

INFLUÊNCIA DE IMPRESSORAS DLP NAS PROPRIEDADES DE RESINAS 3D PARA BASE DE PRÓTESES

LAURA LOURENÇO MOREL¹; JAQUELINE BARBIERI MACHADO²; ANA PAULA PINTO MARTINS³; HENRIQUE TIMM VIEIRA⁴; FERNANDA FAOT⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – lauramorel1997@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – jaquelineenalta@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – aanapaulamartins@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – henrique@odontorad.com.br

⁵Universidade Federal de Pelotas – fernanda.faot@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A evolução das tecnologias de impressão 3D permitiu o processamento de próteses totais com alta precisão e personalização (REZAIE et al., 2023), sendo o método mais comum para sua produção a impressão por manufatura aditiva associada a fotopolimerização em cuba. O Processamento Digital de Luz (DLP) tem sido o método mais comumente utilizado por sua capacidade de gerar objetos com alta resolução, além de ser mais rápido que o método SLA (estereolitografia) e apresentar alta precisão independentemente do tamanho do objeto impresso (CHAUDHARY et al., 2023). Essa técnica utiliza resinas fotopolimerizáveis, que são curadas em camadas finas ao serem expostas à luz, formando a estrutura final (LEE et al., 2017). No entanto, a marca da resina e a impressora escolhida podem afetar significativamente propriedades como resistência mecânica, biocompatibilidade e acabamento de superfície (AL-DWAIRI et al., 2022).

As impressoras DLP, com sua precisão e resolução, são fundamentais para determinar a qualidade das próteses impressas em 3D (BORELLA et al., 2023; PEREIRA et al., 2022). Impressoras com alta precisão e cura consistente garantem próteses dimensionalmente precisas, minimizando erros e irregularidades na superfície (PEREIRA et al., 2022). O equilíbrio entre velocidade e precisão é crucial, pois impressoras mais rápidas podem comprometer o acabamento superficial e a integridade estrutural (HOSSEINABADI et al., 2023). A seleção adequada de parâmetros de impressão, como a espessura da camada, orientação e velocidade de impressão, também é essencial para otimizar os resultados (PRABHAKAR et al., 2020; SEPRIANTO et al., 2020).

A escolha da resina também é determinante, impactando as propriedades mecânicas e a estabilidade dimensional da prótese (PARADOWSKA-STOLARZ et al., 2022). Diferentes resinas variam em resistência à fratura (BORELLA et al., 2023), rugosidade superficial (SHIM et al., 2020) e resistência à formação de biofilme (SILVA et al., 2023), o que afeta a durabilidade, biocompatibilidade (PRAKASH et al., 2024) e facilidade de manutenção (ALQANAS et al., 2022). Escolher uma resina adequada às necessidades clínicas é essencial para garantir o desempenho ideal e a satisfação do paciente (DE PAULA et al., 2023).

Embora essas tecnologias ofereçam muitas vantagens, ainda há desafios na escolha adequada de impressoras e resinas, principalmente em relação às propriedades dos materiais e as diferenças que as impressoras apresentam. Assim, este estudo buscou avaliar as propriedades biológicas, mecânicas, físicas e de superfície de resinas 3D para bases de próteses, impressas em diferentes impressoras DLP.

2. METODOLOGIA

O presente estudo é caracterizado como um estudo *in vitro* e investigou o efeito da escolha da impressora [Flashforge Hunter (FP); Elegoo Mars 4 (EP)], e da resina [Yllér Cosmos Gum 3D (YR); Makertech Labs priZma 3D Bio Denture Class II (MR)] nas propriedades mecânicas de resinas 3D para base de prótese. Para determinar o tamanho da amostra, foi utilizado o teste para tamanho mínimo de efeito detectável, e determinado um total de 10 espécimes por grupo. Os espécimes foram impressos utilizando uma impressora 3D de Processamento Digital de Luz (DLP) e divididos em quatro grupos (n=10 por grupo): G1: EP + YR, G2: EP + MR, G3: FP + YR, G4: FP + MR. Para avaliar as propriedades biológicas, foi realizado um teste de adesão de *Candida albicans*. Testes de sorção, solubilidade, rugosidade de superfície, microdureza e energia livre de superfície foram realizados para analisar as propriedades físicas e de superfície das amostras. Os testes de resistência à flexão, módulo de elasticidade e tenacidade foram conduzidos para avaliação das propriedades mecânicas. Além disso, os espécimes foram avaliados quanto ao padrão de fratura apresentado. Para a impressão 3D, as amostras foram desenhadas utilizando o software TinkerCad (Autodesk). Os projetos foram então salvos como arquivos no formato STL (Standard Tessellation Language) e transferidos para as impressoras 3D (Elegoo Mars 4; Flashforge Hunter) para serem impressos em uma orientação horizontal de 90° e com espessura de impressão de 50 µm por camada. Após a impressão, os espécimes foram cuidadosamente removidos da plataforma, sanitizados e colocados na câmara ultrassônica com isopropanol, conforme recomendado pelo fabricante. Após a limpeza completa, todos os espécimes passaram por pós-cura durante 12 minutos, utilizando o forno de pós-cura (Wash and Cure 2.0, Anycubic) com fonte de luz LED UV, comprimento de onda de 405 nm, potência de luz de 40 W e frequência de aquecimento de 70 W. Em seguida, os suportes foram removidos utilizando instrumentos rotatórios de baixa velocidade. Todos os espécimes foram mantidos em água destilada a 37°C ±0.1 durante o período dos testes. Os dados foram submetidos inicialmente ao teste de normalidade e analisados através de ANOVA One-way seguido de testes de post-hoc de Tukey e Games-Howell ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das unidades formadoras de colônias revelou que o tipo de resina e a impressora utilizada não tiveram impacto na formação de biofilme ($p > 0,05$). O teste de solubilidade também não demonstrou diferença entre as marcas de resinas e impressoras ($p > 0,05$). A sorção foi significativamente maior para a resina Makertech ($p < 0,001$). A resina da Yllér apresentou maior dureza de superfície ($p < 0,001$) e menor rugosidade ($p = 0,044$). A energia livre de superfície total não foi influenciada nem pela impressora e nem pela escolha da resina ($p > 0,05$). A tenacidade à fratura foi influenciada pela resina e pela impressora; a resina Makertech apresentou maiores valores que da Yllér ($p < 0,001$), e ainda a tenacidade dos espécimes impressos pela Flash Forge foi maior que os da Elegoo ($p = 0,03$). A resistência à flexão e o módulo de elasticidade também foram afetados pela escolha da resina, ambos com maiores valores apresentados pela Makertech ($p < 0,001$). Essas duas últimas análises também foram influenciadas pela interação entre a resina e a impressora ($p < 0,001$). O padrão de fratura observado em todos os espécimes da resina Yllér foi *frágil*, enquanto no grupo da resina Makertech foi *dúctil*.

A qualidade dos objetos impressos por impressoras DLP é influenciada por vários fatores, incluindo a resolução da impressora, a uniformidade da fonte de luz

e a compatibilidade dos materiais (PEREIRA et al., 2022; BORELLA et al., 2023). A escolha da resina pode, portanto, afetar significativamente as qualidades estéticas, estruturais e funcionais do objeto impresso (DE PAULA et al., 2023). Valores semelhantes de propriedades mecânicas foram encontrados em outros estudos com as mesmas resinas nacionais (CANTELLI et al., 2024; DE FREITAS et al., 2024). Dentro dos parâmetros testados, o modelo de impressora DLP pode ser menos determinante para a qualidade geral da prótese do que a escolha da resina, apesar de sua influência significativa nas propriedades mecânicas.

4. CONCLUSÕES

A escolha da resina influenciou significativamente a sorção, a microdureza, a rugosidade de superfície, tenacidade e resistência à fratura e módulo de elasticidade. O tipo de impressora e a interação das resinas com a impressora influenciaram as propriedades mecânicas dos materiais avaliados, e neste sentido resinas impressas com a impressora Flash Forge obtiveram resultados de tenacidade à fratura superiores. Assim, enquanto o tipo de impressora 3D impactou apenas as propriedades mecânicas, a seleção da resina desempenhou um papel crítico na determinação das propriedades físicas, mecânicas e de superfície. Conclui-se que a escolha da resina e da impressora DLP podem influenciar a qualidade de próteses totais impressas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-DWAIRI, Z. N.; AL HAJ EBRAHIM, A. A.; BABA, N. Z. A Comparison of the Surface and Mechanical Properties of 3D Printable Denture-Base Resin Material and Conventional Polymethylmethacrylate (PMMA). **Journal of Prosthodontics**, [s.l.], v.32, p.40-48, 2023.

ALQANAS, S. S.; ALFUHAID, R. A.; ALGHAMDI, S. F.; AL-QARNI, F. D.; GAD, M. M. Effect of denture cleansers on the surface properties and color stability of 3D printed denture base materials. **Journal of Dentistry**, [s.l.], v.120, p.104089, 2022.

BORELLA, P. S.; ALVARES, L. A. S.; RIBEIRO, M. T. H.; MOURA, G. F.; SOARES, C. J.; ZANCOPE, K.; MENDONÇA, G.; RODRIGUES, F. P.; DAS NEVES, F. D. Physical and mechanical properties of four 3D-printed resins at two different thick layers: An in vitro comparative study. **Dental Materials**, [s.l.], v.39, p.686, 2023.

CANTELLI, V.; BRITO, V.T.; COLLARES, F.M.; DELLA BONA, A. Biomechanical Behavior of a 3D-Printed Denture Base Material. **The International Journal of Prosthodontics**, Lombard, v.37, n.7, p.109-117, 2024.

CHAUDHARY, R.; FABBRI, P.; LEONI, E.; PASQUALE, F.; FOCARETE, M. L.; PILATI, F.; MESSORI, M. Additive manufacturing by digital light processing: a review. **Progress in Additive Manufacturing**, [s.l.], v.8, p.331-51, 2023.

DE PAULA LOPEZ V; DIAS CORPA TARDELLI J; BOTELHO AL; MARCONDES AGNELLI JA; CÂNDIDO DOS REIS A. Mechanical performance of 3-dimensionally printed resins compared with conventional and milled resins for the manufacture of occlusal devices: A systematic review. **Journal of Prosthetic Dentistry**, [s.l.], v.130, n.1, p.1-15, 2023.

FREITAS BRUM SOUZA, L.; PIRES, T.; KIST, P.; VALANDRO, L.; MORAES, R.; ÖZCAN, M.; PEREIRA, G.K.R. 3D printed, subtractive, and conventional acrylic resins: Evaluation of monotonic versus fatigue behavior and surface characteristics. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, Amsterdam, v.155, p.106556, 2024.

HOSSEINABADI, H. G.; NIETO, D.; YOUSEFINEJAD, A.; FATTEL, H.; IONOV, L.; MIRI, A. K. Ink Material Selection and Optical Design Considerations in DLP 3D Printing. **Applied Materials Today**, [s.l.], v.30, p.101721, 2023.

LEE, J. Y.; AN, J.; CHUA, C. K. Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials. **Applied Materials Today**, [s.l.], v.7, p.120-33, 2017.

PARADOWSKA-STOLARZ, A.; MALYSA, A.; MIKULEWICZ, M. Comparison of the Compression and Tensile Modulus of Two Chosen Resins Used in Dentistry for 3D Printing. **Materials**, [s.l.], v.15, p.8956, 2022.

PEREIRA, A. B. N.; ALMEIDA, R. C.; MARASSI, C.; ABDO QUINTÃO, C. C.; CARVALHO, F. A. R. Do low-cost 3-dimensional printers produce suitable dental models? **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, [s.l.], v.161, p.858-65, 2022.

PRABHAKAR, M.; SARAVANAN, A. K.; LENIN, A.; LENO, I.; MAYANDI, K.; PIRAMANAYAGAM, S. R. A short review on 3D printing methods, process parameters and materials. **Materials Today: Proceedings**, [s.l.], v.45, p.10.1016/j.matpr.2020.10.225, 2020.

PRAKASH, J.; SHENOY, M.; ALHASMI, A.; AL SALEH, A. A.; C, S. G.; SHIVAKUMAR, S. Biocompatibility of 3D-Printed Dental Resins: A Systematic Review. **Cureus**, [s.l.], v.16, p.e51721, 2024.

REZAIE, F.; FARSHBAF, M.; DAHRI, M.; MASJEDI, M.; MALEKI, R.; AMINI, F.; WIRTH, J.; MOHARAMZADEH, K.; WEBER, F. E.; TAYEBI, L. 3D Printing of Dental Prostheses: Current and Emerging Applications. **Journal of Composite Science**, [s.l.], v.7, p.80, 2023.

SEPRIANTO, D.; SUGIANTORO, R.; SIPRONI, Y.; YAHYA, E.; ERWIN, M. The Effect of Rectangular Parallel Key Manufacturing Process Parameters Made with Stereolithography DLP 3D Printer Technology Against Impact Strength. **Journal of Physics: Conference Series**, [s.l.], v.1500, p.012028, 2020.

SHIM, J. S.; KIM, J. E.; JEONG, S. H.; CHOI, Y. J.; RYU, J. J. Printing accuracy, mechanical properties, surface characteristics, and microbial adhesion of 3D-printed resins with various printing orientations. **Journal of Prosthetic Dentistry**, [s.l.], v.124, p.468-75, 2020.

SILVA, M. D. D.; NUNES, T. S. B. S.; VIOTTO, H. E. D. C.; COELHO, S. R. G.; SOUZA, R. F.; PERO, A. C. Microbial adhesion and biofilm formation by *Candida albicans* on 3D-printed denture base resins. **PLoS One**, [s.l.], v.18, p.e0292430, 2023.