

# CONTRIBUIÇÕES NO ALGORITMO DE RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA EM LOCAIS COM GRANDE VARIAÇÃO DE IRRADIÂNCIA

**Alan Rodrigues de Sousa** – alansousa@isi-er.com.br

Universidade federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte  
Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis, Natal, Rio Grande do Norte

**André Luiz de Oliveira Lira** – andre@isi-er.com.br

**Samira de Azevedo Santos Emiliavaca** – samira@isi-er.com.br

Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis, Natal, Rio Grande do Norte

**Resumo.** Um método para o rastreamento do ponto de máxima potência em módulos fotovoltaicos utilizando duas técnicas distintas em paralelo é proposto. Esse método utiliza o algoritmo Perturba e Observa (P&O), que é uma técnica simples e eficiente de rastreamento, trabalhando em paralelo com uma técnica via modo deslizantes, que é uma técnica robusta e de fácil implementação. Para validação da proposta, foi simulado um conversor Boost utilizando o método, e comparado com o mesmo conversor com um método P&O modificado. Os dados de radiação foram obtidos com auxílio de uma estação solarimétrica capaz de adquirir os dados a cada segundo, que evidencia a grande variação da irradiação durante o dia na cidade de Natal. Os resultados numéricos demonstraram que, em comparação com o P&O, o método proposto obtém uma velocidade de rastreamento mais rápida e uma melhor eficiência.

**Palavras-chave:** Energia solar, Ponto de máxima potência, Controle por modos deslizantes.

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por energias renováveis tem aumentado continuamente no mundo e vem ganhando mais importância com o crescimento do efeito estufa (Zhang et al., 2015; Saravanan e Babu, 2016; Dantas e Pompermayer, 2018). Como consequência, foi estimulado o desenvolvimento de alternativas de energia com alta eficiência e baixa emissão de poluentes (Drissi et al., 2017). Esse contexto, permitiu o desenvolvimento e expansão da geração de energia por meio de sistemas fotovoltaicos. No Brasil em especial, apesar de não ter uma grande representação na matriz de energia elétrica, sistemas fotovoltaicos conectados à rede estão em crescente expansão, muito em virtude da aprovação das normativas 482/2012, 687/2015 e 786/2017 da ANEEL.

Os sistemas fotovoltaicos são descritos como sistemas limpos, de manutenção leve e sem ruído. No entanto, o desempenho de um módulo fotovoltaico é fortemente afetado com o nível da intensidade da radiação, sua distribuição espectral e pela temperatura (Koehl, Hoffmann e Wiesmeier, 2017). Também, a eficiência do sistema fotovoltaico depende principalmente do ponto de operação na curva característica do módulo (Killi e Samanta, 2015). Consequentemente, as cargas não podem ser conectadas diretamente à saída dos módulos. Desta forma, um conversor CC-CC é necessário como uma interface entre os módulos fotovoltaicos e as cargas (Lamzouri; Boufounas e Amrani, 2018). Para otimizar a potência de saída, o módulo fotovoltaico deve operar em torno do seu ponto de máxima potência MPP (do inglês, *Maximum Power Point*), no qual a potência máxima é fornecida sob certas condições de irradiação e temperatura (Zhang et al., 2015).

Vários algoritmos para o rastreamento do ponto de máxima potência MPPT (do inglês, *Maximum Power Point Tracking*) foram desenvolvidos introduzindo técnicas de controle linear e não linear para aumentar a eficiência do sistema fotovoltaico, incluindo o método baseado em tensão e baseado em corrente, propostos por (Masoum, Dehbonei e Fuchs, 2002); o método Perturba e Observa (P&O) e suas otimizações (Femia et al., 2005; Femia et al., 2007; Killi e Samanta, 2015); o método de condutância incremental; estratégias de controle inteligente utilizando otimização por enxame de partículas (Ishaque et al., 2012; Anoop e Nandakumar, 2018) e técnicas de modo deslizante (Bianconi et al., 2012; Mamarelis, Petrone e Spagnuolo, 2013; Pradhan e Subudhi, 2015; Lamzouri; Boufounas e Amrani, 2018). Algumas dessas técnicas foram comparadas por (Gaur, Verma e Singh, 2015), no qual os autores concluíram que os métodos P&O e controle incremental são os mais eficientes no controle do MPPT com um baixo custo de implementação. Mas, no estudo, os autores não realizaram a comparação com a estratégia de controle por modo deslizante SMC (do inglês, *Sliding Mode Control*).

Os métodos P&O, embora tenha vantagens notáveis, a mudança repentina nas condições atmosféricas faz com que este algoritmo se afaste do MPP, além de sofrer com problemas de deriva, que é mais evidente para um aumento rápido da irradiação que geralmente ocorre em dias nublados ou na presença de muitas nuvens (Femia et al., 2005; Killi e Samanta, 2015). A estratégia SMC combina uma implementação simples, com alto desempenho e robustez, o que a torna altamente promissora, sendo capaz de superar as desvantagens do algoritmo P&O (Ouberri, Yatimi e Aroudam, 2020).

Neste artigo, a análise de um algoritmo para o rastreamento do MPP utilizando a teoria de controles por modo deslizantes em conjunto com a técnica de P&O é avaliada por meio de simulações. O objetivo desse estudo é apresentar as principais vantagens na utilização de um algoritmo robusto e de estrutura variável para o controle do MPP, trabalhando em paralelo com o algoritmo P&O afim de extrair o melhor desempenho dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, principalmente em locais com grande presença de nuvens. Para tanto, o estudo analisa o desempenho do MPPT entre o algoritmo P&O e a estratégia proposta.

## 2. DESCRIÇÃO DOS ALGORITMOS DE MPPT

O ponto de operação de um sistema fotovoltaico pode ser viabilizado por meio de um conversor CC-CC conectado aos terminais do módulo, como ilustrado na Fig. 1. Esses conversores podem ser de diferentes topologias, mas todos utilizam a mudança no ciclo de trabalho (*duty cycle*) para viabilizar o rastreamento do MPP, sendo o conversor Boost, um dos mais utilizados.

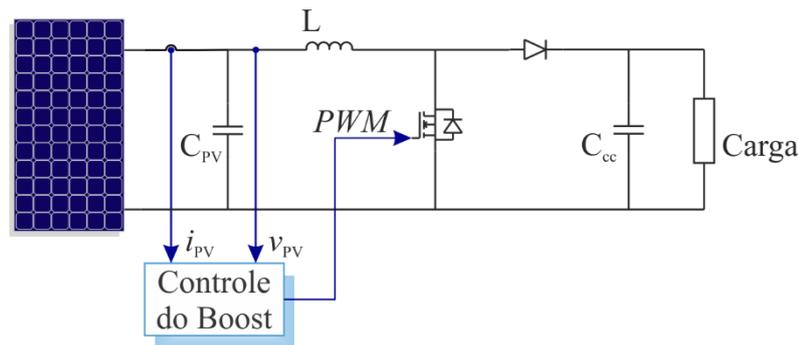


Figura 1 - Estrutura do conversor Boost conectado aos terminais do módulo fotovoltaico.

Utilizando a relação entre a tensão de entrada e a de saída do conversor Boost, que é dada pela Eq. (1), é possível inferir relação com o ciclo de trabalho, e por consequência, como o conversor atua no rastreamento do ponto de máxima potência.

$$\frac{V_o}{V_{PV}} = \frac{1}{1 - D}, \quad (1)$$

onde,  $V_{PV}$  é a tensão de saída do módulo fotovoltaico,  $V_o$  é a tensão de saída do conversor e  $D$  é o ciclo de trabalho. Da equação Eq. (1), considerando a tensão de saída do conversor constante, é possível observar que uma variação no ciclo de trabalho causa uma variação na tensão de saída do módulo. Dessa forma, é possível controlar a tensão, afim de obter a máxima potência.

As técnicas de MPPT são classificadas em dois grupos: os métodos diretos, que utilizam a medição das grandezas elétricas sem a necessidade do conhecimento das características físicas do módulo, e os métodos indiretos, que necessitam das características do módulo (Barreto, 2014). Neste contexto, os métodos diretos são mais eficientes, já que as características dos módulos variam fortemente com a condição ambiental a qual estão inseridos.

### 2.1 Algoritmo P&O

O algoritmo P&O é um método direto, sendo a técnica mais utilizada devido a sua simplicidade e desempenho satisfatório (Udayalaksgmin e Mohammed, 2017). Ele consiste em aplicar uma perturbação no sistema e monitorar sua resposta. Dependendo do resultado provocado pela perturbação, a potência pode aumentar ou diminuir se a perturbação for positiva ou negativa.

Inicialmente, o método P&O era proposto alterando o referencial de tensão ou corrente do sistema e utilizava um controlador proporcional-integral (PI) para regular a referência de tensão ou corrente. Essa técnica ficou denominada de P&O convencional. Posteriormente, ela foi modificada por Hill Climbing, o qual propôs a aplicação da perturbação diretamente no ciclo de trabalho sendo, essa técnica, conhecida como P&O modificada. A Fig. 2 exibe o fluxograma da técnica P&O convencional e a modificada.

O desempenho do algoritmo P&O está diretamente ligado ao compromisso entre o tamanho da perturbação e a frequência da perturbação. Uma pequena perturbação resulta em baixas oscilações, mas possui em uma resposta mais lenta e o inverso também é válido (Killi e Samanta, 2015).

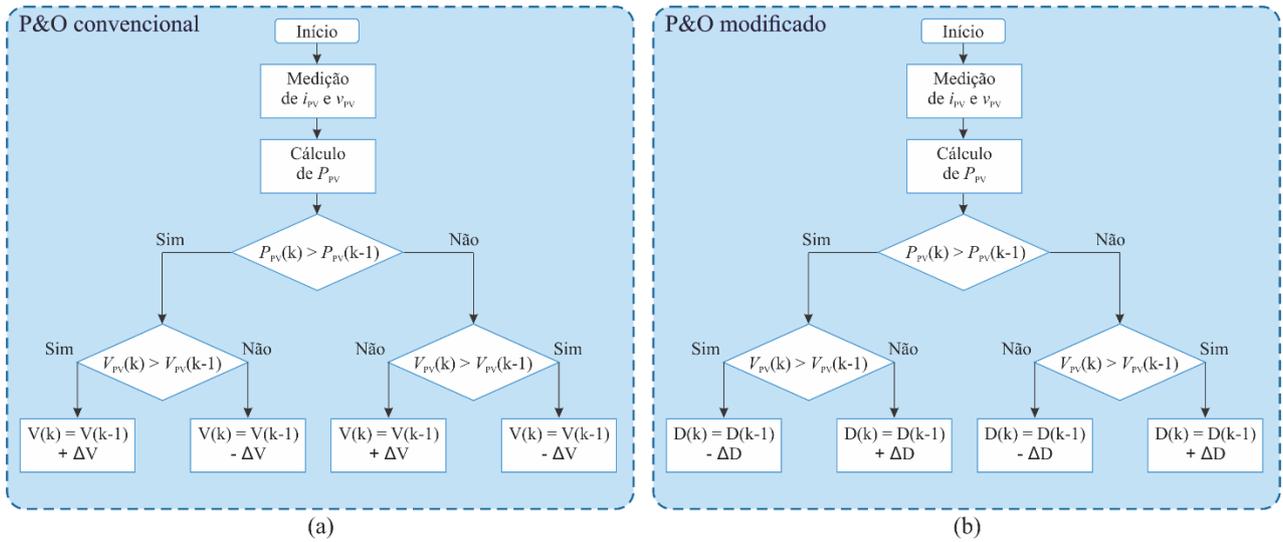


Figura 2 - Fluxogramas dos algoritmos de MPPT's (a) P&O convencional e (b) P&O modificado.

## 2.2 MPPT baseado em modo deslizante

O Controle por Modo Deslizante é uma técnica de controle de estrutura variável, robusto à incertezas e variações paramétricas (Slotine et al., 1991; Utkin, Guldner e Shi, 2017). Seu projeto pode ser dividido em duas etapas. Sendo, a primeira etapa o projeto de uma superfície formada pela combinação linear das variáveis de estado e a segunda etapa, o projeto de uma lei de controle que leva as variáveis de estado até a superfície projetada. Uma vez que as variáveis de estado alcançam a superfície, elas permanecem na superfície e viajam para a origem.

As técnicas SMC desenvolvidas por (Bianconi et al., 2012; Mamarelis, Petrone e Spagnuolo, 2013; Pradhan e Subudhi, 2015; Lamzouri, Boufounas e Amrani, 2018) são técnicas indiretas, as quais dependem do conhecimento prévio das características do módulo, sendo pouco usuais, devido as condições ambientais externas que afetam diretamente as características de tensão e corrente do módulo.

## 3. MODELAGEM DO SISTEMA DE CONTROLE

A metodologia proposta consiste na combinação entre a técnica de P&O modificado e um controle por modos deslizantes para se obter o MPPT. Tendo, o algoritmo P&O modificado projetado seguindo os passos descritos no fluxograma apresentado pela Fig 2. O MPPT baseado via modos deslizantes, é projetado para atingir a potência máxima do conversor Boost.

Aplicando as leis de Kirchhoff no circuito do conversor Boost apresentado na Fig. 1, é possível extrair as Eqs. (2-4):

$$\dot{v}_{PV} = \frac{1}{C_{pv}} (i_{PV} - i_L), \quad (2)$$

$$i_L = \frac{1}{L} v_{PV} - \frac{(1-d)}{L} v_o, \quad (3)$$

$$\dot{v}_o = \frac{(1-d)}{C_{cc}} - \frac{v_o}{C_{cc}}. \quad (4)$$

onde,  $v_{PV}$  e  $i_{PV}$  são a tensão e corrente de saída do módulo fotovoltaico, respectivamente.  $V_o$  é a tensão de saída do conversor,  $i_L$  é a corrente no indutor  $L$ ,  $C_{pv}$  é o capacitor do lado do módulo fotovoltaico,  $C_{cc}$  é o capacitor do lado do inversor e  $d$  o ciclo de trabalho.

Definindo a potência de referência como a potência máxima que o conversor Boost pode fornecer, é possível obter a variável  $x_1(t)$  que é dada pela Eq. (5):

$$x_1 = P_{ref} - P_{PV}, \quad (5)$$

na qual,  $P_{ref}$  é a potência de referência e  $P_{PV}$  é a potência medida nos terminais do módulo fotovoltaico. Derivando-se a variável  $x_1$  é obtido  $x_2$ . Dessa forma, é possível construir o espaço de estado dado pela Eq. (6):

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{LC_{PV}} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} q, \quad (6)$$

na qual,  $u$  é dado por  $u = \frac{V_o^2 I_o d}{LC_{PV} V_{PV}}$  e  $q$  é o valor máximo da amplitude das perturbações do sistema.

A superfície deslizante foi projetada para garantir que o sistema funcione conforme desejado e seja imune as perturbações. Segundo (Slotine et al., 1991), a superfície deslizante é uma função da variável que se quer controlar e suas derivadas, é pode ser expressa pela Eq. (7):

$$\sigma = Sx = [\alpha \ 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \alpha x_1 + x_2, \quad (7)$$

onde  $\sigma$  é a superfície deslizante,  $S$  é a matriz de coeficientes lineares da superfície,  $x$  é o vetor de estado definido na Eq. (6) sendo dado por:  $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ .

A lei de controle utilizada, foi definida por (Utkin, Guldner e Shi, 2017), e é expressa pela Eq. (8):

$$u = -\rho \text{sign}(\sigma), \quad (8)$$

na qual,  $\rho$  é o valor da amplitude do relé responsável por rejeitar as perturbações e  $\text{sign}$  é a função sinal.

O controle proposto é o paralelo entre os dois algoritmos, sendo representado pela Fig. 3, na qual,  $K_{P\&O}$  é o valor da contribuição do algoritmo P&O e  $K_{SMC}$  é a contribuição do controle por modos deslizantes. Foi escolhido a proporção de 80% do controle sendo realizado pelo algoritmo P&O e os 20% restantes, com o algoritmo por modos deslizantes. Assim, o valor de  $K_{P\&O}$  é de 0,8 e o de  $K_{SMC}$  é de 0,2.

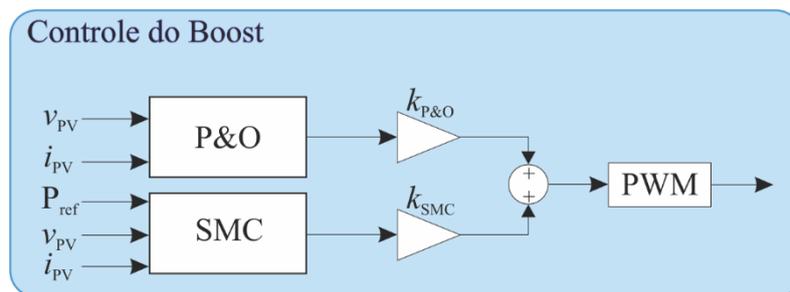


Figura 3 - Esquema do controle proposto.

#### 4. RESULTADOS

Para demonstrar a eficácia do método, foi realizado uma simulação na plataforma PSIM, utilizando 10 módulos em série, cuja as características do módulo estão exibidas na Tab. 1 e as curvas I-V e PV são exibidas na Fig. 5. As curvas características da Fig 5 foram extraídas de um ensaio realizado no simulador solar High LIGHT3 da Meyer Burger. Desta forma, a potência total do sistema é de 2600 W, com a tensão de máxima potência de 311 V e a corrente de máxima potência de 8,37 A. Assim, o conversor Boost foi projetado para a potência nominal de 2600 W e, os valores dos seus componentes e variáveis de controle estão apresentados na Tab. 2.

Para avaliar o desempenho do método, foi simulado o mesmo sistema, modificando-se apenas, o algoritmo de MPPT para um P&O modificado com detecção de deriva. Foi mantida a mesma amplitude e frequência da perturbação, afim de verificar a robustez e eficiência do algoritmo proposto e ter uma comparação justa entre os dois métodos.

Tabela 1 - Especificações elétricas do módulo utilizado nas simulações para a condição padrão de teste.

Características	Valores em STC
Tipo do material	Policristalino
Máxima potencia	260 W
Eficiência	15,90%
Tensão de circuito aberto	38,1 V
Corrente de curto circuito	8,37 A
Tensão de máxima potencia	31,1 V
Corrente de máxima potencia	8,37V
Área do módulo	1,6368 m <sup>2</sup>
Quantidade de células	60
Coefficiente de temperatura para corrente	0,06%/°C
Coefficiente de temperatura para tensão	-0,31%/°C
Taxa de degradação anual	0,672%/ano

Tabela 2 - parâmetros do sistema utilizados nas simulações.

Parâmetros	Valores
Capacitor de entrada (C <sub>1</sub> )	30µF
Indutância do conversor Boost (L)	15mH
Capacitor de do conversor Boost (C <sub>2</sub> )	60 µF
Frequência de chaveamento do conversor Boost (f <sub>s</sub> )	10 kHz
Coefficiente linear ( $\alpha$ )	1000
Perturbação (delta D)	50 Hz
Frequência da perturbação (f <sub>d</sub> )	0.02

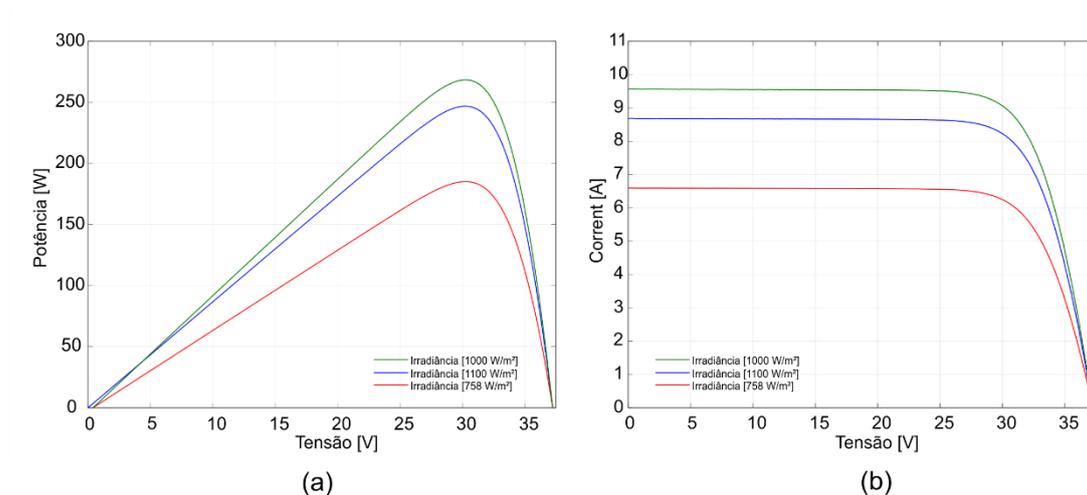


Figura 4 - Curvas característica do módulo utilizado na simulação para diferentes níveis de irradiação.

Os dados de irradiação global horizontal utilizados nas simulações, foram retirados da estação solarimétrica do ISIER, localizada na cidade de Natal, no estado do Rio Grande do Norte. Os dados foram adquiridos a cada um segundo. Tal aquisição, permite obter um conjunto de dados de irradiação mais fidedigno. Essa afirmação, pode ser comprovada quando verificamos os gráficos exibidos pela Fig. 5, na qual é possível observar que a taxa de aquisição dos dados pode esconder grandes variações da irradiação, e consequentemente, subestimar ou superestimar uma geração. Também, com

a aquisição a cada segundo, é possível avaliar o desempenho do algoritmo de MPPT para grandes variações de irradiância, o que não é possível com baixas taxas de aquisição de dados. Desta forma, foi escolhido o dia 04 de fevereiro de 2019, dia este, que representa um exemplo de um dia com uma grande variação na irradiação, conforme exibido na Fig 5, que é muito recorrente na localidade.

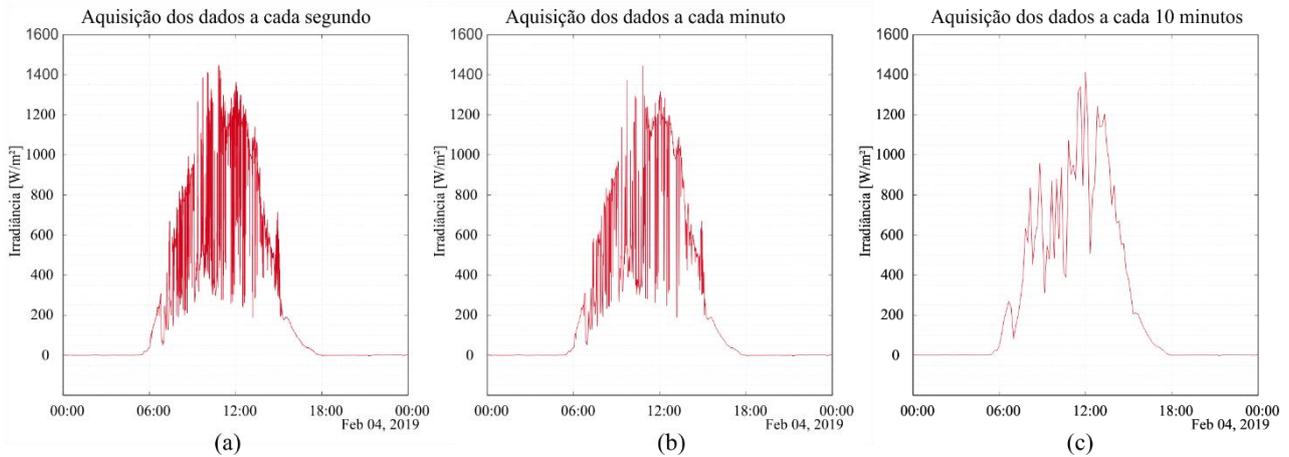


Figura 5 - Irradiância Global Horizontal (a) integrada em segundos, (b) integrada em minutos e (c) integrada a cada 10 minutos do dia 04/02/2019.

Devido à grande quantidade de dados, foi escolhido um período do dia 04 de fevereiro de 2019, onde em um período de 2 segundos é possível observar uma variação da irradiância, que passou de  $758 \text{ W/m}^2$  para  $1100 \text{ W/m}^2$ . O sistema com algoritmo MPPT proposto e com o algoritmo P&O modificado foi simulado para esse valor da variação da irradiância.

A Fig. 6, apresenta a variação do ciclo de trabalho para a entrada da irradiância no sistema fotovoltaico projetado e pode-se observar que ambos os métodos estão rastreando eficientemente o MPP correspondente. Também, é possível notar que o método proposto possui uma resposta mais rápida e uma oscilação com menor amplitude que o P&O modificado. Também, é possível observar que o algoritmo proposto possui transitórios mais rápidos para as variações da irradiância, sendo assim, mais eficiente.

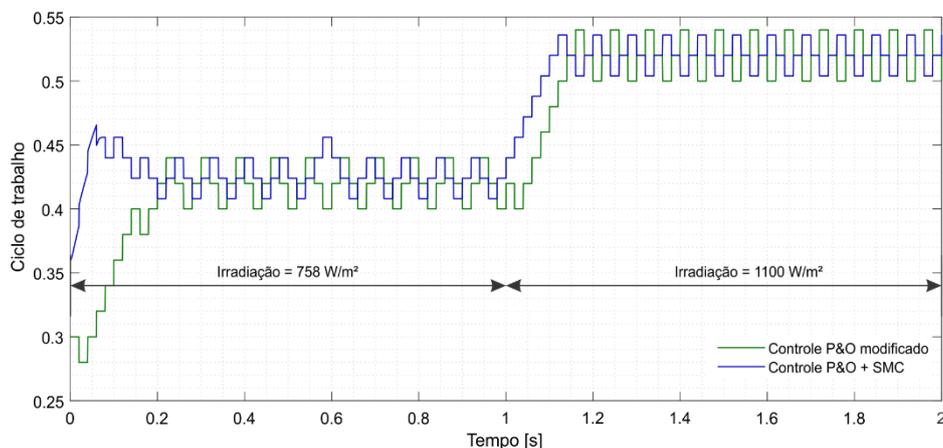


Figura 6 - Comparação da variação do ciclo de trabalho entre o método proposto (controle P&O + SMC) e o método P&O (controle P&O modificado).

Essa eficiência pode ser comprovada, quando é observado a potência de saída do conversor Boost, que é exibida na Fig 7. Na qual, é possível observar o maior aproveitamento da energia recebida pelo sistema fotovoltaico quando utilizado o método de MPPT proposto. Já, que o sistema responde mais rapidamente a variação da irradiância, obtendo um ganho de eficiência de 1,19%. Que no primeiro momento, esse ganho de eficiência pode aparentar ser baixo, mas com o decorrer do tempo ou em locais com grande variação da irradiação ela pode ser expressiva. A Fig. 8 exibe a tensão de saída do módulo, onde pode ser observado a rapidez do método proposto nos transitórios. Os valores encontrados nas Figs. 7 e 8 são condizentes com os valores que são obtidos no módulo quando submetidos a essa irradiância, como pode ser observado na Fig 4.

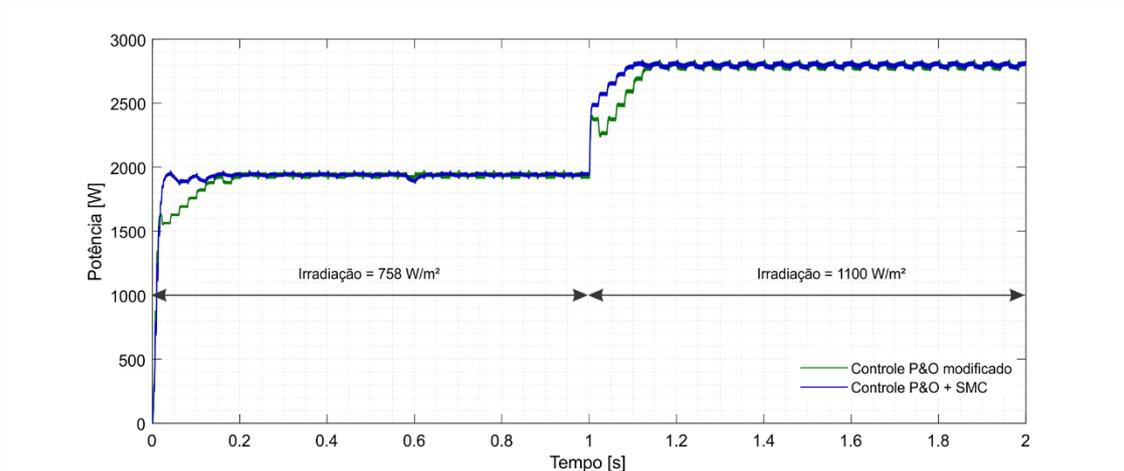


Figura 7 - Comparação entre a potência fornecida utilizando o método proposto e o método P&O.

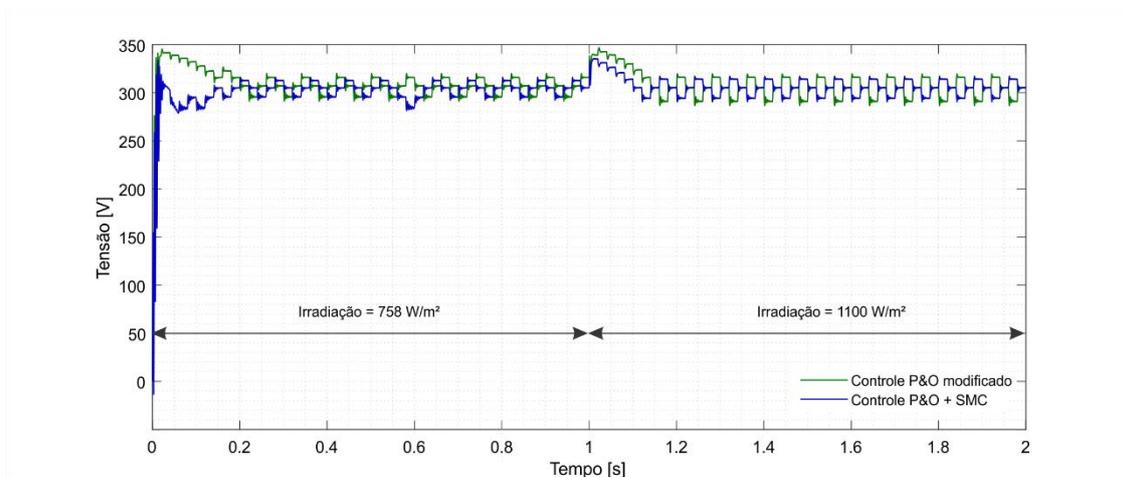


Figura 8 - Comparação entre a tensão no módulo utilizando o método proposto e o método P&O.

## 5. CONCLUSÕES

Neste artigo, foi apresentada uma análise de um algoritmo para o rastreamento do MPP utilizando a teoria de controles por modo deslizantes em conjunto com a técnica de P&O. Com os resultados de simulações utilizando dados reais de irradiação global horizontal, foi possível comprovar a melhor eficiência do método proposto, frente ao algoritmo P&O modificado. O método proposto mostrou mais robusto, possuindo transitórios mais rápidos e com menores valores de oscilações em estado estacionário em relação ao P&O, melhorando assim a eficiência na absorção de energia. Para uma variação real da irradiação foi encontrado um aumento na eficiência de rastreamento de 1,19%. Uma análise experimental é recomendada.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao ISI-ER pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho, à Petrobras pelo aporte financeiro no âmbito do projeto ANEEL PD-0553-0017/2011 e à CTG Brasil pelo custeio da bolsa de pesquisa e aporte financeiro atual no âmbito do projeto ANEEL PD-10381-0620/2020.

### REFERÊNCIAS

- Anoop, K., Nandakumar, M., 2018. A novel maximum power point tracking method based on particle swarm optimization combined with one cycle control, International Conference on Power, Instrumentation, Control and Computing.
- Barreto, R. L., 2014. Contribuições ao Método de Rastreamento de Máxima Potência para Sistemas Fotovoltaicos, Dissertação de Mestrado, PPGEEC, UFRN, Natal.

- Bianconi, E. et al., 2012. A fast current-based mppt technique employing sliding mode control, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 60, n. 3, pp. 1168-1178.
- Dantas, S. G., Pompermyer, F. M., 2018. Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico, Ipea.
- Drissi, H. et al., 2017. Critical factors affecting the photovoltaic characteristic and comparative study between two maximum power point tracking algorithms, International Journal of Hydrogen Energy, vol. 42, n. 13, pp. 8689-8702.
- Femia, N. et al., 2017. Predictive & adaptive mppt perturb and observe method, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 43, n. 3, pp. 934-950.
- Femia, N. et al., 2005. Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method, IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 20, n. 4, pp. 963-973.
- Gaur, P., Verma, Y. P.; Singh, P., 2015. Maximum power point tracking algorithms for photovoltaic applications: A comparative study, 2nd International Conference on Recent Advances in Engineering & Computational Sciences.
- Ishaque, K. et al., 2012. An improved particle swarm optimization (psa)-based mppt for pv with reduced steady-state oscillation, IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 27, n. 8, pp. 3627-3638.
- Killi, M., Samanta, S., 2015. Modified perturb and observe mppt algorithm for drift avoidance in photovoltaic systems, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 62, n. 9, pp. 5549-5559.
- Koehl, M., Hoffmann, S., Wiesmeier, S., 2017. Evaluation of damp-heat testing of photovoltaic modules, Research and Applications, vol. 25, n. 2, pp. 175-183.
- Lamzouri, F., Boufounas, E., Amrani, A. E., 2013. A robust backstepping sliding mode control for mppt based photovoltaic system with a dc-dc boost converter, International Conference on Control, Automation and Diagnosis.
- Mamarelis, E., Petrone, G., Spagnuolo, G., 2013. Design of a sliding-mode-controlled sepic for pv mppt applications, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 61, n. 7, pp. 3387-3398.
- Masoum, M. A., Dehbonei, H., 2002. Fuchs, E. F. Theoretical and experimental analyses of photovoltaic systems with voltage and current-based maximum power-point tracking, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 17, n. 4, pp. 514-522.
- Ouberti, Y., Yatimi, H., Aroudam, E., 2020. Design of a robust sliding mode controller for mppt based on automation plc for pv applications, International Transactions on Electrical Energy Systems, vol. 30, n. 4, pp. 1-6.
- Pradhan, R., Subudhi, B., 2015. Double integral sliding mode mppt control of a photovoltaic system, IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 24, n. 1, pp. 285-292.
- Saravanan, S., Babu, N. R., 2016. Maximum power point tracking algorithms for photovoltaic system - a review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 57, pp. 192-204.
- Slotine, J.-J. E., Li, W. et al., 1991. Applied nonlinear control, Prentice hall Englewood Cliffs.
- Udayalakshmi J. K., Mohammed S., 2017. Comparative study of perturb and observe and look-up table maximum power point tracking techniques using matlab/simulink, International Conference on Current Trends toward Converging Technologies, Coimbatore.
- Utkin, V., Guldner, J., Shi, J., 2017. Sliding mode control in electro-mechanical systems, CRC press.
- Zhang, F. et al., 2015. Novel current sensing photovoltaic maximum power point tracking based on sliding mode control strategy, Solar Energy, vol. 118, pp. 80-86.

## CONTRIBUTIONS TO THE MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHM IN LOCATIONS WITH LARGE VARIATION OF IRRADIANCE

**Abstract.** A method for tracking the maximum power point in photovoltaic modules using two distinct techniques in parallel is proposed. This method uses the Perturb and Observe (P&O) algorithm, which is a simple and efficient tracking technique, working in parallel with a technique via sliding mode, which is a robust and easy-to-implement technique. To validate the proposal, a Boost converter was simulated using the method, and compared with the same converter with a modified P&O method. The radiation data were obtained with the aid of a solarimetric station capable of acquiring data every second, which shows the great variation in daytime radiation in the city of Natal. The numerical results showed that, compared to P&O, the proposed method obtains a faster tracking speed and better efficiency.

**Key words:** Solar energy, Maximum power point, Sliding mode control.