

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE TRAÇADOR DE CURVA IxV PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Marcio Leal Macedo Luna – marciolealmacedo@hotmail.com

Paulo Cesar Marques de Carvalho – carvalho@dee.ufc.br

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

Resumo. Traçadores de curva IxV para módulos fotovoltaicos (FV) são utilizados como um método de diagnóstico de problemas nos módulos como condições de sombreamento, conexões defeituosas e condições de degradação. Existem diversos tipos e marcas de traçadores disponibilizados comercialmente, mas seus custos são bastante elevados. A presente pesquisa aborda o desenvolvimento e a validação de um traçador de curva IxV para um módulo FV focando a simplicidade do dispositivo e o seu baixo custo. O traçador desenvolvido se baseia no método de carga eletrônica utilizando um MOSFET de potência como carga para o módulo. Através de uma adequada variação do sinal de tensão de gate-source do MOSFET é possível adquirir os pontos de intersecção das curvas IxV características do módulo FV e do MOSFET. Estes pontos são registrados através de uma placa de aquisição de dados, com PIC 18F2550, que é controlada via USB por um computador com uma interface gráfica para usuário desenvolvida com o software MATLAB garantindo maior flexibilidade e funcionalidade ao dispositivo. O processo de validação foi realizado através da comparação de resultados obtidos pelo traçador desenvolvido e por um traçador comercial sobre um mesmo módulo nas mesmas condições de temperatura e irradiância solar. Os resultados mostraram que as curvas do traçador desenvolvido e do traçador comercial ficaram bem próximas, com erros (entre os valores obtidos com o traçador desenvolvido e os valores obtidos com o traçador comercial) de corrente, tensão e potência menores do que 3%.

Palavras-chave: Energia Solar, Módulos FV, Traçador de curva IxV.

1. INTRODUÇÃO

Os módulos FV podem ser caracterizados eletricamente de várias maneiras. Em geral, os fabricantes disponibilizam catálogos onde as principais informações dos módulos são mostradas. Entre estas informações estão os principais parâmetros elétricos: tensão de circuito aberto (Voc), corrente de curto-circuito (Isc), corrente (Impp), tensão (Vmpp) e potência no ponto de máxima potência (Pmax) e fator de forma (FF). Estes parâmetros elétricos são disponibilizados pelo fabricante para condições específicas de temperatura e irradiância solar conhecidas como condições de teste padrão ($G=1000 \text{ W/m}^2$ e $T=25 \text{ }^\circ\text{C}$).

Os traçadores de curva IxV para módulos FV são utilizados para averiguar os principais parâmetros elétricos descritos acima para qualquer condição de temperatura e irradiância. Além disso, a curva IxV disponibilizada por estes dispositivos é capaz de diagnosticar problemas nos módulos FV como condições de sombreamento, conexões defeituosas além de estimar a degradação sofrida pelo módulo devido às intempéries do ambiente ao longo dos anos. Desta forma, estes dispositivos fornecem as características elétricas reais dos módulos FV sendo de fundamental importância para estudos e pesquisas com módulos FV.

O princípio básico para medição da curva IxV de módulos FV se baseia no controle da tensão e da corrente do ponto de curto circuito ao ponto de circuito aberto. Segundo Piliougine et al. (2011), os principais métodos conhecidos na literatura que realizam esta operação são baseados em: resistor variável, carga capacitiva, carga eletrônica, conversores dc-dc e fonte de potência de quatro quadrantes.

O método mais simples de medição da curva, usado em Ahmed et al. (2014), é o que se utiliza de um resistor variável, com o valor variado de zero a infinito para captura dos pontos de tensão e corrente do curto-circuito ao circuito aberto do módulo FV. A desvantagem deste método está na dificuldade dos resistores absorverem grandes quantidades de potência, o que dificulta uso em aplicações que envolvem muitos módulos.

O método capacitivo utilizado por Munõz et al. (2006) consiste no carregamento de um conjunto de capacitores ocorrendo a aquisição dos pontos do curto-circuito ao circuito aberto neste instante de carregamento. Este é o método mais utilizado comercialmente.

A fonte de quatro quadrantes é um equipamento que pode ser utilizado como fonte ou como carga. O método de medição da curva IxV usado em Piliougine et al. (2011) consiste na geração de uma rampa de tensão para o módulo. No instante de polarização do módulo, corrente e tensão são medidas com multímetros de disparo instantâneo. Este método é o mais utilizado por fabricantes. Sua desvantagem é o custo elevado da fonte de quatro quadrantes.

Conversores dc-dc também podem ser utilizados para medição da curva IxV de módulos FV. Em Durán et al. (2012) o conversor colocado entre o módulo e uma carga conhecida é capaz de fazer a varredura dos pontos de operação do módulo do curto circuito ao circuito aberto através da variação na relação de *duty-cycle*.

Outro método utilizado para medição da curva I_xV , usado por Sahbel et al. (2013), Kherchi et al. (2013) e Leite et al. (2012), consiste no uso de um transistor como carga, usualmente um MOSFET de potência, e a partir do controle da tensão de *gate-source* são medidos os pontos entre o transiente de abertura da chave, ou seja, do curto-circuito ao circuito aberto. A desvantagem deste método está na necessidade do transistor ter de dissipar toda a potência do módulo, assim este método se limita para aplicações com poucos módulos FV.

O método utilizado neste trabalho foi o que utiliza uma carga eletrônica devido a sua simplicidade, ao seu baixo custo e a necessidade de uso de um traçador para pequenas potências (200-300 W).

2. MÉTODO DE CARGA ELETRÔNICA

De acordo com Belmili et al. (2010) a carga eletrônica é um método que permite simular uma carga estática ou dinâmica. Através do controle eletrônico desta carga é possível o controle de sua corrente. A carga eletrônica mais adequada para aplicações com módulos FV é o MOSFET devido a sua capacidade de dissipar valores consideráveis de potência, suportar valores elevados de corrente e possuir uma resistência interna bastante pequena entre *dreno* e *source* da ordem de miliohms.

Na Fig. 1 é mostrado o esquemático de uso de uma carga eletrônica com MOSFET acoplada a um módulo FV. Os estágios de comando e potência integram a carga. O estágio de potência é responsável pela dissipação da potência do módulo FV e o estágio de comando é responsável pelo controle de corrente que passa através do MOSFET.

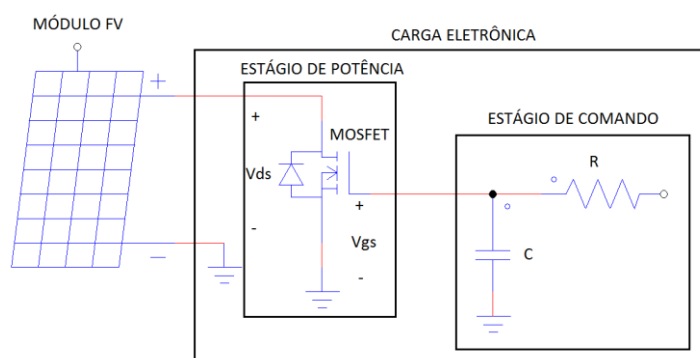


Figura 1- Esquemático de uma carga eletrônica com uso de MOSFET conectada a um módulo FV.

As Eq. (1) e Eq. (2) sintetizam o funcionamento da carga eletrônica de acordo com Belmili et al. (2010), a partir delas é possível a interpretação de como ocorre o controle da corrente e da tensão do módulo FV através do MOSFET.

$$V_{pv} = V_{ds} \quad (1)$$

$$I_{pv} = I_{ds} \quad (2)$$

Onde V_{pv} é a tensão de saída do módulo FV, V_{ds} é tensão *dreno-source* do MOSFET, I_{pv} é a corrente de saída do módulo FV e I_{ds} é a corrente de *dreno-source* do MOSFET.

Na Fig. 2 são mostrados os pontos de operação do módulo FV conectado ao MOSFET. Estes pontos são as intersecções das curvas do MOSFET controladas pela tensão de *gate source* com a curva característica do módulo. Assim, variando-se, rapidamente, de modo que não haja variação de temperatura no módulo e irradiância sobre o módulo, a tensão de *gate-source* é possível caracterizar a curva I_xV .

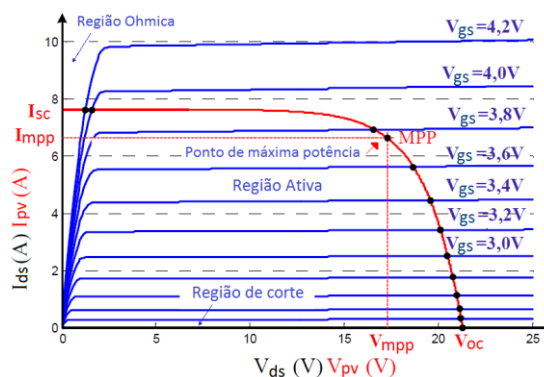


Figura 2- Curvas características do MOSFET (em azul) e curva característica do módulo FV (em vermelho).

3. DESCRIÇÃO DO DISPOSITIVO DESENVOLVIDO

Na Fig. 3 é mostrado o esquemático de funcionamento do dispositivo. A partir da interface gráfica para usuário desenvolvida no *software* MATLAB é possível enviar um comando de acionamento para uma placa de aquisição de dados com PIC 18F2550, a partir desta é passado um sinal para o estágio de comando que controla a passagem de corrente pelo módulo através do estágio de potência. Durante o transiente de curto circuito ao circuito aberto do módulo FV sensores de corrente e tensão adquirem os pontos da curva IxV que são lidos pela placa de aquisição e enviados para o computador que mostra os dados através da interface no MATLAB. Para caracterização adequada da curva IxV é necessário fornecer a temperatura do módulo e a irradiância incidente sobre o mesmo no momento no qual a curva é traçada. Assim, foram utilizados um piranômetro (modelo LP02) para medição de irradiância solar próximo ao módulo e sensores de temperatura do tipo termo resistência pt100 para medição de temperatura em cima e em baixo do módulo. As temperaturas e a irradiância solar foram medidas através de um sistema supervisorio constituído de um CLP (Controlador Lógico Programável) e um computador.

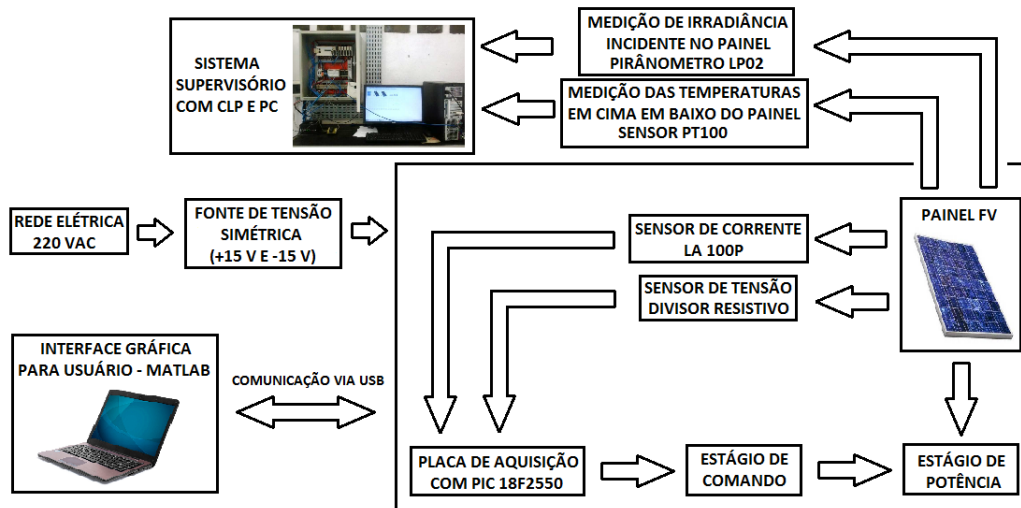


Figura 3- Esquemático do funcionamento geral do dispositivo para traçar a curva IxV de um módulo FV.

3.1 Estágio de potência

A Fig. 4 mostra o esquemático do circuito elétrico instalado com os estágios de potência e de comando. O sensor de tensão utilizado foi um divisor resistivo com resistores de 680Ω e $6,8 \text{ k}\Omega$, a tensão adquirida no resistor de 680Ω é lida pela placa de aquisição no pino AN1 do microcontrolador, o capacitor de C2 de 100 nF foi utilizado para filtrar distorções desta tensão. O sensor de corrente utilizado foi o LA 100P, seu funcionamento se baseia no efeito Hall para medição da corrente. Como este sensor possui corrente nominal de 100 A , fornecendo 5 V de saída para esta corrente foram enroladas 15 voltas para aumentar a sensibilidade de aquisição da corrente, pois foi definido como 6 A a corrente máxima a ser medida. Assim, quando o módulo fornecer 6 A , o sensor irá perceber uma corrente de 90 A fornecendo 4 V de tensão como resposta. A alimentação deste sensor é uma fonte simétrica de $+15 \text{ V}$ e -15 V . A saída do sensor de corrente vai para o pino AN0 do microcontrolador na placa de aquisição.

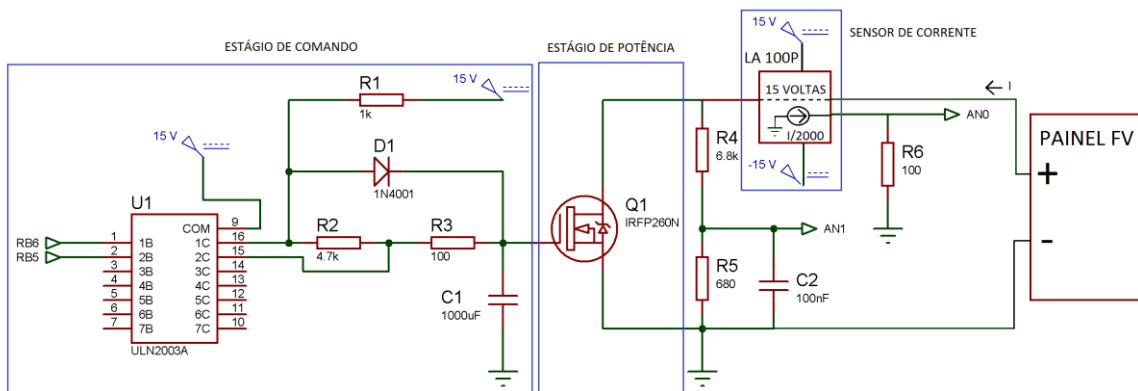


Figura 4- Circuito elétrico do dispositivo.

O MOSFET utilizado no estágio de potência foi o IRFP260N, este foi escolhido devido a sua capacidade de dissipar uma quantidade de potência superior a 300 W, a capacidade de conduzir correntes elevadas próximas de 50 A, a capacidade de suportar tensões *dreno-source* até 200 V e a resistência *dreno-source* possuir um valor pequeno da ordem de 40 m Ω . Esta resistência deve ser muito pequena para que não haja interferência na medição da corrente de curto circuito no módulo FV. Destaca-se que a escolha deste MOSFET atendeu a necessidade de uso em módulos FV com potência de pico de até 160 W, correntes de curto-circuito de até 6 A e tensões de circuito aberto de até 50 V. Assim, o dispositivo desenvolvido neste trabalho não deve ser utilizado com módulos ou conjuntos de módulos em que a potência máxima a ser entregue seja superior a 300 W ou a corrente de curto-circuito seja superior a 6 A ou ainda a tensão de circuito aberto seja superior a 50 V, pois o dimensionamento dos sensores foi realizado para medir até esses limites.

3.2 Estágio de comando

No estágio de comando foi utilizado o *driver* ULN2003A composto por sete transistores Darlington. Os pinos RB6 e RB5 na Fig. 4 possuem origem no microcontrolador PIC 18F2550 utilizado na placa de aquisição. O princípio de funcionamento do estágio de comando segue as lógicas:

- Quando RB6 e RB5 tiverem nível logico baixo (0 V) o capacitor C1 irá carregar através do resistor R1 e do diodo D1.
- Quando RB6 tiver nível logico alto (5 V) e RB5 nível logico baixo (0 V), o capacitor C1 irá descarregar lentamente através dos resistores R2 e R3.
- Quando RB5 tiver nível logico alto (5 V) e RB6 nível logico baixo (0 V), o capacitor C1 irá descarregar rapidamente através do resistor R3.

Para aquisição da curva IxV do módulo FV, inicialmente, deve-se carregar o capacitor, rapidamente, com 15 V colocando os pinos RB5 e RB6 em nível logico baixo, e em seguida descarregar o capacitor colocando RB5 ou RB6 em nível logico alto. No desenvolvimento deste trabalho o capacitor se descarrega pelos resistores RB6 e RB5 devido à compatibilidade com a velocidade de aquisição do PIC 18F2550. Com sistemas de aquisição mais velozes é possível uma aquisição mais rápida através do descarregamento do capacitor C1 apenas pelo resistor R3.

Ao se carregar o capacitor C1 com 15 V o MOSFET fica totalmente aberto à passagem de corrente e assim o módulo FV permanece em curto circuito; ao descarregar o capacitor C1 o MOSFET vai limitando a passagem de corrente até o momento no qual a corrente se torne nula. Desta forma, é possível a aquisição dos pontos entre o curto circuito e o circuito aberto da curva IxV do módulo FV. Os pontos medidos são adquiridos pelo microcontrolador e enviados ao computador onde são armazenados pelo programa em MATLAB e exibidos na interface de usuário desenvolvida.

3.3 Sistema de aquisição de dados

O sistema de aquisição de dados utilizado foi uma placa de aquisição de dados SanUSB com PIC 18F2550. Esta placa possui interface com computador via USB o que flexibiliza a gravação do PIC e a comunicação com o mesmo. O código gravado no microcontrolador possui a finalidade de fazer com que este receba os comandos do computador via USB e a partir desses o estágio de comando possa carregar e descarregar o capacitor C1 da Fig. 4. Além dessas funções, o PIC envia os dados dos sensores de tensão e corrente para o computador durante o transiente de abertura do MOSFET.

As principais características da placa de aquisição utilizada são:

- Conversor A/D de 10 bits;
- Alimentação de 5 V integrada com o USB conectado ao computador;
- 13 canais de conversão A/D;
- 32 KBytes de memória flash e 2048 bytes de memória SRAM;

3.4 Interface gráfica de usuário desenvolvida

Visando uma maior funcionalidade do traçador desenvolvido, neste trabalho foi projetada uma interface gráfica para manipulação por usuários. Esta interface foi desenvolvida a partir do *software* MATLAB, pois este possui diversas funcionalidades matemáticas que facilitam o desenho das curvas IxV e PxV dos módulos FV; além disto, este software possui a possibilidade de comunicação com dispositivos externos ao computador como placas de aquisições de dados.

Na Fig. 5 é mostrada a interface desenvolvida com as curvas para o módulo FV YL95P-17b 2/3 do fabricante YINGLI SOLAR para a situação de irradiância igual a 490 W/m² e temperatura de 318,5 K e 316,2 K, respectivamente em cima e em baixo do módulo. Na Fig. 5(a) é mostrado o gráfico da curva IxV que aparece após pressionar o botão (CURVA IxV), na Fig. 5(b) aparece o gráfico PxV após o botão (CURVA PxV) ser pressionado e na Fig. 5(c) aparece o gráfico com as curvas de tensão (em volts) e corrente (em ampères) em relação ao número de pontos medidos no momento do transiente entre o curto-circuito e o circuito aberto quando o botão (CURVAS I e V) é pressionado.

Os valores de corrente de curto circuito (I_{sc}), tensão de circuito aberto (V_{oc}), corrente no ponto de máxima potência (I_{mpp}), tensão no ponto de máxima potência (V_{mpp}), potência máxima (P_{max}) e fator de forma (FF) são mostrados do lado direito do gráfico e são relativos à curva $I \times V$. O botão (EXPORTAR .txt) cria três arquivos .txt na pasta onde o código no MATLAB foi salvo; estes arquivos salvam os valores de corrente, tensão e potência dos pontos adquiridos no transiente de fechamento do MOSFET. Estes arquivos são criados para se exportar com maior facilidade as curvas $I \times V$ e $P \times V$ para desenho em outros softwares. O botão (FIGURES) abre três janelas com cada gráfico da Fig. 5 isolado em cada janela no formato *figure* do MATLAB para possibilitar a análise e exportação dos gráficos com melhor qualidade.

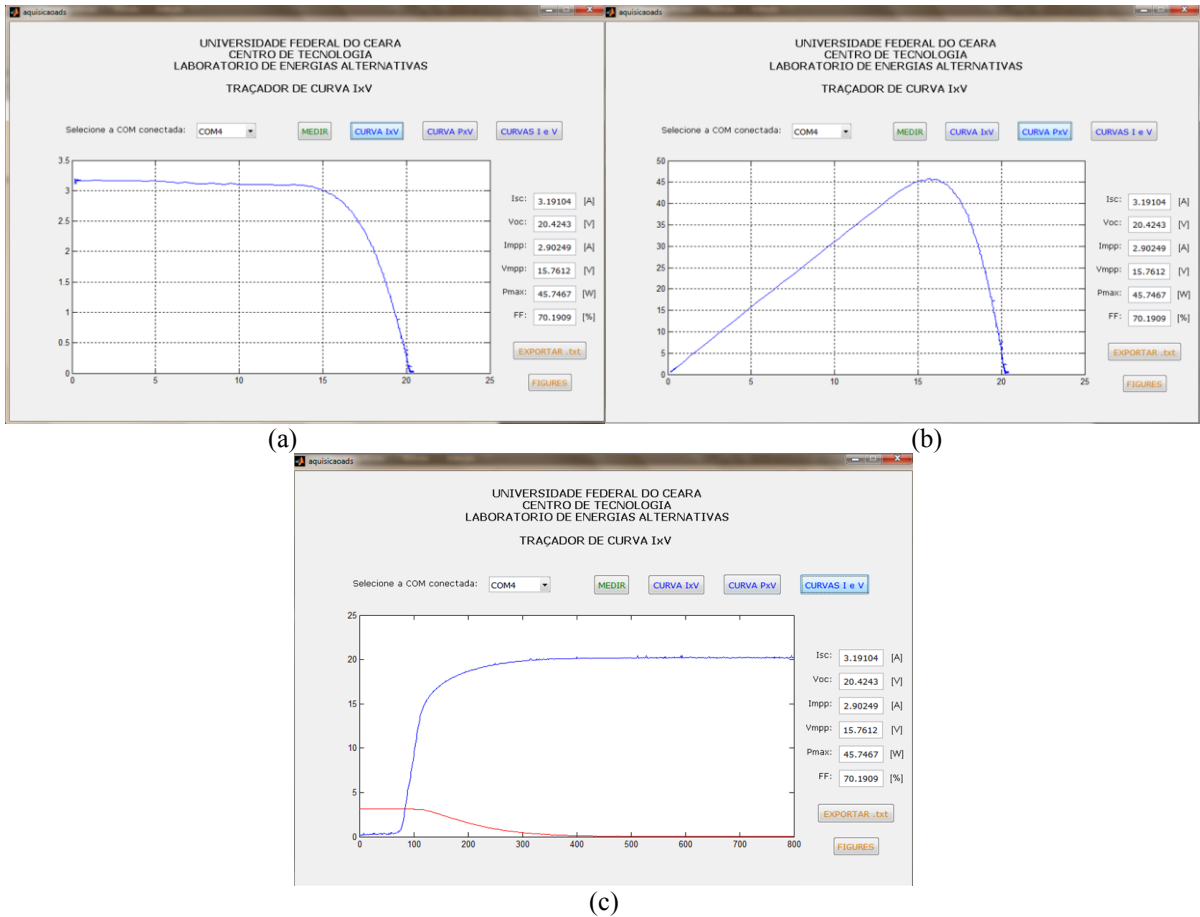


Figura 5- Interface gráfica desenvolvida: (a) Curva $I \times V$, (b) Curva $P \times V$, (c) Curvas de corrente (em vermelho) e tensão (em azul) mostrando o transiente do curto-circuito ao circuito aberto.

4. RESULTADOS

O traçador desenvolvido foi utilizado no módulo FV AZUR TSM 160 para sete condições diferentes de irradiância solar e temperatura.

Nas Fig. 6 são mostradas as curvas $I \times V$ e $P \times V$ obtidas nestas sete condições.

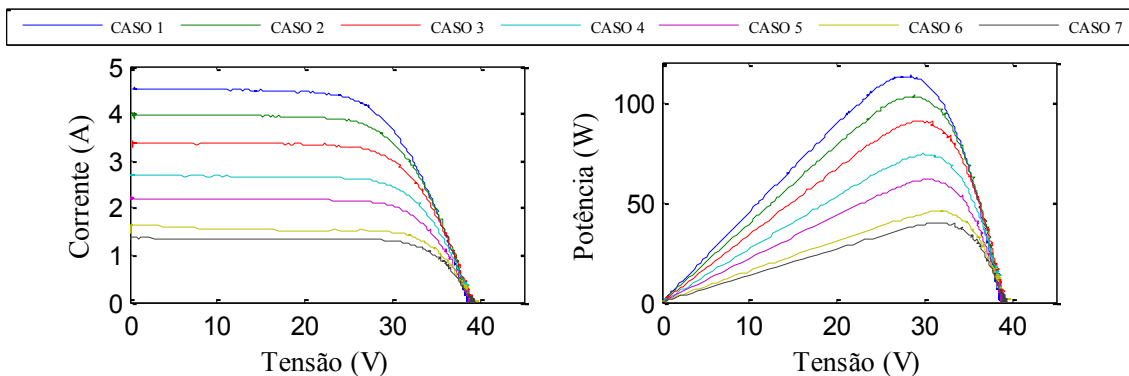


Figura 6 – Curvas $I \times V$ (a esquerda) e curvas $P \times V$ (a direita).

Na Tab. 1 são mostrados os valores obtidos pelo traçador desenvolvido para as condições de irradiância solar, temperatura em cima e em baixo do módulo nas quais foram obtidas as curvas mostradas na Fig. 6.

Tabela 1 – Valores dos parâmetros elétricos obtidos pelo traçador desenvolvido para o módulo AZUR TSM 160.

Caso	G (W/m ²)	T superior (K)	T inferior (K)	Isc (A)	Voc (V)	Imp (A)	Vmpp (V)	Pmax (W)	FF (%)
1	880	316,5	320	4,54	38,8	4,15	27,28	113,3	64,3
2	720	316,1	318,3	4	39,17	3,58	28,81	103,37	65,88
3	610	319	318	3,4	39,35	3,07	29,56	90,827	67,75
4	500	316,2	315	2,71	39,35	2,48	29,84	74,12	69,35
5	400	316,1	315,1	2,21	39,07	2	30,63	61,36	70,8
6	270	311,5	310,5	1,64	39,9	1,46	31,75	46,5	71,05
7	215	309,5	308	1,37	39,45	1,26	31,33	39,5	73,2

5. VALIDAÇÃO

Para validar o traçador desenvolvido foi utilizado o traçador comercial MINI-KLA como critério de comparação para analisar as diferenças entre os dois traçadores. Devido à necessidade de valores constantes de irradiância e temperatura durante o experimento de validação foram utilizados quatro interruptores para chavear rapidamente a conexão do módulo FV com os dois traçadores.

Na Fig. 7 é mostrado o traçador desenvolvido (esquerda) e o experimento de validação com o traçador desenvolvido, o traçador comercial e os interruptores.



Figura 7 – Traçador desenvolvido (esquerda), traçadores desenvolvido e comercial utilizados no processo de validação.

Na Fig. 8 são mostradas as curvas IxV e PxV dos dois traçadores; através de uma inspeção visual percebe-se que as curvas estão bastante próximas, demonstrando a exatidão do traçador desenvolvido.

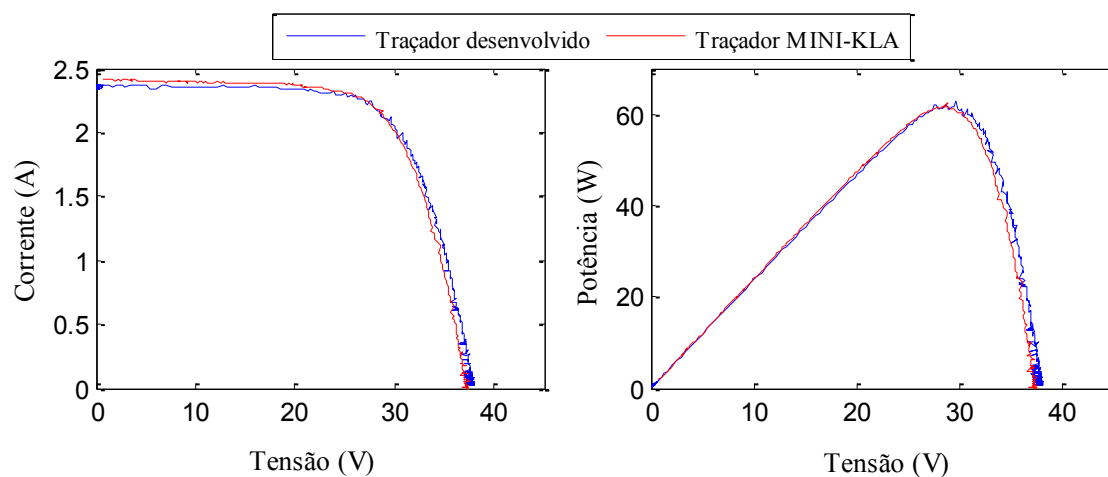


Figura 8 – Comparação dos dois traçadores para o módulo AZUR TSM 160 numa condição de irradiância solar de 465 W/m² e temperatura ambiente de 303,31 K: Curvas IxV e Curvas PxV.

Na Tab. 2 são mostrados os valores dos principais parâmetros elétricos do módulo FV AZUR TSM 160 medidos pelos dois traçadores. O erro é o módulo da diferença entre os valores medidos pelos dois traçadores dividido pelo valor medido do traçador comercial MINI-KLA, expressando a proximidade entre os valores medidos pelo traçador desenvolvido e o traçador MINI-KLA.

Tabela 2 – Dados obtidos com os dois traçadores para o módulo FV AZUR TSM 160 para condição de irradiância solar de 465 W/m² e temperatura ambiente de 303,31 K.

Parâmetros	Traçador desenvolvido	Traçador comercial MINI-KLA	Erro (%)
Voc (V)	38,05	37,49	1,49
Isc (A)	2,38	2,41	1,24
Vmpp (V)	29,61	28,76	2,96
Imp (A)	2,12	2,17	2,30
Pmpp (W)	62,77	62,41	0,58
FF (%)	69,31	69,07	0,35

A análise da Tab. 2 mostra que o traçador desenvolvido apresenta resultados bem próximos dos resultados apresentados pelo traçador comercial MINI-KLA para as condições nas quais foi realizada a validação. Os erros apresentados se devem às incertezas de medição dos dois equipamentos; esses erros são inerentes às medições que envolvem sensores de tensão e de corrente. A precisão de medição do sensor de corrente LA-100P utilizado no traçador desenvolvido é de $\pm 0,7\%$ e os resistores utilizados para medir tensão possuem precisão de $\pm 5\%$. Já o traçador MINI-KLA possui precisão de $\pm 0,4\%$ em todas as medições, tanto de corrente como de tensão.

6. CONCLUSÃO

Traçadores comerciais de curva IxV para módulos FV possuem um preço bastante elevado e muitas vezes não estão disponíveis no comércio nacional. A presente pesquisa abordou o desenvolvimento de um traçador de curva IxV para um módulo FV de média potência ou um conjunto de módulos FV de baixa potência. O projeto deste traçador visou simplicidade e baixo custo.

Os resultados mostram que as curvas IxV e PxV ficam semelhantes às encontradas na literatura e que o traçador consegue medir estas curvas para várias condições de irradiância solar e temperatura.

O processo de validação do traçador desenvolvido se baseia na comparação com um traçador comercial (MINI-KLA). Foram obtidas as curvas mostradas na Fig. 8 e os principais parâmetros relativos a essas curvas pelos dois traçadores para uma mesma condição de irradiância e temperatura. Constatou-se que os dois traçadores apresentam curvas e dados muito semelhantes, indicando a confiabilidade do traçador desenvolvido. Os erros dos principais parâmetros elétricos fornecidos pelo traçador desenvolvido com relação aos do traçador comercial para o módulo FV AZUR TSM 160 mostrados na Tab. 2 foram menores do que 3% indicando que os resultados dos dois traçadores podem ser considerados bem próximos.

Agradecimentos

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo de mestrado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Ahmed, C.B.; Kassas, M.; Ahmed, S.E., 2014. PV-standalone monitoring system performance using LabVIEW. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy* n. 1, vol. 3.
- Belmili, H.; Cheikh, S.M.A.; Haddadi, M.; Larbes, C., 2010. Design and development of a data acquisition system for photovoltaic modules characterization. *Renewable Energy* n. 35, p. 1484-1492.
- Durán, E.; Andújar, J.M.; Enrique, J.M.; Pérez-Oria, J.M., 2012. Determination of PV Generator I-V/P-V Characteristic Curves Using a DC-DC Converter Controlled by a Virtual Instrument. *International Journal of Photoenergy*. Article ID 843185.
- Kherchi, M.; Haddadi, M., 2013. Design and development of an IV tracer for photovoltaic panels characterization, ICNCRE'13 - International Conference on Nanoelectronics, Communications and Renewable Energy, Jijel (Algeria).
- Leite, V.; Batista, J.; Chenlo, F.; Afonso, J.L., 2012. Low-cost Instrument for Tracing Current-Voltage Characteristics of Photovoltaic Modules, ICREPQ'12 - International Conference on Renewable Energies and Power Quality, Santiago de Compostela (Espanha).
- Munõz, J.; Lorenzo, E., 2006. Capacitive load based on IGBTs for on-site characterization of PV arrays. *Solar Energy* n. 80, p. 1489-1497.

- Piliouguine, M.; Carretero, J.; Mora-López, L.; Sidrach-de-Cardona, M., 2011. Experimental system for current-voltage curve measurement of photovoltaic modules under outdoor conditions. Progress in photovoltaics: research and applications n. 19, p. 591-602.
- Sahbel, A.; Hassan, N.; Abdelhameed, M.M.; Zekry, A., 2013. Experimental Performance Characterization of Photovoltaic Modules Using DAQ. Energy Procedia n. 00, p. 000-000.

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF IxV CURVE TRACER FOR PHOTOVOLTAIC MODULES

Abstract. *IxV curve tracers for photovoltaic modules (PV) are used as a method of diagnosing problems with the modules as shadowing conditions, faulty connections and degradation conditions. There are several types and brands of tracers commercially available, but their costs are quite high. This research addresses the development and validation of a IxV curve tracer for a PV module focusing on the device's simplicity and low cost. The tracer developed is based on the electronic load method using a MOSFET as a load for the module; through a suitable variation of the gate-source of the MOSFET voltage signal is possible to acquire the points of intersection of the curves IxV characteristics of the PV module and the MOSFET. These points are acquired via a data acquisition board with PIC 18F2550, which is controlled via USB to a computer with a graphical user interface developed with MATLAB software, ensuring greater flexibility and functionality to the device. The validation process is performed by comparing results obtained from the developed and a commercial tracer on the same module under the same conditions of temperature and solar irradiance. The results show that the curves of the developed and the commercial tracer are very close to each other with errors of current, voltage and power lower than 3%.*

Key words: Solar Energy, PV Modules, IxV Curve Tracer.