



## **PRODUÇÃO DE FILMES HÍBRIDOS DE GRAFENO, POLIPIRROL E NANOFIOS DE PRATA VIA ELETRODEPOSIÇÃO**

Pedro Guillem Spinello<sup>1</sup>, Patricia Salvador Tessaro<sup>2</sup>, Renata Hack<sup>3</sup>, Sergio Henrique Pezzin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico(a) do Curso de Química -CCT - bolsista PIBIC-Af/CNPq.

<sup>2</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada-CCT

<sup>3</sup>Doutoranda do programa de Pós-Graduação de Ciência e Engenharia de Materiais- CCT.

<sup>4</sup> Orientador, Departamento de Química-CCT – sergio.pezzin@udesc.br.

**Palavras-chave:** Célula fotovoltaica. Eletrodeposição. Filme híbrido

Filmes de polímeros condutores têm sido utilizados em celulares, células solares e carros elétricos como substituintes dos antigos eletrodos<sup>1</sup>. Devido a estas aplicações, além de terem propriedades eletrônicas predominante de metais, possuem flexibilidade, baixa densidade e facilidade na modificação estrutural, aumentando a gama de aplicações.

Entre os polímeros condutores o polipirrol vem sendo estudado, por apresentar boas características elétricas, métodos simples de sintetizá-lo, estabilidade em condições ambientais e baixo custo em comparação com outros polímeros.<sup>2</sup>

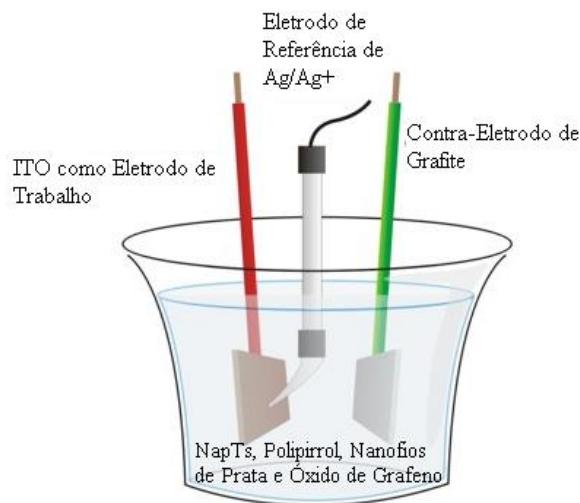
Vários materiais de carbono são utilizados na preparação de compósitos de polímeros, pois possuem alta condutividade elétrica, uma elevada força mecânica e grande estabilidade química. Dentre várias formas alotrópicas do carbono, o grafeno foi muito estudado e tem sido aplicado em sensores, células solares e supercapacitores, devido as excelentes propriedades já citadas acima.<sup>3</sup>

Esses materiais podem ser aplicados em células solares onde podem contornar muitos dos problemas atuais envolvendo energia, pois as células fotovoltaicas orgânicas são consideradas uma tecnologia promissora de células solares, devido as propriedades eletrônicas e ópticas dos semicondutores e o baixo custo de fabricação. Mas infelizmente, a eficiência relativamente baixa das células solares formadas por componentes orgânicos é um grande obstáculo que se forma na área de comercialização desses produtos.<sup>4</sup>

Para aumentar a eficiência das células solares, os nanofios de prata também estão ganhando atenção pela sua alta condutividade elétrica, propriedades ópticas e baixo custo de produção.<sup>5</sup> Sua produção é realizada utilizando o método de poliol que se baseia na redução de um sal inorgânico por um poliol em uma temperatura elevada (Conskun et al., 2011). Desta forma, este trabalho propõe produzir uma célula fotovoltaica orgânica, com o polipirrol, grafeno e nanofios de prata.

Para produzir este filme, foi feito um processo em uma etapa utilizando voltametria com potencial controlado em um eletrodo de óxido de índio-estanho (ITO) utilizando óxido de grafeno, pirrol, nanofios de prata e p-toluenossulfonato de sódio (NapTs). Todos os experimentos eletroquímicos foram realizados em temperatura ambiente utilizando uma célula de compartimento único contendo três eletrodos. No Eletrodo de trabalho utilizou-se vidro revestido de ITO, no eletrodo de contra-trabalho foi empregado um eletrodo de grafite e no eletrodo de

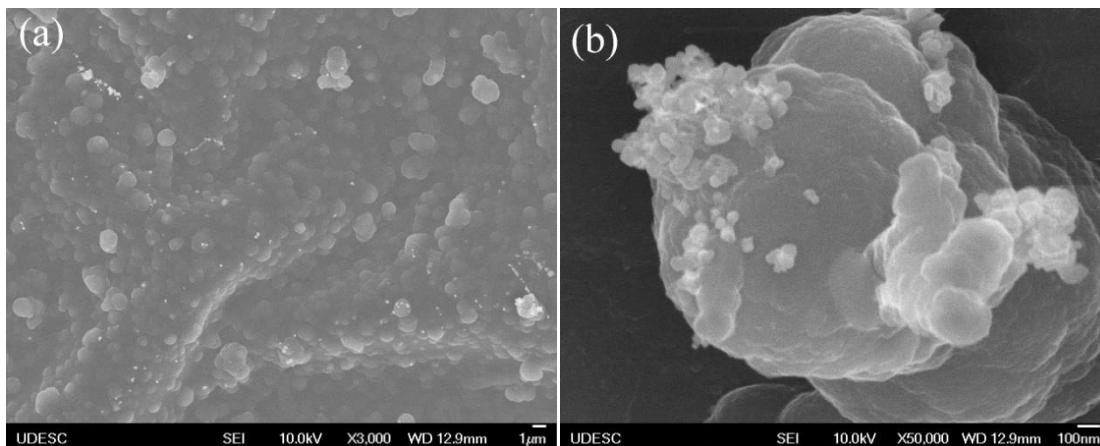
referência um eletrodo Ag/Ag<sup>+</sup> e antes do processo eletroquímico os eletrodos passaram por cuidados para melhorar os resultados. Para a eletrodeposição utilizou-se as soluções de pirrol 0,1 mol/L, AgNw 5mL e 5 mL de água destilada, OG 1mg/mL e NapTs 0,1 mol/L como contra-íon para poder fazer com que o pirrol oxidasse e o OG reduzir formando o filme híbrido, como mostra a Figura 1.



**Fig. 1** Esquema da célula eletroquímica

O pirrol foi destilado antes do uso para remover seus conservantes, para assim poder preparar a solução em t-butanol. A solução de OG utilizada foi preparada com OG sólido e água deionizada os sonicando por 30 a 40% minutos para assim dispersar o sólido. Para preparar a solução do NapTS, foi necessária sua síntese a partir do ácido p-toluenossulfônico adicionando bicarbonato de sódio e cloreto de sódio em excesso. Os nanofios foram preparados a partir do etilenoglicol, polivinilpirrolidona e nitrato de prata. A deposição eletroquímica foi feita com as quatro soluções na célula a um potencial constante de + 0,8 V<sup>6</sup>, ocorrendo à deposição no eletrodo de trabalho (ITO) formando assim o filme com material depositado preto condutor e levemente opaco.

A análise de Espectroscopia eletrônica de varredura de efeito de campo (FEG) foi realizada para verificar se a eletrodeposição ocorreu efetivamente. Obteve-se imagens de vários locais do filme contendo os três materiais escolhidos para verificar a presença dos mesmos. Na Figura 2(a) verifica-se a existência de microesferas onde a intensidade da luminescência é maior, como visto em outros trabalhos<sup>7</sup> esta característica é referente ao polipirrol. Analisando a Figura 2(b) é possível observar que no filme há um material que apresenta uma certa rugosidade e são folhas finas separadas e que não está organizado em estrutura cristalina grafítica.



**Fig. 2** Imagens provenientes da análise do filme por FEG

Estas características são devido à presença do grafeno utilizado para a preparação do filme via eletrodeposição. Imagens semelhantes de FEG foram obtidas por Silva (2011), que sintetizou via redução química, método semelhante ao do trabalho. Os nanofios de prata não foram observados via FEG, indicando que pode ter ocorrido erros na preparação do filme ou que pelo método de eletrodeposição não obteve sucesso para formar um filme contendo grafeno, nanofios e polipirrol.

<sup>1</sup>M. Winter, R.J. Brodd, Chem. Rev. 104 (2004)

<sup>2</sup> Skotheim, T. A.; Reynolds, J. R. **Handbook of Conducting Polymers**; CRC, New York, 2007

<sup>3</sup> Jeevananda, T.; Kim, N. H.; Lee, J. H.; Basavarajaiah, S.; Deepa Urs, M.; Ranganathaiah, C. Polym. Int. 2009, 58, 775.

<sup>4</sup> Dennler, G.; Scharber, M. C.; Ameri, T.; Denk, P.; Forberich, K.; Waldauf, C.; Brabec, C. J. Adv. Mater. 2008, 20 (3), 579–583

<sup>5</sup>Coskun, S. et al. Polyol Synthesis of Silver Nanowires: An Extensive Parametric. Crystal Growth & Design 2011, 11.

<sup>6</sup>LIM, Y. S. et al. Polypyrrole/graphene composite films synthesized via potentiostatic deposition. Journal Of Applied Polymer Science, [s.l.], v.128, n.1, p.224-229, 25 jun. 2012. Wiley-Blackwell.

<sup>7</sup>CAPUCCI, H. H. G. Investigação da Influência de 2,5-dimercapto-1,3,4-tiadiazol nas propriedades eletroquímica de polipirrol e nanotubos de carbono. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia- UFU, 2012.

<sup>8</sup>SILVA, D. D. Produção de reforços a partir do grafite natural para aplicação em nanocompósitos poliméricos de matriz epóxi. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, 2011.