

## Influência de fatores ambientais sobre o desempenho de um sistema de bombeamento fotovoltaico: um estudo de caso

José Airton Azevedo Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [airton@utfpr.edu.br](mailto:airton@utfpr.edu.br)

Roger Nabeyama Michels

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [rogernmichels@utfpr.edu.br](mailto:rogernmichels@utfpr.edu.br)

### Resumo

A energia elétrica é uma das formas de energia mais utilizadas no mundo. Ela é gerada, principalmente, nas usinas hidrelétricas, usando o potencial energético da água. A instalação de painéis fotovoltaicos tem se tornado uma fonte alternativa de fornecimento de energia elétrica em locais distantes da rede elétrica. Entretanto, esses painéis, apresentam-se sujeitos a fatores ambientais como variações de intensidade solar e temperatura ambiente, que alteram os seus desempenhos. O objetivo deste trabalho é analisar o desempenho, em função da variação de temperatura e irradiação solar, de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água na cidade de Medianeira, Região Oeste Paranaense.

**Palavras-Chave:** Painéis fotovoltaicos; Bombeamento de água; Temperatura; Irradiação.

### Influence of environmental factors on the performance of a photovoltaic pumping system: a case study

#### Abstract

Electricity is one of the most widely used forms of energy in the world. It is produced mainly in hydroelectric power plants, using the potential energy of water. The installation of photovoltaic panels has become an alternative source of electrical power in remote locations of the grid. However, these panels present themselves subject to environmental factors such as variations in solar intensity and ambient temperature, which alter their performance. The objective of this work is to analyze the performance, depending on the variation of temperature and solar radiation, a photovoltaic water pumping in the city of Medianeira, Western Region Paranaense.

**Keywords:** Photovoltaic panels; Water pumping; Temperature; Irradiation.

#### Introdução

Muitas comunidades em razão de viverem em locais de difícil acesso e muitas vezes em áreas de proteção ambiental (APA), têm dificuldades de serem atendidas pelos serviços convencionais de eletricidade, como as redes de distribuição (Costa; Eck, 1998). Para Abade (1996) e Ribeiro (2010), a geração de eletricidade por energia solar fotovoltaica, através de Sistemas Individuais de Geração com Fontes Intermitentes (SIGFI), é um recurso estratégico capaz de trazer contribuição à sustentabilidade de demandas energéticas em locais distantes da rede elétrica, evitando custos marginais superiores, além de poder prover o desenvolvimento socioeconômico e preservar o meio ambiente em zonas isoladas.

Os Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes, utilizados em áreas rurais no Brasil, representam uma solução sustentável, pois o silício, material ativo na maioria dos módulos, é o segundo elemento mais abundante na superfície terrestre. Além disso, o sistema fotovoltaico é silencioso, estático e não causa desgaste de materiais, convertendo diretamente a energia solar em energia elétrica (Ribeiro, 2010).

Os Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes podem ser utilizados em aplicações sociais, tais como: iluminação pública, bombeamento de água, energização de escolas, postos de saúde, centros comunitário, postos telefônicos, produção de gelo e dessalinização da água (Camus; Euzébio, 2006).

Para estudos mais precisos do potencial de um determinado local, com vistas a um projeto específico, é recomendável a realização de medições locais, buscando avaliar as influências localizadas de relevo, poluição e outros (Lasnier; Ang, 1990). Na otimização de projetos de aproveitamento de energia solar é importante o conhecimento das variações anuais, sazonais e diárias da radiação solar (Cardona; López, 1999). Uma avaliação da potencialidade desse recurso exige a realização de um levantamento abrangente dos níveis de radiação solar por meio de medições com instrumentos solarimétricos e a utilização de modelos matemáticos para extrapolação dos valores medidos para áreas desprovidas de dados (Marafia, 2001).

Para que a implantação de um sistema de bombeamento de água, em uma determinada região, seja melhor avaliada, ainda são necessários diversos tipos de estudos, em destaque tem-se a avaliação de fatores ambientais em condições reais de trabalho para o sistema fotovoltaico (Overstraeten; Mertens, 1996). Atendendo a essa necessidade a presente pesquisa estabeleceu como objetivo analisar o desempenho, em função da variação de temperatura e irradiação solar, de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água na cidade de Medianeira, Região Oeste Paranaense.

## Material e métodos

O sistema fotovoltaico (Figura 1), com dez painéis, foi montado na cidade de Medianeira, mais especificamente, nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O município está localizado na Região Oeste Paranaense com 25° 17' 43" latitude Sul, 54° 05' 38" longitude Oeste e apresenta uma altitude de 500,7 metros. Dez painéis fotovoltaicos foram instalados (Figura 1), mas somente dois foram utilizados neste trabalho. Devido à configuração do sistema os painéis foram ligados em série.



Figura 1: Sistema fotovoltaico.

O posicionamento do conjunto fotovoltaico foi realizado por meio de uma haste vertical projetada sobre um plano horizontal, pela localização do norte geográfico utilizando o valor do meio-dia real (12 horas, 43 minutos, 44 segundos). O ângulo de inclinação do conjunto fotovoltaico em relação ao plano horizontal foi mantido constante e idêntico à latitude do local.

Para a montagem do sistema fotovoltaico de bombeamento de água foram necessários os seguintes equipamentos:

- a) Dois painéis solares, fabricante Solarex, modelo MSX 56, tensão padrão de 12 V, corrente padrão de 3,35 A e potência de 56 W;
- b) Uma bomba, fabricante SolarJack, modelo SDS-D-228, tensão de 30 V.
- c) Um transdutor de pressão, fabricante Dicket-John, modelo 46570-0010, faixa de atuação de 0 a 100 PSI, tensão de entrada de 0 a 16VDC, tensão de saída de 0,5 a 5,0 VDC;
- d) Um medidor de vazão, fabricante LAO, tipo turbina, classe 0.1;
- e) Um transdutor de vazão aferido com precisão;
- f) Um micrologger da marca Campbell Scientific-INC, modelo CD23X;
- g) Um termopar do tipo K (cromo/alumínio) aferido para a aquisição de dados.
- h) Um microcomputador;
- i) Um piranômetro Kipp & Zonen CM3;
- j) Um divisor de tensão;
- k) Uma resistência Shunt.

O termopar, colocado na parte de trás do painel fotovoltaico, fornece o valor da temperatura dos painéis (Figura 2) e o piranômetro (Figura 3) o valor da irradiação. Os divisores de tensão e as resistências Shunt forneceram os valores de tensão e corrente dos painéis fotovoltaicos.



Figura 2: Localização do Termopar.

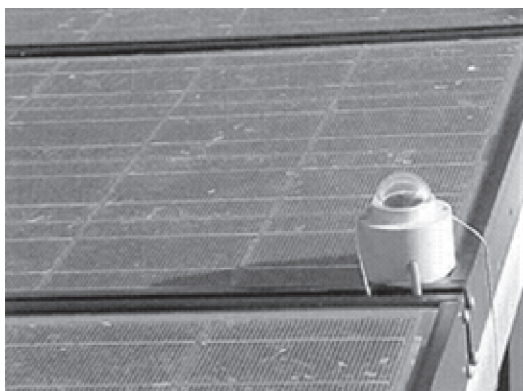


Figura 3: Piranômetro Kipp & Zonen

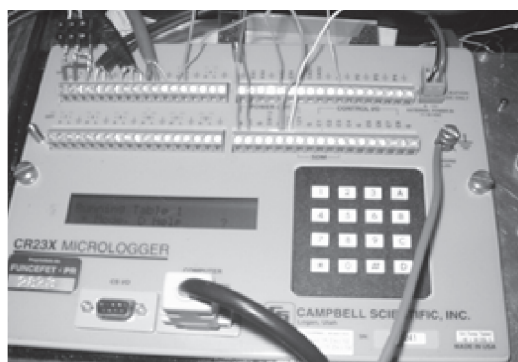


Figura 4: Datalogger da Campbell.

O sistema de aquisição de dados é constituído por um datalogger da CAMPBELL SCIENTIFIC-INC modelo CR23X (Figura 4), programado para realizar uma leitura por segundo de cada canal e armazenar a média aritmética de um minuto dos seguintes dados:

- a) Irradiação solar global incidente nos painéis fotovoltaicos;
- b) Vazão da água proporcionada pela moto-bomba;
- c) Pressão da água proporcionada pela moto-bomba;
- d) Tensão e corrente produzida pelos dois painéis fotovoltaicos;
- e) Temperatura nos painéis fotovoltaicos.

Um medidor de vazão, fabricante Lao, tipo turbina, classe 0.1 também foi instalado para a informação do valor total da vazão. A Figura 5 ilustra os equipamentos destinados para a medição e monitoramento da vazão de água.



Figura 5: Medidor de vazão e hidrômetro.

Uma bomba do tipo diafragma, do fabricante SolarJack, modelo SDS-D-228, de trabalho submerso com funcionamento de tensão próxima de 30 Vcc foi alimentada pelos dois painéis e bombeou água a uma altura de 20 metros, altura entre a cisterna e a caixa de água, na qual está instalada.

### Resultados e discussões

Muitas vezes os efeitos do aumento da temperatura são negligenciados nos projetos de implantação de sistemas fotovoltaicos. Paltz (1995) afirma que o aumento da temperatura diminui a eficiência dos módulos fotovoltaicos, pois acarreta diminuição significativa da tensão. As curvas de tensão (V) em função da temperatura (T) para o modelo MSX 56, são apresentadas nas Figuras 6 e 7.

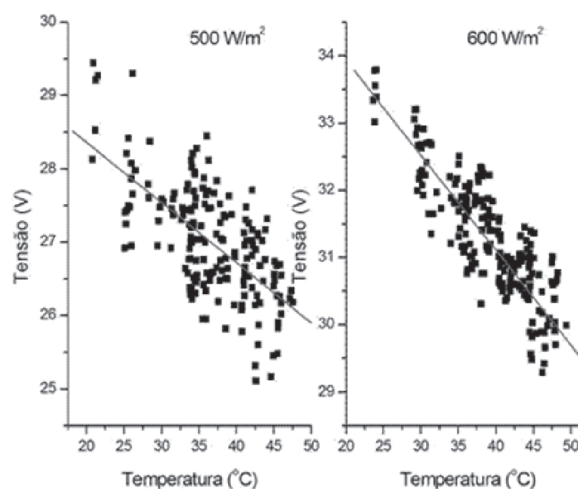


Figura 6: Curvas V x T – 500/600 W.m<sup>-2</sup>

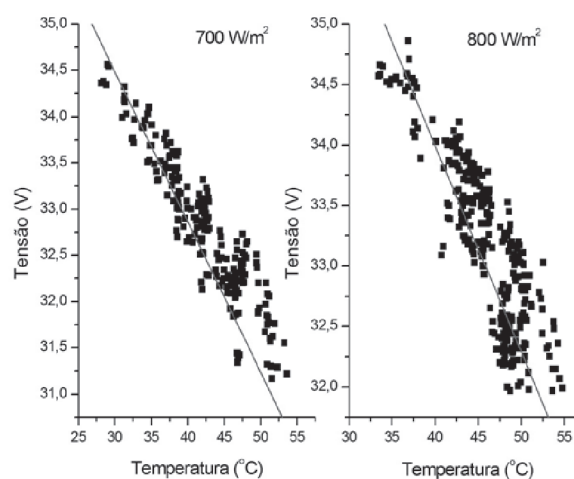


Figura 7: Curvas V x T – 700/800 W.m<sup>-2</sup>

O fator temperatura influencia na potência e conseqüentemente na eficiência. Segundo Riffel (2005) a temperatura faz com que a banda de energia do material semiconductor diminua resultando no acréscimo da

fotocorrente gerada de aproximadamente 1% a cada 2,70C de elevação de temperatura. Na Tabela 1 apresentam-se, para os painéis Solarex, modelo MSX 56, a porcentagem de perda de potência, em função do aumento de temperatura dos módulos, de 25oC para 40oC, nas irradiações de 500W.m<sup>2</sup>, 600W.m<sup>2</sup>, 700W.m<sup>2</sup> e 900W.m<sup>2</sup>.

Irradiação (W.m <sup>-2</sup> )	Potência (W) (25°C)	Potência (W) (40°C)	Perda (%)
500	39,94	37,89	5,14
600	50,06	47,23	5,66
700	53,56	50,67	5,4
900	58,03	54,55	5,99
	<b>Média</b>		<b>5,5475</b>

Tabela 1. Perda de potência.

Observa-se, da Tabela 1, uma perda média de potência de 5,5475% para os valores de irradiação e temperaturas analisados.

Na Figura 8 Apresentam-se as curvas de vazão (Q) em função da temperatura (T) para as irradiações de 500W.m<sup>2</sup>, 600W.m<sup>2</sup>, 700W.m<sup>2</sup>, 800W.m<sup>2</sup> e 900W.m<sup>2</sup>.

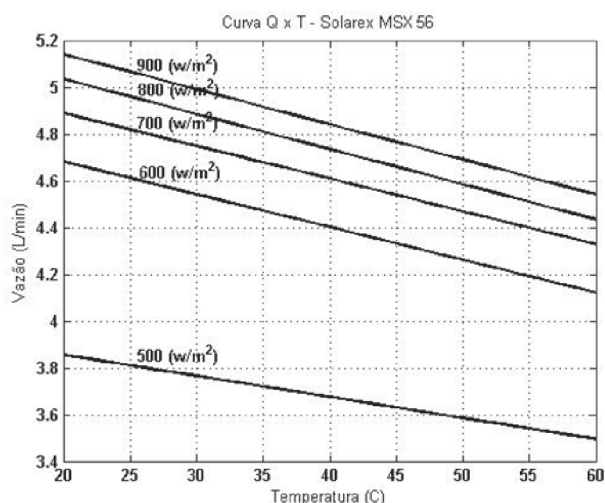


Figura 8: Curvas Q x T.

Através das curvas apresentadas na Figura 8, nota-se um decréscimo da vazão da moto-bomba, com o aumento da temperatura do painel, para um mesmo valor de irradiação. Na Tabela 2 apresentam-se as perdas de vazão do sistema de bombeamento, em função do aumento de temperatura da células, dos painéis fotovoltaicos, de 25°C para 40°C, para as irradiações de 500W.m<sup>-2</sup>, 600W.m<sup>-2</sup>, 700W.m<sup>-2</sup>, 800W.m<sup>-2</sup> e 900W.m<sup>-2</sup>.

Irradiação (W.m <sup>-2</sup> )	Vazão (L/min) (25°C)	Vazão (L/Min) (40°C)	Perda (%)
500	3,81	3,67	3,67
600	4,61	4,4	4,55
700	4,81	4,61	4,16
800	4,95	4,73	4,44
900	5,06	4,84	4,35
	<b>Média</b>		<b>4,234</b>

Tabela 2. Perda de vazão

Observa-se dos valores obtidos da Tabela 2 uma perda de vazão, no sistema de bombeamento fotovoltaico, de aproximadamente 4,234% em média, para os valores de temperatura e irradiação analisados.

## Conclusões

Neste trabalho apresentaram-se os resultados obtidos, de campo, de um conjunto moto-bomba alimentado por um painel fotovoltaico da marca SOLAREX, modelo MSX-56, instalado na cidade de Medianeira, Região Oeste Paranaense. Observou-se que o desempenho do sistema de bombeamento fotovoltaico foi influenciado pela variação da temperatura e irradiação solar. Observou-se, também, que com o aumento de temperatura de 25°C para 40°C, dos painéis fotovoltaicos, reduziu-se em média:

- a) a potência fornecida pelos painéis fotovoltaicos em 5,5475%;
- a) a vazão do sistema de bombeamento em 4,234%.

## Referências bibliográficas

ABADE, A. K. Energia solar fotovoltaica no Brasil: projetos pilotos ou um grande mercado? In: **7 Congresso Brasileiro de Energia**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1996.

CARDONA, M. S.; LÓPEZ, M. L. **Performance analysis of a grid-connected photovoltaic system Energy**. New York: 1999.

CAMUS, C.; EUSÉBIO, E. **Gestão de energia: energia solar**. Lisboa: Departamento de Engenharia Electrotécnica e Automação, 2006.

COSTA, S. H.; ECK, M. Modelo sustentável de difusão da tecnologia fotovoltaica para uso residencial. In: **17 Conferência Latino-Americana de Eletrificação Rural**. Recife: 1998.

LASNIER, F.; ANG, G.T. **Photovoltaic engineering handbook**. Bangkok: IOP Publishing Ltd, 1990.

OVERSTRAETEN, R.W; MERTENS, R. P. **Physics, technology and use of photovoltaics**. London: Modern Energy Studies, 1996.

MARAFIA, H. A., **Feasibility study of photovoltaic technology in Qatar**. Amsterdam: Renewable Energy, 2001.

PALZ, W. **Energia solar e fontes alternativas**. São Paulo: Hemus, 1995.

RIBEIRO, T. B. S. **A eletrificação rural com sistemas individuais de geração com fontes intermitentes em comunidades tradicionais: caracterização dos entraves para o desenvolvimento local**. 2010. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Energia) – Universidade de São Paulo.

RIFFEL, D. B. **Unidade de osmose reversa acionada por energia solar fotovoltaica sem baterias: simulação, projeto e validação experimental**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2005.

SERPA, P. **Eletrificação fotovoltaica em comunidades caiçaras e seus impactos socioculturais**. Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado. São Paulo: USP, 2001.