

APLICAÇÕES DA IMPRESSÃO 3D EM ELETROQUÍMICA: CONSTRUÇÃO DE CÉLULAS E PROTÓTIPOS PARA ANÁLISE DE PESTICIDAS EM FASE AQUOSA E AEROSSOL

Erick Guimarães Lemos (erick865287@gmail.com)

Mariane Ribas Lourenço (marianelourenco@ufrj.br)

João Victor Nicolini (jvnicolini@ufrj.br)

A impressão 3D tem se consolidado como uma ferramenta estratégica de inovação tecnológica em diversas áreas, e sua integração com a eletroquímica abre novas perspectivas para o desenvolvimento de dispositivos analíticos de baixo custo, personalizados e altamente funcionais. No campo da detecção de pesticidas, essa abordagem representa uma alternativa promissora frente às técnicas tradicionais, frequentemente caras, complexas e pouco portáteis. Entre os pesticidas de maior preocupação ambiental e toxicológica destaca-se o fipronil (FIP), um inseticida do grupo dos fenilpirazóis, amplamente utilizado em práticas agrícolas e veterinárias. Nesse contexto, a construção de sensores eletroquímicos aliados ao design de protótipos impressos em 3D surge como uma abordagem inovadora para o monitoramento em tempo real e em condições ambientais diversas, tanto em fase aquosa quanto na forma de aerossóis. A metodologia deste estudo envolveu duas frentes principais. A primeira consistiu na preparação de um eletrodo serigrafado (SPE) modificado com nanotubos de carbono de paredes múltiplas (MWCNTs) para a detecção eletroquímica de FIP em solução aquosa por voltametria cíclica (CV) e voltametria de onda quadrada (SWV). A segunda frente metodológica

concentrou-se no desenvolvimento de um protótipo impresso em 3D para análises em fase aerossol. A modelagem foi realizada no software Fusion AutoDesk, onde foram elaboradas três peças distintas em processos sucessivos de esboço, extrusão e detalhamento. A primeira impressão consistiu em um suporte para a base do recipiente, projetado de forma a permitir o acoplamento lateral de um nebulizador. Em seguida, confeccionou-se um suporte adicional para a câmara do nebulizador, garantindo melhor estabilidade e direcionamento do aerossol. Por fim, foi projetado e impresso um tubo com duas extremidades de diâmetros distintos, possibilitando o encaixe preciso entre a câmara e o interior do recipiente. Os arquivos foram exportados em formato STL e posteriormente processados no software de fatiamento Creaform, que transformou o modelo tridimensional em instruções de impressão no formato .gcode. Nesta etapa, parâmetros como velocidade de impressão, densidade do material e espessura de camada foram cuidadosamente otimizados para assegurar qualidade estrutural e precisão dimensional. Os resultados obtidos até o momento evidenciam o potencial da integração entre nanotecnologia e impressão 3D aplicada à eletroquímica. O sensor modificado com MWCNT apresentou uma resposta linear na faixa de 0,9 a 4,6 $\mu\text{mol L}^{-1}$ para o FIP, com limite de detecção de 0,183 $\mu\text{mol L}^{-1}$ em pH 10. Paralelamente, o desenvolvimento do protótipo em 3D resultou em um dispositivo robusto, modular e adaptável, adequado para acoplar sistemas de nebulização e direcionar amostras em fase gasosa para análises eletroquímicas subsequentes. Como conclusões parciais, pode-se afirmar que a combinação da impressão 3D com sensores eletroquímicos baseados em nanomateriais representa um avanço significativo no campo da detecção ambiental. Enquanto a etapa aquosa já demonstrou desempenho analítico promissor para a quantificação de fipronil, a fase de prototipagem indica caminhos para expandir as aplicações para aerossóis, um desafio ainda pouco explorado na literatura. A próxima etapa da pesquisa envolverá a validação do protótipo em condições experimentais com pesticidas dispersos em aerossol, permitindo avaliar sua aplicabilidade em situações reais de monitoramento ambiental. Assim, este trabalho não apenas reforça o papel da impressão 3D como ferramenta de inovação na eletroquímica, mas também abre espaço para soluções portáteis e de baixo custo em vigilância ambiental.

Palavras-chave: impressão 3d; eletroquímica; pesticidas.