

ANÁLISE DE UM SEGUIDOR SOLAR UNIDIRECIONAL EM UM DIA PARCIALMENTE NUBLADO

Adriano da Silva Antônio – adrianocoy@hotmail.com

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Elétrica

Heverton Augusto Pereira – hevertonaugusto@yahoo.com.br

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Elétrica

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Elétrica

Resumo. A busca por fontes renováveis de energia é uma realidade na atual conjuntura política e social no qual vivemos. Nesse contexto a utilização de painéis solares fotovoltaicos tem se tornado uma alternativa viável economicamente, de maneira que sua inserção na matriz energética de muitos países é uma realidade. A potência produzida por um painel fotovoltaico está diretamente relacionada com o nível de radiação solar incidente sobre a placa, e devido à ocorrência de mudanças atmosféricas, onde se destaca a variação da posição do sol em relação ao painel durante o dia, se faz necessário a utilização de seguidores solares para que o painel trabalhe sempre no ponto onde se é possível captar o máximo de radiação fornecida pelo sol. Este trabalho tem o objetivo de se estudar o ganho de energia elétrica produzida por um painel quando se utiliza um seguidor solar. O protótipo construído possui um circuito de controle que faz o painel girar, após o acionamento de um motor de passo, além da possibilidade de monitorar todos os dados referentes ao desempenho do painel, através de uma interface gráfica desenvolvida. Além disso é possível realizar o envio de comandos ao circuito de controle do protótipo. Para validar a importância da utilização de seguidores solares será utilizado um painel estático, onde os seus dados também serão monitorados, para efeito de comparação com o painel móvel.

Palavras-chave: Interface Gráfica, Microcontroladores, Painel Fotovoltaico, Radiação e Seguidor Solar.

1. INTRODUÇÃO

A energia solar chega na superfície terrestre em alta escala e quase que diariamente, mas o seu uso como fonte para a produção de energia elétrica ainda é limitado, devido a questões políticas, econômicas e pelo pouco conhecimento tecnológico na área. Devido a sua abundância e ser ela encontrada em quase todo o globo terrestre, a energia gerada pelo sol se configura como uma das possibilidades de solução definitiva para o problema de produção de energia mundial, já que ela é do tipo limpa e renovável.

Na Figura 1 é apresentado um gráfico onde é possível ver o crescimento da capacidade mundial de módulos fotovoltaicos instalados, todos os valores são dados em GW:

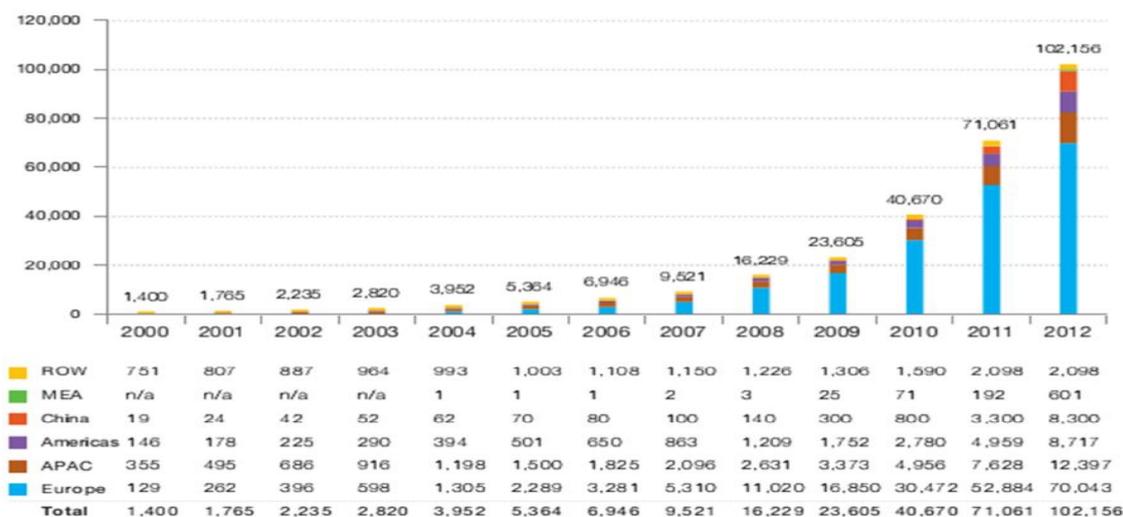


Figura 1- Crescimento do potencial energético mundial (EPIA, 2013).

Apesar do forte crescimento nos últimos anos, a capacidade instalada de energia solar ainda possui pouca expressão na matriz energética mundial, devido aos baixos incentivos governamentais e ao alto custo relacionado ao baixo rendimento na produção de energia (Campos, 2013).

Para melhorar o rendimento da energia produzida por painéis fotovoltaicos, com a finalidade de atrair incentivos e diminuir o custo relacionado a produção de energia, uma das possibilidades é a inserção de um sistema capaz de seguir o sol durante o dia, dispositivo conhecido como seguidor solar, que tem como objetivo aumentar a absorção da energia proveniente do sol (Hurley, 2005), fazendo com que os raios solares sempre incidam perpendicularmente ao plano do painel, otimizando a potência elétrica produzida pelo módulo, já que o desempenho de um sistema de geração de energia elétrica está diretamente relacionada com a temperatura e radiação incidente sobre o coletor do painel (Lehman, 2008), pois, o movimento diário do sol prejudica a captação de radiação por dispositivos estáticos (H. Dong, 2009).

O desenvolvimento de um sistema rastreador necessita de considerações em relação à variação da radiação, que é diretamente relacionada a posição geográfica. Mas o princípio básico de um seguidor solar é permitir que o ângulo de incidência dos raios solares sejam sempre perpendiculares ao plano do módulo. Isso permite um melhor aproveitamento da energia solar incidente (J.-S. Ko, 2009) (M. Neves, 2009).

O ponto a ser analisado é a localização do sol durante o dia. Ela pode ser descrita em termos da altitude β e o ângulo azimutal ϕ_s , como apresentado na Figura 2 (M. Neves, 2009). O azimute é o ângulo da projeção do sol com o norte, enquanto a altitude solar é o ângulo que o sol faz com o plano horizontal.

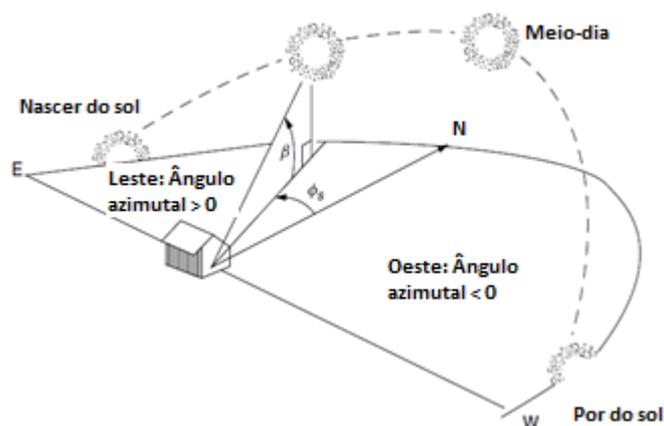


Figura 2- A posição do sol pode ser descrita pelo ângulo de altitude β e o seu ângulo azimutal ϕ_s (Masters, 2004).

Durante a manhã o ângulo do azimute é positivo, quando o sol se encontra no leste, e negativo durante as tardes, quando o sol se encontra no oeste, estes ângulos são importantes para a construção do seguidor solar que se classificam quanto ao número de eixos rotativos, o tipo de estrutura para a sustentação do painel fotovoltaico e o tipo de controle para o seu movimento (Pinto, 2010), na Figura 3 é apresentada as classificações de seguidores solares quanto ao número de eixos rotativos:

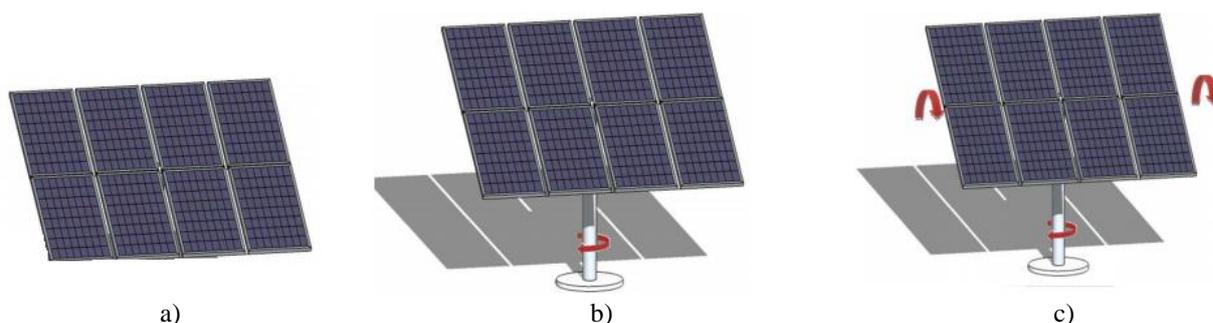


Figura 3- Classificação de painéis solares quanto ao número de eixos rotativos: a) painel estático – 0 eixos, (b) painel movido unidirecionalmente – 1 eixo, (c) painel movido bidirecionalmente - 2 eixos (Pinto, 2010).

As diferenças quanto a utilização de cada um dos casos anteriores são dadas pelo tipo de mecânica e controle, custo, precisão e área de terreno ocupada. Essas características são apresentadas na Tabela 1 (Pinto, 2010):

Tabela 1 – Características dos tipos de seguidores solares

TIPO/CARACTERÍSTICAS	MECÂNICA E CONTROLE	CUSTO	PRECISÃO	ÁREA DE TERRENO OCUPADO
PAINEL ESTÁTICO	Nenhum	Nenhum	Baixa	Baixa
1 EIXO	Simples	Baixo	Médio	Baixa
2 EIXOS	Complexo	Alto	Alto	Alta

Na Figura 4 é apresentado um estudo comparativo sobre o ganho de captação de radiação para painéis fixos e moveis em um e dois eixos, em todos os casos este ganho foi positivo (NREL, s.d.)

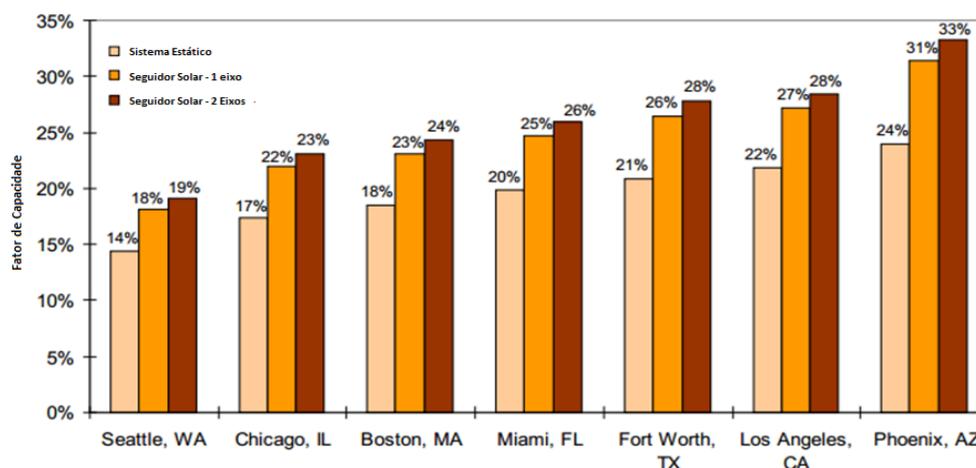


Figura 4- Fator de capacidade de radiação solar captada por sistemas estáticos e seguidores solares (NREL, s.d.).

Para validar a importância do uso de seguidores solares, quando se refere a otimizar o valor da energia produzida por um painel fotovoltaico, este trabalho fará a comparação do valor de energia produzida por um painel móvel, sustentado por um seguidor solar que se movimenta em um eixo, com outro painel estático, mantendo ambos os painéis sob as mesmas condições climáticas e mesma inclinação dos coletores.

2. METODOLOGIA

2.1 Equações

A produção de energia elétrica utilizando painéis fotovoltaicos é possível com a presença da radiação solar, por esta razão se faz necessário saber em qual horário o sol nasce e em qual horário ele se põe, evitando assim o desperdício de energia na utilização do sistema de controle. Essas situações são dadas por Eq.(3) e Eq.(4), onde δ é o ângulo de declinação solar, L a latitude do local onde o dispositivo está sendo instalado, n o número do dia no ano, H_{SR} uma variável auxiliar, $H_{nascente}$ horário em que o sol nascerá e H_{poente} horário no qual o sol irá se pôr (Masters, 2004):

$$\delta = 23,45 \text{sen} \left[\frac{360}{365} (n - 81) \right] \quad (1)$$

$$H_{SR} = \cos^{-1} [-\text{tg}(L)\text{tg}(\delta)] \quad (2)$$

$$H_{nascente} = 12 - \frac{H_{SR}}{15} \quad (3)$$

$$H_{poente} = 12 + \frac{H_{SR}}{15} \quad (4)$$

Está apresentado a seguir as equações que calculam o máximo valor teórico de radiação absorvida pelo painel em cada um dos três casos, são eles: para o painel estático e sustentado por um seguidor solar de 1 eixo e 2 eixos. Esses valores são importantes e é apresentado na interface gráfica, para se ter ideia o quanto nuvens ou a refletância do local onde está instalado o dispositivo está influenciando na captura de radiação solar em nosso sistema.

Sistema estático. Como os sistemas estáticos não acompanham o sol durante o seu movimento diário, em maior parte do tempo eles não captam o máximo da radiação disponível pelo sol, já que para um mesmo nível de radiação o raio solar incidirá em uma área superior neste painel do que em painéis móveis, ou seja, a potência elétrica será menor. A radiação máxima captada para um dia qualquer é dado por Eq.(16) (Masters, 2004):

$$m = \frac{1}{\text{sen}(\beta)} \quad (5)$$

$$A = 1160 + 75 \text{sen} \left[\frac{360}{365} (n - 275) \right] \quad (6)$$

$$k = 0,174 + 0,035 \operatorname{sen} \left[\frac{360}{365} (n - 100) \right] \quad (7)$$

$$I_b = A e^{-km} \quad (8)$$

$$\theta = \cos^{-1} [\cos(\beta) \cos(\phi_s - \phi_c) \operatorname{sen}(e) + \operatorname{sen}(\beta) \cos(e)] \quad (9)$$

$$I_{bc} = I_b \cos(\theta) \quad (10)$$

$$C = 0,095 + 0,04 \operatorname{sen} \left[\frac{360}{365} (n - 100) \right] \quad (11)$$

$$I_{dh} = C I_b \quad (12)$$

$$I_{bh} = I_b \operatorname{sen}(\theta) \quad (13)$$

$$I_{dc} = I_{dh} \left[\frac{1 + \cos(e)}{2} \right] \quad (14)$$

$$I_{rc} = \rho I_b (C + \operatorname{sen}(\beta)) \left[\frac{1 - \cos(e)}{2} \right] \quad (15)$$

$$I_c = I_{bc} + I_{dc} + I_{rc} \quad (16)$$

Onde m é a relação de massa de ar, A a insolação extraterrestre aparente, k a profundidade ótica da atmosfera, I_b a insolação incidente sobre a superfície extraterrestre, β o ângulo de altitude solar, θ o ângulo de incidência, ϕ_s o ângulo azimutal solar, ϕ_c o ângulo azimutal do coletor, e o ângulo de inclinação do coletor, I_{bc} a insolação incidente diretamente sobre o coletor, C o fator de difusão do céu, I_{dh} a componente difusa de insolação sobre uma superfície horizontal, I_{bh} a componente direta incidente sobre uma superfície horizontal, I_{dc} a insolação refletida pelo solo, ρ a refletância do solo, I_{rc} a insolação difusa na atmosfera e I_c a radiação absorvida pelo painel fotovoltaico.

Sistema sustentado por um seguidor solar movido em 1 eixo. Para os sistemas movidos em um eixo, como o desenvolvido neste trabalho, as equações são simplificadas e a radiação absorvida pelo painel fotovoltaico é dada pela Eq. (20) (Masters, 2004):

$$I_{bc} = I_b \cos(\delta) \quad (17)$$

$$I_{dc} = C I_b \left[\frac{1 + \cos(90 - \beta + \delta)}{2} \right] \quad (18)$$

$$I_{rc} = \rho (I_{bh} + I_{dh}) \left[\frac{1 - \cos(90 - \beta + \delta)}{2} \right] \quad (19)$$

$$I_c = I_{bc} + I_{dc} + I_{rc} \quad (20)$$

Sistema sustentado por um seguidor solar movido em 2 eixos. As equações para os painéis fotovoltaicos movidos nos dois eixos também são simplificadas, tal situação não foi utilizada na prática, mas esses resultados teóricos são apresentadas na interface para efeito de comparação. A radiação máxima teórica absorvida por painéis movidos nos dois sentidos é dada por Eq. (24) (Masters, 2004):

$$I_{bc} = I_b \quad (21)$$

$$I_{dc} = C I_b \left[\frac{1 + \cos(90 - \beta)}{2} \right] \quad (22)$$

$$I_{rc} = \rho (I_{bh} + I_{dh}) \left[\frac{1 - \cos(90 - \beta)}{2} \right] \quad (23)$$

$$I_c = I_{bc} + I_{dc} + I_{rc} \quad (24)$$

2.2 Protótipo

O protótipo foi construído fundamentado em baixo custo e na simplicidade. Ele é movido por um eixo e permite o ajuste manual da inclinação do painel. A base é de ferro, adicionado a um rolamento para reduzir a força do motor de passo necessária para mover a estrutura. O restante do dispositivo, que fica sobre uma estrutura de madeira, é feita de

alumínio, leve e capaz de suportar o painel solar. Logo acima do rolamento existe uma engrenagem semelhante ao que pode ser encontrado em uma máquina de lavar roupa. Este equipamento faz contato com o motor através de uma outra roda dentada mais pequena do que a primeira ligada a uma correia. Todo esse conjunto é colocado dentro de uma embalagem de plástico coberta por papel alumínio, protegendo o dispositivo de chuva e não deixando que os raios solares atinjam o circuito de controle, que também é colocado dentro dessa mesma vasilha. A Figura 5 exibe a estrutura desenvolvida, na Tabela 2 é possível ver as características do motor de passo.



Figura 5- Estrutura desenvolvida.

Tabela 2 – Características do motor de passo utilizado

MOTOR DE PASSO	
Tensão	9 v
Corrente	1,2 A
Bobinas	4
Passo	1,8°

2.3 Acionamento e estratégia de controle

Para o acionamento do motor de passo é utilizado um microcontrolador PIC 18F4550, que tem o objetivo de acionar um dos quatro relés a cada 80 segundos, para assim alimentar uma das bobinas do motor durante 5 segundos, fazendo com que o motor gire um passo à frente e consequentemente o painel gire 0,33°. Essa diferença de deslocamento angular entre o motor e painel se deve a proporção da medida dos raios dos rolamentos ser igual a 5,42. O circuito de acionamento onde estão o microcontrolador e os relés está apresentado na Figura 6:



Figura 6- Circuito de acionamento.

2.4 Aquisição de dados e montagem

Para a leitura dos valores de corrente que estão sobre cada painel é utilizado um módulo medidor sensor de corrente Acs712 Arduino Pic 1d891, que a cada 1A de corrente que passa entre seus pinos incrementa 185 mv em sua saída, este sinal é capturado por um dos pinos do microcontrolador para a conversão A/D e enviado para o computador via USB. O envio dos valores de tensão também são realizadas pelo microcontrolador, o sinal de tensão é capturado pelo microcontrolador após passar por um circuito de divisão de tensão.

Para monitorar a posição que se encontra o painel móvel foi colocado um potenciômetro em sua base, que tem a finalidade de variar a tensão de saída a cada deslocamento do painel, tensão que também é lida pelo PIC e enviado ao computador, após algumas operações matemáticas onde se calcula a posição do painel em função da tensão de saída do potenciômetro, que é dada pela Eq. (25):

$$P(^{\circ}) = 70,3125t(v) - 111,0937 \quad (25)$$

Onde t é a tensão lida pelo microcontrolador e P a posição do painel em graus. Na Figura 7 é apresentado uma ilustração do potenciômetro utilizado como sensor de posição além do sensor de corrente. Especificados todos os materiais utilizados no protótipo para medição e controle é apresentado na Figura 8 uma ilustração geral das ligações:

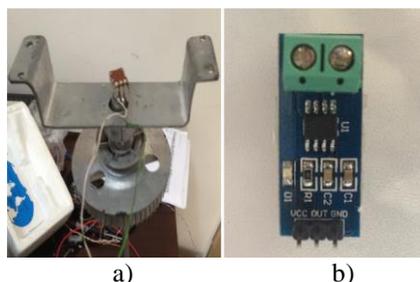


Figura 7- Sensores. a) Sensor de posição. b) Sensor de corrente.

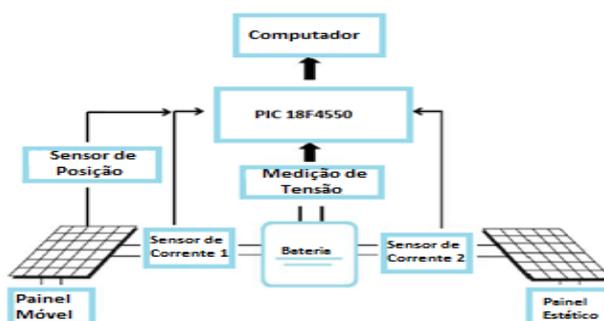


Figura 8- Montagem.

2.5 Sistema de monitoramento

Para facilitar o monitoramento do desempenho do painel móvel e fixo foi construído uma interface gráfica no *guide/MatLab*, como apresentado na Figura 9. Nessa interface é possível observar a hora em que o sistema foi ligado e quantos dados já foram captados da conexão USB, logo abaixo é apresentado onde se deve colocar os dados de entrada do processo, primeiro é realizado a escolha de qual porta foi criada quando foi realizada a conexão USB e os dados referentes a instalação do protótipo, são elas: a latitude (L), ângulo azimutal do coletor (ϕ_c), a inclinação do painel solar (e), a refletância do solo (ρ) e para finalizar a potência nominal do painel que é utilizado no teste, com a inserção dos dados realizada basta apertar o botão *Start* que o sistema de controle inicia o seu trabalho, então a interface mostra os dados práticos por meio gráfico e os valores instantâneos, além de mostrar a potência teórica que o painel estaria produzindo considerando as Eq. (1) a Eq. (24) e potência nominal do painel utilizado.

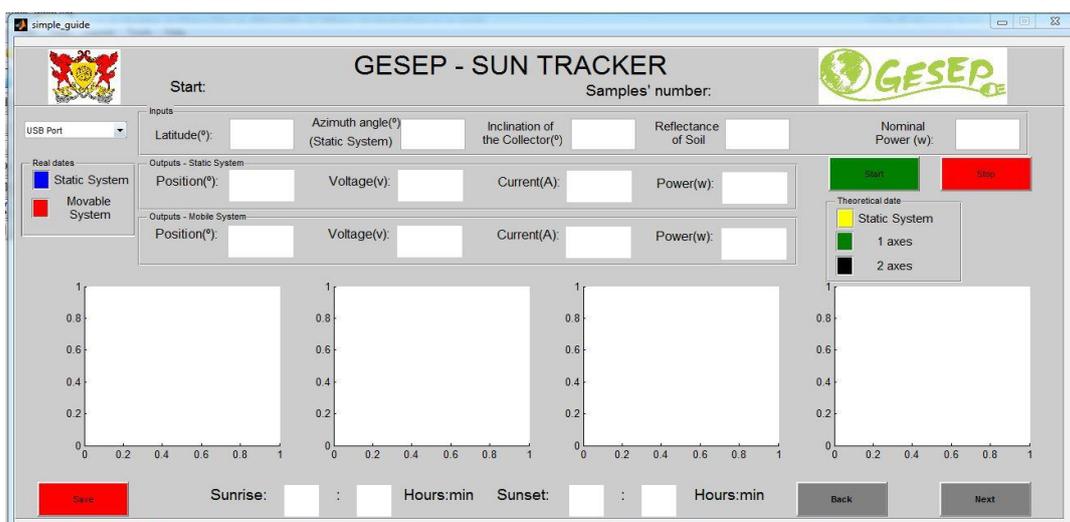


Figura 9- Interface gráfica.

É possível nesta interface salvar todos os dados em um arquivo do excel após selecionar o botão *Save*, fazer com que o motor realize um passo à frente manualmente ao clicar em *Next* ou para trás selecionando o botão *Back*, além de poder parar o funcionamento clicando em *Stop* e retornando o seu trabalho clicando novamente em *Start*.

2.6 Características do Painéis

Os painéis utilizados são da ESTRELA SOLAR com potência nominal de 10 W para uma radiação solar incidente de 1000 W / m^2 e 25° C . Eles pesam cerca de 1,5 kg, e as suas dimensões são de 350 mm de altura, 295 mm de largura e 18 mm de espessura. Outras características estão apresentadas na Tabela 3:

Tabela 3 – Características dos painéis solares.

PARÂMETROS	VALOR
Potência máxima	10 W
Tensão de máxima potência	18 v
Corrente de máxima potência	0,56 A
Tensão de circuito aberto	22,7 v
Corrente de curto circuito	0,6 A

2.7 Condições experimentais

Antes de iniciar a coleta de dados, os painéis foram definidos com a inclinação de 25° para o norte geográfico, onde a latitude é de $-20,45^\circ$. Os dados para a comparação entre o painel fixo e o sistema de rastreamento foram coletados no dia 10 de dezembro de 2013, na cidade de Viçosa - MG, quando se é primavera no Brasil, a condição climática do dia medido está apresentado na Tabela 4:

Tabela 4 – Condições Climáticas.

DIA	TEMPO
10/12/2013	Parcialmente Nublado

3. RESULTADOS

Os dados foram capturados entre às 07:30 e 17:00 do dia 10 de dezembro de 2013, durante este tempo o sol apresentou instantes onde estava coberto por nuvens e momentos de céu aberto sem que houvesse o sombreamento nos painéis. A instalação do sistema está exibida na Figura 10, nela é possível observar que o painel móvel está direcionado para um sentido diferente do painel estático, orientada para o sentido do nascer do sol.

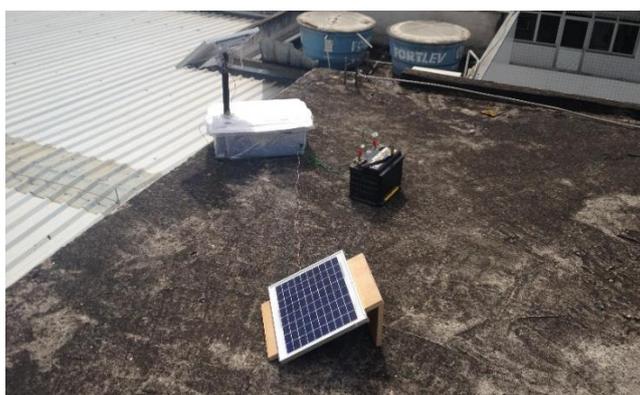


Figura 10- Instalação do Protótipo.

O computador foi instalado na sala do piso inferior, para receber os dados e monitora-los instantaneamente, evitando a exposição ao sol durante o dia. Na Figura 11 é apresentado a interface gráfica no horário próximo das 12:30 horas.

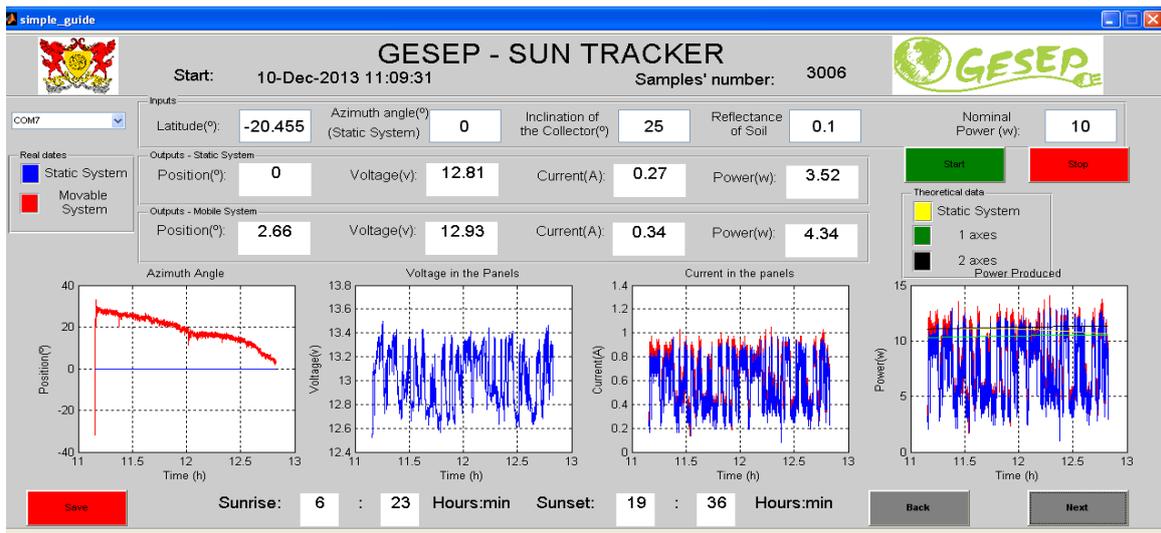


Figura 11- Dados apresentados na interface gráfica.

Para que fosse possível identificar a localização dos painéis, as posições foram medidas e o resultado final está apresentada na Figura 12. Como esperado a posição do painel estático não variou, diferente do painel móvel que após ser ajustado a sua posição inicial com o ângulo de azimute igual a $81,01^\circ$ foi para a posição final igual a $-63, 32^\circ$.

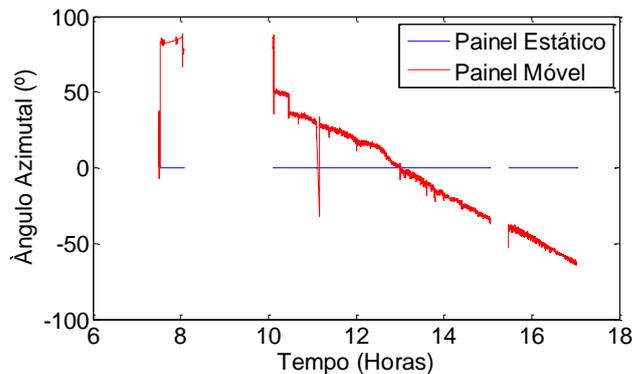


Figura 12- Posição dos painéis.

É possível perceber que entre 8 e 10 horas e próximo das 15 horas não houve variação da posição do painel móvel medido, isso ocorreu devido à perda de conexão do USB entre o microcontrolador e o computador, o que foi posteriormente solucionado.

Para que fosse possível calcular a potência produzida pelos painéis, primeiramente os valores de tensão de ambas as placas foram medidas e estão apresentadas na Figura 13, como elas estavam em paralelo com a bateria, a tensão medida era a mesma para os módulos e a bateria.

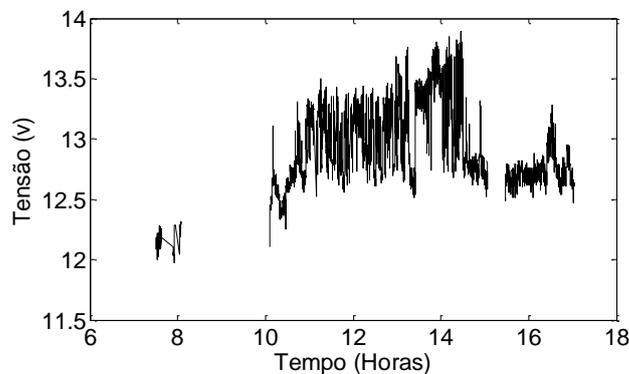


Figura 13- Tensão dos painéis e bateria.

As tensões fornecidas pelos painéis se mantiveram sempre próximo aos 13V, ou seja, eles trabalharam com as tensões diferentes do valor de tensão de máxima potência fornecida pelo fabricante, como apresentado na Tabela 3. A variação das correntes nos painéis estão apresentadas na Figura 14.

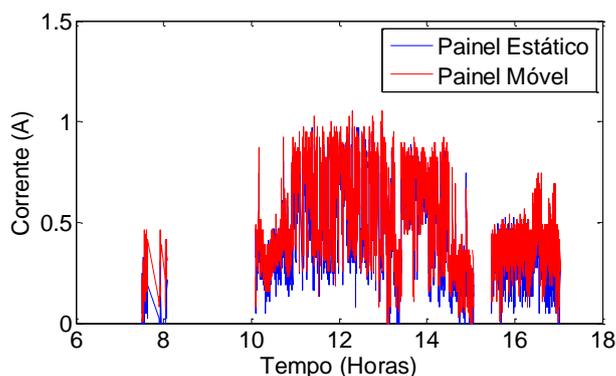


Figura 14- Corrente produzida pelos painéis.

Na Figura 14 é possível notar que próximo ao meio-dia foi o período com maiores níveis de corrente produzidas, ultrapassando o valor de corrente de curto circuito, que pode ser explicado pelos níveis de radiação nesse momento terem ultrapassado os valores nominais fornecidos pelo fabricante, consequentemente, o mesmo ocorre com o nível de potência produzida pelos painéis, o que está exibido na Figura 15.

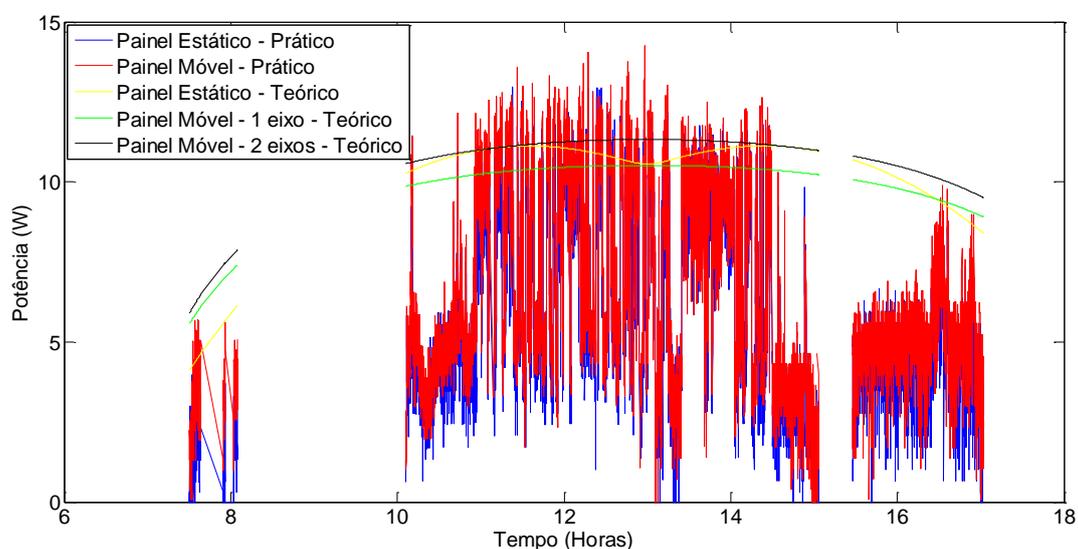


Figura 15- Potência produzida pelos painéis na prática e na teoria.

É possível perceber na Figura 15 que a variação de radiação capturada pelos painéis durante o dia na prática não é uniforme como na teoria. Isso se deve, principalmente, pelo sombreamento ocasionado pelas nuvens. Na Figura 16 é apresentado a dinâmica da potência produzida pelos painéis entre 12 e 13 horas.

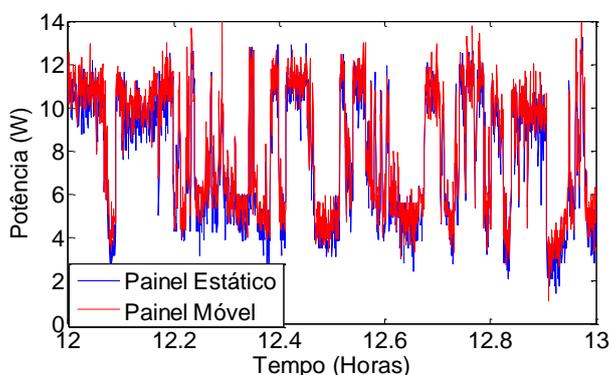


Figura 16- Potência produzida pelos painéis na prática entre 12 e 13 horas.

Nos instantes em que ocorreram sombreamento dos painéis pelas nuvens houve queda no valor de potência produzida pelos módulos. Na Tabela 5 estão exibidos os valores médios de corrente e potência produzidos para este dia.

Nota-se na Tabela 5 que a corrente e potência média para o painel móvel foram 10,36% superiores ao que foi produzido pelo painel estático.

Tabela 5 – Valores médios encontrados.

PARÂMETROS	VALOR MÉDIO	UNIDADE
Corrente – Painei Estático	0,44	A
Corrente – Painei Móvel	0,49	A
Potência – Painei Estático	5,79	W
Potência – Painei Móvel	6,39	W

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir com este trabalho que a utilização de um seguidor solar unidirecional, mesmo em um dia parcialmente nublado, aumenta a potência média produzida por um painei fotovoltaico quando comparado com um painei estático. No dia em estudo o ganho chegou a 10,36%.

Foi possível construir uma interface gráfica onde todos os dados relacionados com o processo são apresentados, facilitando o monitoramento por parte do interessado em saber como as variáveis estão se comportando instantaneamente.

REFERÊNCIAS

- Campos, E., 2013. *Construção de um caracterizador de painéis solares utilizado um conversor boost*, Viçosa-MG: s.n.
- EPIA, E. P. I. A. -, 2013. *Global Market Outlook For Photovoltaics*, s.l.: s.n.
- H. Dong, W. Z.-C. S. H. X. G.-L. e. L. F.-P., 2009. *Research and design on a robust sun-tracker*, s.l.: International Conference on Sustainable Power.
- Hurley, S. A. e. W., 2005. *Investigating the Effectiveness of Maximum Power Point Tracking for a Solar System*, s.l.: Power Electronics Specialists.
- J.-S. Ko, J.-S. C. , .. S.-J. K. , M.-G. J. , J.-W. B. , .. D.-K. K. e. D.-H. C., 2009. *A novel tracking system development of photovoltaic for low radiation*, s.l.: Telecommunications Energy Conference.
- Lehman, D. N. e. B., 2008. *A Reconfigurable Solar Photovoltaic Array Under Shadow Conditions*, s.l.: Applied Power Electronics Conference and Exposition.
- M. Neves, C. C. R. e. F. M. E., 2009. *Módulo fotovoltaico com seguimento da posição solar*, s.l.: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Masters, G. M., 2004. *Renewable and Efficient Electric Power Systems*, s.l.: John Wiley & Sons.
- NREL, N. R. E. L. -, s.d. [Online] Available at: <http://www.nrel.gov>
- Pinto, A. M. M. e. Z. R., 2010. *Descrição de seguidores solares e sua aplicação em centras fotovoltaicas conectadas à rede*, Belém-PA: III Congresso Brasileiro de Energia Solar.

ANALYSIS OF A SOLAR TRACKER IN A DAY PARTLY CLOUDY

Abstract. *The search for renewable sources of energy is a reality in the current political and social scenario in which we live, it is in this context that the use of photovoltaic solar panels is inserted, where the solar radiation is captured and transformed into electrical energy. The power produced by a photovoltaic panel is directly related to the level of solar radiation incident on the panel, so, because of the atmospheric changes during the day, as the variation of the sun's position in relation to the panel, becomes necessary the use of solar trackers to force the panel to work in a point where it is possible to capture the maximum radiation provided by the sun. In order to study the gain of energy produced by a panel when using a solar tracker in comparison to a static one, this work proposes the construction of a prototype that intends to make the panel track the sun's movement. This prototype will have a control circuit that will rotate the panel by the actuation of a stepper motor, in addition to the possibility to monitor all the data related to the performance of the panel, which is sent to a computer that has an interface where you can view the data and send some commands to the control circuit of the prototype. To validate the benefits of the use of solar trackers, the generation performance data between static and a dynamical panel was monitored and compared.*

Key words: *Graphic Interface, Microcontrollers, Photovoltaic Panel, Solar Radiation and Sun Tracker.*