

O EFEITO DA ADIÇÃO DE ZNO E MGO À HAP NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE *SCAFFOLDS* OBTIDOS POR *ROBOCASTING*

M. Albardeiro¹, R. Baptista² e C. G. Figueiredo-Pina^{1,3,4}

¹ Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Instituto Politécnico de Setúbal, 2910-761 Setúbal, Portugal

² UnIRE, ISEL, Instituto Politécnico de Lisboa, Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1959-007 Lisboa, Portugal

³ Egas Moniz Center for Interdisciplinary Research (CiiEM), Egas Moniz School of Health & Science, Monte da Caparica, 2829-511 Almada, Portugal

⁴ CeFEMA—Center of Physics and Engineering of Advanced Materials, Instituto Superior Técnico, University of Lisbon, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisbon, Portugal

miguel.albardeiro@estsetubal.ips.pt; ricardo.baptista@isel.pt; celio.pina@estsetubal.ips.pt

PALAVRAS-CHAVE: *Scaffolds*, Impressão 3D, Substituição óssea

1 INTRODUÇÃO

Problemas ósseos tem apresentado um aumento nas últimas décadas devido a fraturas, tumores e o aumento da esperança de vida que resulta de uma diminuição das capacidades osteogénicas. Desta forma é necessário substituir o tecido, de modo a melhorar a regeneração óssea. Os tratamentos atuais como enxertos, possuem um uso limitado e em alguns casos podem ser rejeitados pelo paciente [1]. Com isto surge a necessidade de melhorar o tratamento problemas ósseos recorrendo à tecnologia de impressão 3D, que possibilita a produção de substitutos ósseos biocompatíveis específicos para cada paciente [2]. Este trabalho teve como objetivo desenvolver *scaffolds* de hidroxiapatite (HAp) reforçados separadamente com óxido de zinco (ZnO) e óxido de magnésio (MgO). De modo a avaliar a suas propriedades mecânicas, os *scaffolds* foram sujeitos a ensaios de compressão, cujos resultados estão descritos neste trabalho.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Scaffolds de HAp com diferentes percentagens de ZnO e MgO foram fabricados por *robocasting* utilizando uma impressora da empresa *ByFlow* (Eindhoven, Holanda). Inicialmente foi preparada uma solução 20%_{p/p} PVA. Em seguida foram fabricadas pastas de HAp, HAp + ZnO e HAp + MgO (58%_{p/p} de sólidos) contendo 1.85%_{p/p} darvan, 5%_{p/p} sorbitol e 7.5%_{p/p} de solução de PVA. Em seguida os *scaffolds* foram impressos com uma velocidade de impressão de 4 mm/s, com uma bico de extrusão de 0,6 mm e uma espessura de camada de 0,7 mm. Após secagem em estufa foram sinterizados à temperatura de 1150°C durante 4 horas. Os ensaios de compressão foram realizados com uma velocidade de 0,5mm/min numa máquina de ensaios de tração *Instron*, com uma célula de carga de 10KN. As amostras foram observadas em microscopia eletrónica de varrimento (MEV), para tal, as amostras foram previamente revestidas com uma liga Au-Pd.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho mostram que existem 3 níveis de porosidade no *scaffold* (figura 1). O primeiro controlado através da impressão 3D que advém da estrutura previamente definida (figura 1.A). O segundo nível de porosidade devido ao ar incluído na pasta (figuras 1.B) e o terceiro devido à ausência de consolidação total durante a sinterização (figura 1.C).

Este último nível poderá ser controlado através da adição de ZnO ou MgO. A adição de ZnO irá diminuir este tipo de porosidade enquanto o MgO aumenta. Na tabela 1 são apresentados os valores obtidos nos ensaios de compressão. Estes resultados estão dentro dos valores referenciados na literatura para o osso trabecular [3]. Verifica-se que a adição de ZnO conduz a um aumento da tensão máxima (σ_{max}) e do módulo de elasticidade (E). A adição de MgO traduz-se numa diminuição das propriedades da resistência à compressão do *scaffold*. Estes resultados estão diretamente relacionados com o nível de consolidação dos materiais. O aumento da quantidade de ZnO conduz a uma diminuição porosidade e consequentemente o aumento da resistência mecânica à compressão dos *scaffolds*. A adição de MgO tem o efeito contrário.

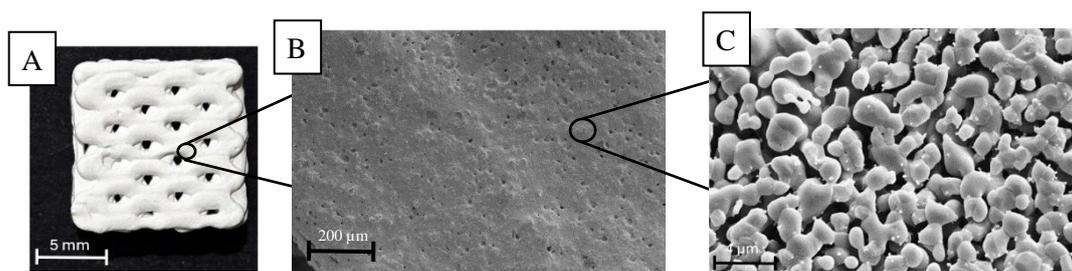


Figura 1 - *Scaffold* e os níveis de porosidade. A) *Scaffold*, B) SEM 100x e C) SEM 3000x.

Tabela 1 – Tensão máxima e módulo de elasticidade dos diferentes *scaffolds*.

<i>Scaffolds</i>	Controlo	ZnO_1%	ZnO_2,5%	ZnO_5%	MgO_1%	MgO_2,5%	MgO_5%
σ_{max} (MPa)	15 ($\pm 1,4$)	15 ($\pm 1,3$)	20 ($\pm 2,5$)	33 (± 3)	11 ($\pm 0,7$)	7 ($\pm 0,5$)	6 (± 1)
E (MPa)	354 (± 33)	424 (± 37)	605 (± 64)	792 (± 72)	306 (± 50)	244 (± 27)	160 (± 32)

4 CONCLUSÕES

A adição de ZnO a HAp resulta no aumento da resistência mecânica à compressão dos *scaffolds* devido a promover a consolidação do material durante o processo de sinterização. A adição de MgO tem o efeito contrário. Os resultados obtidos estão de acordo com os valores do osso trabecular na literatura, mostrando ser uma boa opção de substituição óssea em termos mecânicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à fundação para a ciência e tecnologia (FCT) pelo financiamento através dos projetos da unidade de investigação do CeFEMA 10.54499/UID/CTM/04540/2020.

REFERÊNCIAS

- [1] T. Genova, I. Roato, M. Carossa, C. Motta, D. Cavagnetto, and F. Mussano, “Advances on bone substitutes through 3d bioprinting,” Oct. 01, 2020, *MDPI AG*. doi: 10.3390/ijms21197012.
- [2] R. Masaeli, K. Zandsalimi, M. Rasoulianboroujeni, and L. Tayebi, “Challenges in Three-Dimensional Printing of Bone Substitutes,” Oct. 01, 2019, *Mary Ann Liebert Inc*. doi: 10.1089/ten.teb.2018.0381.
- [3] L. C. Gerhardt and A. R. Boccaccini, “Bioactive glass and glass-ceramic *scaffolds* for bone tissue engineering,” *Materials*, vol. 3, no. 7, pp. 3867–3910, 2010, doi: 10.3390/ma3073867.