

## Análise da eficiência de Geradores Termelétricos a partir de métodos metaheurísticos

Ana Karoline (IC)<sup>1</sup>, Adhimar Oliveira (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá

**Palavras-chave:** Cross-entropy. Evolução diferencial auto-adaptativa. Metaheurístico. Termogeradores.

### Introdução

Com a possibilidade do esgotamento das fontes de energias não renováveis como o petróleo, o carvão mineral, gás natural e xisto betuminoso, além das energias nucleares, existe a necessidade da busca de fontes de energias alternativas eficientes, já que a eletricidade é fundamental para o desenvolvimento da população em níveis sociais e econômicos. A procura por novas fontes de energia também está atrelada ao nível de poluentes que as fontes atuais emitem na atmosfera, desse modo já existem alguns países que fazem o uso em seu sistema de geração, energias como a solar e a eólica. Em meio às variadas tecnologias usadas, a geração de energia termelétrica ganha destaque por ser limpa e não causar danos ao meio ambiente.

Esse tipo de energia pode ser obtido por meio da utilização de geradores termelétricos, conhecidos como TEGs.

Os TEGs são dispositivos sólidos que trabalham fazendo a conversão direta de energia térmica em energia elétrica. Seu design é simples, sem custos de manutenção e operação, e possui alta duração tudo isso faz com que esse dispositivo seja altamente vantajoso, já que além de ser de simples manuseio ainda é uma fonte de energia que atua sem poluir o ambiente, sendo considerado uma fonte alternativa de energia sustentável. Tendo em vista que apesar de serem módulos muito bem estudados e a gama diversa de materiais que podem ser utilizados para sua fabricação, há certa especulação de que pode ocorrer de que seu desempenho seja um pouco abaixo das classificações esperadas.

Devido a dificuldade encontrada em demonstrar a partir de parâmetros a eficiência do dispositivo, espera-se neste trabalho extrair, a partir do desenvolvimento de um método robusto, os parâmetros necessários. A partir de um arranjo experimental, já desenvolvido, que conta de forma precisa o gradiente de temperatura durante a realização das medições elétricas e de métodos metaheurísticos que serão testados ao longo deste trabalho, dessa maneira será possível apresentar um

conjunto de parâmetros que descrevem de forma robusta a eficiência e o funcionamento dos TEGs.

### Metodologia

Nesta pesquisa foram estudados o método metaheurístico nomeado Evolução diferencial auto-adaptativa e o método bayesiano Cross-entropy para analisar medidas elétricas de dispositivos termogeradores.

A caracterização do módulo TEG e sua potência gerada foi realizada por medições de corrente e voltagem, As medidas foram feitas no Laboratório de Caracterização de Materiais (LCM) no Instituto de Física e Química (IFQ) na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). A partir dos valores obtidos pudemos entrar com os softwares, Evolução diferencial auto adaptativa e o método Cross- entropy a fim de fazer uma extração dos seus parâmetros.

### Resultados e discussão

As medidas foram difíceis de obter, tendo em vista sua limitação de tensão. As medições foram tratadas com o método Cross-entropy, mas de modo geral, o método trabalhou com uma ótima convergência para R e S. Apesar disso, ainda são medidas que se mostram difíceis de obter, já que o efeito termodinâmico não permite que haja uma mesma temperatura por toda a superfície.

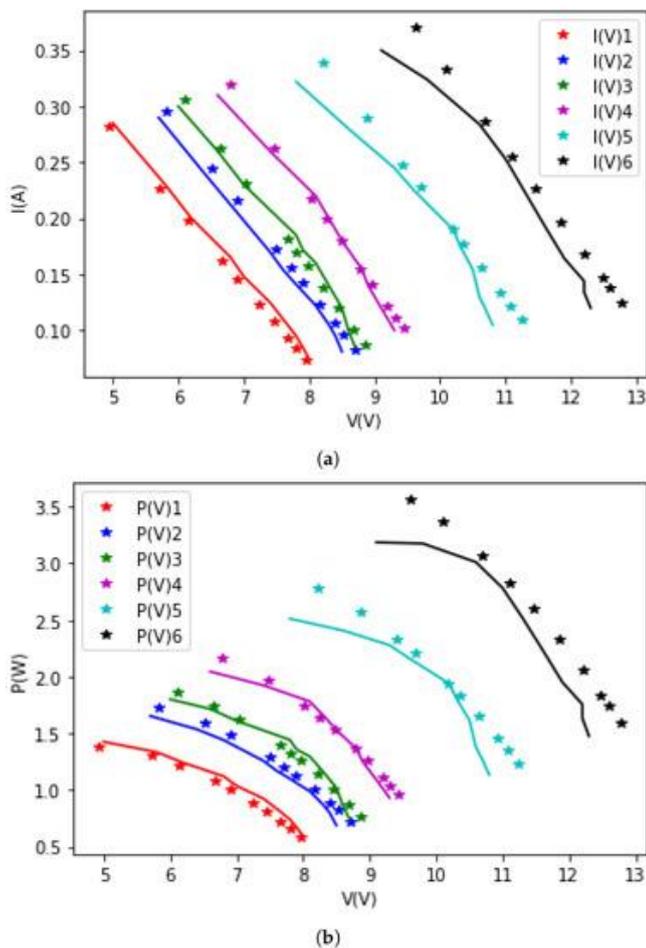


Figura 1 – Dados experimentais para características  $I(V)$  (pontos) e potência  $P(V)$  (pontos) e dados ajustados (linhas de mesmas cores) para o sistema coletor.

Em relação ao EDA, esse mostrou uma convergência eficaz, sendo a diferença de potencial elétrico proporcional à diferença de temperatura e ao coeficiente Seebeck do gerador termoelétrico. No gráfico a seguir podemos observar que conforme há variação do gradiente de temperatura, o coeficiente de Seebeck também aumenta, porém de forma não linear e sofrendo oscilações, que são decorrentes do efeito termodinâmico.

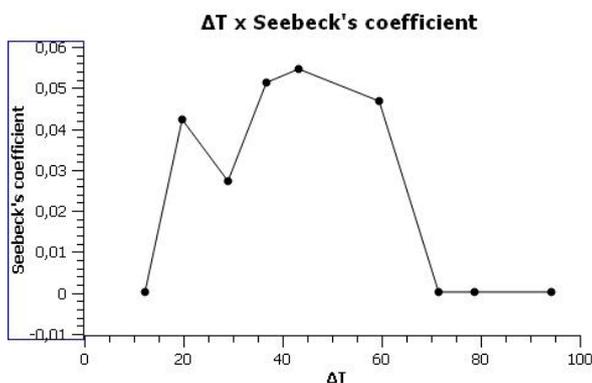


Figura 2 – Valores obtidos do coeficiente de Seebeck em função do gradiente de temperatura no dispositivo.

## Conclusões

Submetendo os pontos de dados de tensão, corrente e potência ( $V$ ,  $I$ ,  $P$ ) aos métodos de otimização Cross-Entropy e Evolução diferencial auto adaptativa e fazendo os ajustes de  $V$ ,  $I$ ,  $P$  simultaneamente em função da resistência de carga para obter consistência máxima e extração dos parâmetros com precisão. Os métodos metaheurísticos CE e EDA se apresentaram bastantes robustos, atendendo as expectativas apresentadas na literatura, sendo possível conseguir melhor desempenho, visto que trabalham de modo a localizar o melhor intervalo de temperatura, que é onde a eficiência dos termogeradores é máxima.

## Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com o financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e com o apoio do meu orientador Adhimar Oliveira, e do pesquisador João Ilder que realizou as medidas possibilitando esse trabalho.

## Referências

- 1 Environmental impacts of solar energy systems: A review. *Sci. Total Environ.*, Elsevier BV, v. 754, n. 141989, p. 141989, fev. 2021.
- 2 SANTOS, F. M.; SANTOS, F. A. Combustível" hidrogênio". *Millenium*, Instituto Politécnico de Viseu, p. 252–270, 2005.
- 3 MOTA, J. C. et al. Impactos e benefícios ambientais, econômicos e sociais dos biocombustíveis: uma visão global. *Engenharia Ambiental-Espírito Santo do Pinhal*, v. 6, n. 3, p. 220–242, 2009.
- 4 IDER, J.; OLIVEIRA, A.; RUBINGER, R. M. A robust system for thermoelectric device characterization. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, IEEE, v. 70, p. 1–7, 2021.
- 5 FERNANDES, A. A. et al. Characterization of a solar concentration thermoelectric generator. *European Journal of Physics*, IOP Publishing, v. 42, n. 6, p. 065103, out. 2021.
- 6 IDER, J.; OLIVEIRA, A.; RUBINGER, R. M. A robust system for thermoelectric device characterization. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 70, p. 1–7, 2021.
- 7 GUAN, Y. et al. Design, preparation and characterization of a double-ended symmetric mems thermopile with adiabatic grooves. *Infrared Physics & Technology*, Elsevier, p. 104078, 2022.
- 8 ZHANG, S. et al. A novel study of the resistance of thermopile for thermoelectric mems microwave power sensors. *Electronics Letters*, Wiley Online Library, v. 58, n. 2, p. 73–75, 2022.

- 14 POLLOCK, D. D. Thermocouples: theory and properties. [S.l.]: Routledge, 2018.
- 15 RUBINSTEIN, R. Y. Optimization of computer simulation models with rare events. *European Journal of Operational Research*, Elsevier BV, v. 99, n. 1, p. 89–112, maio de 1997.
- 16 KEITH, J.; KROESE, D. P. Sequence alignment by rare event simulation. In: IEEE. Proceedings of the Winter Simulation Conference. [S.l.], 2002. v. 1, p. 320–327.
- 17 CAETANO, T. et al. The OPD photometric survey of open clusters i. techniques, program details and first results of robust determination of the fundamental parameters. *New Astronomy*, Elsevier BV, v. 38, p. 31–49, jul. 2015.
- 18 OLIVEIRA, A. F. et al. Fitting isochrones to open cluster photometric data. *Astronomy & Astrophysics*, EDP Sciences, v. 557, p. A14, ago. 2013.
- 19 ZACCARO, S. J. V. et al. Determination of thickness and refractive index of SiO<sub>2</sub> thin films using the cross-entropy global optimization method. *Research, Society and Development*, Research, Society and Development, v. 10, n. 10, p. e326101019028, ago. 2021.
- 20 OLIVEIRA, A. F. et al. Main scattering mechanisms in InAs/GaAs multi-quantumwell: a new approach by the global optimization method. *Journal of Materials Science*, Springer Science and Business Media LLC, v. 51, n. 3, p. 1333–1343, set. 2015.
- 21 EFRON, B.; LEPAGE, R. Introduction to bootstrap. [S.l.]: Wiley & Sons, New York, 1992.