



ÁRVORE DE PIEZOELÉTRICOS QUE GERA ELETRICIDADE

ALESSANDRO C. V DO NASCIMENTO^{1,2}, JORGE L. P. FÉLIX,³

1 Introdução

Devido aos eventos e avanços no ramo tecnológico voltado para o desenvolvimento de novos sensores e aparelhos eletrônicos de baixo consumo de energia, levaram ao surgimento de um novo conceito: *Energy Harvesting*. Tal conceito visa atender esta demanda por meio da derivação de energia de fontes ambientes como luz solar, calor, pressão, vibrações mecânicas e eólica em energia elétrica (OH et al., 2010). Em particular, as vibrações mecânicas podem ser consideradas como subprodutos do movimento das correntes de ar manifestando-se de diferentes formas no ambiente como, por exemplo, através do balanço natural das próprias árvores e de suas folhas (LI et al., 2009; OH et al., 2010; LI et al. 2011).

Nesse contexto, a utilização de piezoelétricos apresenta vantagem sobre uma estrutura simples e de fácil aplicação em vibrações mecânicas (LI et al., 2009), por conta da habilidade intrínseca do material de resposta a diferentes estímulos físicos externos como, por exemplo, na geração de um sinal elétrico em função de uma força mecânica aplicada (OH et al., 2010). Na literatura, pesquisadores propõem diferentes modelos na conversão de energia cinética do vento, dentre os quais, cabe destacar a concepção arquitetônica de folha de árvore feita a partir de materiais flexíveis associados a transdutores de Polifluoreto de Vinilideno (PVDF) capaz de converter energia do vento em energia elétrica (LI et al., 2009; MCCLOSKEY et al., 2017).

Em vista disso, deseja-se explorar três modelos de folhas, semelhante ao desenvolvido pelos autores MCCLOSKEY et al. (2017), no aproveitamento do fluxo de vento sobre a geometria da membrana foliar das folhas, de modo a submetê-las perpendicularmente à linha

1 Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, pela Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo - RS, contato: alessandrocvn@hotmail.com;

2 Grupo de Pesquisa em Recursos Energéticos e Tecnologias Limpas - GPRETEC, da Universidade Federal da Fronteira Sul.

3 Doutor em Engenharia Mecânica pela UNICAMP. Professor efetivo do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) *campus* Cerro Largo, RS. E-mail: jorge.felix@uffs.edu.br



de ação do escoamento, fazendo com que as folhas oscilem lado a lado, similar ao de um pêndulo físico.

Usamos o polímero piezoelétrico PVDF- LDT1-028K acoplado ao extremo livre uma lâmina de três modelos de folhas artificiais, os quais foram denominados Folha Triangular em I (FTI) e Folha Artificial em I (FAI), ambas com o piezoelétrico orientado verticalmente (I), e Folha Triangular em L (FTL) com a haste do dispositivo horizontalmente (L).

2 Objetivos

Converter energia mecânica em energia elétrica utilizando material polimérico piezoelétrico.

3 Material e Métodos

Um ventilador eletrodoméstico de 40 cm de diâmetro, seis hélices e com ajuste operacional de três velocidades foi utilizado para simular o vento. A fim de ampliar a faixa de velocidade avaliada no estudo, o ventilador foi mantido em uma posição fixa em relação a sete seções experimentais espaçadas 10 cm entre si até completar 90 cm, resultando, portanto, em sete seções experimentais. Em cada seção, as velocidades obtidas pelo equipamento foram devidamente caracterizadas por análise de regressão linear. Cada experimento foi realizado deslocando um pórtico móvel de metal sobre um segmento de reta traçado em relação ao centro do diâmetro do ventilador. A velocidade do vento e temperatura do ar foram monitoradas instantaneamente, utilizando um anemômetro digital de mão (NTC-10) apoiado e multímetro digital (MD-6160) em modo TEMP. Os modelos foram fixados junto ao pórtico de metal utilizando uma placa de alumínio, devidamente isolada com fita (Enerbras, PVC), presas por um prendedor de papel junto ao pórtico. Os sinais de tensão foram registrados por um osciloscópio digital (GDS 1000 A) com as pontas de prova junto a uma resistência de 5,6 M Ω em série com o dispositivo PVDF conectados em uma protoboard (BB-2T1D Bread board) mantida fixa junto ao pórtico.

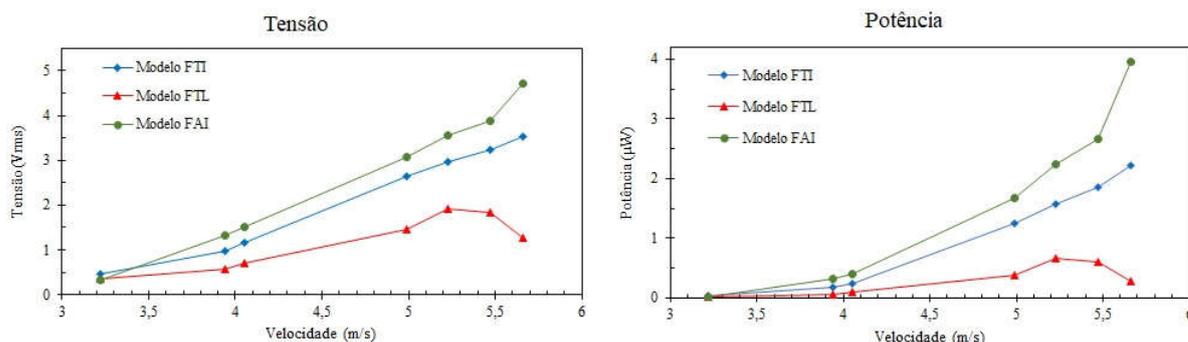
4 Resultados e Discussão

Para cada seção experimental foi considerado um tempo mínimo de um minuto até que as saídas de tensão se regularizassem e fossem medidas, de fato, condizentes. Os ensaios foram

repetidos três vezes para cada um dos modelos. A tensão eficaz (V_{rms}) de CA foi mensurada instantaneamente com a sonda do osciloscópio conectada ao resistor (R) de 5,6 M Ω . A determinação da potência média de saída foi calculada segundo à equação (LI et al., 2009; LI et al., 2011; MCCLOSKEY et al., 2017):

Nas configurações FAI e FTI, a manifestação sobre o comportamento dos modelos está relacionada ao padrão oscilatório do elemento transdutor piezoelétrico, tanto em baixas, como também em altas velocidades. Por analogia, o modelo FTL apresentou o mesmo comportamento, apesar de não ter apresentado bom desempenho (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Curva resposta obtida a partir do registro das tensões de saída em função da variação da velocidade do vento para os modelos FTI, FTL e FAI.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Os resultados apresentados acima conferem a capacidade dos modelos na conversão de energia ao serem submetidos perpendicularmente ao fluxo, tendo em vista que os modelos FAI e FTI apresentaram um aumento constante e substancial em resposta ao aumento de velocidade, superando os resultados dos autores OH et al. (2010) e chegando muito próxima as tensões obtidas por LI et al. (2009). A máxima tensão observada foi de 4,70 e 3,52V para os modelos FAI e FTI, o que correspondem à 3,96 e 2,23 μW , respectivamente. O modelo FTL indicou um limite máximo de desempenho para velocidade a partir de 5,47 m/s com tensão e potência máxima de 1,92 V e 0,66 μW .

5 Conclusão



Os resultados obtidos no presente estudo nos permitem inferir que a configuração de folha com ajuste da haste piezoelétrica vertical é mais suscetível ao aumento de velocidade do vento, garantindo assim maior amplitude de oscilação e maior rendimento nas saídas de tensão e potência. Estudos futuros devem ser conduzidos na investigação da velocidade limite de desempenho para os modelos FAI e FTI, uma vez que o posicionamento vertical do elemento PVDF, normalmente, apresenta atenuação nos resultados de tensão e potência para velocidades a partir de 6,5 à 7 m/s (LI et al., 2009; LI et al., 2011).

Referências

1. LI, S.; LIPSON, H. **Vertical-stalk flapping-leaf generator for wind energy harvesting.** Conference on Smart Materials, Adaptive Structures and Intelligent Systems, SMASIS, American Society of Mechanical Engineers, Vol. 2, p. 611–619, 2009.
2. OH, S. J.; HAN, H. J.; HAN, S. B.; LEE, J. Y.; CHUN, W. G. **Development of a tree-shaped wind power system using piezoelectric materials.** INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH Int. J. Energy Res., Vol. 34 p. 431–437, 2010.
3. LI, S.; YUAN, J.; LIPSON, H. **Ambient wind energy harvesting using cross-flow fluttering.** Journal of Applied Physics, 109, 2011;
4. MCCLOSKEY, M. A.; MOSHER, C. L.; HENDERSON, E. R. **Wind Energy Conversion by Plant-Inspired Designs.** PLoS ONE 12 (1): e0170022, 2017.

Palavras-chave: Energy Harvesting; PVDF LDT1-028K; Oscilações; Vento; Piezoelétrico.

Financiamento: Bolsista FAPERGS