

SÍNTESE VERDE DE PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO (CQDs) A PARTIR DE SUCO DE LIMÃO EM DECOMPOSIÇÃO: RUMO AO DESENVOLVIMENTO DE SENSORES FLUORIMÉTRICOS CQD@MIP

Rosa M. De La Cruz Puma^{1*}, Jaime R. Vega Chacón¹, Lorena V. Martínez², Vítor M. Visoná³, Rodrigo F. Costa Marques³, Gino Í. Picasso Escobar¹

¹Grupo de Pesquisa Tecnologia de Materiais para Remediação Ambiental (TecMARA), Faculdade de Ciências, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Av. Túpac Amaru 210, Rimac, Lima, Peru.

²Departamento de Química Analítica, Nutrición e Bromatología e Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante (UA), Alicante, Espanha.

³Grupo de Materiais Magnéticos e Colóides, Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araraquara, Brasil.

*e-mail: rosa.delacruz.p@uni.pe

Os pontos quânticos (QDs) apresentam alta sensibilidade para detecção de contaminantes em amostras de água e alimentos, sendo amplamente utilizados no desenvolvimento de sensores ópticos. No entanto, os QDs convencionais, baseados em sais de cádmio e telúrio, são tóxicos e ambientalmente prejudiciais¹. Nesse contexto, os pontos quânticos de carbono (CQDs) surgem como uma alternativa promissora, devido à baixa toxicidade e propriedades ópticas semelhantes². Entre os métodos de síntese, destaca-se o método hidrotermal, por ser simples, eficiente e alinhado aos princípios da Química Verde. O uso de biomassa residual, como suco de limão em decomposição, permite aproveitar resíduos orgânicos, reduzir impactos ambientais e contribuir para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 12). Além disso, os polímeros de impressão molecular (MIPs) têm sido estudados para aumentar a seletividade dos sensores baseados em CQDs³. Assim, este trabalho teve como objetivo sintetizar CQDs a partir de suco de limão em decomposição pelo método hidrotermal, visando sua aplicação em sensores fluorimétricos para detecção de pesticidas. Os CQDs foram sintetizados pelo método hidrotermal a temperaturas entre 100 e 180 °C, com posterior purificação e caracterização por espectroscopia de absorção ultravioleta-visível (UV-Vis), espectroscopia de fluorescência, espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), difração de raios X (DRX) e espalhamento dinâmico de luz (DLS), confirmando a formação das nanopartículas. Durante a síntese, foi obtida uma suspensão coloidal de cor marrom escura, típica dos CQDs, com efeito Tyndall evidente, indicando a formação de partículas nanométricas estáveis. O espectro UV-Vis apresentou bandas em 228 e 324 nm, associadas às transições eletrônicas $\pi \rightarrow \pi^*$ dos anéis aromáticos C=C em regiões de carbono sp^2 e $n \rightarrow \pi$ dos grupos C=O e C-N/C=N, confirmando a presença de domínios conjugados de carbono e a formação de estruturas típicas de CQDs⁴. Os espectros FTIR dos CQDs obtidos apresentaram bandas típicas associadas a grupos hidroxila (O-H) entre 3200–3500 cm^{-1} , estiramentos C-H em torno de 2945 cm^{-1} , grupos carbonila (COO-) próximos de 1718 cm^{-1} e sinais em 1397 cm^{-1} correspondentes às ligações C=C, características de hidrocarbonetos aromáticos⁵. A fluorescência apresentou emissão em torno de 420 nm e deslocamento da banda (red shift) conforme o comprimento de excitação, comportamento típico de CQDs. O difratograma de raios X mostrou um pico largo em $2\theta \approx 20-30^\circ$, característico de estruturas carbonosas amorfas⁶, enquanto a análise por DLS revelou diâmetros hidrodinâmicos aparentes em torno de 52 nm, atribuídos ao efeito de solvatação e à leve agregação coloidal dos CQDs em meio aquoso, comportamento típico de sistemas com grande área superficial específica⁷. A síntese de CQDs a partir de biomassa em processo de decomposição, como o suco de limão, mostrou-se uma alternativa ecológica e viável, eliminando o uso de precursores tóxicos e reduzindo o impacto ambiental. Os resultados obtidos evidenciam o potencial desses nanomateriais para o desenvolvimento de sensores fluorimétricos CQD@MIP sustentáveis, de baixo custo e alta eficiência, voltados à detecção de pesticidas em matrizes alimentares e de interesse ambiental.

Agradecimentos: Este trabalho foi financiado pelo CONCYTEC e PROCIENCIA no âmbito dos Concursos E077-2023-01-BM “Becas en Programas de Doctorado en Alianzas Interinstitucionales” (PE501093308-2024) e E033-2023-01-BM “Alianzas Interinstitucionales para Programas de Doctorado” (PE501084300-2023).

- [1] Maosong L., Yanxue G., Liang X., Dan L., Luxuan L., Yiming L., Jianglan Q. *Spectrochim. Acta Part A: Mol. Biomol. Spectrosc.*, 318, 2024, 124451.
- [2] Iravani S., Varma R.S. *Environ. Chem. Lett.*, 18, 2020, 703–727.
- [3] Kazemifard N., Ensafi A.A., Rezaei B. *Food Chem.*, 310, 2020, 125812.
- [4] Kasirajan K., Karunakaran M., Choi H.K. *J. Environ. Chem. Eng.*, 12(5), 2024, 113535.
- [5] Slewa L.H. *Food Biosci.*, 61, 2024, 104653.
- [6] Saikia M., Das T., Saikia B.K. *New J. Chem.*, 46(1), 2022, 309–321.
- [7] Guo X., Guo Y., Chen X. *Int. J. Mol. Sci.*, 25(4), 2024, 2143.