

## DESINFECÇÃO COM UV APÓS PROCESSAMENTO POR IMPRESSÃO 3D – UM BENEFÍCIO OU UM MALEFÍCIO?

*Joana Henriques<sup>1</sup>, Lino Gonçalves<sup>2</sup>, Ana Martins Amaro<sup>1</sup> e Ana Paula Piedade<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Universidade de Coimbra, CEMMPRE, ARISE – Departamento de Engenharia Mecânica, Portugal

<sup>2</sup> Universidade de Coimbra, Faculdade de Medicina, Departamento de Cardiologia do CHUC, Portugal  
[joana.henriques@dem.uc.pt](mailto:joana.henriques@dem.uc.pt); [lgoncalv@ci.uc.pt](mailto:lgoncalv@ci.uc.pt); [ana.amaro@dem.uc.pt](mailto:ana.amaro@dem.uc.pt); [ana.piedade@dem.uc.pt](mailto:ana.piedade@dem.uc.pt)

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomateriais, Fabrico aditivo, Desinfecção, Propriedades Mecânicas

### 1 INTRODUÇÃO

O fabrico aditivo, comumente designado por impressão 3D, tem sido amplamente utilizado para a conceção e produção de componentes com utilização em diversas áreas científicas. Graças à potencialidade em produzir peças com elevado grau de complexidade e de forma personalizada, sem a necessidade de utilização de moldes, a impressão 3D é apresentada como uma alternativa mais sustentável do que as técnicas de fabricação convencionais, geralmente associadas a grandes quantidades de desperdício de material [1].

No ramo da biomedicina, a impressão 3D, e em particular a tecnologia de fabricação por filamento fundido (FFF), é utilizada na produção de dispositivos médicos, tais como próteses, ortóteses, *scaffolds* para engenharia de tecidos e biomodelos para simulação de procedimentos cirúrgicos [2]. Contudo, a implementação destes dispositivos, se de base polimérica, pressupõe protocolos de esterilização/desinfecção que podem alterar as propriedades dos materiais em questão. Dos vários métodos de esterilização e desinfecção, a radiação ultravioleta (UV) é apontada como uma alternativa viável. A sua ação antimicrobiana está associada à inativação dos microrganismos através da degradação do seu material genético [3]. Consequentemente, o mesmo efeito que causa a degradação das cadeias de DNA e RNA é estendido à degradação das cadeias poliméricas, e interfere no desempenho mecânico final dos dispositivos. Estudos anteriores desenvolvidos pelo grupo demonstraram a eficácia da utilização da UV na diminuição da proliferação bacteriana [4]. Neste enquadramento, o presente trabalho tem como objetivo explorar o efeito da exposição à radiação UV nas propriedades mecânicas, físicas e químicas dos materiais processados por FFF. A influência de fatores como o tempo de exposição, o comprimento de onda da irradiação e a condição de armazenamento foi também avaliada.

### 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados dois filamentos de base polimérica: uma poliuretana termoplástica (TPU) e o poliestireno de elevado impacto (HIPS). Os parâmetros de impressão foram previamente otimizados, com base nos resultados das caracterizações térmica e mecânica efetuadas nos filamentos, e utilizados para imprimir os provetes de ensaio. Após a impressão, os materiais foram expostos a dois comprimentos de onda UV diferentes (254 nm e 405 nm), durante dois intervalos de tempo distintos (30 e 60 min) e, posteriormente, condicionados em ambientes diferenciados (em solução de PBS (pH = 7,4 a 25°C), e à temperatura e humidade atmosférica). Decorridos 15 dias, estes provetes foram caracterizados mecanicamente para avaliar o efeito das condições de exposição à radiação UV e de armazenamento, no comportamento mecânico dos materiais, avaliado através de testes resistência ao impacto e de avaliação da dureza. O fluxograma da Figura 1 esquematiza a metodologia experimental implementada no trabalho.



Figura 1 – Fluxograma da metodologia experimental adotada no trabalho.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização química inicial dos filamentos, por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) evidenciou que a potencial presença de aditivos químicos (adicionados pelos fabricantes), não afeta significativamente a composição química dos materiais poliméricos. Por outro lado, a caracterização térmica possibilitou identificar os principais eventos térmicos e, subsequentemente, selecionar os parâmetros de impressão para cada material.

No que concerne à caracterização química dos materiais, após a exposição à radiação UV, os espectros permitiram concluir que a eventual reorganização estrutural resultante da irradiação, não fomentou a formação de ligações distintas das iniciais.

Relativamente à caracterização mecânica através do ensaio de impacto Charpy, os resultados indicaram que a condição de armazenamento afeta de modo distinto a resposta ao impacto dos materiais. Para o HIPS, a imersão em solução de PBS aumenta o valor deste parâmetro, e nos provetes de TPU, a permanência em ambiente seco resulta em valores de resiliência superiores. Em contrapartida, o comprimento de onda e o tempo de exposição não introduziram diferenças significativas nos resultados.

Tendo em consideração que o comportamento da TPU é elastomérico e, por isso, diferente do HIPS, foram utilizados dois métodos de medição de dureza: Shore A e microdureza Vickers, para os provetes de TPU e HIPS, respetivamente. Os resultados não diferem significativamente, o que permite inferir que a irradiação com luz UV, independentemente do tempo de exposição, do comprimento de onda e da condição de armazenamento, não afeta o comportamento mecânico dos materiais, a nível da resistência à deformação plástica na superfície.

### 4 CONCLUSÕES

Este estudo constitui um avanço na implementação de dispositivos biomédicos produzidos por FFF, na prática clínica. A esterilização é uma etapa importante no contexto clínico, para assegurar a eliminação de possíveis microrganismos potenciadores de resposta imunitária, quando em contacto com o corpo humano. O facto de a exposição a este tipo de radiação não interferir nas propriedades mecânicas estudadas, comprova que a desinfecção com radiação UV se aproxima mais de ser um benefício do que um malefício.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P.), o apoio através do projeto UIDB/00285/2020 e LA/P/0112/2020A. Joana Henriques agradece à FCT o suporte financeiro no âmbito da bolsa de doutoramento 2023.00752.BD.

### REFERÊNCIAS

- [1] A.C. Pinho, A.M. Amaro, A.P. Piedade, “3D printing goes greener: Study of the properties of post-consumer recycled polymers for the manufacturing of engineering components,” *Waste Management*, vol. 118, pp. 426-434, 2020
- [2] A. Boretti, "A perspective on 3D printing in the medical field," *Annals of 3D Printed Medicine*, vol. 13, 2024
- [3] S. Probst-Rüd, P.O. Nyangaresi, A.A. Adeyeye, M. Ackermann, S.E. Beck, K. McNeill, “Synergistic effect of UV-A and UV-C light is traced to UV-induced damage of the transfer RNA,” *Water Research*, vol. 252, 2024
- [4] Bispo, L.C. “Influence of the Sterilization Process on the Properties of Mouthguards Produced by Additive Manufacturing,” Master’s thesis, University of Coimbra. <https://hdl.handle.net/10316/116381>