

Estudo das propriedades mecânicas de uma resina para impressão 3D aditivada com grafeno



pmesquita@fmd.up.pt



Helena Salgado¹, Maria Helena Figueiral³, Mário Vaz², Pedro Mesquita³

¹ Universidade Católica Portuguesa, Faculdade de Medicina Dentária, Mestrado Integrado em Medicina Dentária, Viseu

² Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

³ Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico e digital introduziu a tecnologia de impressão 3D em Medicina Dentária. As resinas de polimetilmetacrilato utilizadas para impressão 3D apresentam ainda limitações mecânicas^{1,2}. A adição de nanomateriais a estas resinas, com o intuito de colmatar esse problema, tem demonstrado bons resultados^{3,4}. O grafeno tem vindo a ser investigado como um nanoaditivo devido às suas boas propriedades⁵. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar *in vitro* o efeito do grafeno numa resina de polimetilmetacrilato para impressão 3D ao nível das propriedades mecânicas: resistência à flexão e dureza.

MATERIAIS E MÉTODOS

Uma resina de impressão 3D existente no mercado (Dental Sand, Harz Labs, Rússia) foi aditivada com quatro concentrações de grafeno puro (Graphenest Advanced Nanotechnology, Sever do Vouga, Portugal): 0,01wt% , 0,1wt%, 0,25wt% e 0,5wt%. Os provetes foram impressos numa impressora 3D de tecnologia *Direct Ultraviolet Printing* (Phrozen Mini 4K, Prozen, Taiwan) e sujeitos a um processamento pós impressão de acordo com as instruções do fabricante da resina (Figura 1). Antes da realização dos testes mecânicos os provetes foram polidos e colocados em água destilada numa estufa a 37°C durante 24h. A resistência à flexão dos provetes (80x10x4mm) foi calculada usando o teste de flexão em três pontos numa máquina de teste universal, seguindo a norma ISO 178 (Figura 2). A dureza *shore D* foi medida em provetes circulares (12x6mm) com um durómetro manual de acordo com a norma ASTM D2240 (Figura 3). Os resultados foram avaliados utilizando o teste Kruskal-Wallis seguido do teste post-hoc Bonferroni, para comparações entre grupos. O valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

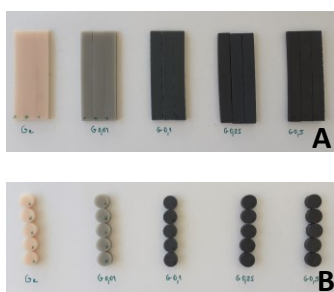


Figura 1 - Provetes utilizados nos testes mecânicos: A - Resistência à flexão; B - Dureza



Figura 2 - Máquina de teste universal utilizada para a realização do teste de flexão em 3 pontos.



Figura 3 - Medição da dureza com um durómetro manual.

RESULTADOS

O grafeno demonstrou melhorar a dureza da resina, quando em baixas concentrações, com significado estatístico na concentração de 0,01wt% ($p=0,043$). Pelo contrário, esta propriedade diminuiu e tornou-se inferior à da resina não aditivada em valores de grafeno iguais ou superiores a 0,25wt%, tendo-se verificado diferenças estatisticamente significativas na concentração de 0,5wt% ($p=0,022$) (Gráfico 1). A resistência à flexão piorou com o aumento da concentração de grafeno sendo essas diferenças estatisticamente significativas nas concentrações de 0,25 ($p=0,028$) e 0,5wt% ($p=0,006$). A concentração mais baixa (0,01wt%) demonstrou não ter grande influência na resistência à flexão da resina, uma vez que o valor médio foi muito aproximado ao da resina não aditivada (Gráfico 2).

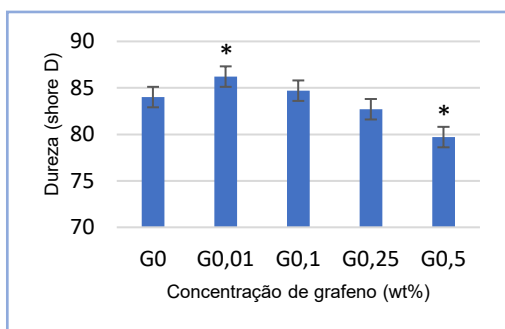


Gráfico 1 - Valores médios da dureza *shore D*. Os asteriscos indicam significado estatístico em relação ao G0 ($p < 0,05$).

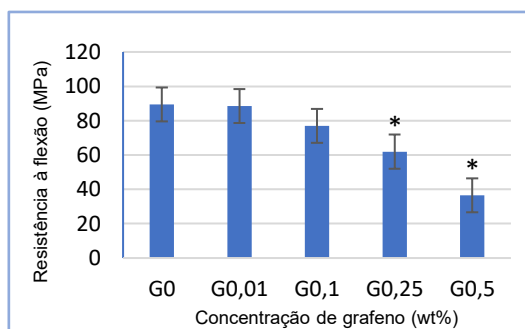


Gráfico 2 - Valores médios da resistência à flexão. Os asteriscos indicam significado estatístico em relação ao G0 ($p < 0,05$).

CONCLUSÕES

A incorporação de grafeno em baixas concentrações (0,01wt%) nas resinas de uso protético parece ter um futuro promissor no desenvolvimento de novos polímeros com melhores propriedades mecânicas para utilização em reabilitação oral.

Referências Bibliográficas

1. Al-Dwairi ZN, Al Haj Ebrahim AA, Baba NZ. A comparison of the surface and mechanical properties of 3D printable denture-base resin material and conventional polymethylmethacrylate (PMMA). *J Prosthodont.* 2022;4:1-9; 2. Prpić V, Schaperli Z, Catá CA, Dul'ci CN, Cimici S. Comparison of mechanical properties of 3D-printed, CAD/CAM, and conventional denture base materials. *J Prosthodont.* 2022;29:524-8; 3. Duan Y, Zhou Y, Tang Y, Li D. Nano-TiO₂-modified photosensitive resin for RP. *Rapid Prototyp J.* 2011;17(4):247-52; 4. Szaloki M, Gall J, Bukovinszki K, Borbelli J, Hegedus C. Synthesis and characterization of cross-linked polymeric nanoparticles and their composites for reinforcement of photocurable dental resin. *React Funct Polym.* 2013;73(3):465-73; 5. Yan L, Zheng YB, Zhao F, Li S, Gao X, Xu B, et al. Chemistry and physics of a single atomic layer: strategies and challenges for functionalization of graphene and graphene-based materials. *Science.* 2012; 41(1):97-114.