DESENVOLVIMENTO DE SENSORES E DISPOSITIVOS PARA BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA

Arthur Bernardo Köhler Olsen, Pedro Bertemes Filho

INTRODUÇÃO

O grafeno induzido por laser (LIG) apresenta potencial para a fabricação de eletrodos eletroquímicos devido à sua elevada condutividade elétrica, área superficial e possibilidade de produção direta sobre substratos poliméricos. A formação do LIG ocorre pela conversão localizada do polímero em uma estrutura carbonácea por meio da irradiação laser, produzindo uma rede porosa de carbono com propriedades favoráveis à transferência de elétrons. Neste trabalho, avaliou-se a influência da modificação superficial de eletrodos LIG sobre a resposta eletroquímica e a reprodutibilidade dos dispositivos. Foram comparadas três condições: LIG sem modificação, LIG modificado com quitosana e LIG modificado com quitosana e nanopartículas de óxido de cobre (CuO-NPs).

DESENVOLVIMENTO

Foram produzidos eletrodos de LIG sobre poliamida utilizando uma gravadora laser de diodo com comprimento de onda de 455 nm e potência aplicada de 1,6 W. Para cada condição experimental foram avaliados dez sensores. Os eletrodos sem modificação foram utilizados como referência, enquanto os demais receberam uma camada de quitosana ou foram sensibilizados com quatro camadas de uma suspensão de CuO-NPs. A caracterização eletroquímica foi realizada por voltametria cíclica utilizando 130 µL de solução de iodeto de potássio (KI) 1 M, velocidade de varredura de 0,05 V/s e faixa de potencial de −0,2 a +0,8 V. Foram realizados dez ciclos para cada sensor. A resposta eletroquímica foi quantificada pela área delimitada pelos ciclos voltamétricos, calculada por $Ai=∮I\,dVA_i=\|oint\ I\|,dV$. Para cada grupo foram determinados a área média, o desvio padrão amostral e o coeficiente de variação (CV), permitindo avaliar simultaneamente a magnitude da resposta e a reprodutibilidade dos sensores.

RESULTADOS

Os resultados demonstraram aumento progressivo da resposta eletroquímica com a modificação superficial dos eletrodos. O grupo de LIG sem modificação apresentou área média de **36,55 ± 10,51 µA·V** e coeficiente de variação de **28,76%**. Após a aplicação de quitosana, a área média aumentou para **109,63 ± 70,74 µA·V**, correspondendo a um aumento de aproximadamente **199,9%**, porém acompanhado de aumento do CV para **64,52%**. A sensibilização com CuO-NPs apresentou a maior resposta média, com **155,60 ± 104,73 µA·V**, aproximadamente **325,7% superior** ao LIG sem modificação e **41,9% superior** ao grupo contendo apenas quitosana. Entretanto, essa condição também apresentou a maior dispersão, com **CV de 67,31%**. A comparação entre os grupos evidencia um compromisso entre magnitude da resposta e reprodutibilidade. Enquanto as modificações com quitosana e CuO-NPs aumentaram

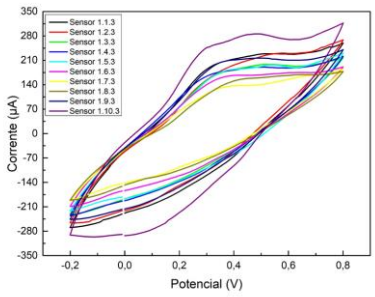
significativamente a área dos ciclos voltamétricos, também elevaram a variabilidade entre os sensores. O LIG sem modificação apresentou, portanto, a menor resposta média, mas a maior uniformidade relativa. Esses resultados indicam que o aumento da resposta eletroquímica proporcionado pela modificação superficial não implica necessariamente maior reprodutibilidade, sendo necessário otimizar as etapas de aplicação e secagem dos modificadores para reduzir a dispersão dos resultados

CONSIDERAÇÕES FINAIS Os resultados demonstraram que a modificação superficial dos eletrodos de LIG promove aumento significativo da resposta eletroquímica, sendo a sensibilização com quitosana e CuO-NPs a condição que apresentou a maior área média. Entretanto, o aumento da resposta foi acompanhado por maior variabilidade entre os sensores. O LIG sem modificação apresentou a melhor reprodutibilidade relativa entre as condições avaliadas. Dessa forma, a utilização dos eletrodos para aplicações eletroquímicas requer a otimização das etapas de fabricação e modificação superficial, buscando conciliar elevada resposta eletroquímica e baixa variabilidade entre dispositivos.

Palavras-chave: grafeno induzido por laser; eletrodos eletroquímicos; quitosana; nanopartículas de óxido de cobre; voltametria cíclica; reprodutibilidade.

ANEXOS

Figura 1. Voltamogramas dos sensores após sensibilização com quitosana e nanopartículas de CuO.



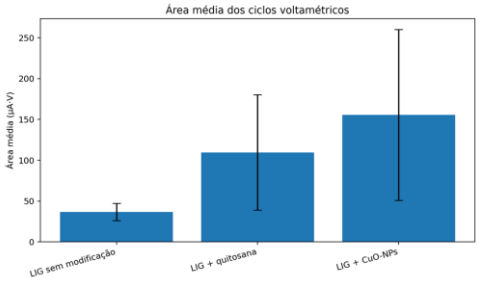


Figura 2. Comparação da área média dos ciclos voltamétricos. Barras de erro representam o desvio padrão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIN, J. et al. Laser-induced porous graphene films from commercial polymers. **Nature Communications**, v. 5, n. 1, p. 3169, 2014.

MAMLEYEV, E. R. et al. Laser-induced graphene formation on polyimide: mechanisms, composition, and applications. **npj Flexible Electronics**, v. 3, n. 1, p. 2, 2019.

VIVALDI, F. M. et al. Recent advances in laser-induced graphene: mechanism, properties, and applications in electrochemical sensors. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 332, p. 129480, 2021.

YE, R.; JAMES, D. K.; TOUR, J. M. Laser-induced graphene: from discovery to translation. **Advanced Materials**, v. 31, n. 1, p. 1803621, 2019.