

OTIMIZAÇÃO DE FILAMENTOS DE NANOTUBO DE CARBONO PARA APLICAÇÃO EM *MECHANICAL ENERGY HARVESTERS*

ANNA LUIZA LOPES DA SILVA¹; FERNANDO MACHADO MACHADO²; ALICE
GONÇALVES OSÓRIO³

¹Universidade Federal de Pelotas – annaluizalopesilva@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – fernando.machado@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – osorio.alice@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Energia é um assunto que tem gerado preocupação mundial e que necessita de soluções rápidas. As preocupações com meio ambiente e sustentabilidade também cresceram com o aumento da poluição e da emissão de gases do efeito estufa (GEEs), que causam o aquecimento global (JÚNIOR, 2013). Assim, na busca por fontes de energia alternativas, renováveis, de baixa emissão de carbono e autônomas para utilização em equipamentos portáteis surgem os dispositivos *energy harvesters*.

Os *energy harvesters* são dispositivos que captam energia do ambiente transformam em energia elétrica (CLAIN, 2022). Os *mechanical energy harvesters* são materiais capazes de gerar energia elétrica a partir de um estímulo mecânico. Diversas pesquisas têm sido realizadas para o desenvolvimento desses dispositivos com o uso de filamentos ou *yarns* de nanotubos de carbono (YNTC), que apresentam propriedades que fazem com o que eles se enquadrem como um material de grande interesse no campo dos *energy harvesters* (BERNAL, 2018).

Uma forma de aumentar a eficiência desses dispositivos, contudo, tem sido no estudo de YNTC com materiais hospedeiros. Dentre eles, podemos destacar os materiais nanométricos a base de carbono, que têm atraído enorme interesse recentemente. O óxido de grafeno (GO) é uma opção como hospedeiro, considerando suas excelentes propriedades elétricas. Quantum dots (QDs), também são uma opção para ser utilizada como material hospedeiro, são nanomateriais a base de carbono de excelentes propriedades elétricas, podendo aumentar a condutividade elétrica e a energia gerada em cada estímulo mecânico nos dispositivos *energy harvesters* (OGI, 2014).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de dispositivos de *mechanical energy harvesting*, ou seja, colheita de energia mecânica, a partir do esforço mecânico de filamentos de nanotubos de carbono com materiais hospedeiros.

2. METODOLOGIA

Partindo da obtenção dos YNTC com a construção de um aparato para esse fim, o desenvolvimento de uma metodologia específica para a obtenção utilizando o aparato, e a produção de GO e QDs, sendo a oxidação química do grafite para o GO e método hidrotérmico para os QDs.

Para a obtenção dos YNTC, são utilizados nanotubos de carbono (NT) produzidos pelo método de deposição química em fase vapor (CVD) em substrato plano, no qual eles são crescidos de forma alinhada, formando uma “floresta de NT”, e para o trabalho os NT foram cedidos pela empresa Lintec Ltda. Também foi

necessária a construção do aparato em escala laboratorial utilizando uma plataforma articulada e MDF para formar uma base e apoiar a floresta de NTs. E uma segunda parte móvel também de MDF que possibilita puxar os filamentos na floresta, formar o filme e depois enrolar para formação do YNTC no tamanho desejado, conforme Figura 1.



Figura 1: Aparato construído para obtenção dos YNTC com floresta fixada.
Fonte: autora

A adição do hospedeiro é feita via spray, sobre uma placa de vidro para facilitar a remoção com água posteriormente, como mostrado na Figura 2. Todos os filamentos após serem enrolados devem ser densificados com acetona e torcidos em 2000 rotações por metro (CLAIN, 2022), conforme Figuras 3.



Figura 2: Demonstração de adição de material hospedeiro via spray no filme de nanotubos.
Fonte: autora

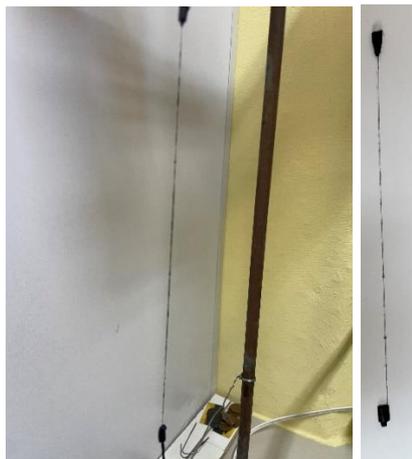


Figura 3: Filamento enrolado e densificado, e posteriormente já torcido.
Fonte: autora

Já a análise da efetividade da adição de material hospedeiro para aplicação como *energy harvesters* foram feitas analisando a capacitância dos filamentos por meio de voltametria cíclica em um potenciostato da marca Gamry numa célula eletroquímica onde o eletrodo de trabalho é o filamento, contra eletrodo de aço inoxidável, o de referência calomelano saturado em solução de HCl 0,1M (ZUTIM, 2018). Na Figura 4, é possível ver a montagem para a análise.



Figura 4: Montagem da célula eletroquímica para análise de voltametria.
Fonte: autora

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análises iniciais de voltametria cíclica para o filamento puro e com GO e QDs foi possível analisar o aumento da área do voltograma indicando um aumento da capacitância específica do yarn de nanotubo de carbono quando está com o material hospedeiro. Foi possível verificar que o formato do voltograma segue o formato “caixa”, Figura 5, o que identifica a ausência de reações redox de Faradic e são consistentes para o armazenamento de energia via dupla camada elétrica. Quanto aos valores de capacitância, se obteve valores 339% maiores para YCNT com hospedeiro, quando comparados com YNT sem hospedeiros.

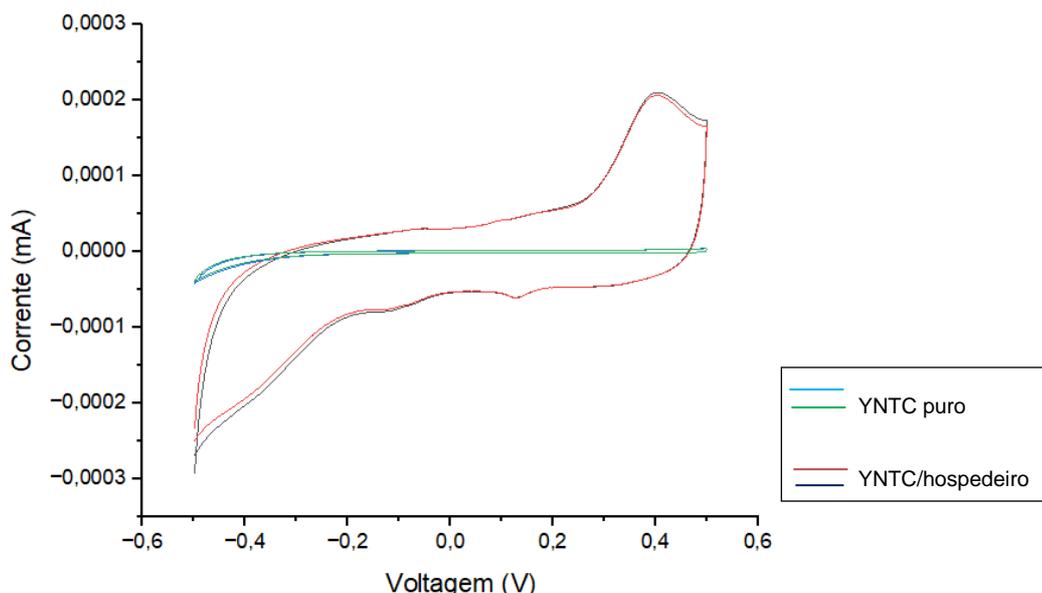


Figura 5: Gráfico Voltagrama para analisar comportamento no YNTC puro e YNTC com material hospedeiro
Fonte: autora

4. CONCLUSÕES

A construção do aparato para obtenção dos *yarns* de nanotubo de carbono foi uma metodologia eficiente para produção e para adição dos hospedeiros QDs e GO de maneira individual, e permitiu uma reprodutibilidade alta. E a adição do hospedeiro mostrou resultados promissores para uso em dispositivos *mechanical energy harvesters*, aumentando sua capacitância em aproximadamente 339%.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNAL, Alfonso Monreal. **Energy Harvesting Materials Based on Carbon Nanotube Fibre for Tough Electronics**. 2018. Doctoral Thesis – Higher Technical School of Civil Engineers, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2018.
- CLAIN, Fernanda Mazuco. **Desenvolvimento de Multifilamentos de Nanotubos de Carbono e Avaliação de seu Comportamento em Condições de Fluência e Fadiga**. 2022. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.
- JÚNIOR, Tarcísio Oliveira de Moraes. **Sistema de Captação de Energia (Energy Harvesting) por Dispersão Magnética em Linha de Potência**. 2013. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.
- OGI, Takashi. **Transient nature of graphene quantum dot formation via a hydrothermal reaction**. 2014. Royal Society of Chemistry – RSC Advances, 2014.
- ZUTIM, Paulo. Síntese. **Caracterização e Testes Eletroquímicos de Dióxido de Manganês Nanométrico como Material de Eletrodo de Supercapacitores**. 2018. Dissertação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 2018.