

Aplicação de sensor eletroquímico de grafeno por indução a laser para determinação de Glifosato

ENRICO ANDRADE D'AMICO¹; BRUNO VASCONCELLOS LOPES²; LUCAS MINGHINI GONÇALVES², RAPHAEL DORNELES CALDEIRA BALBONI², VICTORIA PORTO MONKS²; NEFTALÍ LENIN VILLARREAL CARREÑO³

¹ Universidade Federal de Pelotas - fisicoenrico@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – lopesbruno13@gmail.com, lucasmingon@gmail.com, raphael.balboni@gmail.com, vi.monks@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas - nlv.carreno@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio no Brasil é um setor crucial para o crescimento econômico devido a sua grande extensão e fatores climáticos favoráveis (BOMBARDI, 2017). Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2022), o agronegócio representou 27,4% do PIB brasileiro em 2021, sendo o setor agrícola correspondente a 68% do valor, com a soja como destaque.

Monoculturas plantadas em grandes extensões de terra para produção de commodities, como a soja, milho e cana-de-açúcar, geram impactos ambientais negativos como a redução da diversidade biológica presente no local e consumo de forma intensiva dos nutrientes do solo, sendo muitas vezes necessário, a reposição dos nutrientes. Além disso, outro problema grave ocasionado pelas monoculturas está relacionando com o uso de agrotóxicos.

Agrotóxicos são compostos de substâncias químicas destinadas ao controle, destruição ou prevenção, direta ou indiretamente, de agentes patogênicos para as plantas, e vem sendo utilizado em larga escala no Brasil desde os anos 1950 (LOPES; ALBUQUERQUE 2016). Segundo PELAEZ et al (2015), o Brasil consome cerca de 20% de todo agrotóxico comercializado mundialmente. A consequência dessa massiva utilização, em litígio com a falta de fiscalização, é grande nas preocupações com contaminações das águas superficiais e subterrâneas, além do solo e alimentos.

Neste contexto, aproximadamente 50% dos agrotóxicos utilizados são para o cultivo de soja, onde o mais utilizado é o herbicida Glifosato, que é um composto orgânico sintético, utilizado para controle e destruição de 'ervas daninhas', eliminando a competição por nutrientes, luz e água, assim, tendo uma melhora na produtividade da monocultura resistente a substância.

Em 2015, The International Agency for Research on Cancer (IARC), admitiu que o Glifosato pode causar câncer em animais tratados em laboratório, além de potencial causador de alterações na estrutura do DNA e nas estruturas cromossômicas das células humanas. THONGPRAKAI SANG et al (2013) salientam que mesmo em concentrações de partes por trilhão (ppt), o Glifosato induz a proliferação de células humanas de câncer de mama.

Para o monitoramento ambiental e biológico dos resíduos de agrotóxicos, são necessários técnicos capazes de detectar e quantificar baixas concentrações. Para resíduos do Glifosato, a maioria das análises são feitas com as técnicas de cromatográfica, que são procedimentos que utilizam grande quantidade de reagentes, alto tempo de análises e custo elevado (SETZNAGL; CESARINO, 2020). Assim, todos esses adventos dificultam o monitoramento desses poluentes.

Neste sentido, o desenvolvimento de soluções alternativas como sensores de baixo custo são necessárias. Os sensores eletroquímicos são ferramentas analíticas que combinam em um único dispositivo, o elemento de reconhecimento e o de transdução elétrica, que possibilita detectar e quantificar baixas concentrações dos analitos (TYAGI et al., 2020). Além disso, estes sensores são de baixo custo e fácil manuseio, o que facilitaria o monitoramento ambiental, mitigando os danos causados por poluentes do agronegócio.

A presente proposta tem o intuito de desenvolver dispositivo sensor para monitoramento ambiental do Glifosato capazes de detectar e quantificar baixas concentrações com o princípio de baixo custo e fácil manuseio, através de análises eletroquímicas.

2. METODOLOGIA

Os sensores foram projetados no software de imagens vetoriais Inkscape, e gravados a laser de CO₂ (marca Visutec modelo Router V52020) em uma plataforma polimérica de Poliimida (fita Kapton). Os sensores são um chip de três eletrodos formados por grafeno por indução a laser (LIG), elaborado por LIN et al (2014).

Para avaliar a melhor condição do mecanismo desenvolvido, foi aplicada a técnica de voltametria cíclica (CV) em um potenciostato/galvanostato Metrohm AUTOLAB - PGSTAT 302N, acoplado a um computador utilizando o software NOVA 2.1.

Para realizar a identificação do Glifosato foram aplicados a técnica de voltametria cíclica em duas soluções, uma contendo apenas o PBS 0,1 M (tampão fosfato de sódio pH 7,0), e outra de com PBS e 1000 µM de Glifosato aplicando-se uma faixa de potencial de -0,1 a 1 V com taxa de varredura de 50 mV.s⁻¹. Com a identificação do potencial de oxidação das moléculas de Glifosato 0,58 V foi aplicado a técnica de cronoamperometrica no potencial de oxidação com diferentes concentrações de Glifosato.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante o resultado da Figura 1A, foi realizado a análise de cronoamperometria com diferentes concentrações do analito estudado, variando de 0,5 a 224,6 µM, onde se pode observar um aumento na corrente conforme a maior presença de Glifosato. Na figura 1B foi observado que na ausência do analito estudado não apresenta nenhum pico de oxidação ou redução na superfície do eletrodo. Com a presença de 1000 µM de Glifosato, se obteve uma elevação de corrente de 52,3 µA no potencial de 0,58 V.

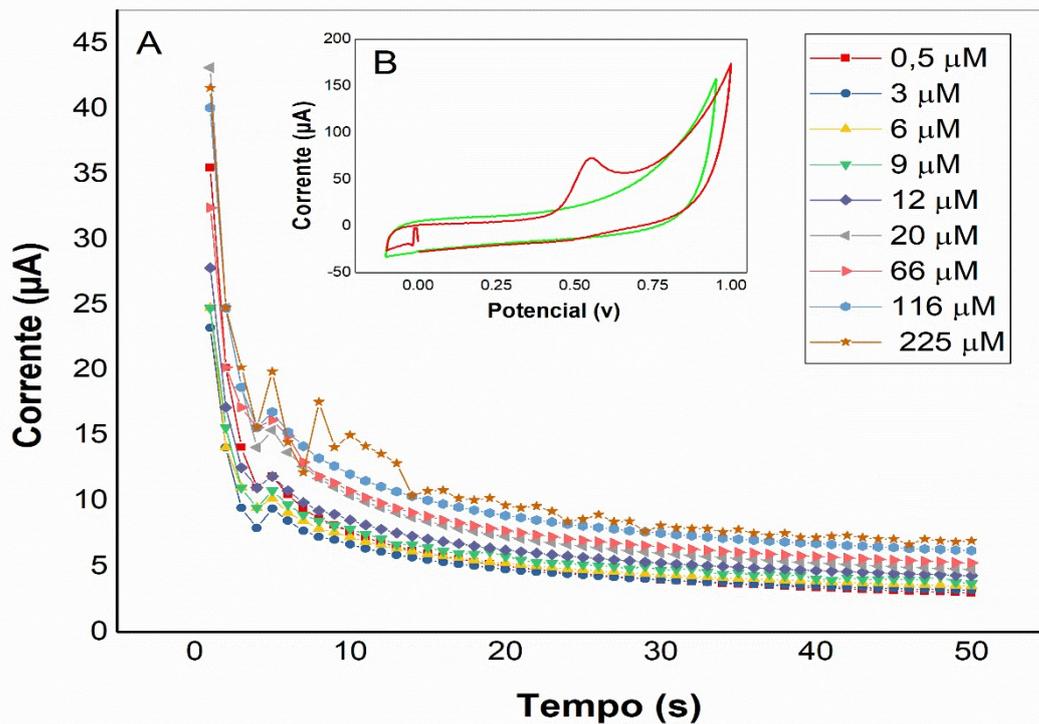


Figura 1: (A) Cronoamperometria com o aumento gradativo de Glifosato; (B) Voltametria cíclica na ausência e presença do analito estudado.

4. CONCLUSÕES

O trabalho apresentou uma simples alternativa para identificação de Glifosato em amostras laboratoriais. Testes preliminares aumentando a concentração do analito demonstram um aumento gradual da corrente no potencial 0,58 V. É necessário a realização de outros estudos, como por exemplo, a realização de curva analítica, análises das substâncias interferentes e aplicação em amostras reais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOMBARDI, L. M. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo, 2017.
- CEPEA; CNA. **PIB do Agronegócio Cresceu Abaixo Das Projeções**, 15 mar 2022. Acessado em 18 ago. 2022. Online. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_CNA_PIB_JAn_Dez_2021_Mar%C3%A7o2022.pdf
- IARC. International Agency for Research on Cancer Volume 112: Some organophosphate insecticides and herbicides: tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon and glyphosate. **IARC Working Group**. Lyon; 20 Mar. 2015. IARC Monogr Eval Carcinog Risk Chem Hum (in press).
- LIN, J. et al. Laser-induced porous graphene films from commercial polymers. **Nature Communications**, [S.l.], v.5, p.1–8, 2014.
- LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**. v.42, n.117, p.518–534, 2018.
- PELAEZ, V. M., et al. A (des)coordenação de políticas para a indústria de agrotóxicos no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, 14, 153-178. 2015.

SETZNAGL, S.; CESARINO, I. Copper nanoparticles and reduced graphene oxide modified a glassy carbon electrode for the determination of glyphosate in water samples. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**. v.00, n.00, p.1–13, 2020.

THONGPRAKASANG, S. et al. Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors. **Food and Chemical Toxicology**. v.59, p.129–136, 2013.

TYAGI, D., et al. (2020). Recent advances in two-dimensional-material-based sensing technology toward health and environmental monitoring applications. **Nanoscale**, 12(6), 3535-3559.