

# DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE RASTREAMENTO SOLAR PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

**Fernando H. V. Ortiz** – fernandovassilive@gmail.com

**Vinicius C. G. Alves** – viniuscscarcute\_26@hotmail.com

**Antônio E. Holdefer** – holdefer@gmail.com

**Antônio M. M. Medeiros** – amarcosmedeiros@gmail.com

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Departamento de Engenharia Elétrica

**Resumo.** *Para que a energia fotovoltaica tenha mais competitividade no mercado, ainda é necessário desenvolver algumas técnicas para aumentar sua eficiência. As principais medidas que podem aumentar a eficácia na captação de energia fotovoltaica são o emprego de materiais mais avançados, o rastreamento solar e a procura do ponto de maior potência. Esse artigo tem o objetivo de apresentar o projeto e o desenvolvimento de um rastreador solar, que é um mecanismo que faz com que o painel fotovoltaico se movimente mantendo sempre suas células fotovoltaicas apontadas para o sol, resultando em uma maior eficiência na geração de energia solar.*

**Palavras-chave:** *Energia Solar, Rastreamento, Eficiência.*

## 1. INTRODUÇÃO

Devido ao avanço desenfreado do aquecimento global, tem-se notado a baixa demanda de chuvas em grandes centros industriais, O que causa certa preocupação com a falta das mesmas nas regiões de grandes lagos onde se encontram as usinas hidrelétricas, desencadeando uma baixa geração de energia e ocasionando a ativação de usinas termelétricas, o que faz agravar bastante este fenômeno.

Uma saída para diminuir a emissão de poluentes e evitar agravar ainda mais a degradação do meio ambiente é a geração de energia via incidência solar, através de placas fotovoltaicas, que é uma energia limpa e pouco utilizada no Brasil, mas que a cada dia se torna mais procurada.

Segundo estudos (Chiguera, 2000), um grande atrativo para o Brasil é a alta incidência do sol.

Um dos pontos que deixam este tipo de geração de energia mais atrativo é o balanço entre vantagens e desvantagens, cuja diferença é bem favorável.

A energia solar apresenta algumas vantagens, como:

- A radiação solar é uma fonte inesgotável de energia. A quantidade de energia do Sol que chega à Terra é grande correspondente a 10.000 vezes o consumo mundial da mesma em uma hora (Luque e Steven, 2011). O Brasil apresenta uma insolação considerável em seu território, conforme divulga o Atlas Solarimétrico do Brasil (Chiguera, 2000). Utilizando apenas 0,4% da área total de terra do País, pode-se prover toda a energia demandada atualmente (Castro, 2010).
- Não há emissão de poluentes, o que quer dizer que o impacto ambiental é mínimo.
- Os painéis fotovoltaicos tem uma estimativa de durabilidade de 30 a 40 anos, podendo comprometendo 20% da produção de energia elétrica em 25 anos conforme teste realizados pelos fabricantes de acordo com a norma (IEC 61215, 2005), (IEC 61646, 2008).
- Os painéis fotovoltaicos são de fácil instalação e manutenção.

Entretanto há alguns problemas a serem enfrentados como:

- O custo de instalação inicial é elevado, se comparado a outras fontes de energia.
- A produção de energia depende do tempo e do clima, diminuindo a sua eficiência em dias nublados ou chuvosos.
- A eficiência dos painéis fotovoltaicos ainda é baixa, devendo ser desenvolvidos métodos para aumentar a mesma.
- A incidência solar é afetada pela orientação do painel em relação ao sol.

Para melhorar o aproveitamento da geração de energia solar, um grande passo é fazer com que o painel fotovoltaico acompanhe o sol, via rastreamento solar, para então poder absorver uma melhor incidência solar durante o dia.

Para conseguir tal efeito é necessário o uso de um seguidor solar ou *tracker*, que é um dispositivo que altera várias vezes a posição dos painéis fotovoltaicos durante o dia, seguindo o caminho do sol para aumentar a produção de energia solar do sistema fotovoltaico Fig 1. O uso de seguidores solares é cada vez mais comum em usinas fotovoltaicas, uma vez que a indústria de energia solar tem provado os grandes benefícios que ela possui. Mas nem todo mundo entende os

benefícios, vantagens e as desvantagens que um seguidor solar pode proporcionar a um sistema fotovoltaico.

Na fig. 1 pode-se ver como a placa acompanha o sol de acordo com sua posição no decorrer do dia (Portal Solar, 2018).

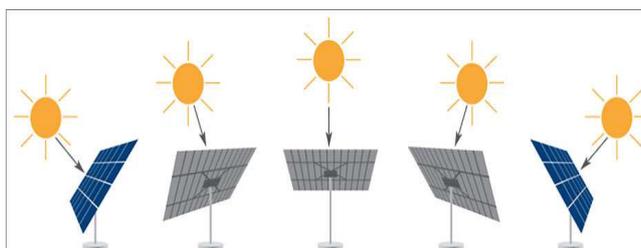


Figura 1 – Operação do rastreador solar.

Sistemas com seguidores solares convertem mais energia do que os sistemas fixos, isto ocorre devido ao aumento da exposição direta aos raios solares. Esse ganho pode alcançar valores de 20% a 45% (Portal solar, 2018). De certa forma e com as devidas características, faz sentido dizer que um sistema com seguidor solar que aumenta em 30% a produção de energia é semelhante a um sistema fixo 30% maior (que contém mais painéis fotovoltaicos).

## 2. OBJETIVO

O ângulo de incidência da radiação do sol situa-se entre -90 graus após o nascer do sol e 90 graus antes do pôr do sol, passando por zero graus ao meio-dia, podendo ser maior ou menor dependendo do azimute da terra. Isso faz com que as radiações solares variem entre 0% durante o nascer e pôr do sol e 100% durante o meio-dia. Esta variação faz com que o painel solar fixo desperdice cerca de 40% da energia coletada.

O objetivo do trabalho é desenvolver um sistema automático de rastreamento solar de maneira a tornar o painel visível ao sol durante a maior parte do dia. E realizar estudo que realmente existe maior produção de energia solar do painel fotovoltaico com a adoção do mecanismo de rastreamento automatizado.

## 3. TIPOS DE RASTREADORES SOLARES

Rastreamento solar é uma tecnologia comprovada que aumenta a produção de energia direcionando a placa fotovoltaica para a posição do sol desde o amanhecer até o anoitecer. A radiação solar instantânea coletada pelos módulos fotovoltaicos, montada em um sistema de rastreamento, é maior do que o nível de irradiação crítico para um número maior de horas do que em sistemas fixos. Existem variados tipos de rastreadores solares, de diferentes custos, desempenho e sofisticação.

### 3.1 Rastreadores de eixo único

O rastreador de eixo único tem grau de movimento que atua como um eixo de rotação. O seu eixo de rotação é normalmente alinhado conforme a localidade da placa fotovoltaica. Existem dois tipos de rastreadores de eixo único:

- Rastreador de eixo único horizontal: O sistema de rotação deste tipo de seguidor de eixo único é horizontal em relação ao solo. Ele possui tipicamente a face do módulo orientada paralelamente ao eixo de rotação. O poste do eixo de rotação pode ser compartilhado, diminuindo assim o custo de instalação (Faricelli, 2008).
- Rastreador de eixo único vertical: o sistema de rotação deste tipo de seguidor de eixo único é vertical em relação ao solo. Este tipo de rastreador é mais eficaz em latitudes elevadas do que o rastreador de eixo horizontal. Eles giram de leste a oeste. Os layouts de campo para instalação devem considerar sombreamentos. Na fig 2 é possível observar o funcionamento do rastreador solar de eixo simples (Antoni e Pereira, 2014).

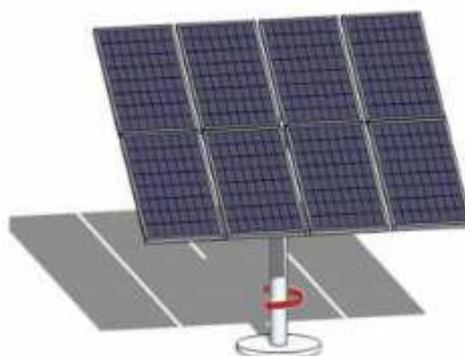


Figura 2 – Rastreador solar de eixo simples.

### 3.2 Rastreadores de eixo duplo

Rastreadores de eixo duplo possuem a captação solar otimizada, pois têm a capacidade de seguir o sol verticalmente e horizontalmente, possuindo assim dois graus de movimento. Existem dois tipos de rastreadores de eixo duplo, são eles:

- Ponta - inclinação: A matriz é montada na parte superior de um poste. Normalmente, o movimento leste-oeste é conduzido pela rotação da matriz em torno do topo do pólo. No topo do rolamento rotativo há um mecanismo em forma de T ou H que fornece a rotação vertical dos painéis e fornece os principais pontos de montagem para a matriz. Os bornes em cada extremidade do eixo principal de rotação de um rastreador de eixo duplo inclinação-inclinação podem ser compartilhados entre rastreadores para custos de instalação mais baixos (Faricelli, 2008).
- Azimute - altitude: Um seguidor de eixo duplo de azimute-altitude tem seu eixo primário (o eixo azimute) vertical em relação ao chão. O eixo secundário, muitas vezes chamado de eixo de elevação, é então tipicamente normal ao eixo primário. Na fig 3 é possível observar o funcionamento do rastreador solar de eixo duplo (Antonio e Pereira, 2014).

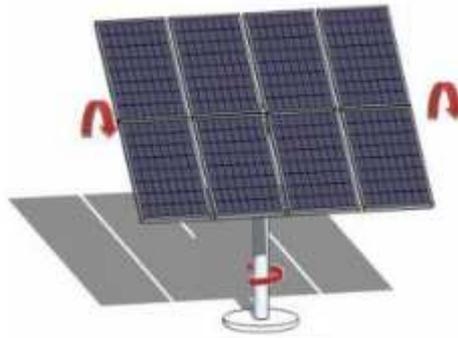


Figura 3 – Rastreador solar de eixo duplo

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Células Solares

Células Solares são dispositivos capazes de transformar a energia luminosa em energia elétrica.

São feitas de Silício, que é um dos elementos mais comuns na terra. É sólido, quebradiço, pardo na forma amorfa e cinza escuro com brilho metálico na forma cristalina. Estes materiais são semicondutores e são fundamentais para a produção de energia.

Esses materiais possuem átomos formando quatro ligações. Uma camada de Silício é tratada com Fósforo, passando então a ter elétrons extras, e a outra é tratada com Boro, passando então a necessitar de elétrons. Logo uma parte com carga positiva e a outra com carga negativa formam uma junção P/N. Quando a luz atinge a célula, certa quantidade dela é absorvida pelo material semicondutor. A energia extrai os elétrons fracamente ligados, permitindo que eles possam fluir livremente. As Células Fotovoltaicas também possuem um ou mais campos elétricos que forçam os elétrons livres a fluir em certo sentido, através da absorção de luz.

Este fluxo de elétrons é denominado corrente elétrica. A montagem do painel é formada por contatos de metal na parte superior e na parte inferior da Célula Fotovoltaica, pode-se drenar esta corrente para usá-la externamente.

A Fig 4 mostra foto tirada em laboratório pelos autores da placa utilizada para o protótipo.



Figura 4 – Painel fotovoltaico de 30 Watts

#### 4.2 Resistores dependentes de luz

Resistores Dependentes de Luz ou LDR's são componentes que agem no circuito em função da luz incidente na superfície sensível dos mesmos, ou seja, são dispositivos sensíveis à luz. Os LDR's não devem ser confundidos com foto-células. Eles são resistores que têm sua resistência dependente da intensidade da luz que incide nos mesmos, e não fornece energia. Já as fotocélulas convertem a energia luminosa recebida em energia elétrica.

Os LDR's são construídos a partir de um material semiconductor com elevada resistência elétrica. A medida com que a luz incide sobre o semiconductor faz com que os fótons liberem elétrons para a banda condutora, melhorando a sua condutividade e, assim, diminuindo a resistência.

Na Fig 5, foto tirada pelos autores em laboratório, mostra os sensores LDR's utilizados no projeto:

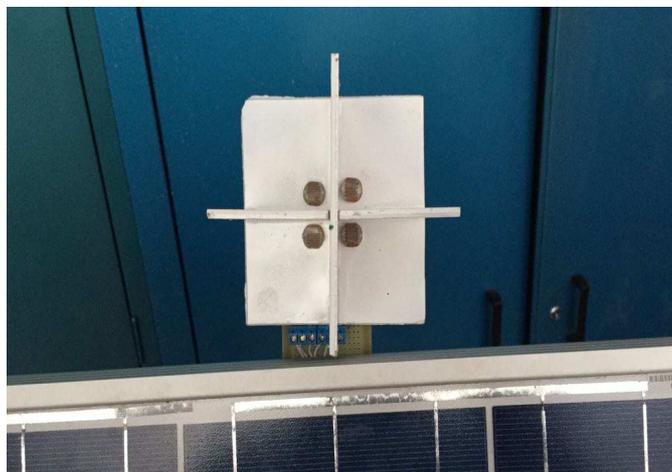


Figura 5 – Sensor dependente de luz.

#### 4.3 Motores de passo

O motor de passo foi criado para as indústrias que buscavam alta precisão e alto torque, em baixas velocidades. Ele divide uma volta em vários passos, dependendo de cada motor, sendo então possível o controle do eixo do motor em várias posições diferentes. Isso é realizado através das bobinas, fazendo que o motor ande passo por passo, precisando de uma alimentação sequencial em suas bobinas.

O passo produzido pelos motores acontece da seguinte forma: é introduzida uma tensão em uma de suas bobinas fazendo então que ela fique com o um campo magnético, assim, ela atrai o eixo sendo assim é feito isso em sua seguinte bobina e desligado a anterior, sendo então, atraído o eixo para próxima bobina e, feito sucessivamente em todas elas. Para aumentar o seu torque, é ligado duas bobinas e feito o passo de dois em dois.

Esses motores são também capazes de serem acionados através de meio passo e de micro passo, funcionando através da relutância. No momento em que se energiza uma bobina polarizando com campo magnético, ela atrai o eixo, e ao invés de se desligar a bobina e ligar outra para ele fazer o passo, a bobina é mantida ligada e se liga a outra bobina, fazendo que o eixo fique entre elas, assim, realizando o meio passo e, assim, sucessivamente é feito.

Dessa forma, esses motores possuem uma grande quantidade de posições em que se pode trabalhar, podendo gerar uma melhor posição para o painel solar fazendo com que ele absorva a maior quantidade de fótons de luz possível.

Os motores de passo, utilizados, fotografia tirada pelos autores Fig 6.



Figura 6 – Motor de passo unipolar 6 fios.

O esquema de disparo, ao qual descreve o mecanismo para acionamento do motor de passo, feito pelos autores Tab 1, e sua sequência é determinada através da ativação consecutiva das chaves S1 a S4, sendo cada acionamento equivalente à movimentação angular de 1°, da seguinte maneira:

Tabela 1 – Esquema de ligamento de bobinas.

Aciona chave S1	Movimenta 1°
Desliga chave S1	
Aciona chave S2	Movimenta 1°
Desliga chave S2	
Aciona chave S3	Movimenta 1°
Desliga chave S3	
Aciona chave S4	Movimenta 1°
Desliga chave S4	

Na Fig 7 apresenta-se o esquema para ligação dos motores de passo de 6 fios, (Fuentes, 2005) :

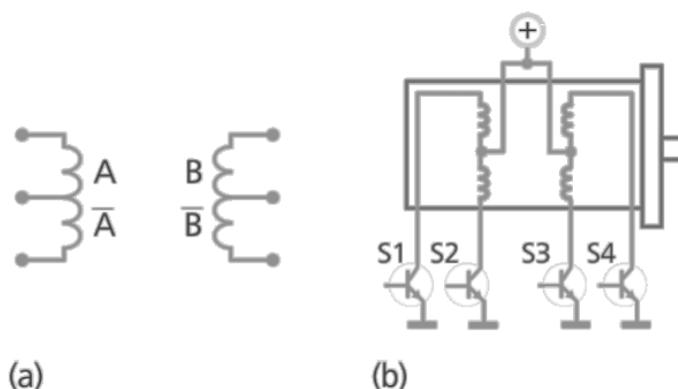


Figura 7 – a) Enrolamento b) Descrição do acionamento.

#### 4.4 Arduino

O Arduino consiste numa plataforma de hardware e software livre. Placas de Arduino têm como base o microcontrolador ATMELE AVR, um sistema de placa única que possui um microcontrolador em todos os seus componentes.

O Arduino pode ser utilizado para desenvolver objetos interativos, aceitando entrada de uma série de sensores ou chaves e controlar uma variedade de luzes, motores ou outras saídas físicas.

Projetos de Arduino podem ser independentes ou se comunicarem com softwares de computadores. Os circuitos com Arduino podem ser montados a mão ou comprados pré-montados, e o software de código-livre pode ser obtida de gratuitamente através do download pelo site do fabricante da placa.

Em termos de software, o Arduino pode ter funcionalidades desenvolvidas por meio de uma linguagem chamada DSL (Domain Specific Language), que é inspirada em nas linguagens, C/C++, que utiliza a interface gráfica escrita em Java.

A maioria das placas possui um regulador linear de 5 volts e um oscilador a cristal de 16MHz. Além de ser um microcontrolador, o Arduino também é pré-programado com um bootloader, o que facilita o carregamento de programas para o chip de memória flash embutida no Arduino, tendo vantagem sobre outros que geralmente demandam de um chip programador externo.

Na Fig 8 é mostrada a placa Arduino utilizada para programação, fotografia tirada pelos autores:



Figura 8 – Placa Arduino com ATMEL MEGA 328P.

## 5. PROJETO

### 5.1 Fluxograma de programação

Para a programação lógica do rastreador foi utilizada a plataforma Arduino, como citada anteriormente, que possui a sua linguagem própria (DSL) baseada em C/C++.

Na Fig 9 é mostrada a lógica da programação, feito pelos autores:

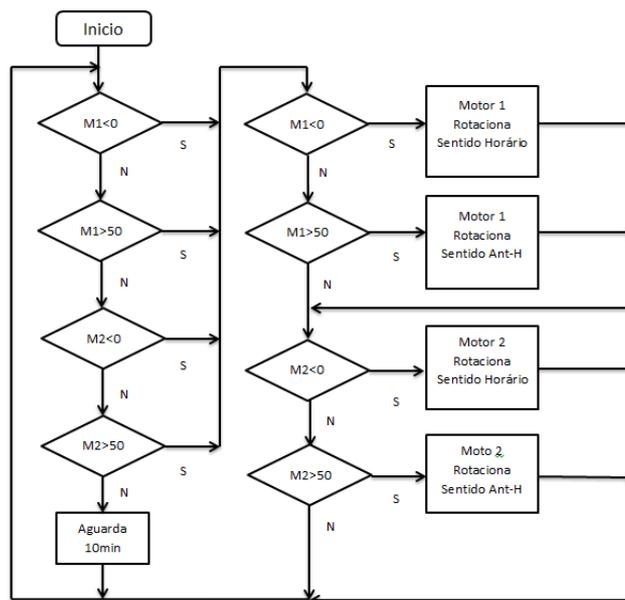


Figura 9 – Fluxograma de funcionamento da lógica de comando do rastreador solar.

Quando se inicia o programa as entradas analógicas do arduino vão fazer a leituras dos sensores LDR's, assim, eles são separados como LDR1, LDR2, LDR3, LDR4, sendo então analisadas primeiramente as seguintes sequências:  $((LDR1+LDR2)-(LDR3+LDR4)) < 0$ . Simbolizado no fluxograma como  $M1 < 0$ , assim, sucessivamente com os outros  $((LDR1+LDR2)-(LDR3+LDR4)) > 50$ , como  $M1 > 50$ ,  $((LDR1+LDR3)-(LDR2+LDR4)) < 0$ ,  $M2 < 0$ ,  $((LDR1+LDR3)-(LDR2+LDR4)) > 50$ ,  $M2 > 50$ , se os motores estiverem dentro da faixa de 0 a 50 ele não rotacionará, aguardado 10 minutos para a próxima execução do programa.

Em seguida se os sensores não estiverem na faixa de 0 a 50 é feita a seguinte análise.

I.  $M1 < 0$  se sim motor 1 rotacionará sentido horário.

II.  $M1 > 50$  se sim rotacionará anti-horário, sendo não ira para próxima condição.

E assim sucessivamente, analisará o motor 2,  $M2 < 0$  ou  $M2 > 50$  irá proceder da mesma maneira que o motor1, em seguida ele faz novamente os mesmos procedimentos para ver se ele entrou na primeira condição se não entrou fará novamente de cada motor e rotacionará referente a este.

## 5.2 Construção

Na Fig 10 é mostrado como foram conectados os LDR's no Arduino seus resistores e a ligação dos motores através de um diagrama de blocos, produzido pelos autores :

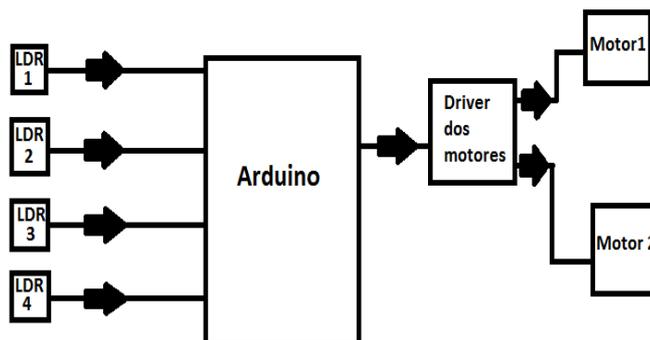


Figura 10 – Diagrama de blocos da ligação de motores e LDR's.

Na, na Fig 11, é possível ver como ficou a estrutura com todos os seus componentes acoplados, foto retirada pelos autores:



Figura 11 – Estrutura mecânica.

## 6. DESEMPENHO NA GERAÇÃO

A eficiência de um painel fotovoltaico é basicamente quantos por cento da energia da luz do sol o painel converte em energia elétrica por m<sup>2</sup>. Painéis solares de silício monocristalino possuem a sua eficiência entre 14 e 21%. Porém, possuem uma diferença de preço considerável em relação a painéis solares de silício policristalino, que são normalmente mais utilizados, por causa da sua diferença de preço que é menor, e possuem a sua eficiência normalmente entre 13 e 16.5%, quando medidos em laboratório, desconsiderando outros fatores, como temperatura e posicionamento do painel em relação aos raios solares (Portal Solar, 2018).

Os dados recebidos para comparativo entre o painel fixo e o painel móvel automatizado foi da empresa terceirizada que se chama CSI Solar Tracker (CSI Solar Tracker, 2018) ao qual fornece os dois tipos de sistema, que possui sua sede em Cabo Frio – RJ. Os painéis fotovoltaicos usados são de silício policristalino e seus dados e cálculos são listados abaixo:

- Dimensão: (165 x 99 x 3.5) cm;
- Peso do módulo: 19,1 kg;
- Máxima Potência: 250 Watts;
- Voltagem de Máxima Potência: 29,8 V;
- Corrente de Máxima Potência: 8,39 A;

O cálculo de eficiência da placa será:

Cálculo da área:

$$A = 1,65 * 0,99 = 1,6335m^2 \text{ Eq. (1)}$$

Potência do painel pela área:

$$Pa = 250 / 1,6335 = 153,04W / m^2 \text{ Eq. (2)}$$

Neste cálculo obtém-se a potência que o painel gera em 1 m<sup>2</sup> (um metro quadrado). Para se calcular a eficiência do painel é necessário considerar a Constante Solar, que é o total de energia que atinge o limite da atmosfera na superfície de 1 cm<sup>2</sup>, perpendicularmente aos raios solares durante 1 minuto. A Organização Meteorológica Mundial adotou como padrão que a densidade média do fluxo energético proveniente da radiação do sol quando medida num plano perpendicular à direção da propagação dos raios solares no topo da atmosfera. Porém, entre o topo da atmosfera terrestre e sua superfície há uma perda, portanto podemos arredondar que o valor aproximado de radiação solar em 1 m<sup>2</sup> de acordo com a *international electrotechnical commission* é de 1000W (IEC 60904-3, 2016). Logo:

$$\text{Eficiência} = 153,04 / 1000 = 15,3\% \text{ Eq. (3)}$$

Através deste cálculo, obteve-se a eficiência do painel usado, o que não se deve confundir com aumento de produção. A eficiência calculada significa que de toda a radiação solar que o painel recebe por m<sup>2</sup>, apenas 15,3 % é convertida em energia elétrica. O uso do seguidor solar não aumenta esta eficiência, mas ele aumenta a captação da radiação solar pelo painel, por fazer com ele seja direcionado ao sol por todo o dia.

Com os valores recebidos pela CSI Solar Tracker, pode-se perceber o aumento da produção de energia com o uso do rastreador em relação ao painel fixo. Com os dados fornecidos foi possível realizar a comparação da energia gerada nos dias 26/09/2017 e 27/09/2017 nas situações com painel fixo e móvel. Foram medidos pontos de meia em meia hora durante o dia, incluindo os horários que os painéis não produziram nada.

Na Fig 12 é mostrado os valores de comparativo da geração de energia do dia 26 de Setembro de 2017, produzido pelos autores:

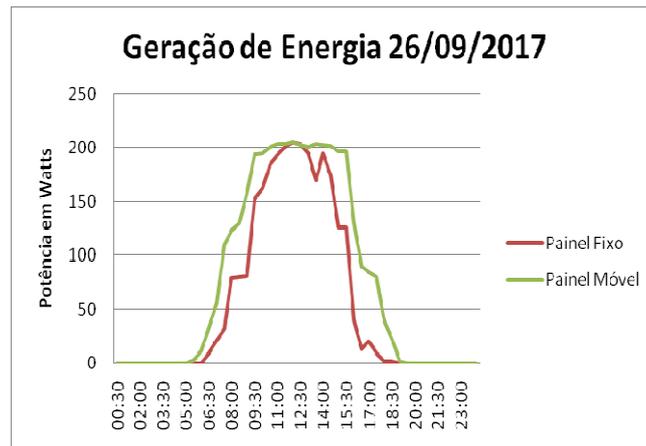


Figura 12 - Geração de energia dia 26/09/2017 (Terça-feira).

Na Fig 13 são mostrados os valores de comparativo da geração de energia do dia 27 de Setembro de 2017, feito pelos autores:

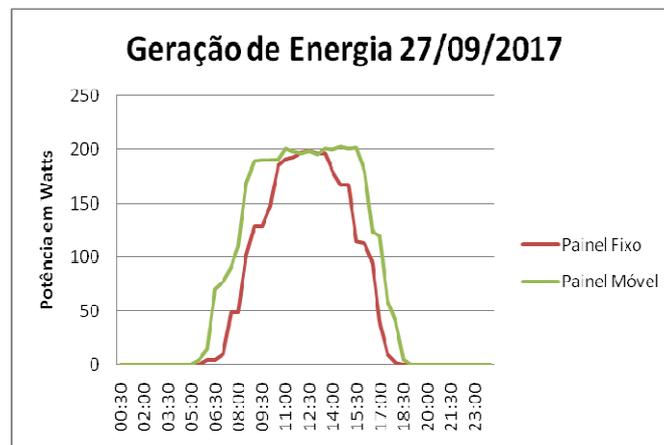


Figura 13 - Geração de energia dia 27/09/2017 (Quarta-feira).

O aumento percentual observado na geração de energia, na datas específicas. Pode ser mensurado ao considerar a potência total (W) produzido pelos painéis durante o dia 26/09/2017 e 27/09/2017. Assim através da soma dos valores em Watts produzidos pelos painéis no decorrer do dia.

No dia 26/09/2017, foi gerado pelo painel solar fixo 0,2233 kW/h, enquanto pelo painel com o rastreador solar, 0,307 kW/h. Através destes dados é possível, por comparação, obter que o uso do rastreador solar no painel fotovoltaico aumentou sua geração de energia em 27,2 %.

Já no dia 27/09/2017, a geração de energia elétrica do painel solar fixo foi de 0,239 kW/h, enquanto pelo painel com rastreador solar foi de 0,31858 kW/h, obtendo um aumento de energia elétrica com o uso do rastreador solar de 24,97%.

Pode-se notar que durante o amanhecer e o anoitecer, a geração do painel solar fixo é pouco, pois durante este período ele não está direcionado para a maior incidência solar, porém nos painéis solares com o mecanismo de rastreamento solar, a geração de energia nestes horários é maior, pois estarão, através do rastreador, direcionados para maior incidência solar, fazendo com que o painel aproveite mais a radiação do sol durante o dia e gere mais energia se comparado com o painel fotovoltaico fixo.

## CONCLUSÃO

O trabalho apesar de ser de pequeno porte, e não possuir uma programação muito complicada, foi um desafio que foi se resolvendo ao passar do tempo, foi realizado testes de funcionamento do sistema, ao qual funcionou perfeitamente seguindo qualquer tipo de variação de incidência de fluxo luminoso de maior intensidade nos ldr's, ocorrendo a movimentação correta dos motores em ambos os eixos.

O aperfeiçoamento do protótipo pode ser o ponto de partida para pesquisas e desenvolvimento de novos rastreadores, e maneiras de rastreamentos, incentivando a sociedade para a produção da energia solar que é uma energia limpa e não traz danos ao meio ambiente.

Através dos dados de geração fornecidos pela empresa CSI Solar Tracker, foi possível calcular e perceber o quanto a mais o sistema de rastreador solar faz com que seja aproveitada a radiação solar durante o dia, gerando mais energia elétrica do que um sistema com o painel fotovoltaico fixo.

Por fim, pode-se concluir que este trabalho possui o fim científico e sustentável, não apenas acadêmico, podendo agregar conhecimento e incentivo para a sociedade na área de produção de energia solar.

## Agradecimentos

Agradecemos aos nossos orientadores Prof.s Antônio Eliseu Holdefer e Antônio Marcos de Melo Medeiros pelo incentivo e ajuda diante das dificuldades com o projeto.

Agradecemos aos demais professores da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

E por último, mas não menos importante, agradecemos a empresa CSI Solar Tracker por nos autorizar a citar o seu nome e trabalho no nosso Trabalho de Conclusão de Curso.

## REFERÊNCIAS

- ANTONI, S. A., PEREIRA, H. A., 2014. Análise de um seguidor solar unidirecional em um dia parcialmente nublado., In: Congresso Brasileiro de Energia Solar., Recife., Anais do CBENS.
- CASTRO, C., 2010. A terra do Sol. Revista Renergy Brasil. 2. ed., p. 42, 44-45
- CSI Solar Tracker., 2018. Cabo Frio., Disponível em seguidor solar [www.csisolartracker.eco.br](http://www.csisolartracker.eco.br). Acesso em: 20/01/2018.
- CHIGUERU, T., 2000. Atlas Solarimétrico do Brasil: Banco de dados solarimetricos." Universitária da UFPE.
- FARICELLI, C., 2008. Seguidor solar para sistema fotovoltaicos. São Paulo, São Paulo, Brasil: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- FUENTES, R. C. 2005 apostila de automação industrial., Universidade Federal Santa Maria., Colégio Técnico Industrial de Santa Maria., Santa Maria.
- LUQUE, A., STEVEN H., 2011. Handbook of photovoltaic science and engineering. John Wiley & Sons.
- RIBEIRO, S. C., LEITE, P. d., BOSCO, J. G., 2012. Projeto e Desenvolvimento de um Rastreador Solar para Painéis Fotovoltaicos. IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia., Resende - RJ
- TESSARO, A. R., 2006. Desempenho de um painel fotovoltaico acoplado a um rastreador solar., Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná.
- PORTAL SOLAR, seguidor solar - tracker: vantagens e desvantagens parte 1, São Paulo, 2018. Disponível em <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar---tracker-vantagens-e-desvantagens-parte-1.html>. Acesso em : 20/01/2018.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION., 2016. **IEC 60904-3:2016**, Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION., 2008. **IEC 61646:2008** Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION.,2005. **IEC 61215:2005** Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval..

### **DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC SOLAR TRACKING SYSTEM FOR PHOTOVOLTAIC PANELS**

**Abstract.** *In order for PV (Photovoltaic) energy to be more competitive in the market, it is still necessary to develop some techniques to increase its efficiency. The main actions that can increase the efficiency in the photovoltaic energy capture are the use of more advanced materials, the solar tracking and the Maximum Power Point Tracking (MPPT). This article aims to present the design and development of a solar tracker, which is a mechanism that causes the photovoltaic panel to move, always keeping its photovoltaic cells pointing towards the sun, resulting in greater efficiency in the generation of solar energy.*

**Key words:** *Solar energy, Solar tracking, Efficiency.*