

AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS: APLICAÇÃO DA PORTARIA INMETRO 004/2011

André R. Mocelin – mocelin@iee.usp.br

Givaldo Reis – greis@iee.usp.br

Tadeu O. Oliveira – tosano@iee.usp.br

Roberto Zilles – zilles@iee.usp.br

Universidade de São Paulo - Instituto de Energia e Ambiente - Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos

Resumo. Este trabalho apresenta as atividades de avaliação de conformidade de módulos fotovoltaicos realizadas pelo Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, LSF-IEE/USP, entre 2008 a novembro de 2015. Nesse período 859 módulos foram avaliados. O artigo também descreve os principais equipamentos utilizados em ensaios de conformidade de módulos fotovoltaicos, bem como os procedimentos de testes e as principais normas e portarias associadas ao Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO para módulos fotovoltaicos. Finalmente, propõe-se uma sugestão de fluxograma para ensaio de módulos de filmes finos no âmbito do PBE do INMETRO.

Palavras-chave: Módulos Fotovoltaicos, Etiquetagem, Simulador Solar

1. INTRODUÇÃO

A etiquetagem de módulos fotovoltaicos é realizada no Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, LSF-IEE/USP, desde o ano de 2008 (Mocelin et al., 2008), inicialmente de forma voluntária. Para fins de comercialização a Portaria INMETRO N°. 004/2011 determinou a compulsoriedade da avaliação de conformidade para módulos fotovoltaicos após 01 de julho de 2012. Nesse período de atuação, 2008 até novembro de 2015, o LSF-IEE/USP realizou ensaios de avaliação de conformidade em 859 modelos de módulos fotovoltaicos. A Fig. 1 apresenta a quantidade de modelos submetidos a ensaios de avaliação de conformidade no LSF-IEE/USP, período de 2008 a 2010 e a partir de 2011 a quantidade de módulos avaliada em cada ano.

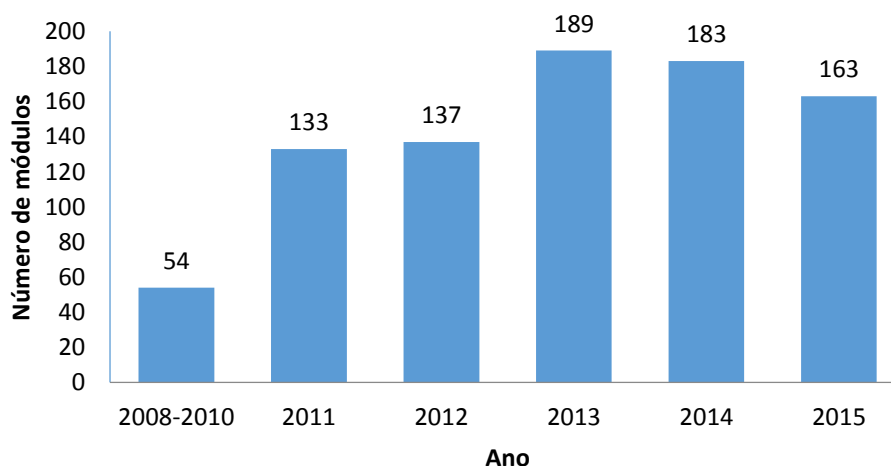


Figura 1 - Quantidade de modelos que foram submetidos a ensaios no LSF-IEE/USP, período 2008-2010 e anualmente a partir de 2011.

A capacitação inicial do LSF-IEE/USP para qualificação de módulos fotovoltaicos foi realizada com apoio da ELETROBRÁS, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), com recursos oriundos do *Global Environment Facility*, por intermédio do Banco Mundial. A capacitação contemplou a instalação de um simulador solar e uma câmara climática. Entre 2008 e 2014, para caracterização I-V de módulos fotovoltaicos, o LSF-IEE/USP possuía somente disponível o simulador que foi adquirido com recursos proporcionados pela ELETROBRÁS. Em fevereiro de 2015 o LSF-IEE/USP, no âmbito da modernização laboratorial, adquiriu um novo simulador que conta com maior qualidade espectral e o método dragon-back® (Virtuani et al., 2012) possibilitando a ampliação da capacidade

para realização de ensaios de módulos fotovoltaicos. Este trabalho apresenta a metodologia utilizada para avaliação de conformidade de módulos fotovoltaicos conforme reza o Anexo da Portaria INMETRO N°. 004/2011 e apresenta uma proposta para a avaliação de conformidade de módulos de filmes finos.

2. METODOLOGIA ADOTADA PARA OS ENSAIOS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Desde fevereiro de 2015 o LSF-IEE/USP utiliza um simulador solar padrão A+A+A+, conforme norma IEC 60904-9, com espectro de comprimentos de onda estendido entre 300 a 1200 nm da PASAN modelo HighLIGHT 3LMT, com lâmpada de Xenônio e carga eletrônica que opera com valores de tensão e corrente de até 420 V e 50 A, respectivamente, operacionalizada com um computador da linha PC e *software* da própria empresa para tratamento de dados, incluindo o método dragon-back® que proporciona resultados com diferença na estimativa menor que 0,5% em parâmetros como potência máxima (Pmax), corrente de curto-circuito (Isc), tensão de circuito aberto (Voc) e fator de forma (FF). O simulador opera na condição de espectro padrão de AM 1.5 com possibilidade de irradiância entre 100 a 1000 W/m² e possui capacidade para medir módulos fotovoltaicos com dimensões de até 2x2 m. A Fig. 2 apresenta uma vista do simulador solar com um módulo fotovoltaico. O sistema conta ainda com células de referência, Si-poli e Si-monocristalino, calibradas pelo *Fraunhofer-ISE*. O LSF-IEE/USP também possui células de referência, Si-policristalino, Si-monocristalino e Si-amorfo, calibradas pelo *International Solar Electric Technology*, ISET. Também mantém um módulo calibrado que periodicamente é submetido calibração no *Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas*, CIEMAT, Espanha.



Figura 2 - Simulador solar PASAN classe A+A+A+ padrão AM 1.5 utilizado para ensaios de módulos fotovoltaicos.

A Fig. 3 apresenta o fluxograma dos ensaios aplicados para módulos de silício cristalino conforme o Anexo da Portaria INMETRO N°. 004/2011, que consiste na execução dos itens 10.1, 10.2, 10.3 e 10.15 da IEC61215 - *Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules - Design Qualification and Type Approval*.

Para a execução dos ensaios de módulos é enviada para o laboratório uma amostra com 2 módulos fotovoltaicos (mesmo modelo e características). Os dois módulos são submetidos aos seguintes testes: tratamento prévio de 5 kWh/m², Fig. 4, e inspeção visual. A partir da conclusão desses testes um módulo é submetido ao ensaio de determinação da potência máxima, isolamento elétrico (em seco e em condições de umidade) e o outro é mantido como unidade de controle. O módulo fotovoltaico é considerado aprovado nos respectivos ensaios se não houver evidência visual de um defeito importante, se a potência máxima estiver entre -5% e +10% da potência indicada na planilha de especificação técnica, PET, apresentada pelo fabricante/fornecedor e se o isolamento elétrico atender aos valores especificados na norma IEC 61215.



Figura 3 - Fluxograma de ensaios de módulos de Silício cristalino.



Figura 4 - Módulos expostos ao tratamento prévio.

O Anexo, Requisitos de Avaliação de Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Solar Fotovoltaica, publicado com a Portaria INMETRO 004/2011, não especifica condições de ensaio para a caracterização de módulos de filmes finos, apenas menciona que para estas tecnologias deve-se aplicar a IEC61646 (*Thin-film terrestrial photovoltaic modules – Design qualification and type approval*). O LSF-IEE/USP em conjunto com o LABSOLAR da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com base na IEC 61646, propõe a adoção da seguinte sequência de ensaio para módulos de filmes finos que não estejam com a potência estabilizada, Fig. 5.

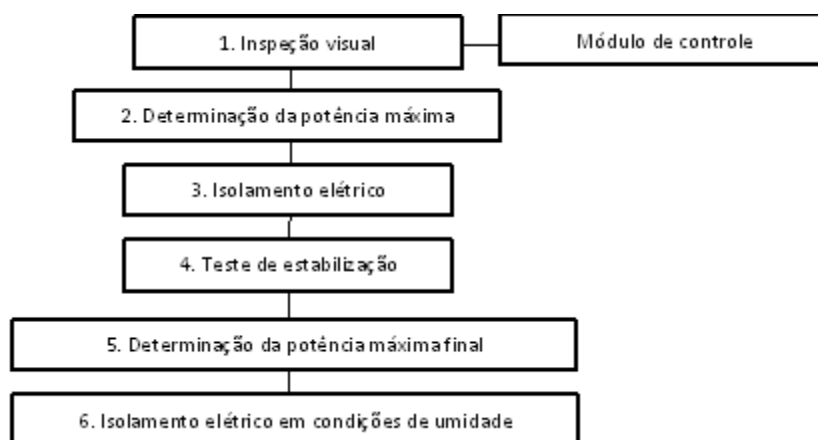


Figura 5 - Fluxograma de ensaios de módulos de filmes finos.

Os dois módulos também são submetidos ao teste de inspeção visual. A partir da conclusão deste teste, um módulo é submetido ao ensaio de determinação da potência máxima, isolamento elétrico, teste de estabilização, determinação da

potência máxima final e isolamento elétrico em condições de umidade, o outro módulo é mantido como unidade de controle. O módulo fotovoltaico é considerado aprovado nos respectivos ensaios se não houver evidência visual de um defeito importante, e se a potência máxima no ensaio final estiver entre -10% e + 10% da potência indicada na planilha de especificação técnica, PET, apresentada pelo fabricante/fornecedor e se o isolamento elétrico (em seco e em condições de umidade) atender aos valores especificados na norma IEC61646.

Na Fig. 5, o item 4 se refere ao ensaio de estabilização dos módulos de filmes finos, descrito na norma IEC61646 (de 2008) em seu item 10.19 *Light-soaking*. Trata-se de exposição do módulo fotovoltaico à radiação solar por sessões consecutivas que integrem no mínimo 43 kWh/m² cada uma, contabilizando apenas a irradiância solar nos momentos em que o módulo esteja com temperatura entre 40°C < T_c < 60°C. O módulo deve estar conectado a uma carga resistiva que o deixe em operação com polarização próxima ao ponto de máxima potência nas condições padrão. Estas sessões devem ser repetidas até que a variação de potência entre duas sessões consecutivas seja menor que 2%, obedecendo ao critério (P_{max}-P_{min})/P_{médio} < 2%, onde P_{max} é a maior das duas potências máximas medidas, P_{min} é a menor das duas potências máximas medidas e P_{médio} é a média aritmética destas duas.

3. CONCLUSÕES

O LSF-IEE/USP tem participado ativamente na qualificação de módulos fotovoltaicos no contexto do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Elétrica (ENCE). Os procedimentos adotados avaliam a eficiência e o isolamento elétrico de módulos fotovoltaicos. Estes requisitos foram inicialmente definidos para estabelecer responsabilidades frente ao consumidor considerando ensaios que poderiam ser executados no país e que não dispendessem muito tempo para sua execução. Situação que contribuiu para a organização do setor ao estabelecer a necessidade de um CNPJ associado com o registro do módulo fotovoltaico no INMETRO.

A implantação completa de todos os itens das normas IEC61215 e IEC61646 estão fora do escopo do Programa Brasileiro de Etiquetagem de módulos fotovoltaicos. Ambas são de cumprimento voluntário, mas se os módulos superam todas as provas destas normas são considerados “resistentes a intempérie”, durante um período mínimo de 20 anos em latitudes de clima moderado. Sem dúvida o atendimento de todos os requisitos destas normas é o atestado mais importante do setor. Tão importante, que a venda de módulos sem a certificação IEC resulta difícil, e quando ocorre é por desinformação do comprador ou porque foram oferecidos descontos consideráveis.

O LSF-IEE/USP, na medida em que a indústria de módulos fotovoltaicos se estabeleça no país, irá ampliar sua capacidade laboratorial para execução de todos os 17 itens das normas IEC. Contudo, salienta-se que a execução completa dos requisitos contidos nas normas IEC61215 e IEC61646 podem demandar entre 4 a 7 meses, ou seja completamente fora do escopo do Programa Brasileiro de Etiquetagem e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

REFERÊNCIAS

- Virtuani, A., Rigamonti, G., Beljean, P., Friesen, G., Pravettoni, M., Chianese, D., 2012. A Fast Accurate Method for the Performance Testing of High-Efficiency c-Si Photovoltaic Modules Using 10-ms Single-Pulsed Solar Simulator, 38th IEEE-PVSEC.
- Mocelin, A. R., Zilles, R., Novgorodcev, A., 2008. Programa Brasileiro de Etiquetagem: A utilização do simulador solar do IEE/USP na qualificação de módulos fotovoltaicos, II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferência Regional Latino-Americana da ISES, UFSC, Florianópolis.

PHOTOVOLTAIC MODULES CONFORMITY ASSESSMENT: INMETRO 004/2011 ORDINANCE APPLICATION

Abstract. *This paper presents the photovoltaic modules assessment activities of the Photovoltaics System Laboratory of the Institute of Energy and Environment at the University of São Paulo, LSF-IEE / USP, from 2008 to November 2015. During this period 859 modules were evaluated. The article also describes the main equipment used in approval testing of photovoltaic modules, as well as the test procedures and ordinances associated with the Brazilian Labeling Program (PBE/INMETRO) for photovoltaic modules. Finally, a suggestion of procedure of tests for thin film modules within the PBE/INMETRO is presented.*

Key words: *Photovoltaic Modules, Labelling, Solar Simulator*