



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2020

FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MEMBRANAS CONDUTORAS A BASE DE NANOTUBOS DE CARBONO PARA UTILIZAÇÃO DE SENSORES BASEADOS DE EGFETS

**Antonio Sérgio Oliveira Trindade dos Santos¹; Edrian Mania²; Ernando Silva
Ferreira³**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana,
e-mail: antoniosergiotrindade@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana,
e-mail: emania@uefs.br
3. Participante do projeto, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana,
e-mail: ernandofisica@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE: EGFET; nanotubos de carbono; celulose.

INTRODUÇÃO

O transistor de efeito de campo com *gate* estendido (*EGFET*), é um tipo de transistor bastante utilizado em medições de pH de soluções (Batista *et al*, 2006). Vários processos dependem da caracterização de soluções, tornando o *EGFET* uma importante ferramenta, com aplicações em diversas formas de monitoramento. No *EGFET* existe uma membrana condutora sensível a íons, geralmente fabricada com óxidos metálicos, porém, nem sempre eles são seletiva e podem ser frágeis durante o manuseio (Tsai *et al*, 2014). Tais limitações motivam a busca por novos tipos de materiais para a fabricar filmes finos condutores, sendo os nanotubos de carbono um dos mais populares.

Os nanotubos de carbono são estruturas nanométricas que possuem elevada resistência mecânica, boa condutividade elétrica e boa condutividade térmica (Tsai *et al*, 2014). A partir de modificações químicas, os nanotubos podem ser utilizados para detectar elementos específicos na solução, tornando-os bons materiais para a fabricação de filmes condutores para uso em sensores (Silva *et al*, 2007). Para a fabricação destes filmes, os nanotubos de carbono devem ser diluídos em água, porém, eles são hidrofóbicos. Por este motivo fez-se necessária a adição de polímeros na água para reduzir a tensão superficial dos nanotubos, para dispersá-los em água e depositá-los em um substrato. As pesquisas realizadas apontaram a celulose como um bom polímero para tal função, sendo facilmente encontrada em folhas de papel, pode ser dispersada em água e tem estrutura em fibra parecida com os nanotubos. A integração de ambos pode resultar em um compósito resistente, condutor de eletricidade e de baixo custo para ser integrados ao EGFET (Olivier *et al*, 2018).

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

No desenvolvimento de materiais sempre nos deparamos com desafios a serem superados, fazendo-se necessário buscar novas alternativas. Na ideia de fabricação de filmes de nanotubos de carbono, o desafio era superar a hidrofobicidade destas estruturas. Como dito anteriormente, a celulose foi utilizada como polímero para auxiliar na diluição dos nanotubos de carbono e fixar o compósito nanotubos+celulose no substrato. Folhas de papel foram trituradas com água num liquidificador e filtrada com uma peneira, separando a parte mais fina da polpa de celulose, que foi utilizada para produzir os filmes. Em seguida, foi testada a deposição da celulose sem os nanotubos de carbono realizando-se quatro testes com filmes de celulose para avaliar a deposição do material em várias condições de temperatura. Após isso, foram adicionados os nanotubos de carbono na polpa de celulose. A solução resultante foi depositada na placa de petri e levada ao aquecedor. A placa de petri foi utilizada como substrato em todas as etapas e foi previamente lavada com água e detergente. Para a pesagem dos materiais, foi utilizada uma balança analítica. No processo de secagem utilizou-se como aquecedor uma chapa quente.

Após a secagem, foram conduzidas medidas elétricas para verificar se o filme era condutor. Foi utilizada uma régua para colocar as pontas de prova em determinadas distâncias entre elas, primeiramente a cada centímetro, começando do meio da placa de petri até chegar nas bordas. Uma segunda medida foi realizada, a cada meio centímetro, seguindo o mesmo método. Com as medidas realizadas, foi possível elaborar gráficos para a análise dos dados adquiridos, permitindo caracterizar eletricamente o filme de nanotubos de carbono+celulose e sua deposição no substrato.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

A manipulação da celulose foi a parte essencial do projeto, visto que era necessário o seu uso para diluir os nanotubos de carbono e aderi-los ao substrato. Os dois primeiros testes de deposição da celulose no substrato apresentaram falhas na superfície do filme devido ao aquecimento do material, possibilitando a aparição de falhas em sua superfície, como regiões sem celulose depositada. No terceiro teste, a temperatura foi mantida em 50°C, o que resultou em um filme mais uniforme que os anteriores. O quarto teste foi feito para verificar as características do filme quando colocado para secar na temperatura ambiente, o que resultou em um filme bastante parecido com o terceiro. A figura 1 ilustra a comparação entre os quatro filmes de celulose produzidos.

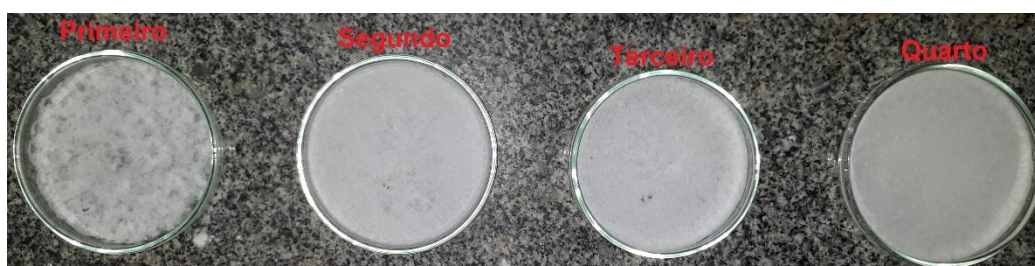


Figura 1: Comparação entre os quatro filmes, produzidos da esquerda para direita. No decorrer dos testes, a secagem dos filmes foi sendo aprimorada a cada etapa.

O filme de nanotubos de carbono com celulose foi produzido utilizando o procedimento do terceiro teste, onde a temperatura foi mantida constante. Foram utilizados 0,1 g de nanotubos, 0,25 g de celulose e 10 ml de água. Primeiro, os nanotubos foram diluídos com a celulose em um béquer e levado para agitação. Em seguida, os nanotubos de carbono+celulose foram depositados no substrato e colocados para secar. Após a secagem, observou-se que a superfície do filme de nanotubos de carbono não apresentava falhas, porém era mais espesso, como ilustrado na figura 2b.

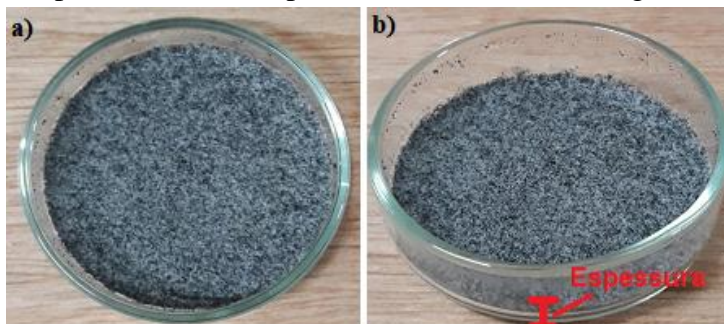


Figura 2: Filme com nanotubos de carbono: (a) visão de cima e (b) visão lateral, destacando-se a espessura do filme.

Para verificar se o filme de nanotubos de carbono era um condutor elétrico, medimos a resistência do filme utilizando um multímetro. Com os dados adquiridos elaboramos gráficos da resistência em função da distância, como indicado na figura 3.

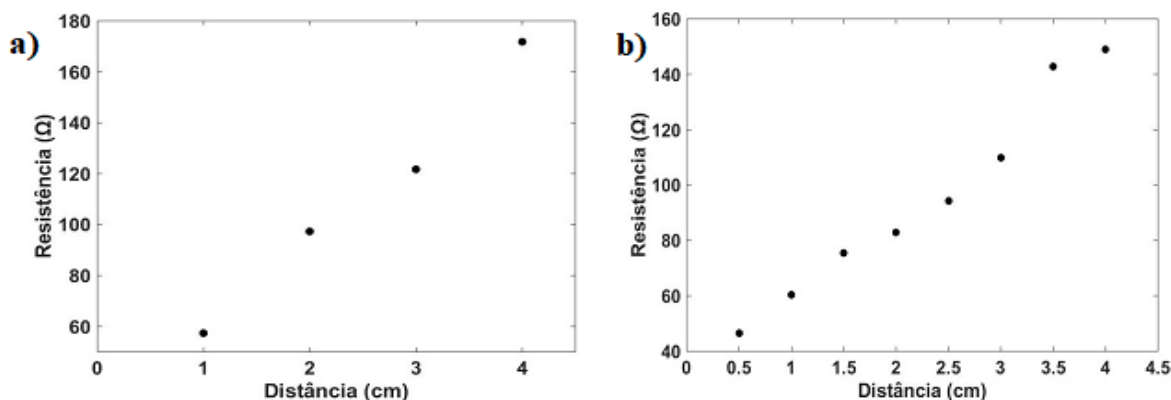


Figura 3: Gráfico de resistência em função da distância: (a) de 1 em 1 centímetro e (b) a cada meio centímetro.

A partir da análise dos gráficos podemos retirar algumas informações importantes, que nos permite investigar se o filme é um bom condutor e se os nanotubos foram depositados uniformemente. A primeira informação relevante da análise gráfica é que a resistência do filme é baixa quando comparada com materiais isolantes, como a borracha, que possuem resistividade da ordem de $10^{15} \Omega.m$. Quando comparado com metais (com resistividade da ordem de $10^{-8} \Omega.m$) o filme de nanotubos+celulose apresenta resistência elevada, porém esse é um resultado esperado devido ao filme não ser fino o suficiente e não ser cristalino. Isso induz espalhamento de carga elétrica, o que conseqüentemente eleva a resistência elétrica. É importante mencionar que a geometria do filme não é uniforme (espessura, comprimento e largura desconhecidos) e isso não nos permitiu determinar a resistividade do filme (e disso determinar a sua condutividade elétrica). Assim,

ao compararmos resistência do filme com a resistividade dos isolantes e metais, estamos fazendo uma estimativa com base nas dimensões medidas (ordem de centímetros). Portanto, devido à sua baixa resistência nas dimensões medidas e quando comparado com materiais isolantes, podemos concluir que o filme de nanotubos+celulose é um bom condutor elétrico.

Outra informação relevante extraída da análise do gráfico é o aumento linear da resistência com o aumento da distância entre os terminais de medida. Isso significa que os nanotubos de carbono foram depositados uniformemente em toda a extensão do filme. Isso é, se houvessem regiões com mais ou menos nanotubos de carbono, esperaríamos observar um aumento desigual da resistência com o aumento da distância e o comportamento da curva não seria uma reta. Desse modo, podemos concluir que conseguimos produzir com sucesso um filme uniforme e condutor à base de celulose e nanotubos de carbono.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

O projeto tinha como objetivo a fabricação de membranas a base de nanotubos de carbono para serem utilizadas em sensores EGFET. A celulose foi fundamental para o trabalho, sendo um polímero fácil de encontrar. Sua função foi de reduzir a tensão superficial dos nanotubos de carbono, para dispersá-los em água e depositá-los no substrato. Através dos testes de deposição da celulose no substrato, foi possível verificar como acontece a formação de filmes de celulose pelo processo de deposição e secagem do material, um fator que foi essencial na produção de um filme uniforme e sem falhas na etapa junto com os nanotubos de carbono. Medidas elétricas foram realizadas para avaliar a condutividade elétrica do filme de nanotubos de carbono. Os resultados mostraram que o filme de nanotubos de carbono+celulose apresenta boa condutividade elétrica quando comparado com materiais isolantes e que os nanotubos+celulose foram depositados uniformemente. Assim, o principal objetivo do trabalho foi alcançado, criando um filme funcional e gerando uma metodologia confiável para a produção de filmes condutores e futuramente esperamos diminuir a espessura dos filmes para integrá-los em um EGFET.

REFERÊNCIAS

BATISTA, P. D. et al. 2006. SnO₂ extended gate field-effect transistor as pH sensor. *Brazilian J. Phys.*, vol. 36, no. 2 A, pp. 478–481.

OLIVIER, C. et al. 2018. Carbon Nanotube/Cellulose Nanocrystal Hybrid Conducting Thin Films. *Journal of Renewable. Material.*, Vol. 6, No. 3, April 2018.

SILVA, G. R. et al. 2007. Carbon Felt/Carbon Nanotubes/Pani as pH Sensor. *Materials Research Society Symposium Proceedings*, vol 1018.

TSAI, W. et al. 2014. Functionalized carbon nanotube thin films as the pH sensing membranes of extended-gate field-effect transistors on the flexible substrates. *IEEE Trans. Nanotechnol.*, vol. 13, no. 4, pp. 760–766.