas, promovendo maior eficiência nos fluxos clínicos e laboratoriais, além de aumentarem a precisão e reprodutibilidade das restaurações. Destacam-se a manufatura subtrativa por CAD/CAM, que realiza a fresagem automatizada de blocos de resina pré-polimerizados (Jalalian et al., 2023), e a impressão 3D com resinas fotopolimerizáveis (Lourinho et al., 2022; Piedra-Cascón et al., 2022). Embora ambas sejam amplamente utilizadas na confecção de coroas provisórias, proporcionando resultados estéticos e funcionais. Contudo, variações nos fluxos de trabalho podem influenciar a adaptação marginal e interna, afetando o desempenho clínico e a longevidade das restaurações.

Embora os fluxos digitais ofereçam vantagens evidentes em termos de precisão e otimização do tempo clínico, ainda persistem preocupações quanto ao desempenho a curto e médio dessas próteses, principalmente devido às propriedades físicas dos materiais utilizados, como a estabilidade de cor, frente às condições desafiadoras do ambiente bucal (Henderson et al., 2022; Moslehifard et al., 2022; Martín-Ortega et al., 2022; Sayed et al., 2023; Alsarani et al., 2023). Restaurações provisórias estão constantemente expostas a variações térmicas, umidade e substâncias químicas presentes na dieta, fatores que podem comprometer sua integridade mecânica e suas propriedades estéticas. Características dos substratos resinosos como estabilidade de cor e resistência à degradação química são especialmente sensíveis à exposição a bebidas de baixo pH, como refrigerantes, reconhecidamente associados à erosão dental e à degradação de materiais restauradores (Leslie et al., 2009; Hunter et al., 2000).

Apesar da ampla adoção de materiais e técnicas digitais para provisórios, a literatura ainda carece de evidências consolidadas sobre o comportamento comparativo desses materiais quando submetidos a desafios erosivos. Considerando o papel essencial das restaurações provisórias na manutenção da função,

estética e proteção dos tecidos dentais durante a fase intermediária do tratamento protético, a avaliação de sua estabilidade frente a ambientes ácidos é de fundamental relevância clínica. Este estudo *in vitro* teve como objetivo avaliar as propriedades físicas, incluindo a estabilidade colorimétrica, de resinas utilizadas na confecção de coroas provisórias por métodos convencionais e digitais, após exposição a ambiente erosivo simulado.

METODOLOGIA

Foi conduzido um estudo *in vitro*, com delineamento experimental randomizado quanto à alocação das amostras e cego em relação às análises das variáveis de resposta. Foram considerados dois fatores experimentais: (i) tipo de substrato resinoso de PMMA, em quatro níveis: convencional autopolimerizável (ConAut), convencional termopolimerizável (ConTerm), digital por impressão 3D (Dig3D) e digital fresado por tecnologia CAD/CAM (DigFre); (ii) exposição ao desafio erosivo, com dois níveis: grupo controle não exposto (GC) e grupo experimental exposto (GE). O dimensionamento amostral foi de n=10, baseado em estudos prévios. As variáveis de resposta foram: rugosidade de superfície, microdureza e variação colorimétrica (ΔE).

Foram confeccionados discos de resina à base de PMMA (10 mm de Ø x 2,0 mm), conforme norma ISO 20795-1-2013. Para os corpos de prova do grupo ConTerm, foi utilizada a resina termopolimerizável Dencor (cor 69, Dencril, Brasil), proporcionada e manipulada segundo as recomendações do fabricante. Esta foi inserida em matriz metálica com cavidades circulares correspondentes às dimensões especificadas anteriormente e submetida à polimerização térmica até atingir 120ºC. Para o grupo ConAut, foi utilizada a resina autopolimerizável Dencor (cor 69), acondicionada na mesma matriz metálica em incremento único e autopolimerizada à temperatura ambiente por 10 minutos e sob pressão de 1000Kg, conforme as instruções do fabricante

Para o grupo Dig3D, realizou-se o projeto digital do corpo de prova com o software Meshmixer (Autodesk Inc., EUA), que foi posteriormente transferido para a impressora 3D Anycubic Photon Mono M7 Pro (Shenzhen Anycubic Technology Co., China). Após a homogeneização por agitação, a resina líquida fotopolimerizável foi injetada no tanque da impressora para início do processo de fabricação aditiva, em uma orientação de 90º horizontal com espessura de impressão de 50µm por camada. Os corpos de prova impressos foram cuidadosamente removidos da plataforma, submetidos a limpeza em cuba ultrassônica com álcool isopropílico 99% por 5 min, secos com ar comprimido e, submetidos à cura final em câmara de luz LED Anycubic Wash and Cure Machine Shenzhen Anycubic Technology Co., China), por 20 min, conforme especificações do fabricante. Os corpos de prova do grupo DigFre foram fresados a partir do mesmo arquivo digital STL utilizado para impressão 3D, empregando-se discos monolíticos de PMMA VIPI Trilux (VIPI, Brasil) na fresadora Inlab MC X5 (Dentsply Sirona, Alemanha). O processo

de usinagem foi realizado com as fresas diamantadas específicas (Diamond 1.4 CS, 1.2 CS e Bur 2.5 PMMA CS) (Dentsply Sirona, Alemanha), em baixa velocidade.

Todos os corpos de prova foram submetidos ao mesmo protocolo de acabamento e polimento em politriz Aropol APL-4 (Arotec Indústria e Comércio, Brasil), utilizando uma sequência padronizada de lixas de carbeto de silício com abrasividade crescente (600, 800 e 1200) e disco de feltro com pedra pomes, seguido de branco de Espanha. Após o polimento, foram submetidos a banho ultrassônico em água destilada por 10 min e armazenados em ambiente com umidade relativa controlada (100%) até o início dos ensaios experimentais.

Os corpos de prova foram numericamente codificados e alocados de forma randomizada, por sorteio simples, em dois subgrupos: grupo controle (GC), grupo não exposto ao desafio erosivo, e grupo experimental (GE), submetido ao desafio erosivo. O protocolo erosivo constituiu na imersão dos corpos de prova em Coca-Cola® (pH = 2,5 ± 0.1) por 5 minutos, quatro vezes ao dia (às 8h, 12h, 16h e 20h), durante 14 dias (Yang et al., 2021). Entre os ciclos de imersão, os corpos de prova foram armazenados em saliva artificial (pH = 7,0 ± 0,2), renovada a cada ciclo (da Silva et al., 2024). Os grupos controle (GC) permaneceram continuamente imersos em saliva artificial, sob as mesmas condições. Todos os corpos de prova foram mantidos em estufa a 37ºC ± 1ºC durante todo o período experimental (Bitencourt et al., 2020). Ao término do último desafio erosivo, os corpos de prova foram imediatamente submetidos às análises experimentais.

A rugosidade de superfície (Ra, µm) foi avaliada em todos os corpos de prova nos tempos T0 (inicial) e T1 (pós-desafio erosivo) utilizado o rugosímetro digital (Surfcorder SE 1700; Kosaka Laboratory Ltd., Japão). As medições foram realizadas com velocidade de 0,5 mm/s, comprimento de leitura de 0,8 mm e resolução de 0,01 µm. Para cada amostra, obteve-se a média aritmética de três leituras realizadas em regiões distintas (Silva et al., 2010). A microdureza Knoop (HK) foi avaliada em microdurômetro (HMV-2; Shimadzu Corporation, Japão) com carga de 25 g por 15 segundos, seguindo a norma ASTM E384-17. Realizaram-se três indentações por amostra, distanciadas 500 µm entre si, calculando-se a média aritmética dos valores de HK para cada grupo experimental (Schoeffel et al., 2019). A alteração de cor (ΔE) foi quantificada por espectrofotômetro (CM-700d; Konica Minolta, Japão) calibrado com tile branco padrão, utilizando o sistema CIELAB (D65/10°). Foram registrados os parâmetros L* (luminosidade), a* (eixo verde-vermelho) e b* (eixo amarelo-azul), com três medições por amostra. O ΔE foi calculado pela equação: $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$, considerando clinicamente perceptível $\Delta E > 3,3$ (Paravina et al., 2011).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de Levene. Utilizou-se ANOVA two-way para medidas repetidas, seguida por testes post-hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$) no software SAS 9.0 (SAS Institute Inc., EUA).

RESULTADOS

Em relação a rugosidade, houveram diferenças significativas das resinas após os desafios erosivos ($p>0,05$). Em relação às comparações intragrupo (antes e depois), apenas ConTermGE demonstrou aumento significativo na rugosidade após o desafio ($p = 0,022$). As demais combinações de resina e solução não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de avaliação.

Tanto ConAutGC quanto ConAutGE apresentaram aumento significativo de microdureza após a exposição à saliva e à Coca-Cola® ($p < 0,05$). As resinas ConTerm e DigFre (CAD/CAM) mostraram redução significativa de microdureza após ambos os desafios: saliva e Coca-Cola® ($p < 0,05$). A Dig3D não apresentou diferença significativa entre os tempos, independentemente do desafio ($p > 0,05$). A interação entre o tipo de desafio e o tempo também foi significativa ($p = 0,0366$), sugerindo que a exposição à Cola-Cola® potencializou a perda de microdureza em todos os materiais, exceto, a ConAut.

A análise da alteração de cor (ΔE) revelou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos avaliados ($p < 0,05$). ConTerm apresentaram os menores valores médios de ΔE tanto em saliva ($6,60 \pm 1,00$) quanto em Coca-Cola® ($6,29 \pm 0,97$), sendo significativamente diferentes das Dig3D e DigFre, que exibiram maiores alterações de cor ($p<0,05$).

DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que os diferentes tipos de resinas para coroas provisórias respondem de maneira distinta ao ambiente erosivo simulado. Em relação à rugosidade de superfície, apenas a resina termopolimerizável apresentou aumento significativo após exposição ao ambiente erosivo, devido a sua rigidez torna-se mais propensa a perda superficial quando exposta repetidamente neste ambiente, o que pode o acúmulo de biofilme. Os demais grupos não apresentaram alterações significativas, evidenciando uma relativa estabilidade superficial.

Em relação a microdureza as resinas autopolimerizáveis apresentaram um aumento significativo da microdureza independentemente da exposição ou não ao desafio erosivo, possivelmente devido à continuação do processo de polimerização ou à interação química com os fluidos testados. Em contrapartida, as resinas termopolimerizáveis e fresadas (CAD/CAM) exibiram uma redução significativa da microdureza frente aos mesmos desafios, sugerindo maior susceptibilidade a alterações físico-químicas, especialmente frente a desafios erosivos. Por outro lado, a resina empregada na impressão 3D manteve sua microdureza, indicando maior resistência às condições erosivas nos parâmetros empregados.

Quanto à alteração de cor (ΔE), observou-se que as resinas termopolimerizáveis apresentaram maior estabilidade cromática, mesmo após a exposição aos desafios erosivos. Em contrapartida, as resinas utilizadas no fluxo digital (impressas em 3D e fresadas) apresentaram maior variação de cor. Esses achados ressaltam a importância da escolha criteriosa do material provisório, considerando sua resistência a condições erosivas presentes no meio bucal.

CONCLUSÃO

As propriedades físico-mecânicas e ópticas variaram conforme o tipo de resina. A resina autopolimerizável apresentou bom desempenho geral, com resistência à erosão e estabilidade superficial, sendo clinicamente viável mesmo sob exposição ácida. A termopolimerizável mostrou menor alteração de cor e microdureza. Em contraste, as resinas impressas em 3D e fresada foram mais suscetíveis, especialmente quanto à cor e microdureza. A escolha do material provisório deve considerar o equilíbrio entre desempenho físico e estabilidade óptica frente às condições do meio bucal.

REFERÊNCIAS

JALALIAN E, Assessment of Marginal and Internal Adaptation in Provisional Crowns Utilizing Three Distinct Materials, J Contemp Dent Pract. 2023.

LOURINHO C, Mechanical Properties of Polymethyl Methacrylate as Denture Base Material: Heat-Polymerized vs. 3D-Printed-Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies, Biomedicines, 2022.

PIEDRA-CASCÓN W, A vat-polymerized 3-dimensionally printed dual-material occlusal device: A dental technique, J Prosthet Dent. 2021.

HENDERSON JY, Failure load of milled, 3D-printed, and conventional chairside-dispensed interim 3-unit fixed dental prostheses, J Prosthet Dent. 2022.

MOSLEHIFARD E, Comparison of Conventional Pressure-packed and Injection Molding Processing Methods for an Acrylic Resin Denture based on Microhardness, Surface Roughness, and Water Sorption, Int J Dent. 2022.

MARTÍN-ORTEGA N, Fracture resistance of additive manufactured and milled implant-supported interim crowns, J Prosthet Dent. 2022.

SAYED ME, Evaluation of the Effects of Digital Manufacturing, Preparation Taper, Cement Type, and Aging on the Color Stability of Anterior Provisional Crowns Using Colorimetry, Med Sci Monit Basic Res. 2023.

ALSARANI MM, Influence of aging process and restoration thickness on the fracture resistance of provisional crowns: A comparative study, Saudi Dent J. 2023.

LESLIE A, Acidic beverages increase the risk of in vitro tooth erosion, College of Dentistry, University of Iowa, 2009.

HUNTER ML, Relative susceptibility of deciduous and permanent dental hard tissues to erosion by a low pH fruit drink in vitro, J Dent., 2000.

PARAVINA RD, Pérez MM, Ghinea R.Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications.J Esthet Restor Dent. 2019.

YANG H, Erosion of CAD/CAM restorative materials and human enamel: An in vitro study, J Mech Behav Biomed Mater. 2021.

SILVA WJ, Bioactivity and architecture of Candida albicans biofilms developed on poly(methyl methacrylate) resin surface, J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2010.

Schoeffel AC, Knoop microhardness of conventional and microwaved denture base acrylic resins. Indian J Dent Res. 2019.

BITENCOURT SB, Effect of acidic beverages on surface roughness and color stability of artificial teeth and acrylic resin, J Adv Prosthodont. 2020.