

PRODUÇÃO DE YARNS DE NANOTUBO DE CARBONO PARA APLICAÇÃO EM *MECHANICAL ENERGY HARVESTERS*

ANNA LUIZA LOPES DA SILVA¹;
ALICE GONÇALVES OSÓRIO²

¹Universidade Federal de Pelotas – annaluizalopesilva@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – osorio.alice@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Internacional de Energia o mundo tem uma geração de energia elétrica próxima de 25.721 TWh, que tende a aumentar. Por isso energia é um assunto que gera preocupação e que necessita soluções rápidas (RBE Energia, 2022). 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). E o Brasil ocupa o quinto lugar entre os maiores emissores de GEEs, ficando atrás apenas de China, Estados Unidos, Rússia e Índia. Esse aumento de GEEs muito se deve a queima de combustíveis fósseis, por isso nos últimos cinquenta anos buscou-se alternativas para diminuir a dependência de combustíveis fósseis e isso tem motivado o desenvolvimento de muitas fontes de energia verde (WWFong, 2023).

A busca por outras alternativas de fontes de energia renováveis também se deve ao fato de o Brasil ser altamente dependente de usinas hidrelétricas e em casos de escassez de chuva, ocorrem grandes crises energética como as de 2001 e 2021, que levam ao uso de termoelétricas, altamente poluidoras (NHS, 2023; VASCONCELOS, 2021).

Assim o processo de transição energética, que é uma mudança do uso de combustíveis fósseis para fontes renováveis de baixa ou zero emissão de carbono, como energia solar e energia eólica, dispositivos de *energy harvesters*, dentre outros é de grande ajuda para atingir esse objetivo (MALAR, 2021) (EXAME, 2022)

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. E 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).

Por isso, 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. Partindo da obtenção dos YNTC com a construção de um aparato para esse fim e desenvolvimento de uma metodologia específica para a obtenção utilizando o aparato.

2. METODOLOGIA

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 é necessário a construção do aparato em escala laboratorial utilizando uma plataforma articulada de aproximadamente 10cmx10cm, sendo possível a compra em lojas de produtos para laboratório. Pedacos de MDF de aproximadamente 10cm de altura e 5 de largura. Para obter o filamento é necessário construir uma segunda parte, esta móvel, de MDF de aproximadamente 30cm e 10cm de comprimento, e 5cm de largura. A partes menores são presas na parte maior por meio de grampos, que possibilitará a obtenção de vários tamanhos de filamentos, apenas com a regulagem dos grampos. A obtenção dos filamentos deve ser realizada com o auxílio do aparato construído e utilizando uma metodologia que desenvolvida para essa atividade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A construção do aparato foi finalizada utilizando uma plataforma de alumínio articulada comercial de 10cmx10cm, 3 pedacos de MDF de aproximadamente 10cm de altura e 5 de largura. Em dois deles foi necessário fazer cavidades para encaixe do bastão de vidro, conforme imagens A, B e C da Figura 1. Nesta parte fixa, é onde a floresta de NTC é fixada por meio de fita adesiva, conforme imagem D da Figura 1. Para obter o filamento foi necessário construir uma segunda parte, esta móvel, conforme imagens E e F da Figura 1. Formado por 3 pedacos de MDF de aproximadamente 30cm e 10cm de comprimento e 5cm de largura. As partes menores são presas na parte maior por meio de grampos, possibilitando a obtenção de vários tamanhos de filamentos, apenas com a regulagem dos grampos.

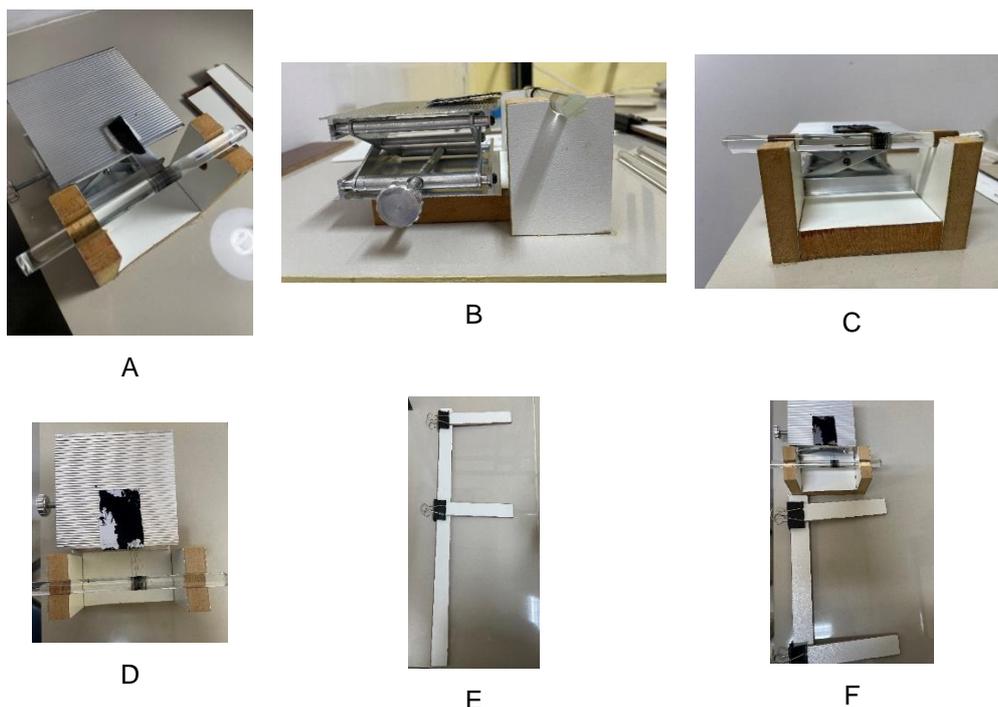


Figura 1: Aparato construído para obtenção dos YNTC.

Fonte: autora

Para a obtenção dos YNTCs foi desenvolvida a seguinte metodologia realizada com o auxílio do aparato construído seguindo os seguintes passos e ilustrado na Figura 2:

1. Fixar a floresta de NTC no ponto 1 com fita adesiva
2. Puxar os fios da floresta até formar o filamento com auxílio do bastão de vidro no ponto 2.
3. Na parte móvel do aparato medir o espaçamento do tamanho desejado do filamento e colocar fita dupla face de carbono
4. Após a fixação da fita na parte móvel, deslocar o bastão de vidro para o ponto 3, colocar na fita e depois seguir para o ponto 4.
5. Com o auxílio de um segundo bastão de vidro, cortar no ponto 2 o filamento formado.
6. Para enrolar o filamento formato é utilizado dois pedaços de metal, que são colocados no início da fita no ponto 3 e descolado até o final da fita, formando o YNTC, conforme Figura 3 A e B.

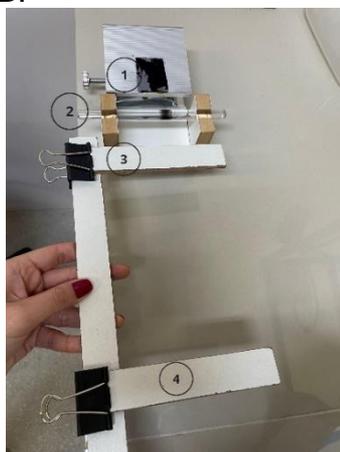
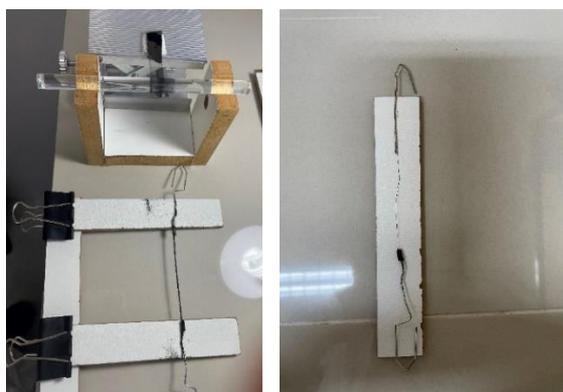


Figura 2: Simulação das etapas para obtenção dos YNTC.

Fonte: autora



A

B

Figura 3: YNTC obtido no aparato construído.

Fonte: autora

4. CONCLUSÕES

A construção do aparato para obtenção dos *yarns* de nanotubo de carbono foi uma etapa essencial, pois possibilitou o desenvolvimento de uma metodologia eficiente para a produção dos filamentos de maneira individual e que permite uma reprodutibilidade alta. Assim, futuramente esses filamentos poderão ser caracterizados estruturalmente, mecanicamente e eletricamente para utilização no desenvolvimento de dispositivos *energy harvesters*. Já que esses dispositivos se mostram importantes na transição energética brasileira sendo uma alternativa renovável interessante.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALÉM das fronteiras: entenda como funciona o mercado de energia em diferentes partes do mundo. **RBE Energia**, 2022. Disponível em: [https://www.rbenergia.com.br/blog/producao-mundial-de-energia-eletrica/#:~:text=Segundo%20a%20IEA%20\(Ag%C3%A2ncia%20Internacional,que%20naturalmente%20ocorrem%20na%20transmiss%C3%A3o.](https://www.rbenergia.com.br/blog/producao-mundial-de-energia-eletrica/#:~:text=Segundo%20a%20IEA%20(Ag%C3%A2ncia%20Internacional,que%20naturalmente%20ocorrem%20na%20transmiss%C3%A3o.) Acesso em 04 de agosto de 2023.

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 – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

EFEITO estufa e mudanças climáticas. **WWF ong**, 2023. Disponível em: https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/educacaoambiental/conceitos/efeitoestufa_e_mudancasclimaticas/ Acesso em 5 de agosto de 2023.

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.

MALAR, João Pedro. Crise energética deve aliviar em 2022, mas espaço para queda em contas é pequeno. **CNN Brasil**, 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/crise-energetica-deve-aliviar-em-2022-mas-espaco-para-queda-em-contas-e-pequeno/> Acesso em 28 de julho de 2023.

OS MELHORES caminhos para a transição energética no Brasil. **Exame**, 2022. Disponível em: <https://exame.com/negocios/transicao-energetica-no-brasil/> Acesso em 29 de julho de 2023.

TRANSIÇÃO energética: o que é e qual a situação no Brasil. **NHS Energia do seu jeito**, 2023. Disponível em: <https://www.nhs.com.br/transicao-energetica-o-que-e-e-qual-a-situacao-no-brasil/#:~:text=O%20Brasil%20tem%20um%20grande,e%20incentivos%20para%20promov%C3%A2%20Dla.> Acesso em 2 de agosto de 2023.

VASCONCELOS, Yuri. Sob o risco da escassez. **Revista Pesquisa Fapesp**, 2021. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/sob-o-risco-da-escassez/> Acesso em 28 de julho de 2023.