INFLUÊNCIA DA VARREDURA DE TENSÃO NA MEDIDA DA CURVA CARACTERÍSTICA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE SILÍCIO AMORFO

Fabiano Perin Gasparin – gasparin.fabiano@gmail.com
Arno Krenzinger – arno.krenzinger@ufrgs.br
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PROMEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Resumo. *A determinação das características elétricas de módulos fotovoltaicos passa obrigatoriamente pela medida da curva característica I-V* (corrente *versus* tensão). *Embora o procedimento de ensaio esteja bem estabelecido nas normas técnicas brasileiras e internacionais, efeitos transientes que ocorrem nas medidas podem afetar o resultado final. O efeito da rapidez e da direção de varredura da tensão de polarização influencia a forma da curva característica, podendo levar a imprecisões maiores que 5 % na determinação dos parâmetros elétricos. Foram feitas diversas medidas em um módulo de silício amorfo variando a duração e a direção da varredura, isto é, do curto-circuito (I_{sc}) para a tensão de circuito aberto (V_{oc}) e vice versa. As medidas foram tomadas com duração da rampa de varredura variando entre 1,4 e 40 ms, e comparadas com uma medida considerada estacionária, com tempo padrão de 50 ms. Os resultados mostram diferenças de até 3% entre os parâmetros de potência máxima medidos com tempo de 50 ms e aqueles onde manifestam-se efeitos transientes na medida. Com uma rampa ascendente, isto é, de I_{sc} para $V_{oc,}$ e de duração menor que 50 ms, o ponto de máxima potência é subavaliado, e com uma rampa descendente (V_{oc} para I_{sc}), o valor é superestimado. Para medidas de módulos de silício amorfo com tempos de varredura inferiores a 50 ms deve-se tomar precauções ou fazer correções nas medidas realizadas.*

Palavras-chave: *Energia solar, Curva I-V, Módulo fotovoltaico, Simulador Solar Pulsado.*

1. INTRODUÇÃO

A determinação da qualidade e dos parâmetros de um módulo fotovoltaico passa necessariamente pela determinação da curva característica I-V (corrente *versus* tensão). Os parâmetros elétricos geralmente fornecidos no catálogo do fabricante de módulos e células fotovoltaicas são: potência máxima (P_m), tensão de máxima potência (V_{mp}), corrente de máxima potência (I_{mp}), corrente de curto-circuito (I_{sc}) e tensão de circuito aberto (V_{oc}). Estes dados são fornecidos nas condições de teste padrão, ou seja, irradiância solar de 1000 W/m^2, temperatura da célula 25 °C e distribuição espectral da radiação AM1,5 (massa de ar 1,5). Obviamente a eficiência do módulo também deve ser especificada, embora geralmente seja necessário calculá-la com os parâmetros elétricos e dimensionais fornecidos. Ao lado dos parâmetros previamente citados, há também o fator de forma (FF), que é calculado como: $FF = P_m/(V_{oc} I_{sc})$. As células e módulos fotovoltaicos possuem outros parâmetros elétricos importantes, dentre eles o coeficiente de variação de V_{oc} com a temperatura (β), coeficiente de variação de I_{sc} com a temperatura (α), coeficiente de variação da potência máxima com a temperatura (γ), além da resistência série (R_s) e paralela (R_p).

O estudo dos parâmetros elétricos está bem fundamentado na literatura, porém novidades tecnológicas relativas a novos tipos de células e a utilização de simuladores solares nos ensaios, conduzem a uma necessidade do aperfeiçoamento constante das técnicas de medida e calibração dos dispositivos fotovoltaicos. Virtuani et al. (2008) apresentam um dado interessante, ao estimar os seguintes valores: "considerando o tamanho do mercado fotovoltaico mundial em 2007 e assumindo um preço médio por watt-pico (W_p) de 4 EUR, um erro de ± 1 % na determinação da potência real de um módulo fotovoltaico, corresponderia a uma diferença de ± 160 milhões de euros. A calibração dos módulos fotovoltaicos tem, portanto, um impacto importante no mercado fotovoltaico sob um ponto de vista econômico."

Na norma técnica brasileira NBR-12136 (ABNT 1991) relativa à caracterização elétrica de módulos fotovoltaicos, que é essencialmente o mesmo texto da norma internacional IEC 904-1 (1987), não se menciona efeitos transientes que devem ser considerados na caracterização, que surgem devido à rapidez de varredura da tensão de polarização. A versão atualizada da norma IEC 60904-1 (2006), por sua vez, insere notas no capítulo referente a medidas com simulador solar pulsado, alertando que simuladores com pulso curto podem não serem adequados para uma medida I-V precisa de células e módulos fotovoltaicos com altos valores de capacitância. Além disto, nesta versão da norma, na seção 7.6 recomenda-se que o intervalo de tempo entre os pontos deve ser suficientemente grande para assegurar que o tempo de resposta da amostra sujeita a ensaio e a taxa de registro de medidas não introduzam erros. Finalmente na nota número 6 da seção 7.7 da referida norma, está colocado que "dependendo da tecnologia da célula, a medida I-V pode ser afetada pela taxa de varredura de tensão e pela direção de varredura. As células com altas capacitâncias são as mais problemáticas (...)".

King et al. (1988) já haviam estudado efeitos transientes na caracterização de células de silício de alta resistividade e alertado sobre precauções que devem ser tomadas na caracterização dos dispositivos fotovoltaicos. Estudos referentes a efeitos transientes na determinação da curva característica I-V foram realizados por Friesen e Ossenbrink (1997) que analisaram efeitos capacitivos em células de alta eficiência. Ossenbrink et al. (1993) estudaram os erros induzidos por medidas com simuladores solares de *flash* único e *multi flash* verificando a influência significativa de efeitos transientes na medida. Friesen e Dunlop (2000) estudaram especificamente a influência da rapidez de varredura na caracterização de células de filmes finos com a utilização de um simulador solar com *flash* de duração de 1,55 ms, equipamento encontrado no laboratório ESTI (*Energy Solar Test Instalations)* em Ispra, Itália. Todos os trabalhos relatam a influência da rapidez de varredura na medida da curva característica I-V, podendo induzir erros de 5 % nos parâmetros medidos.

Como relatado por Virtuani et al. (2008) módulos de silício cristalino, CdTe e CIS não apresentam diferenças apreciáveis nos resultados da medida da curva característica em função da rapidez de varredura utilizado na caracterização. Entretanto, módulos de silício amorfo e recentes módulos de silício cristalino de alta eficiência apresentam discrepâncias devido a efeitos transientes. A razão para estes efeitos transientes é atribuída à capacitância difusiva das células fotovoltaicas, que varia conforme o material e tecnologia de fabricação das células. (King et al., 1988, Keogh et al., 2004).

Em medidas sob iluminação natural, a varredura da curva I-V pode tomar um tempo suficientemente longo a fim de evitar efeitos transientes, podendo ser realizadas com duração típica entre 0,2 e 1 s. Este tempo é considerado ideal, por evitar efeitos transientes, ao mesmo tempo em que a variação de temperatura do módulo durante o ensaio é minimizada. O objetivo do presente trabalho é estudar os efeitos da rapidez e da direção da varredura da tensão de polarização utilizada na medida da curva característica I-V de um módulo de silício amorfo sob iluminação natural.

2. METODOLOGIA

O procedimento experimental consiste no ensaio de um módulo fotovoltaico de silício amorfo, sob iluminação natural, em que é realizada uma varredura de tensão por meio de uma fonte de quatro quadrantes. A varredura de tensão é executada com duas frequências programáveis, em rampa ascendente e descendente, ou seja, com varredura de I_{sc} para V_{oc} e V_{oc} para I_{sc} respectivamente. Durante a varredura de tensão, que possui a forma exemplificada na Fig. 1, faz-se a medida dos pares I-V e da irradiância solar, bem como a medida da temperatura do módulo antes e após a varredura.

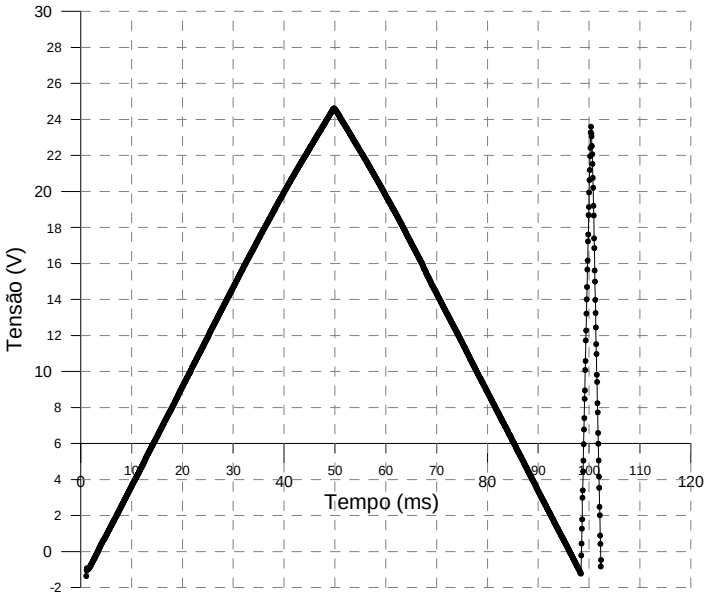
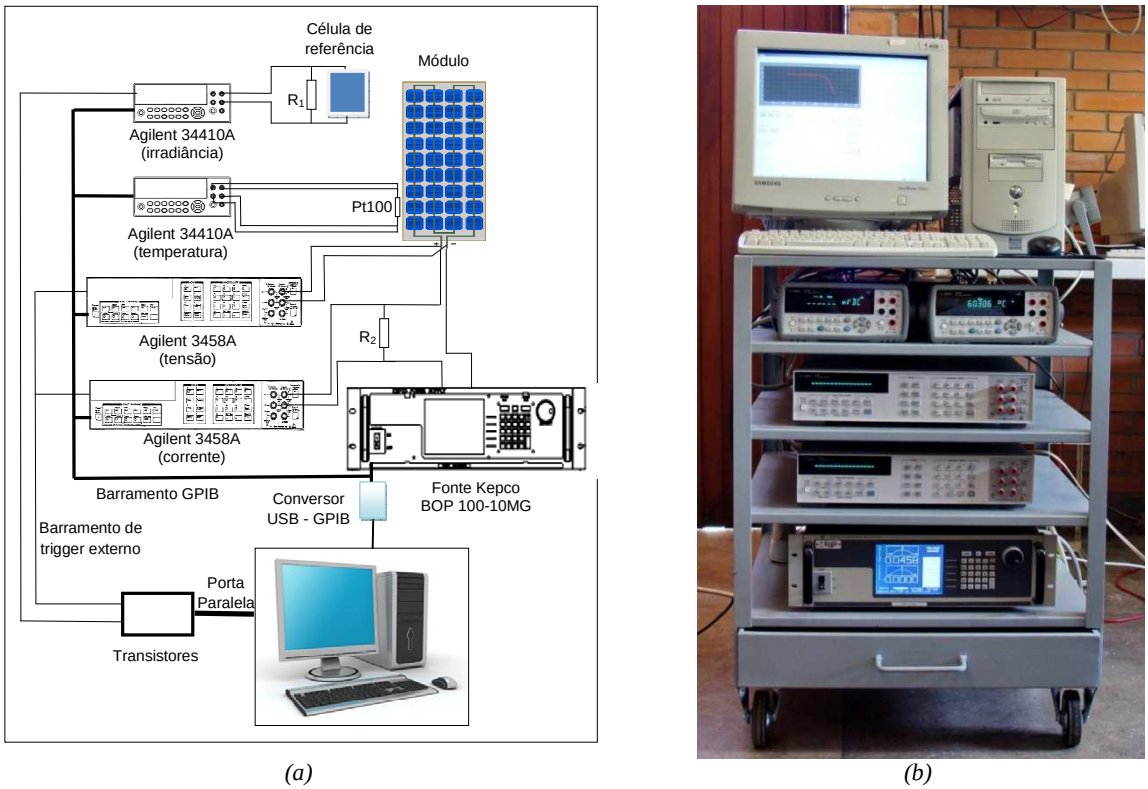


Figura 1 – Forma de onda da varredura de tensão aplicada no módulo.

Na Fig. 2 está um diagrama esquemático da instrumentação e uma foto dos equipamentos utilizados para a caracterização do módulo fotovoltaico estudado, cuja descrição detalhada está apresentada em Gasparin e Krenzinger (2009). A fim de realizar os ensaios com rampas de diferentes frequências, o programa de gerenciamento do traçador de curvas foi modificado, introduzindo novas funcionalidades. Na tela de configuração é possível escolher diversos tipos de rampas, além dos valores de tensão inicial e final, que são definidos pelo usuário. Há as seguintes opções de rampa para selecionar: rampa única ascendente (I_{sc} para V_{oc}), rampa única descendente (V_{oc} para I_{sc}), forma de onda triangular com vários ciclos e forma de onda triangular ou senoidal com dois tempos de rampa programáveis. Além destas configurações é necessário informar as constantes do resistor *shunt* para medida de corrente, a constante de calibração da célula de referência, o número total de pontos que será medido e o tempo de cada medida.

A resolução que o multímetro irá medir é definida em função do tempo desejado para cada medida. Abaixo de 50 μs por medida e limitado em 10 μs , a resolução é de 4 ½ dígitos. Entre 51 e 199 μs a resolução é de 5 ½ dígitos, e a

partir de 200 µs a resolução é de 6 ½ dígitos. Embora os multímetros tenham resolução de até 8 ½ dígitos, esta só é atingida com tempo de integração por medida de 0,166 s, ou seja, um tempo superior ao desejado para os estudos desenvolvidos.



(a) *(b)*

Figura 2 - (a)Diagrama esquemático do sistema, (b)Fotografia do sistema. Ref: Gasparin e Krenzinger (2009).

O sistema de medida foi configurado para medir 2000 pontos consecutivos, com tempo de 60 µs para cada medida, nos casos em que a segunda rampa é de até 10 ms. Para tempos superiores de duração da segunda rampa, aumentou-se o tempo por medida para 80 µs. Com esta configuração de tempo, os multímetros de medida de tensão e corrente medem com resolução de 5 ½ dígitos, portanto, na escala de 100 V, obtém-se uma incerteza de ± 1 mV para a medida de tensão do par I-V. Para a medida de corrente, cujo multímetro está configurado na escala de 1 V, a incerteza é de 10 µV, equivalente a ±0,33 mA, pois utiliza-se um resistor *shunt* de 300 mV / 10A. Ressalta-se que esta é a incerteza somente decorrente do multímetro, e não a incerteza total da medida de corrente, que incluiria a incerteza associada ao resistor *shunt* utilizado. Uma vez que o objetivo deste trabalho é determinar características e variações relativas, a incerteza absoluta das medidas não foi considerada.

A rampa de tensão denominada estacionária e assim tomada como referência foi definida com duração de 50 ms. As outras rampas foram programadas com valores entre 1,4 e 40 ms. Ao dar início a uma medida, o programa de gerenciamento do sistema configura os multímetros e a fonte. Após a configuração, é enviado o comando para a fonte iniciar a forma de onda programada, semelhante à forma do gráfico da Fig. 1. Antes do início das medidas dos pares corrente-tensão (I-V), é medida a temperatura do módulo por meio de um sensor Pt100 afixado na parte posterior, com um pouco de pasta térmica para garantir bom contato térmico. Ao longo de toda a forma de onda de varredura, os multímetros são disparados simultaneamente por meio de um pulso de *trigger* proveniente da porta paralela do computador. São tomados 2000 pontos I-V além das medidas de irradiância solar com outro multímetro pertencente ao sistema.

Ao final da medida, um arquivo gerado é salvo com extensão .dat, contendo os seguintes valores separados por vírgulas: número da medida, tensão [V] , corrente [A], irradiância [W/m^2], temperatura antes e após o ensaio [°C], além do tempo por medida, data e hora do ensaio.

O arquivo com os 2000 pontos medidos é então aberto em uma planilha eletrônica onde são separados os conjuntos de pontos referentes a cada curva traçada, resultando em 4 curvas características I-V. Deste modo, tem-se quatro curvas características medidas com a mesma irradiância solar e mesma temperatura, tendo variado neste processo apenas a rapidez e a direção da varredura. Estes dados são manipulados pela planilha eletrônica, a qual foi configurada para a retirada dos principais parâmetros.

O módulo em que foram realizados os testes é um módulo de silício amorfo com tripla junção, com onze células conectadas em série e com as características elétricas de catálogo dadas na Tab. 1.

Tabela 1 – Dados de catálogo do módulo fotovoltaico de silício amorfo testado.

P_m	32 W
I_{mp}	1,94 A
V_{mp}	16,5 V
I_{sc}	2,40 A
V_{oc}	23,8 V
FF	0,56

Para o cálculo do ponto de máxima potência, sendo o parâmetro mais sensível à rapidez e à direção da rampa de polarização, foi utilizado o procedimento recomendado pela norma americana ASTM 1036 M (1996) a fim de compensar a flutuação dos pontos medidos. Partindo do ponto de maior valor de potência medido, são tomados os pontos onde a tensão *V* é dada por:

$$0{,}75\ V_{mp} < V < 1{,}15\ V_{mp.}$$

A partir dos pontos selecionados na região de máxima potência é feita uma regressão polinomial de ordem 4, onde é calculado numericamente o ponto de máxima potência a partir do polinômio gerado. O polinômio é encontrado com a função de regressão polinomial da planilha eletrônica. A fim de exemplificar, a Fig. 3 apresenta a região de máxima potência selecionada a partir de uma das curvas medidas durante uma rampa ascendente com duração de 3 ms. Observa-se uma pequena flutuação nas medidas devido à quantidade reduzida de pontos. Para uma curva tomada em 3 ms, mede-se em média 50 pontos em toda a curva característica, uma vez que o tempo de cada medida foi ajustado em 60 µs.

A corrente de curto-circuito e a tensão de circuito aberto são determinadas a partir da intersecção de uma reta de regressão formada por pontos em torno das respectivas regiões da curva I-V medida. Uma vez que raramente uma medida estará exatamente em 0V ou em V_{oc} este procedimento permite reduzir o efeito de pequenas flutuações nas medidas.

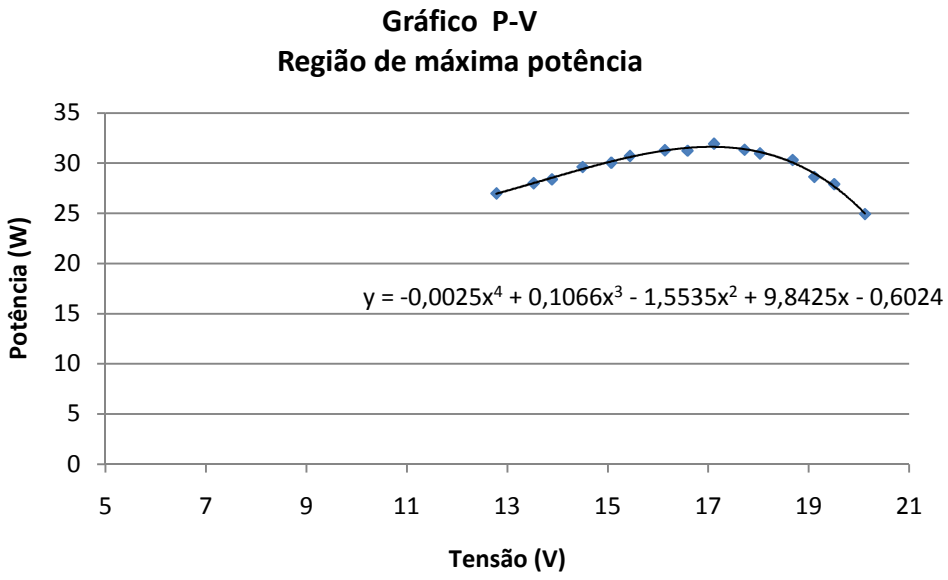


Figura 3 – Pontos de potência representados a partir dos pares I-V medidos e linha de regressão polinomial ajustada em torno do $P_{mp.}$ A medida foi realizada com rampa de tensão de I_{sc} para V_{oc} e duração de 3ms.

Como mencionado anteriormente, o tempo de duração da primeira rampa de tensão a ser utilizado como valor de referência para normalização das medidas foi ajustado em 50 ms. Com o tempo da rampa em 50 ms verificou-se que a variação entre o parâmetro de máxima potência medido com rampa ascendente e descendente diferem entre si de aproximadamente 0,1 %, possuindo portanto, um pequeno efeito mensurável. Embora com esta rampa de varredura ainda seja possível observar efeitos transientes, este tempo foi tomado como referência, primeiramente pela diferença entre os parâmetros medidos serem de apenas 0,1 %, mas também por motivos de ordem técnica para a realização do experimento. Desta maneira, foi possível conciliar as limitações da fonte em gerar as formas de onda, o tempo por medida para a obtenção de um número suficiente de pontos em cada curva I-V e a obtenção de uma resolução que reduzisse a influência de ruídos. Para uma variação de 25 V da rampa de tensão em um tempo de 50 ms, a taxa de

variação de tensão é de 500 V/s. Nas medidas propriamente ditas os valores ficaram em torno de 510 e 530 V/s, sendo esta variação decorrente de uma diferença entre o valor ajustado na fonte e o valor efetivamente medido.

3. RESULTADOS

Cada ensaio do módulo resultou em 4 curvas características I-V, duas com duração da varredura de 50 ms, com rampa ascendente e descendente, e outras duas com duração menor, variando entre 1,4 e 40 ms. Na Fig. 4, estão representados, no mesmo gráfico, os pontos medidos com cada uma das rampas, tendo a rampa mais breve duração de 2 ms. Os pontos medidos com a rampa ascendente e descendente de 50 ms estão praticamente sobrepostos, indicando que não houve variação significativa nos parâmetros principais. Nos pontos medidos com rampa de tensão ascendente (I_{sc} para V_{oc}) de 2 ms observa-se valores de potência medidos ligeiramente inferiores aos medidos com tempo de 50 ms, ao passo que com a rampa descendente (V_{oc} para I_{sc}), estes valores são ligeiramente superiores.

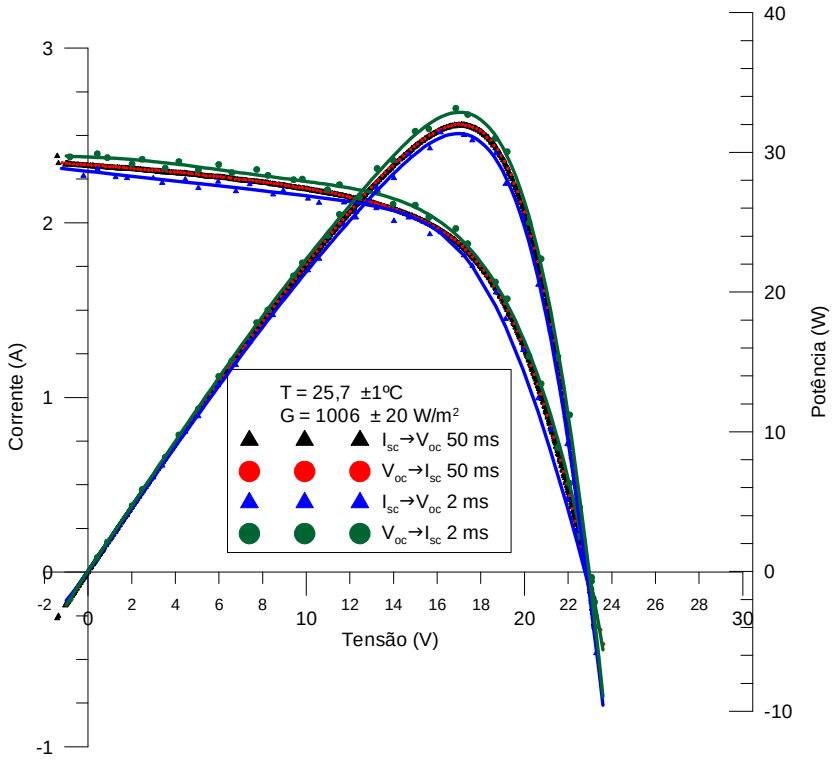


Figura 4- Curvas características I-V e curvas P-V traçadas com duração de rampa de 50 ms em comparação com rampas de 2 ms, em ambas as direções de varredura.

Para tempos de varredura maiores, esta dispersão vai diminuindo, como ilustrado na Fig. 5, onde estão representados os pontos de quatro curvas características cujo tempo de duração da rampa mais breve foi de 10 ms. A resolução do gráfico da Fig. 5 já não permite mais uma distinção clara desta dispersão, ficando praticamente todos os pontos sobrepostos.

Todos os parâmetros medidos com diferentes durações de varredura foram normalizados em relação à média dos valores obtidos com as rampas ascendente e descendente de 50 ms. Este procedimento permite uma comparação direta das medidas, retirando o efeito de outras variáveis como temperatura do módulo e irradiância solar, que podem variar significativamente entre medidas. O fato de normalizar o resultado em relação às medidas tomadas na mesma varredura, evita também a interferência de possíveis desvios devido à translação das curvas para uma mesma condição, que seria necessário para efetuar as comparações em valores absolutos.

Para a realização dos ensaios foi utilizada a câmara climática descrita em Bühler et al. (2009), permitindo desta maneira que as medidas fossem realizadas com o módulo a temperaturas entre 25,0 e 25,8 °C ± 0,2 °C, medidas com um sensor Pt100 afixado na parte posterior. O dia extremamente limpo permitiu que todas as medidas fossem realizadas com irradiância solar entre 998 e 1013 W/m^2. As medidas deste módulo foram realizadas entre as 10h00min e o meio dia de 02/03/2010 em Porto Alegre - RS. Para este horário e data, a massa de ar geométrica estava entre 1,4 e 1,1 aproximadamente.

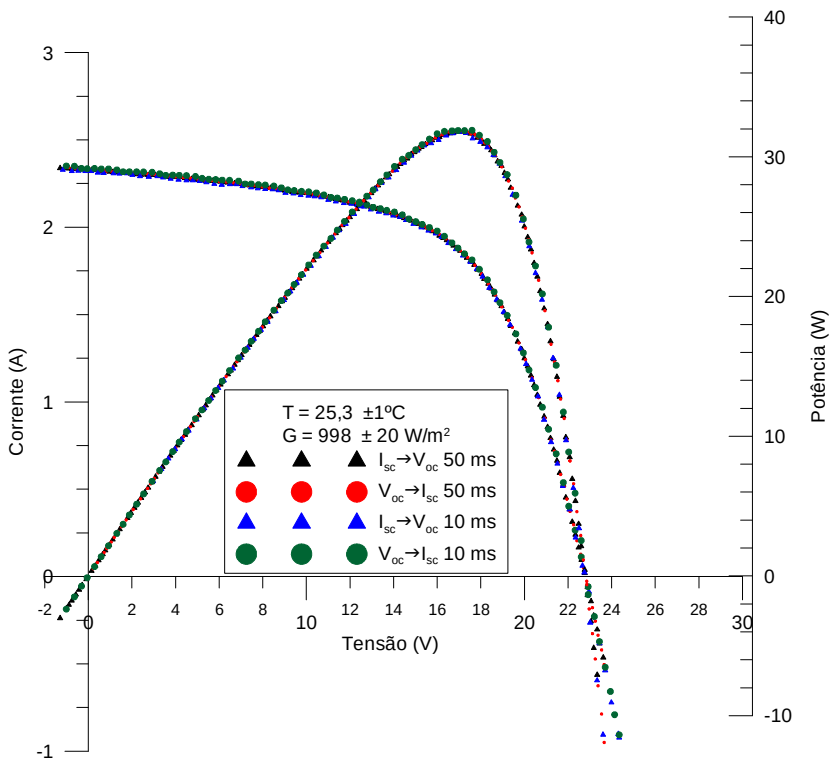


Figura 5 – Curvas características I-V e curvas P-V traçadas com duração de rampa de 50 ms em comparação com rampas de 10 ms, em ambas as direções de varredura.

Na Fig. 6 são ilustrados os resultados do valor de máxima potência normalizado *versus* a duração da rampa de tensão de varredura aplicada no módulo. Observa-se que a diferença pode ser da ordem de 3 % em relação à média das medidas tomadas com 50 ms, para o menor tempo medido, que é 1,4 ms. Se compararmos entre si as curvas com menor duração a diferença pode chegar a 6 %, demonstrando efeitos capacitivos mensuráveis e certamente não desprezíveis. Na Fig. 7 está representado o fator de forma (FF) normalizado *versus* a duração da rampa de varredura, podendo visualizar-se resultados semelhantes.

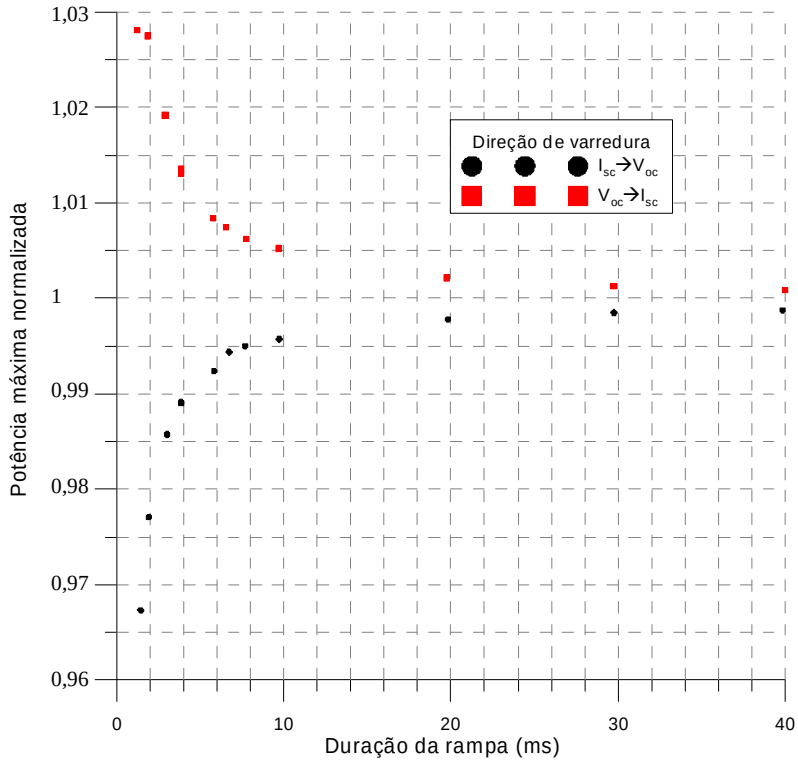


Figura 6 – Potência (P_{mp}) normalizada *versus* duração da rampa, em ambas as direções de varredura.

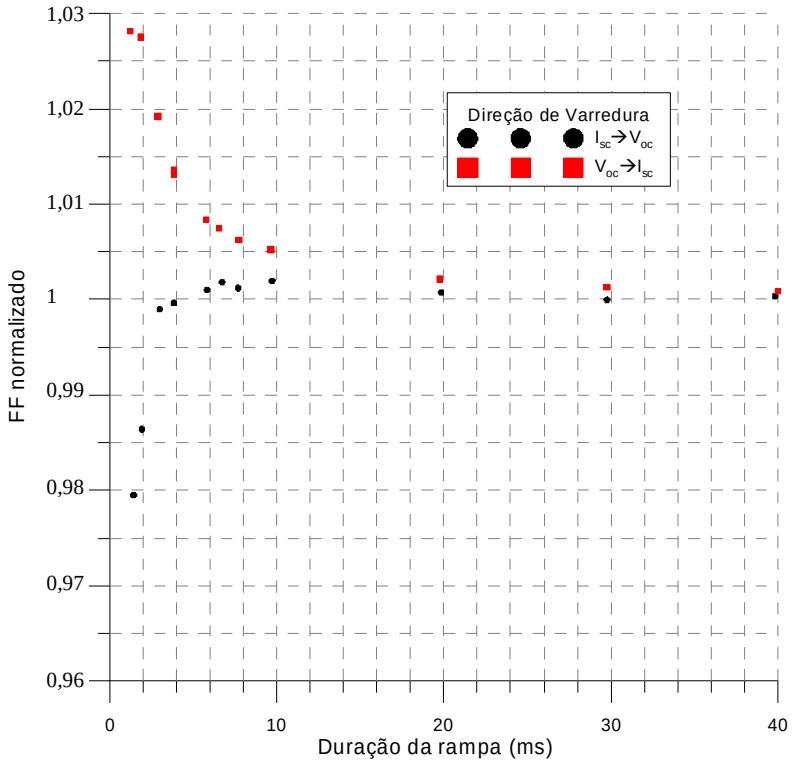


Figura 7 - FF normalizado *versus* duração da rampa, em ambas as direções de varredura.

Na Fig. 8 está representada a tensão de circuito aberto normalizada. Observa-se que V_{oc} não apresentou diferenças significativas, ficando a diferença máxima em função da direção e duração da varredura da ordem de 0,5 %.

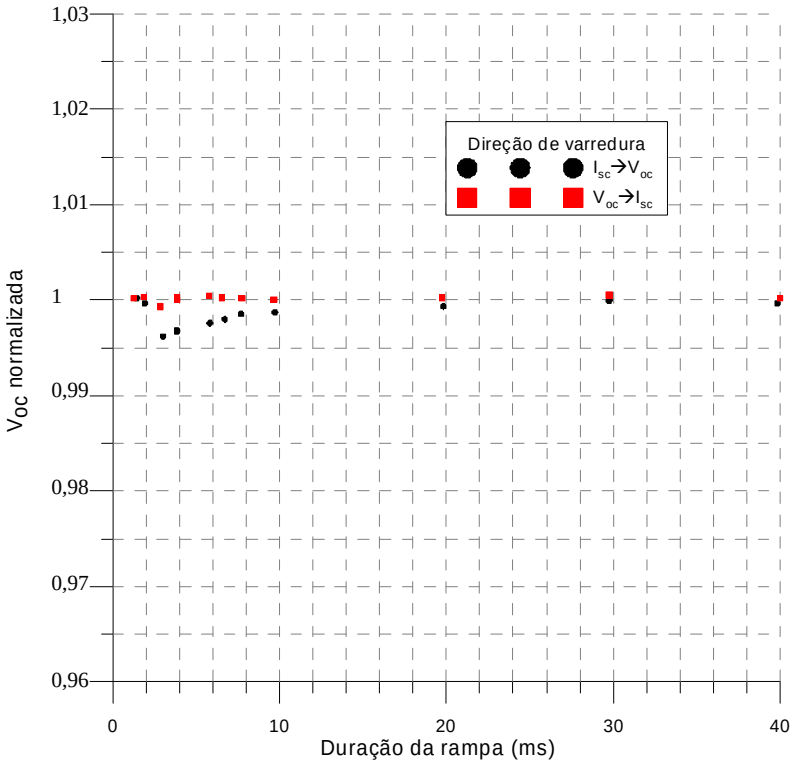


Figura 8 – V_{oc} normalizada *versus* duração da rampa, em ambas as direções de varredura.

A corrente de curto-circuito, entretanto, apresentou diferenças significativas, ligeiramente superiores a 2% com tempos de medida de 2 ms, reduzindo para valores menores de 0,5 % para tempos de varredura superiores a 10 ms, como pode ser observado no gráfico da Fig. 9.

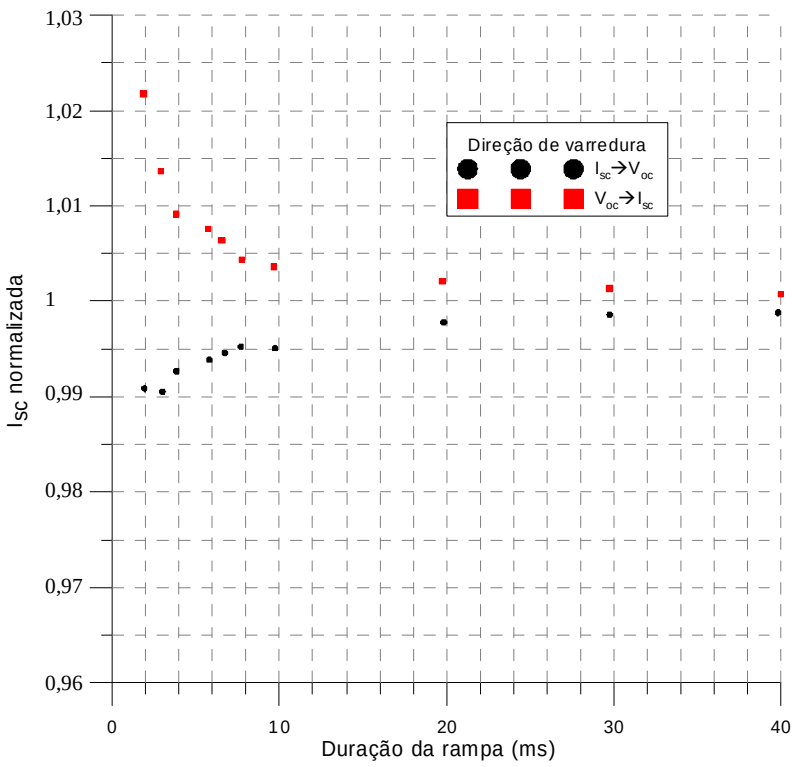


Figura 9 - I_{sc} normalizada *versus* duração da rampa, em ambas as direções de varredura.

4. CONCLUSÕES

A caracterização elétrica de módulos fotovoltaicos de silício amorfo possui particularidades quanto à direção da varredura da tensão de polarização e a rapidez utilizada para traçar a curva I-V. Os parâmetros de potência máxima, fator de forma e corrente de curto-circuito são influenciados de maneira significativa, em até 3% em função da redução do tempo da medida, ao passo que o valor da tensão de circuito aberto sofre influência menor, no máximo 0,5 %.

Na caracterização sob iluminação natural, onde a duração da varredura não é uma variável limitadora para a realização dos ensaios, verificou-se que a curva deve ser traçada no mínimo com 50 ms, ou a uma taxa de variação de tensão máxima de 500 V/s. Mesmo a esta taxa, ainda é possível medir uma diferença de 0,1% entre a potência medida com a rampa ascendente e descendente. A fim de evitar completamente os efeitos transientes na medida da curva característica I-V, o tempo necessário para traçar a curva deveria ficar entre 200 ms e 1 s. O tempo de 200 ms parece ser o mais indicado, uma vez que a variação da temperatura do módulo e da irradiância solar incidente durante este tempo são minimizadas ao mesmo tempo que eliminaria os efeitos transientes.

Na caracterização utilizando simuladores solares pulsados, onde a duração da varredura são mais críticos, faz-se necessário estudar os efeitos transientes do módulo em questão para a determinação dos parâmetros elétricos, sob risco de uma imprecisão de mais de 2,5 %, somente devido à direção e à duração da varredura da tensão de polarização. Convém ressaltar que a imprecisão na determinação dos parâmetros fotovoltaicos geralmente é da ordem de 2%, devido principalmente a imprecisão na medida da irradiância solar. Considerando-se estes dois efeitos, a incerteza pode chegar a valores entre 4,5 e 5%, certamente elevados para uma calibração em laboratório.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao Instituto de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia vinculado ao projeto INCT/MCT/CNPq pelo apoio financeiro na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1991a. “NBR12136 Módulos fotovoltaicos – Determinação de características fotoelétricas”, Rio de Janeiro.

ASTM, American Society for Testing and Materials, 1996. “E 1036M - 96 Standard Methods of Testing Electrical Performance of Nonconcentrator Terrestrial Photovoltaic Modules and Arrays Using Reference Cells [Metric] ”, EEUU.

Bühler, A., Gasparin, F. P., Rampinelli, G. A., & Krenzinger, A. (2009). Development of a Climatic Chamber for Photovoltaic Modules Testing. Proceedings of 20th COBEM 2009. Gramado: ABCM.

Friesen, G., & Dunlop, E. D. (2000). Do Sweep Rate Effects Influence Performance Measurements of Thin Film Solar Cells. Conference Record of the 28th IEEE Photovoltaics Specialists Conference, (pp. 607-609).

Friesen, G., & Ossenbrink, H. (1997). Capacitance effects in high-efficiency cells. Solar Energy Materials and Solar Cells , 48, pp. 77-83.

Gasparin, F.P., Krenzinger, A. (2009). Sistema Traçador de Curvas Características de Módulos Fotovoltaicos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente ,pp. 04.61-04.68.

IEC 904-1 (International Electrotechnical Commission) (1987) – Photovoltaic Devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics.

IEC 60904-1 (International Electrotechnical Commission) (2006) - Photovoltaic Devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics.

Keogh, W. M., Blakers, A. W., & Cuevas, A. (2004). Constant Voltage I-V Curve Flash Tester for Solar Cells. Solar Energy Materials and Solar Cells , 81, pp. 183-196.

King, D., Gee, J., & Hansen, B. (1988). Measurement Precautions for High-Resistivity Silicon Solar Cells. Conference Record of the 20th IEEE Photovoltaics Specialists Conference, (pp. 555-559). Las Vegas, USA.

Ossenbrink, H., Zaaiman, W., & Bishop, J. (1993). Do Multi-Flash Solar Simulators Measure the Wrong Fill Factor. Conference Record of the 23rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, (pp. 1194-1196).

Virtuani, A., Müllejans, H., Ponti, F., & Dunlop, E. (2008). Comparison of Indoor and Outdoor Performance Measurements of Recent Commercially Available Solar Modules. Proceedings of 23rd EUPVSEC- European Photovoltaic Solar Energy Conference, (pp. 2713-2718). Valencia, Spain.

INFLUENCE OF THE SWEEP VOLTAGE IN THE MEASUREMENT OF I-V CURVES OF AMORPHOUS SILICON PHOTOVOLTAIC MODULES

Abstract. *The determination of the electrical characteristics of photovoltaic modules necessarily is performed by means of the I-V (current versus voltage) curve. Although the testing procedures are well described in Brazilian national standards, as well as in the international standards, transient effects that occur during the measurement can affect the final result. The sweep time along with the sweep direction influence the shape of the I-V curve, which can lead to combined uncertainties upper than 5 %. Several measurements in an amorphous silicon module were performed, varying the sweep time and direction, i.e., from* I_{sc} *to* V_{oc} *and from* V_{oc} *to* I_{sc} *. The measurements taken with variable speed, from 1.4 to 40 ms were compared with a standard curve taken at 50 ms, in both directions. The 50 ms measurement is so called stationary measurement. Results have shown differences up to 3% between maximum power measured at fast rates and at 50 ms ramp. With an ascendant ramp (*I_{sc} *to* V_{oc}*) the maximum power is underestimated, and with a descendant ramp (*V_{oc} *to* I_{sc}*), the maximum power is overestimated, under fast sweep rates, mainly due to capacitive effects. In order to perform tests in amorphous silicon modules with sweep time lesser than 50 ms, some precautions or later corrections must be performed.*

Keywords*: Solar Energy, I-V curve, Photovoltaic module, Pulsed solar simulator.*