

## ESTUDO DO USO DE LENTES CONCENTRADORAS ASSOCIADAS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Fábio Luís da Silva Cabanha<sup>1</sup>, Estelio da Silva Amorim<sup>1</sup>, Diogo Ramalho de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – Três Lagoas – MS

kabanha@gmail.com, estelio.amorim@ifms.edu.br, diogo.ramalho@ifms.edu.br

### Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar o desempenho operacional de uma célula fotovoltaica quando submetida à alta concentração de raios solares, por meio de uma lente concentradora de Fresnel, comparando os resultados da geração fotovoltaica de concentração (CPV), com a geração fotovoltaica convencional (PV). Para tanto construiu-se um protótipo, onde foram fixadas duas células fotovoltaicas de silício cristalino. Em uma das células fotovoltaicas foi acoplada uma lente de Fresnel e através de uma estrutura de alumínio foi possível regular a altura da lente em relação a célula fotovoltaica, permitindo o ajuste do foco para aumentar a concentração de raios solares na célula fotovoltaica. A segunda célula fotovoltaica foi instalada sem a utilização da lente de Fresnel para representar a geração fotovoltaica convencional. Desta forma, foi possível comparar o desempenho entre as duas células com as mesmas especificações, uma utilizando o método convencional de radiação direta, sem concentração, e o outro utilizando o método de concentração por lentes de Fresnel com aumento de três vezes.

**Palavras-chave:** lentes de Fresnel, geração fotovoltaica, irradiação solar.

### Metodologia e desenvolvimento

O rendimento na geração de energia elétrica em uma célula fotovoltaica se baseia em fatores como captação e incidência direta de radiação solar em sua área, no entanto proporciona a elevação da temperatura das células fotovoltaicas (Michael et al., 2015; Moradi et al., 2013; Hasan et al., 2010; Makki et al., 2015). Com base neste conceito, diferentes técnicas sobre melhoria na conversão de energia solar em energia elétrica vêm sendo aplicadas. Uma dessas técnicas que permite a melhoria da eficiência na conversão de energia é o uso de concentradores solares, pois utiliza uma menor área de célula fotovoltaica para a geração de uma mesma quantidade de energia elétrica, através da ampliação na quantidade de radiação.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- 2 células Fotovoltaicas de 12V e 1,5W;
- 1 lente de Fresnel com aumento de até 3 vezes (21x28cm);
- 4 multímetros;
- 1 cantoneira de alumínio (6m);

- 1 termômetro infravermelho.

Com os materiais citados anteriormente foi construído um protótipo, onde foram fixadas as duas células fotovoltaicas de silício cristalino. Uma das células fotovoltaicas foi instalada sem a utilização da lente de Fresnel para representar a geração fotovoltaica convencional (PV).

Para representar a geração fotovoltaica de concentração (CPV), uma lente de Fresnel foi acoplada à outra célula fotovoltaica e através de uma estrutura de alumínio foi possível regular a altura da lente em relação a célula fotovoltaica, permitindo o ajuste do foco para aumentar a concentração de raios solares na célula fotovoltaica, sendo que a distância entre a célula e a lente foi de 20 cm para a obtenção de um melhor resultado neste experimento. Esta distância foi encontrada de maneira empírica.

Mantendo a estrutura fixa em um único ponto, verificou-se que ao longo do dia o foco de concentração dos raios solares muda de posição de acordo com a alteração da posição relativa do Sol. Dessa forma, os raios solares deixam de incidir diretamente sobre a célula fotovoltaica, tornando inviável a geração fotovoltaica de concentração montada sobre uma estrutura fixa, como observado na Figura 1.



**Figura – 1.** Deslocamento do foco na célula fotovoltaica.

Assim, optou-se por montar o protótipo sobre uma plataforma em que fosse possível variar o ângulo de inclinação e rotação manualmente, como ilustrado na Figura 2. Dessa forma, é possível manter os raios solares concentrados na placa fotovoltaica.



Figura – 2. Protótipo montado sobre plataforma ajustável.

Após a construção do protótipo, ajustando-se manualmente o foco dos raios solares para incidir de forma concentrada sobre a superfície das células, com auxílio de quatro multímetros digitais e um termômetro infravermelho, foram anotados simultaneamente os dados de corrente, tensão e temperatura (ver Figura 3). Sendo possível comparar os desempenhos dos sistemas PV e CPV.



Figura 3. Dados adquiridos às 10h do dia 01/06/2019.

**Resultados e Considerações Finais**

A Tabela 1 apresenta as medições da corrente e tensão ao longo do dia, levando em conta a temperatura na célula fotovoltaica após o foco ter sido ajustado para este sistema.

Hora	Tensão (V)		Corrente (A)		Potencia (W)		Temperatura °C		Eficiencia %	
	Conv.	Fresnel	Conv.	Fresnel	Conv.	Fresnel	Conv.	Fresnel	Conv.	Fresnel
07h	6,27	11,24	0,0682	0,131	0,4276	1,4724	36	45	4,386	15,102
08h	7,21	10,56	0,0887	0,122	0,6395	1,2883	55	79	6,559	13,214
09h	8,01	10,50	0,0888	0,121	0,7113	1,2705	55	80	7,295	13,031
10h	8,10	10,70	0,0884	0,126	0,7160	1,3482	59	86	7,344	13,828
11h	8,64	10,72	0,0950	0,124	0,8208	1,3293	60	87	8,418	13,634
12h	8,50	10,70	0,0935	0,123	0,7948	1,3161	60	88	8,151	13,498
13h	8,20	10,69	0,0910	0,123	0,7462	1,3149	60	88	7,653	13,486
14h	7,70	10,42	0,0747	0,121	0,5752	1,2608	60	89	5,899	12,931
15h	6,84	10,57	0,0747	0,122	0,5109	1,2895	59	80	5,240	13,226
16h	3,47	7,97	0,0372	0,090	0,1291	0,7173	41	59	1,324	7,357

Tabela-1. Média dos dados coletados.

No Gráfico 1 é apresentada a comparação entre as potências geradas pelo sistema convencional e o sistema com concentração solar.

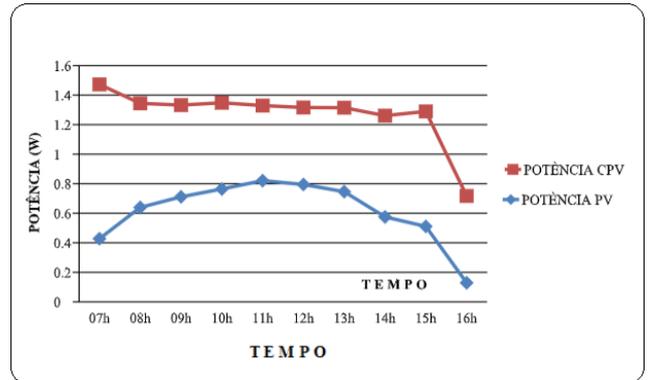


Gráfico - 1. Comparativo das potências.

Dos resultados obtidos, ainda é possível verificar, que em consequência do aumento da concentração dos raios solares através da lente de Fresnel, ocorre expressiva elevação na temperatura da célula fotovoltaica submetida à concentração, como mostrado no Gráfico 2.

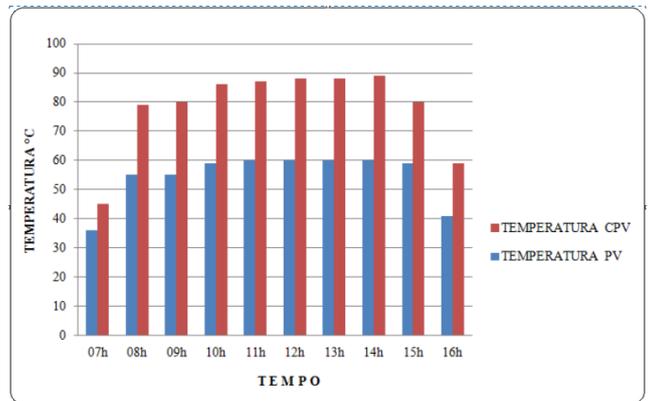


Gráfico - 2. Comparativo entre temperaturas.

A partir da Tabela 1 e do Gráfico 1, observa-se que a corrente e a tensão no sistema com concentração por lentes de Fresnel passam a ter um aumento considerável quando comparado com a corrente e tensão do sistema convencional. Desta forma, nota-se que o maior ganho da potência medida,  $\Delta P_{max} = \Delta P_{Fresnel} - \Delta P_{Normal}$ , foi no período da manhã, às 7 horas, com o valor de  $\Delta P_{max} = 1,044$  W, isto porque o sistema com lentes de Fresnel tem a capacidade de concentrar quantidades maiores de raios solares na célula fotovoltaica, acarretando na elevação de sua potência gerada.

Outro fator importante que influencia no desempenho da célula fotovoltaica é a temperatura, pois quanto maior a temperatura, menor é a eficiência na conversão de energia solar para energia elétrica, devido as perdas que ocorrem neste processo. A partir do Gráfico 2, nota-se que a célula fotovoltaica acoplada ao concentrador solar possui temperatura mais elevada que a célula fotovoltaica sem o concentrador.

A partir da Tabela 1 e do Gráfico 2, observou-se que no momento em que aconteceram as medições das 7 horas da manhã a temperatura no sistema convencional teve uma

média em torno de 36°C e no sistema com concentração teve média de 45°C.

Em contrapartida, às 11 horas da manhã, nota-se que houve uma redução significativa no ganho da potência medida,  $\Delta P_{\max} = 0,5085 \text{ W}$ . Isto porque ao longo do dia houve o aumento de radiação solar e a incidência dos raios solares na área do sistema convencional se elevou, fazendo com que a média de sua potência gerada aumentasse consideravelmente de  $P_{\text{Normal}} = 0,4228 \text{ W}$  para  $P_{\text{Normal}} = 0,8208 \text{ W}$ . Observa-se que a temperatura elevou-se de 36°C para 60°C tendo um acréscimo de 24°C. O mesmo fenômeno ocorreu com o sistema usando lentes de Fresnel, mas, devido a influência do aumento considerável na temperatura da célula fotovoltaica que passou de 45°C para 87°C tendo um acréscimo de 42°C e sua potência máxima medida decaiu de  $P_{\text{Fresnel}} = 1,472 \text{ W}$  para  $P_{\text{Fresnel}} = 1,3293 \text{ W}$ .

Com esse aumento na temperatura, cerca de 30% se comparado ao da geração sem concentração, estima-se que a concentração solar em células fotovoltaicas pode degradar mais rapidamente este material, sendo então necessário dissipar o calor gerado.

Através da análise dos resultados obtidos, conclui-se que os sistemas fotovoltaicos com concentração necessitam de um rígido controle no foco produzido pelas lentes. Para um bom desempenho a irradiação solar deve sempre incidir perpendicularmente sobre a célula uma vez que conforme o movimento de rotação da superfície terrestre o foco do concentrador se desloca constantemente ao longo do dia.

### Agradecimentos

Agradeço ao IFMS/TL pelo incentivo financeiro de acordo com o Edital 027/2018 – Propi/IFMS,

### Referências

- J. J. Michael, I. S, and R. Goic, “Flat plate solar photovoltaic–thermal (PV/T) systems: A reference guide,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 51, pp. 62–88, Nov. 2015.
- K. Moradi, M. Ali Ebadian, and C.-X. Lin, “A review of PV/T technologies: Effects of control parameters,” *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 64, pp. 483–500, Sep. 2013.
- M. A. Hasan and K. Sumathy, “Photovoltaic thermal module concepts and their performance analysis: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 7, pp. 1845–1859, Sep. 2010.
- A. Makki, S. Omer, and H. Sabir, “Advancements in hybrid photovoltaic systems for enhanced solar cells performance,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 41, pp. 658–684, Jan. 2015.