

COMPARAÇÃO DE ALGORITMOS P&O E LÓGICA FUZZY PARA RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Guilherme Cerbatto Schmitt Prym (UNICAMP) - guilhermeprym@gmail.com

Susset Guerra Jiménez (UFRR) - guerrasusset@gmail.com

João Lucas de Souza Silva (UNICAMP) - jlucas.souzasilva@gmail.com

Hugo Soeiro Moreira (UNICAMP) - moreirahugos@gmail.com

Tiane Do Nascimento Vargas (Unicamp) - tiane.donascimentoavargas@gmail.com

Gilson Mario Vieira Machado (UNICAMP) - gilson.machado.ee@gmail.com

Marcelo Gradella Villalva (UNICAMP) - villalva@unicamp.br

Resumo:

Resumo. A necessidade por fontes limpas para geração de energia remete atenção para os sistemas fotovoltaicos (FV), que vem recebendo grandes contribuições em pesquisa, para melhoria de desempenho e melhor aproveitamento da energia gerada. As células solares têm sua geração de energia atreladas às condições atmosféricas como incidência de irradiação solar e temperatura. Buscando aumentar a energia gerada foram simulados neste artigo dois algoritmos de seguimento do ponto de máxima potência (Maximum Power Point Tracking - MPPT). O primeiro algoritmo é baseado nas técnicas P&O, comumente utilizada, e posteriormente foi proposto um algoritmo baseado em lógica Fuzzy. As simulações e análises permitem concluir que o controlador com base no algoritmo Fuzzy pode ser uma alternativa aos métodos mais tradicionais, pois permite obter um melhor aproveitamento da potência oferecida pelo sistema FV e melhor rendimento da energia gerada.

Palavras-chave: *Energia Solar, MPPT, Lógica Fuzzy*

Área temática: *Conversão Fotovoltaica*

Subárea temática: *Tecnologias e ensaios de inversores e outros equipamentos de eletrônica de potência*

COMPARAÇÃO DE ALGORITMOS *P&O* E LÓGICA *FUZZY* PARA RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Guilherme Cerbatto Schmitt Prym¹ – guilhermeprym@gmail.com

Susset Guerra Jiménez² – guerrasusset@gmail.com

João Lucas de Souza Silva¹ – jlucas.souzasilva@gmail.com

Hugo Soeiro Moreira¹ – moreirahugos@gmail.com

Tiane do Nascimento Vargas¹ – tiane.donascimentovargas@gmail.com

Gilson Mário Vieira Machado¹ – gilson.machado.ee@gmail.com

Marcelo Gradella Villalva¹ – villalva@unicamp.br

¹Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC)

²Universidade Federal de Roraima (UFRR), Departamento de Engenharia Elétrica (DEE)

4 Conversão Fotovoltaica

Resumo. A necessidade por fontes limpas para geração de energia remete atenção para os sistemas fotovoltaicos (FV), que vem recebendo grandes contribuições em pesquisa, para melhoria de desempenho e melhor aproveitamento da energia gerada. As células solares têm sua geração de energia atreladas às condições atmosféricas como incidência de irradiação solar e temperatura. Buscando aumentar a energia gerada foram simulados neste artigo dois algoritmos de seguimento do ponto de máxima potência (Maximum Power Point Tracking - MPPT). O primeiro algoritmo é baseado nas técnicas *P&O*, comumente utilizada, e posteriormente foi proposto um algoritmo baseado em lógica Fuzzy. As simulações e análises permitem concluir que o controlador com base no algoritmo Fuzzy pode ser uma alternativa aos métodos mais tradicionais, pois permite obter um melhor aproveitamento da potência oferecida pelo sistema FV e melhor rendimento da energia gerada.

Palavras-chave: Energia Solar, MPPT, Lógica Fuzzy

1. INTRODUÇÃO

Buscando a melhoria na eficiência dos sistemas de geração FV, para produzir um aumento da energia a ser entregue, é ideal garantir que o sistema opere o maior tempo possível no ponto de máxima potência (MPP) dos módulos FV. Porém, devido às características dos módulos FV, este ponto é variável em função das condições climáticas, como temperatura e irradiação solar, e também da carga conectada ao sistema (Cavalcanti *et al.*, 2007).

Para garantir a operação dos módulos FV no MPP, mesmo com variações meteorológicas e de cargas ao sistema, é necessária a utilização de uma estratégia que procure continuamente por este ponto. Para este fim são utilizados dispositivos e equipamentos, que contém algoritmos de MPPT e controladores apropriados, podendo melhorar a quantidade de energia produzida pelos módulos FV de 15 a 30% (Safari e Mekhilef, 2011).

Os algoritmos de MPPT são utilizados para garantir que os módulos FV operem em uma tensão de terminal que maximize a potência fornecida ao estágio de inversão (Confessor, 2014; Pinho e Galdino, 2014). Tais algoritmos podem ser geralmente implementados em um estágio *c.c/c.c boost*, atuando como regulador de tensão, que pode satisfazer outras demandas além do MPPT, como desacoplamento e elevação do nível de tensão dos sistemas FV para conexão ao estágio de inversão (Kerekes, 2009; Vilela, 2011).

Na literatura, existem diversos algoritmos de MPPT, destacando os algoritmos de escalada, como o *P&O* e indutância incremental, algoritmos fracionários, por exemplo, controle por tensão de circuito aberto ou corrente de curto circuito, lógica Fuzzy e redes neurais (Abu-Rub *et al.*, 2014; Kumar *et al.*, 2013). Logo, o objetivo deste artigo é simular e analisar dois controladores MPPT. Para tanto, escolheram-se os algoritmos *P&O*, por ser um conceito simples, e lógica Fuzzy, por aparentar, em pesquisas preliminares, ser um algoritmo que pode apresentar bons resultados em questão de convergência e estabilidade (Azzouzi, 2012; Quada *et al.*, 2013; Kumar *et al.*, 2013).

O trabalho segue dividido em cinco seções. A segunda retrata a modelagem do sistema FV para utilização em simulações que contém o modelo elétrico da célula fotovoltaica e do conversor *c.c/c.c boost*, seguido da seção três que apresenta, de maneira sucinta, os controladores MPPT, perturba e observa (*P&O*) e o controlador baseado em lógica Fuzzy. Na seção quatro são apresentadas simulações sobre variações dos parâmetros de operação irradiação e temperatura, além de simulações do sistema FV com controlador baseado em algoritmo *P&O* e com controlador baseado em algoritmo de lógica Fuzzy, e são apresentadas comparações entre os controladores *P&O* e Fuzzy, encerrando com as conclusões na quinta seção.

2. MODELO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

2.1 Modelo elétrico da célula fotovoltaica

O modelo elétrico utilizado neste artigo é composto por quatro elementos, representado na Fig. 1, sendo R_s [Ω], R_p [Ω], D , I_{pv} [A]. No modelo a corrente I_{pv} representa a corrente gerada pela célula sob influência da condição específica de irradiação G [W/m^2]. O diodo D representa a junção $p-n$ da célula, I [A] é a corrente fornecida e V [V] é a tensão nos terminais de saída da célula. O modelo é descrito pela Eq. (1) (Villalva, 2010; Gow *et al.*, 1999).

$$I = I_{pv} - I_o \cdot \left[e^{\frac{q(V+I.R_s)}{a.k_b.T}} - 1 \right] - \frac{V+I.R_s}{R_p} \quad (1)$$

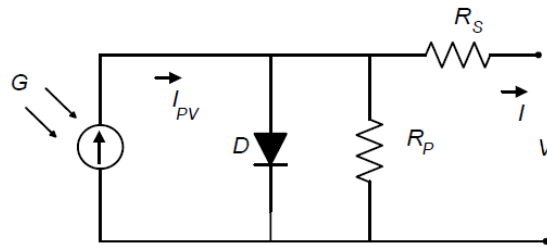


Figura 1 – Modelo de quatro elementos (um diodo).

2.2 Conversor c.c/c.c boost

Os conversores c.c/c.c são utilizados em aplicações de energia solar FV para regular a tensão de saída, variando o ciclo de trabalho d , do sistema FV. Em inversores de dois estágios, o primeiro estágio é um conversor c.c/c.c, o qual tem por objetivo variar a tensão de entrada para o seguimento do ponto de máxima potência, considerando que a tensão de saída do barramento é controlada pelo estágio c.c/c.c. A Fig. 2 apresenta um modelo resumido, desconsiderando as perdas nos componentes, do conversor *boost* (Barbi, 2007; Pereira, 2012).

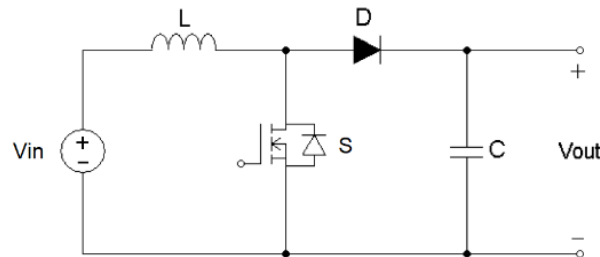


Figura 2 - Circuito do conversor *boost*.

A relação entre a tensão de entrada V_{in} [V] e V_{out} [V] pode ser expressa em função do ciclo útil d pela Eq. (2). O valor de indutância, expresso na Eq. (3), depende da amplitude permissível para o *ripple* de alta frequência da corrente no indutor ΔI_L [A], da tensão de entrada V_{in} , bem como da frequência de chaveamento f_s [Hz]. A capacitância C [F] é dependente da corrente de saída do conversor I_{out} [A], da frequência de chaveamento f_s , bem como do *ripple* de tensão na saída do conversor ΔV_{out} , segundo a Eq. (4).

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-d} \quad (2)$$

$$L = \frac{V_{in} \cdot d}{\Delta I_L \cdot f_s} \quad (3)$$

$$C = \frac{I_{out} \cdot d}{f_s \cdot \Delta V_{out}} \quad (4)$$

3. RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA

Analisando a curva característica dos módulos FV, na Fig. 3, para o módulo comercial modelo GCL P6/72 325, observa-se que é possível maximizar a potência, então a energia, operando o sistema o mais próximo possível do *MPP*. O *MPP* depende da irradiação solar incidente e da temperatura das células, elementos variáveis no tempo. Métodos numéricos utilizam variáveis elétricas para buscar o *MPP* e quando em tempo real se caracterizam pelo seguimento do ponto de máxima potência (Silva, 2015; Abu-Rub *et al.*, 2014).

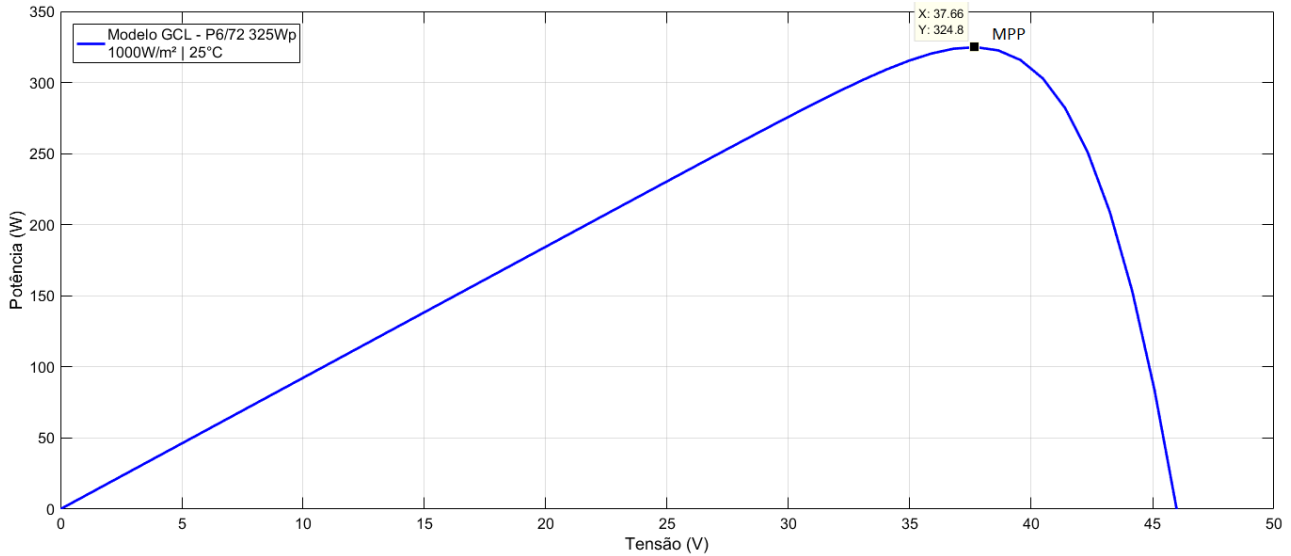


Figura 3 – Curva característica P-V do módulo FV modelo GCL P6/72 325.

3.1 Controlador *MPPT* perturba e observa (*P&O*)

Algoritmos baseados em escalada (*hill-climbing*) são amplamente utilizados comercialmente e são popularmente implementados utilizando uma referência contínua de variação de tensão na busca pelo *MPP*. A busca é desenvolvida perturbando o valor de referência de tensão, aumentando ou diminuindo seu valor, e observando a resposta do sistema, caso o valor de potência aumente, a perturbação seguinte mantém o mesmo sentido, caso contrário, muda-se o sentido. A Fig. 4 mostra um fluxograma resumido do algoritmo *P&O* (Moçambique, 2012; Seguel, 2009).

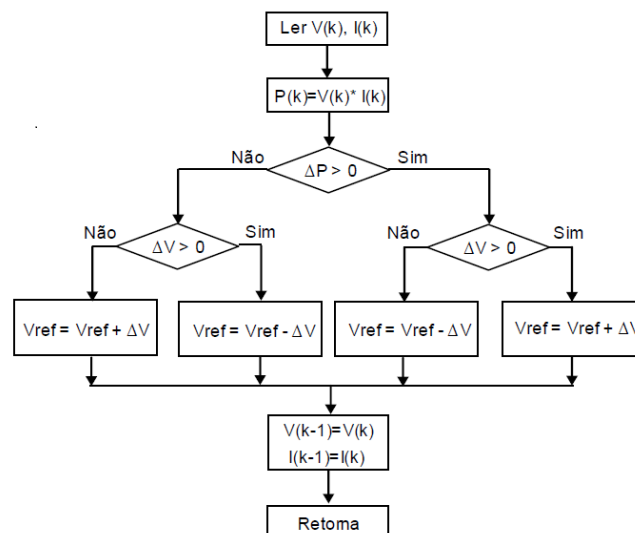


Figura 4 – Fluxograma resumido do algoritmo *P&O*.

Inicialmente deve-se ler $V(k)$ e $I(k)$, para calcular $P(k)$, que respectivamente são tensão, corrente e potência do sistema FV. Em seguida determina-se ΔP , avaliando se a potência é maior ou menor que no instante anterior. De acordo com os valores de ΔV se adota uma decisão sobre a próxima variação na tensão de referência ΔV_{ref} . O processo ocorre repetidamente, portanto percebe-se que o ponto de operação nunca é mantido, dadas as características construtivas desse algoritmo, ressalta-se que o sistema FV sempre opera na vizinhança do *MPP* (Seguel, 2009; Curral, 2011).

3.2 Controlador MPPT baseado em lógica Fuzzy

Segundo Shiau, Wei e Chen (2015) o controle baseado em lógica *Fuzzy* pode apresentar maior velocidade e estabilidade no rastreamento do *MPP* dependendo da escolha de variáveis e formatação do algoritmo. Basicamente o controlador é composto por três blocos: o primeiro bloco é *fuzzificação* e consiste na transformação das variáveis do domínio real para o domínio *Fuzzy* (Gomide e Gudwin, 1994); o segundo bloco são as regras de inferência e o terceiro é *defuzzificação*, onde a variável de controle é transformada novamente para o domínio real. A Fig. 5 ilustra a estrutura básica de um controlador *Fuzzy* (Shiau, Wei e Chen, 2015; Azzouzi, 2012).

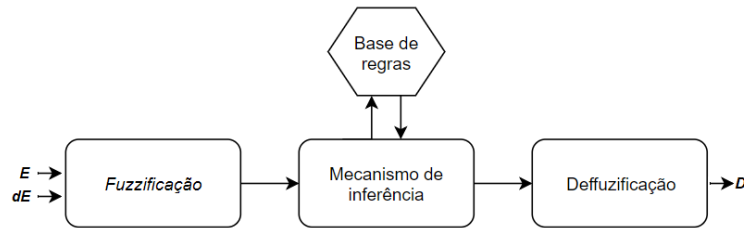


Figura 5 – Estrutura básica de um controlador *Fuzzy*.

Para o controle são adotadas duas variáveis de entrada, o erro $E(k)$ [W/V] e a variação do erro $dE(k)$. Tratando-se de controle *Fuzzy* para *MPPT*, estas variáveis podem ser definidas de formas distintas, dependendo do sistema ou do resultado que se queira atingir. Assumimos então que a variável $E(k)$ é definida segundo a Eq. (5) e a variável $dE(k)$ segundo a Eq. (6) (Azzouzi, 2012).

$$E(k) = \frac{P(k) - P(k-1)}{V(k) - V(k-1)} \quad (5)$$

$$dE(k) = E(k) - E(k-1) \quad (6)$$

As variáveis de entrada e saída são representadas em termos linguísticos como: NB (*negative big* – negativo grande), NS (*negative small* - negativo pequeno), ZE (*zero*), PS (*positive small* - positivo pequeno), PB (*positive big* - positivo grande). A Fig. 6 ilustra as funções de pertinência da variável E . A Fig. 7 ilustra as funções de pertinência da variável dE . As funções de pertinência da variável de saída d seguem o mesmo formato.

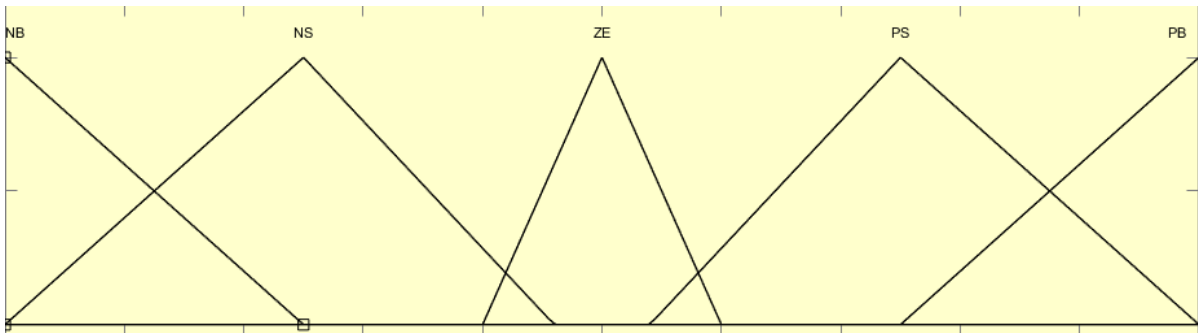


Figura 6 - Funções de pertinência da variável $E(k)$.

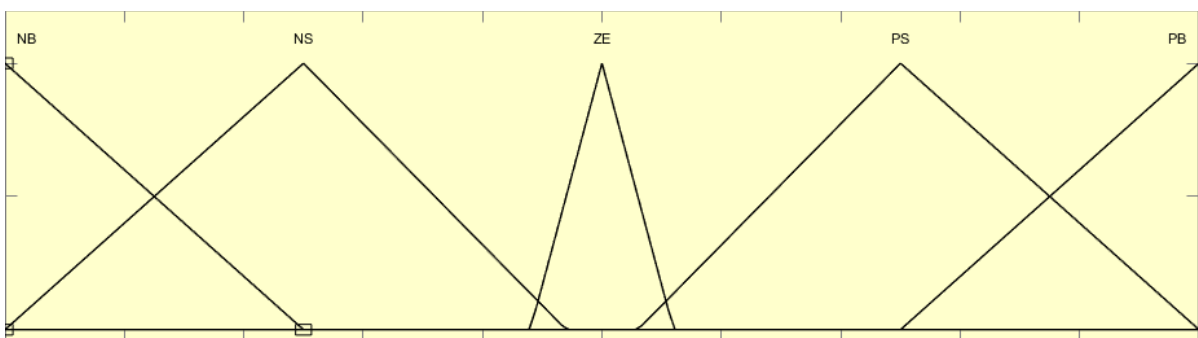


Figura 7 - Funções de pertinência da variável $dE(k)$.

A base de regras para o controle *Fuzzy* depende da dinâmica do conversor *boost*. Relembrando da Eq. (2), quando se deseja aumentar a tensão de entrada é necessário reduzir o valor do ciclo útil (para uma tensão de saída fixa). Portanto as regras de inferência do controlador *MPPT Fuzzy* são definidas na Tab. 1. A composição da base de regras com as funções de pertinência pode ser visualizada através de uma superfície de decisão tridimensional, ilustrada na Fig. 8.

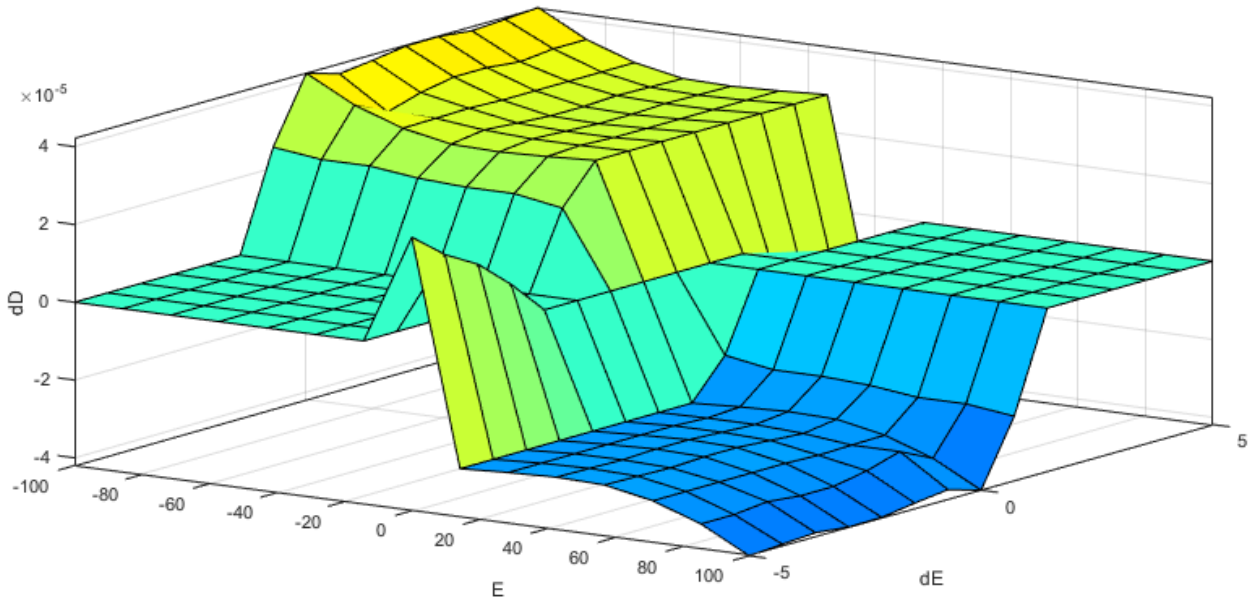


Figura 8 - Superfície de decisão *Fuzzy*.

Tabela 1 - Base de regras do controlador.

$\begin{matrix} E \\ dE \end{matrix}$	NB	NS	ZE	OS	PB
NB	ZE	ZE	PB	PB	PB
NS	ZE	ZE	PS	PS	PS
ZE	PS	ZE	ZE	ZE	NS
PS	NS	NS	NS	ZE	ZE
PB	NB	NB	NB	ZE	ZE

4. SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Utilizando o *Simulink* montou-se um sistema composto de cinco módulos GCL P6/72 325, conectados eletricamente em série, totalizando uma potência pico de 1.625W. Foram realizadas simulações para diferentes valores de temperatura e irradiação, dos controladores *MPPT P&O* e *Fuzzy* proposto. Sendo então possível comparar os valores de potência gerada e variações de ciclo útil do conversor *boost*.

4.1 Variações dos parâmetros de operação

As comparações foram realizadas com base em variações do tipo degrau nos parâmetros de temperatura e irradiação incidentes nas células FV. Sendo que as variações nos parâmetros foram implementadas de maneira independente uma da outra, conforme Tab. 2. Não foi considerado nenhum tipo de sombreamento parcial na análise de desempenho dos controladores desenvolvidos em simulação.

Tabela 2 – Variações dos parâmetros de operação.

TEMPO [S]	IRRADIAÇÃO [W/M ²]	TEMPERATURA [°C]
0 – 0,2	1000	25
0,2 – 0,4	800	50
0,4 – 0,6	600	75

4.2 Simulação do sistema FV com controlador baseado em algoritmo *P&O*

O controlador *P&O* foi implementado em *Simulink*, adotando como base o algoritmo apresentado no fluxograma da Fig. 4 de maneira simplificada. A Fig. 9 ilustra o conjunto FV, conversor *boost*, controlador *MPPT* e barramento c.c. Dentro do subsistema *P&O MPPT* estão os blocos de aquisição de variáveis elétricas, controle e *PWM*, ilustrado na Fig. 10.

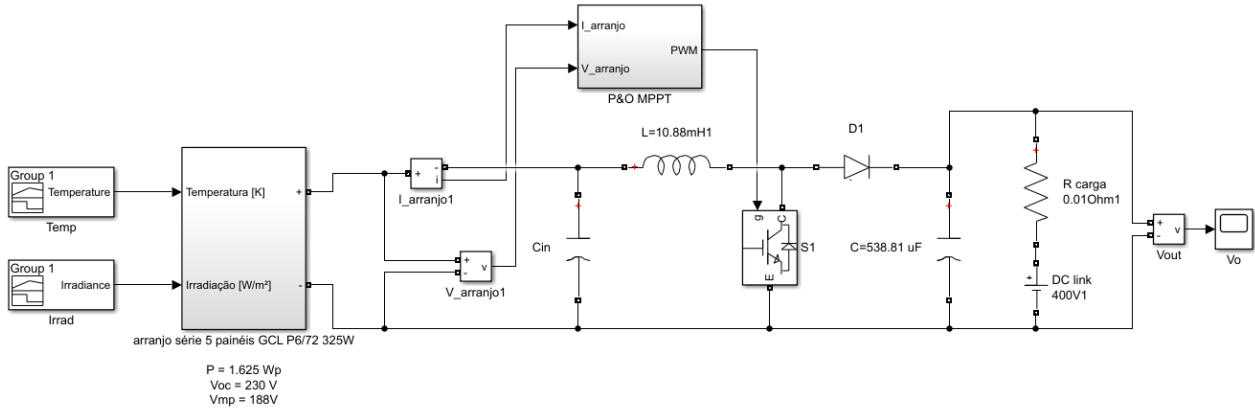


Figura 9 – Modelo do sistema FV com controlador *P&O*.

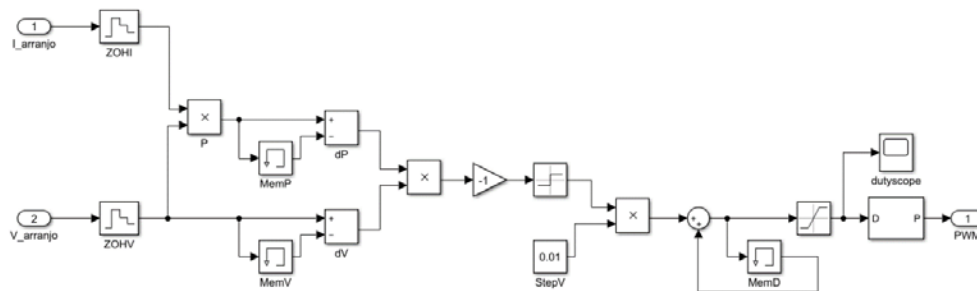


Figura 10 – Subsistema do controlador *P&O*.

A análise de desempenho do controlador *MPPT P&O* consiste em avaliar a potência que o sistema FV entrega ao conversor, por meio do controle da tensão de entrada do mesmo. Os resultados obtidos para variações de irradiação e temperatura, de acordo com a Tab. 2, são mostrados nas Fig. 11 e Fig. 12. O controlador cumpre o papel de *MPPT* de maneira satisfatória, mas apresenta grandes oscilações de potência devido a sua característica intrínseca de não poder permanecer sobre o *MPP*, uma vez que o atinge.

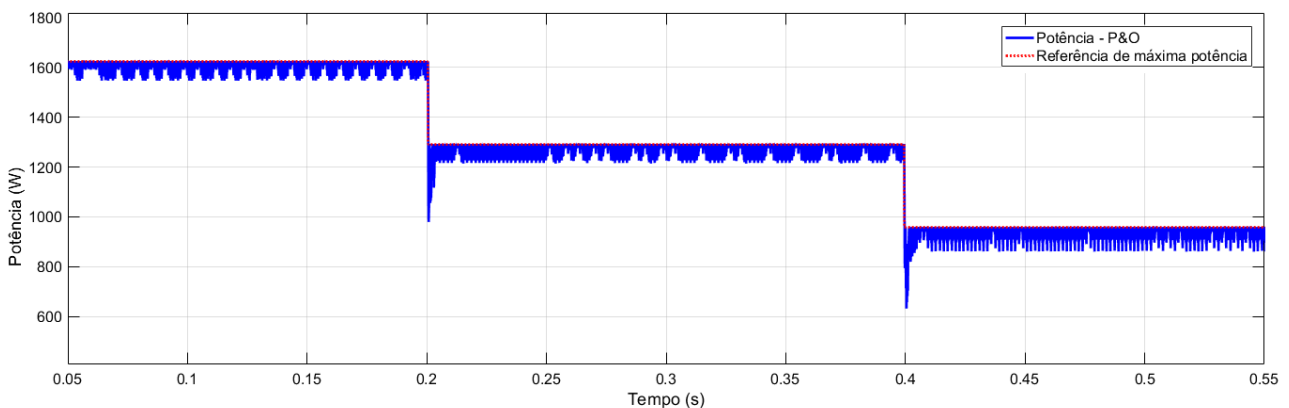


Figura 11 - Potência produzida utilizando o controlador com algoritmo *MPPT P&O* para variações de irradiação.

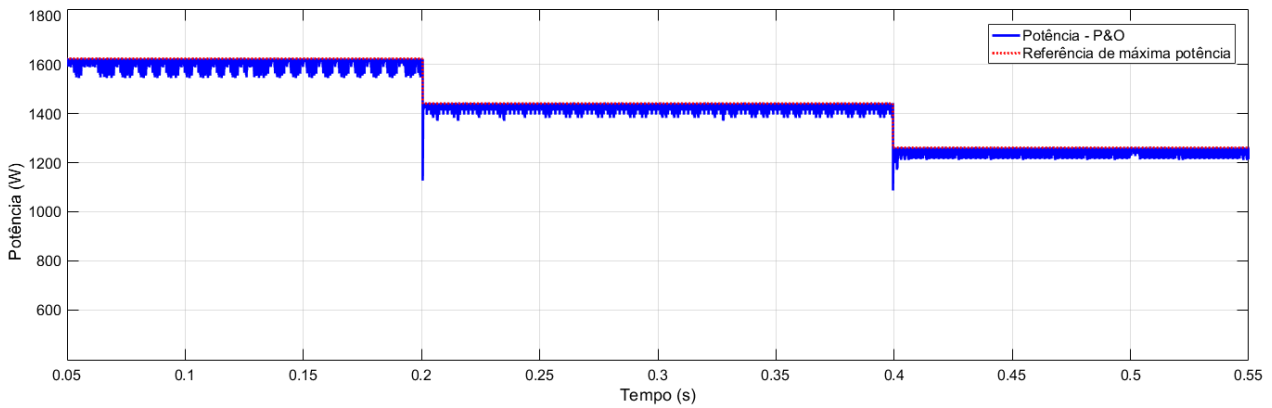


Figura 12 - Potência produzida utilizando o controlador com algoritmo *MPPT P&O* para variações de temperatura.

4.3 Simulação do sistema FV com controlador baseado em algoritmo de lógica *Fuzzy*

No desenvolvimento do *MPPT Fuzzy*, foi necessário integrar o controlador do modelo previamente desenvolvido na seção 3.2, junto ao sistema FV. O bloco *Fuzzy Logic Control* (FLC) do *Simulink* permite a integração entre o que foi desenvolvido e o restante dos elementos necessários à simulação. Os elementos do modelo desenvolvido são ilustrados na Fig. 13.

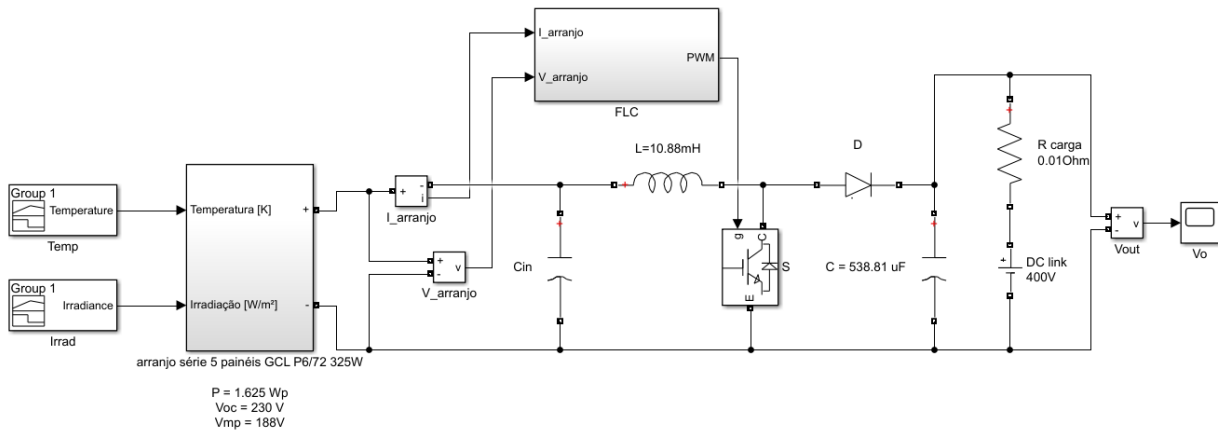


Figura 13 - Modelo do sistema FV com controlador *Fuzzy*.

No subsistema, interno ao bloco FLC estão os blocos de aquisição das medições elétricas do sistema, cálculo das variáveis de erro $E(k)$ e da variação do erro $dE(k)$, controle *Fuzzy* e *PWM*, mostrados na Fig. 14. O subsistema E_dE é mostrado na Fig. 15.

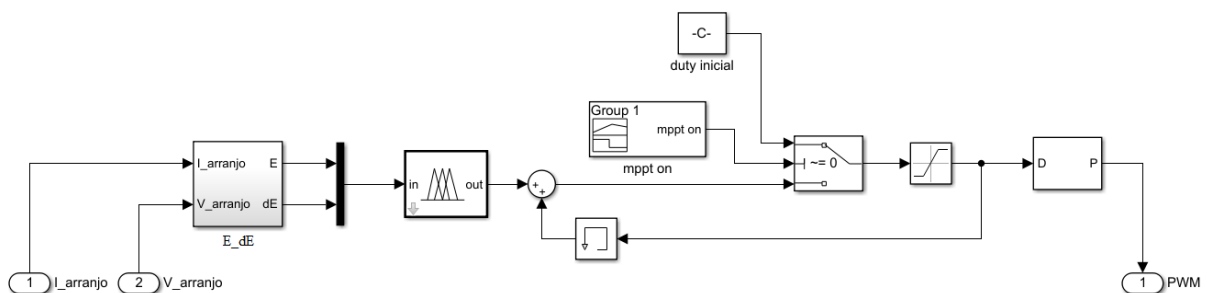


Figura 14 – Subsistema FLC do controlador.

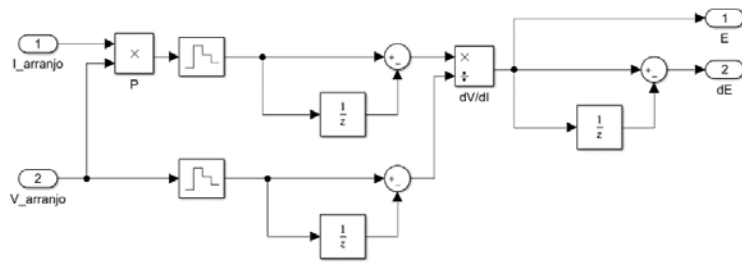


Figura 15 - Subsistema E_{dE} das entradas do controlador.

As condições de simulação, para efeitos de comparação, são as mesmas do controlador *P&O*, mostradas na Tab. 2. A análise do desempenho do controlador *MPPT Fuzzy* consiste em avaliar a potência que os módulos FV entregam ao conversor, por meio do controle da tensão de entrada do mesmo. Os resultados obtidos são mostrados nas Fig. 16 e Fig. 17.

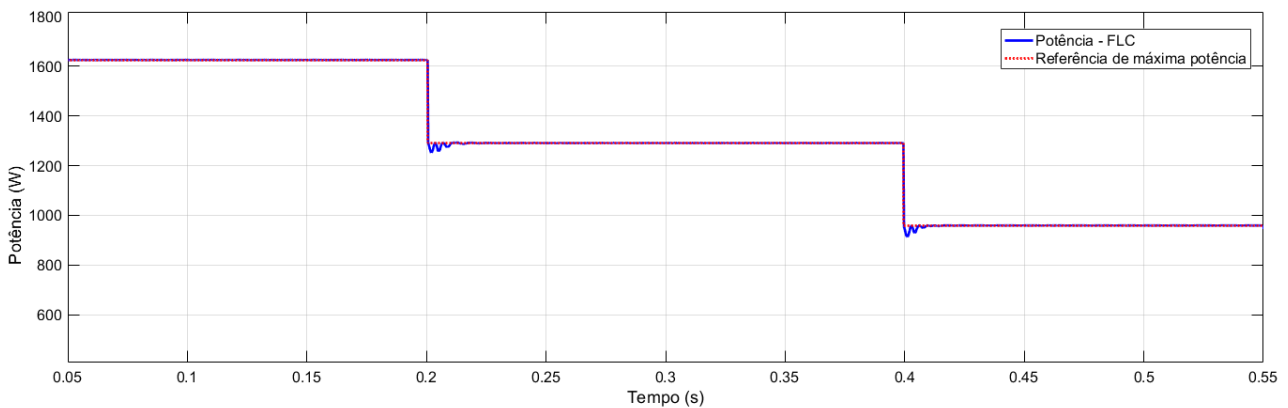


Figura 16 - Potência produzida utilizando o controlador com algoritmo *MPPT Fuzzy* para variações de irradiação.

Para condições de variações de irradiação, o valor de potência é afetado por uma grande redução na corrente do sistema, mas uma pequena variação na tensão. Por outro lado, com variações de temperatura, o sistema sofre uma grande redução na tensão, por isso surgem variações mais abruptas, mostrada na Fig. 17. Observa-se no controlador bom desempenho, uma vez que atinge rapidamente valores de máxima potência e é capaz de se manter sobre o mesmo.

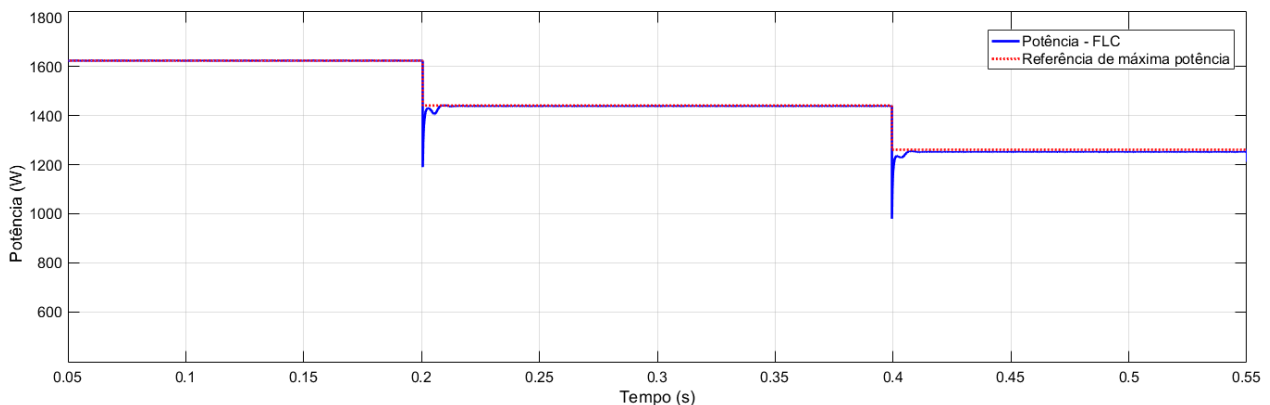


Figura 17 - Potência produzida utilizando o controlador com algoritmo *MPPT Fuzzy* para variações de temperatura.

4.4 Simulações e comparações entre os controladores *P&O* e *Fuzzy*

A comparação dos dois controladores permite observar que ambos apresentam bons resultados ao atingirem o ponto de máxima potência, com características particulares de cada controlador, mas é notável a ineficiência energética que o algoritmo *P&O* agrega ao sistema por não estabilizar sobre o ponto de máxima potência depois de alcança-lo. Com base nas simulações realizadas, constatou-se que a estabilização do ciclo útil em valores muito próximos do ponto de máxima potência proporciona uma redução significativa no *ripple* de tensão do sistema e, por consequência, uma redução do *ripple* de potência.

A Fig. 18 mostra em detalhe o momento em que a irradiação sob o sistema varia e é possível perceber o comportamento dos dois controladores de maneira comparativa.

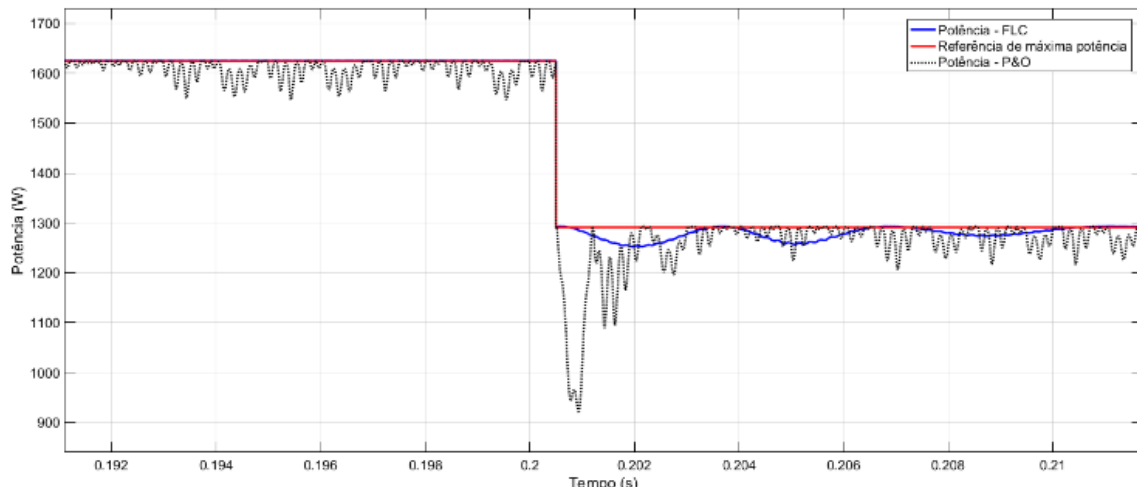


Figura 18 - Comparação de potência gerada após uma variação brusca de irradiação.

A variável sobre a qual atuam os controladores desenvolvidos é o ciclo útil (D) do conversor *boost*. Variações em (D) provocam variações na tensão do sistema FV. São mostradas, a Fig. 19 mostra as variações de ciclo útil (D) de ambos controladores.

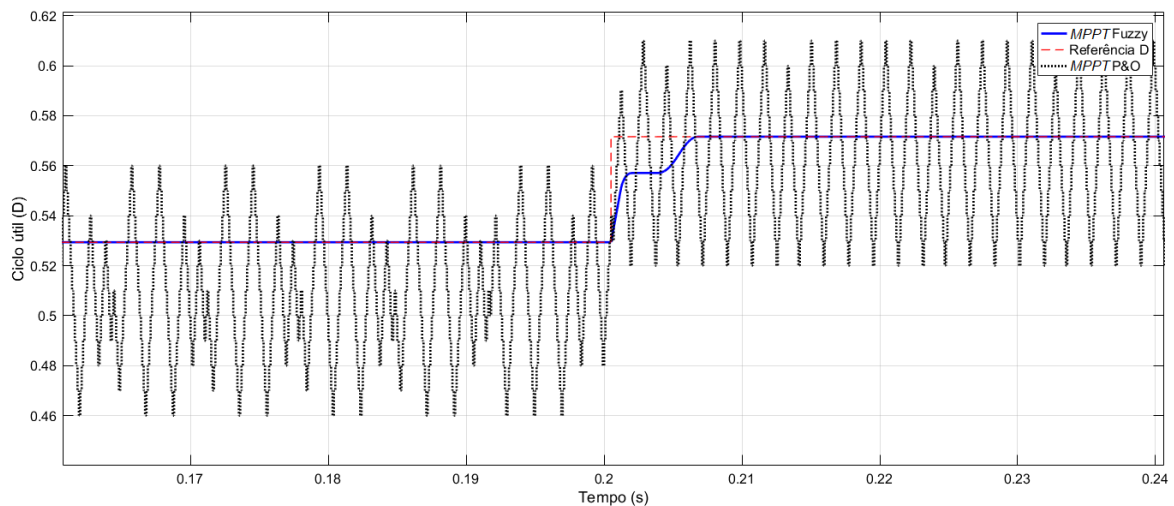


Figura 19 - Variações do ciclo útil (D) dos controladores para uma brusca variação de temperatura.

5. CONCLUSÕES

Este artigo investiga a simulação e comparação de algoritmos implementados em controladores para *MPPT* sob variações das condições do sistema FV que inclui um conversor *boost*. Percebe-se que variações de irradiação pouco afetam a melhoria de desempenho que o controlador pode oferecer. Por outro lado, variações de temperatura, por causarem maior efeito na tensão de operação do sistema, exigem do controlador *MPPT* um melhor desempenho que no caso anterior.

As comparações entre os controladores permitem observar como o algoritmo *P&O* oscila em torno do valor de referência para máxima potência, em contrapartida, o algoritmo *Fuzzy* tem a capacidade de manter-se sobre o mesmo por mais tempo. Algoritmos de lógica *Fuzzy* permitem um melhor aproveitamento da potência oferecida pelo sistema FV e consequente melhor rendimento da energia gerada pelo mesmo.

Frente as atuais preocupações mundiais com o aproveitamento energético, o controlador baseado em lógica *Fuzzy* leva vantagens em comparação ao *P&O*, por não desperdiçar parte da potência, por consequência, da energia que o sistema pode gerar. Por outro lado, a fácil implementação do controlador *P&O*, inclusive em termos de custo, o torna muito utilizado nos sistemas comerciais. Para mais, em trabalhos futuros pode-se realizar as simulações em condições de sombreamento parcial, verificando se a discrepância entre os controladores aumentará.

REFERÊNCIAS

- Abu-Rub, H.; Malinowski, M.; Al-Haddad, K. et al., 2014. Photovoltaic Energy Conversion Systems in Power Electronics for Renewable Energy Systems, Transportation and Industrial Applications. Wiley-IEEE Press. pp.832.
- Azzouzi, M., 2012. Comparaison between MPPT P&O and MPPT Fuzzy Controls in Optimizing the Photovoltaic Generator. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 3, No. 12.
- Barbi, I., 2007. Projetos de fontes Chaveadas, Edição do autor, Florianópolis, Brasil.
- Cavalcanti, M.C., Oliveira, K.C., Azevedo, G. M. S., Neves F. A. S. et al., 2007. Comparative Study of Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic Systems, Brazilian Journal of Power Electronics, vol. 12, no 2, pp.163.
- Confessor, S. L. M., 2014. Análise comparativa de controladores MPPT aplicados a um sistema fotovoltaico. Universidade Federal Rural do Semiárido - Programa de pós-graduação em sistemas de comunicação. Mossoró-RN.
- Currall, N.C.L., 2012. Micro inversor para módulo fotovoltaico, dissertação de mestrado, FEUP, Portugal.
- Gomide, F. A. C. Gudwin, R. R., 1994. Modelagem e sistemas em lógica Fuzzy, SBA Controle & Automação. Vol.4 n°3.
- Gow, J. A.; Manning, C. D., 1999. Development of a Photovoltaic Array Model for Use in Power Electronics Simulation Studies, IEE Proc. On Electric Power Applications, vol. 146, no. 2, p.193-200.
- Kerekes, T., 2009. Analysis and modeling of transformerless photovoltaic inverter systems. Tese de Doutorado, Aalborg University, Institute of Energy Technology, Dinamarca.
- Kumar, A.; Vempati, A. S.; Behera, L. et al., 2013. T-S fuzzy model based Maximum Power Point Tracking control of photovoltaic system. International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE).
- Moçambique, N. E. M., 2012. Aplicação de algoritmos de busca do ponto de máxima potência e controladores lineares e/ou Fuzzy para a regulação da tensão terminal de módulos fotovoltaicos. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- Pereira, F. M. C., 2012. Conversor CC/CC elevador para módulos fotovoltaicos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto- Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Automação.
- Pinho, J. T.; Galdino, M. A., 2014. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CEPTEL, CRESESB, Rio de Janeiro.
- Quada, M.; Merudjet, M. S.; Taibi, N., 2013. Optimization photovoltaic pumping system based BLDC using Fuzzy logic MPPT control. IEEE.
- Safari, A.; Mekhilef, S., 2011. Simulation and Hardware Implementation of Incremental Conductance MPPT With Direct Control Method Using Cuk Converter. IEEE Transactions on Industrial Electronics, VOL. 58, NO. 4.
- Seguel, J. I. L., 2009. Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital. Dissertação de mestrado do programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- Shiau, J.; Wei, Y.; Chen, B., 2015. A Study on the Fuzzy-Logic-Based Solar Power MPPT Algorithms Using Different Fuzzy Input Variables.
- Silva, L. R. C., 2015. Análise de Técnicas de Rastreamento de Máxima Potência (MPPT) para Aplicação em Sistemas de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede. Universidade Federal de Uberlândia.
- Vilela, A. O. R., 2011. Projeto e construção de um conversor boost controlado em modo de tensão. Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Departamento de Engenharia Elétrica. Viçosa.
- Villalva, M. G., 2010. Conversor Eletrônico de Potência Trifásico para Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas.

COMPARISON OF P&O ALGORITHMS AND FUZZY LOGIC FOR TRACKING THE MAXIMUM POWER POINT OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM

Abstract. *The need for clean sources for energy generation calls attention to photovoltaic systems (PV), which has been receiving major contributions in research, to improve performance and make better use of the energy generated. Solar cells have their energy generation linked to atmospheric conditions such as incidence of solar radiation and temperature. In order to increase the energy generated, two algorithms for maximum power point tracking (MPPT) were simulated in this article. The first algorithm is based on the P&O techniques, commonly used, and later an algorithm based on Fuzzy logic was proposed. The simulations and analyzes allow us to conclude that the controller based on the Fuzzy algorithm can be an alternative to more traditional methods, as it allows to obtain a better use of the power offered by the PV system and a better yield of the generated energy.*

Key words: Solar Energy, MPPT, Fuzzy Logic.