

CORREÇÃO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS OPERANDO EM CONDIÇÕES DE CAMPO.

**ODIVALDO J. SERAPHIM¹, JAIR DE J. FIORENTINO², JAIR A. C. SIQUEIRA³,
FERNANDO DE L. CANEPPELE⁴**

¹ Engenheiro Eletricista, Prof. Livre Docente, Depto de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu – SP, (14) 3811.7194, e-mail: seraphim@fca.unesp.br.

² Engenheiro Eletricista, Pro. Dr, Depto de Engenharia Elétrica, DEL/UFMS, Campo Grande-MS.

³ Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, CCET/UNIOESTE, Cascavel-PR.

⁴ Engenheiro Eletricista, Mestrando em Energia na Agricultura, FCA/UNESP, Botucatu – SP,

Escrito para apresentação no

XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola

31 de julho a 04 de agosto de de 2006 – João Pessoa-PB

RESUMO: Esta pesquisa foi desenvolvida no Departamento de Engenharia Rural da FCA, UNESP – Campus de Botucatu, localizado na Fazenda Experimental Lageado sediada no município de Botucatu-SP, com localização geográfica definida pelas coordenadas 22° 51' Latitude Sul (S) e 48° 26' Longitude Oeste (W) e altitude média de 786 metros acima do nível do mar.

Para tanto, foi instalado um sistema automatizado de coleta e monitoramento de dados para analisar um conjunto de módulos fotovoltaico, constituído por três módulos de 100 Wp conectados em paralelo, sendo instalados com suas faces voltadas para o norte geográfico e com um ângulo de inclinação de 33° (Latitude Local + 10°). O objetivo foi de obter a eficiência do sistema fotovoltaico para uma condição particular de operação em campo, e comparar com o dado fornecido pelo fabricante dos módulos. Esses valores foram corrigidos para a condição padrão de operação utilizando-se de dois métodos, sendo o estudado por Lorenzo (1994), denominado de método M1 e o desenvolvido por Cuevas (1985), denominado de método M2. A metodologia de correção utilizada pelo método M2 apresentou resultado mais próximo do valor fornecido pelo fabricante, para a condição padrão de operação.

PALAVRAS-CHAVE: ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, MÓDULOS, EFICIÊNCIA.

CORRECTION OF THE EFFICIENCY PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR A PARTICULAR CONDITION OF OPERATION IN THE FIELD

SUMMARY: The present research was carried out in the Department of Rural Engineering of FCA, UNESP – Campus of Botucatu, located at the Lageado Experimental Farm, Botucatu Municipality, São Paulo State, with geographical location defined by coordinates latitude 22 degrees 51' south (S) and longitude 48 degrees 26' west (W) and average altitude of 786 meters above sea level.

An automatized system of data collect and monitoring was installed to analyze the set of photovoltaic modules. It was constituted by three modules of 100 Wp connected in parallel, installed with their faces towards the geographical north and with an angle of inclination of 33° (local latitude +10°). The objective was to obtain the efficiency of the photovoltaic system for a particular condition of operation in the field, taking the measures of electrical and meteorological greatness and, from those measures, having the values provided by the producer as the datum of the module plate, those data have been corrected to the pattern condition of operation, and, for this correction, two methods were used: Lorenzo (1994), called method M1, and Cuevas (1985), called method M2.

The methodology of correction used by method M2 showed a result nearer to the valued provided by the producer, for the pattern condition of operation.

KEYWORDS: PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY, MODULES, EFFICIENCY

INTRODUÇÃO: Avanços tecnológicos alcançados na área fotovoltaica, com o aumento da eficiência das células, com novas formas e geometrias dos painéis e com perspectivas de redução de custos ainda maiores com o aumento da demanda, estão colocando a energia fotovoltaica entre as opções economicamente viáveis para uma série de aplicações.

Conforme Prieb (2002), a tolerância em relação à potência nominal de módulos fotovoltaicos, tal como declarada pelos fabricantes em seus catálogos, é, geralmente, de $\pm 10\%$. Entretanto, trabalhos como o de Zilles et al., 1998, e de Hecktheuer et al., 2001, indicam uma “tendência” dos módulos comercializados (ao menos no Brasil) terem, via de regra, seus valores de máxima potência medidos inferiores à potência nominal declarada pelos fabricantes. No referido trabalho de Zilles, a média das potências medidas de módulos de uma determinada marca mostrou-se cerca de 20% inferior à potência nominal. Mesmo que se tratasse de um caso extremo, torna-se clara a necessidade de se observar com cuidado essa questão, quando do projeto de sistemas fotovoltaicos. Em pequenos sistemas, essas disparidades podem até ser absorvidas pelos “coeficientes de segurança” previstos em projeto. Utilizando-se dessa linha de tecnologias, esta pesquisa teve como objetivo principal analisar o desempenho de módulos fotovoltaicos em condição particular de operação em campo, verificando sua eficiência energética na conversão da energia solar em energia elétrica, efetuando-se as devidas correções sobre os valores medidos e calculados, para a condição padrão de operação, utilizando-se de duas metodologias: Lorenzo (1994) e Cuevas (1985).

MATERIAIS E MÉTODOS: Esta pesquisa foi desenvolvida no Departamento de Engenharia Rural da FCA, UNESP – Campus de Botucatu localizado na Fazenda Experimental Lageado, sediada no município de Botucatu-SP, com localização geográfica definida pelas coordenadas $22^{\circ} 51'$ Latitude Sul (S) e $48^{\circ} 26'$ Longitude Oeste (W). O sistema solar fotovoltaico foi constituído por três módulos fotovoltaicos de 100 Wp conectados em paralelo e instalados com suas faces voltadas para o norte geográfico com um ângulo de inclinação de 33° (Latitude + 10°). Para se determinar a eficiência do sistema fotovoltaico operando em condições de campo e confrontar esses resultados com o valor de placa fornecido pelo fabricante, através de fatores de correção, foram necessárias as seguintes medições dos parâmetros elétricos e meteorológicos pertinentes ao sistema: *Tensão de circuito aberto (V_{oc}), em Volts; Corrente de curto-circuito (I_{sc}), em Amperes; Irradiância G_i – paralelo ao plano dos módulos (33°), em W.m^{-2} ; T_c – temperatura na superfície (vidro) dos módulos, em $^{\circ}\text{C}$; T_a – temperatura ambiente, em $^{\circ}\text{C}$;*

As medições dos parâmetros elétricos foram realizadas através de um sistema de comando composto por relés, onde se desconecta a carga dos módulos fotovoltaicos para se obter a tensão de circuito aberto e a corrente de curto circuito, sendo essas medições realizadas a cada 15 (quinze) minutos e calculada a média. O gerenciamento e o controle automatizado das medições e registros dos parâmetros ambientais e elétricos foram efetuados através do coletor de dados CR23X, de uma placa multiplexadora de 4×16 canais, software de programação e comunicação PC208W. O sistema que permite a comunicação para a transferência de dados entre o coletor e o computador é realizado conforme mostra o diagrama da figura 01.

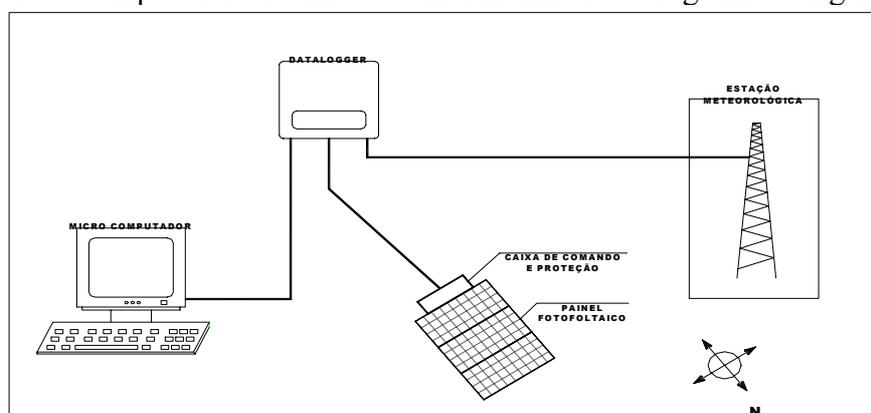


Figura 01 - Esquema modular do sistema interligado

Tabela 02 - Valores médios quinzenais corrigidos pelos métodos M1 e M2.

VALORES CORRIGIDOS PARA CONDIÇÃO PADRÃO DE OPERAÇÃO (CPO)										
Quinzena	MÉTODO 1					MÉTODO 2				
	$V_{oc (M1)}$ (V)	$I_{sc (M1)}$ (A)	FF	$P_{máx (M1)}$ (W)	$\eta_{(M1)}$ (%)	$V_{oc (M2)}$ (V)	$I_{sc (M2)}$ (A)	FF	$P_{máx (M2)}$ (W)	$\eta_{(M2)}$ (%)
01/Fev	19,23	20,34	0,71	276,68	12,81	19,87	20,33	0,71	285,77	13,23
02/Fev	19,00	19,53	0,71	262,29	12,14	19,75	19,52	0,71	272,78	12,63
01/Mar	18,60	19,51	0,71	256,67	11,88	19,34	19,50	0,71	266,91	12,36
02/Mar	18,97	19,63	0,71	262,53	12,15	19,55	19,63	0,71	271,13	12,55
01/Abr	19,18	20,49	0,71	276,76	12,81	19,85	20,48	0,71	287,25	13,30
02/Abr	18,70	20,18	0,71	266,11	12,32	19,49	20,17	0,71	277,72	12,86

Pode-se verificar, que na condição de operação de campo, onde a irradiância assume valores variáveis do amanhecer ao entardecer, a correção da tensão de circuito aberto para a condição padrão de operação pelo método M2 conduz a um valor mais próximo do valor nominal da tensão de circuito aberto para a condição padrão de operação fornecido pelo fabricante. O valor médio da eficiência corrigida para a condição padrão de operação pelo método M2 é aproximadamente igual ao valor médio da eficiência para uma condição particular de operação, uma vez que, suas curvas praticamente se sobrepõem e é inferior em 5,2% ao valor da eficiência para condição padrão fornecido pelo fabricante. Para a correção da eficiência de módulos fotovoltaicos em campo, sujeito a uma grande variação de irradiância, para a condição padrão de operação, pode-se utilizar as metodologias de correção M1 e M2, com resultados satisfatórios, tendo a metodologia M2 uma maior precisão para baixas irradiância, visto que, a diferença entre o valor médio da eficiência corrigida pelos dois métodos foi de 3,8%.

CONCLUSÕES: Para essa, condição particular de operação, a metodologia utilizada pelo método M2, que considera a influência da variação da temperatura na célula e da irradiância no plano dos módulos, apresenta um resultado em maior nível de conformidade com os dados fornecidos pelo fabricante. Essa diferença de valores se deve exclusivamente à diferença do valor corrigido da tensão de circuito aberto que, pelo método M2, é superior, já que os valores das correntes de curto circuito corrigidas são praticamente iguais e o valor do fator de forma é o mesmo.

AGRADECIMENTOS: FAPESP – pelo apoio financeiro ao projeto e ao Curso de Pós-Graduação em Energia na Agricultura UNESP/FCA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CUEVAS, A.. “Electricidad Solar Fotovoltaica: Sistemas Fotovoltaicos Autônomos - Evaluación de Células y Paneles Fotovoltaicos”, ETSI Telecomunicación /UPM, Madrid, Espanha, 1985.

LORENZO E., “Electricidad Solar: Ingenieria de Los Sistemas Fotovoltaicos”, Espanha, Artes Gráficas Gala, S.L., 1994.

PRIEB, C.W.M., “Desenvolvimento de um Sistema de Ensaio de Módulos Fotovoltaicos”, Dissertação de mestrado, PROMEC/UFRGS, Porto Alegre, 2002.

ZILLES, R.; RIBEIRO, C.; MOSZCOWICZ, M. Power Rating and the Need of Photovoltaic Modules Measurements in Brazilian Dissemination Programs. In: World Conference on Photovoltaic Solar Energy Conversion, 2.; European Photovoltaic Solar Energy Conference, 5th, 1998, Vienna.