

## DESENVOLVIMENTO DE MÓDULO DE CONTROLE DE EIXO DUPLO PARA SISTEMAS DE RASTREAMENTO SOLAR COM FIM COMERCIAL.

**Werter Gomes da Rocha** - wertergomes@hotmail.com  
**Antônio Marcos De Melo Medeiros** - amarcosmedeiros@gmail.com  
**Fabírcia Neres Borges** - fabricia.neres@gmail.com  
**Vitor Hugo Martins e Resende** - vhmr@hotmail.com  
Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Engenharia

**Resumo.** Maximizar a eficiência da produção de energia tornou-se um conceito de grande importância, uma vez que as fontes de energia não renováveis provindas principalmente de combustíveis fósseis tornaram-se cada vez mais escassas. Uma alternativa às fontes não renováveis são os sistemas fotovoltaicos que usam como fonte de energia a luz do sol, que por sua vez é abundante e fácil de converter, porém o uso de painéis tem como obstáculo, para máxima eficiência, o movimento do sol que impossibilita um direcionamento correto, tornando impossível uma maior produção de energia elétrica. O presente trabalho tem como objetivo propor uma solução para tal problema, apresentando o desenvolvimento de um módulo de controle para sistemas de rastreamento solar de uso comercial, de baixo custo e de fácil instalação, facilitando a instalação por técnicos ou pessoas interessadas em obter uma melhor eficiência na geração de energia elétrica, através do uso de rastreadores solares.

**Palavras-chave:** Rastreador solar, Painel fotovoltaico, Fontes Renováveis.

### 1. INTRODUÇÃO

Na busca por soluções relacionadas as fontes de energia renováveis conceitos como SMART GRID (Rede elétrica inteligente) são cada vez mais comuns, pois buscam consumir de forma inteligente a energia já produzida. Com o uso de painéis fotovoltaicos não é diferente, entretanto é de grande importância investir em pesquisas para garantir a máxima produção de energia a partir da luz do sol, pois o feixe direto do sol transporta até 90% da energia solar, e a luz solar difusa transporta apenas os 10% remanescentes. A Fig. 1 demonstra como a radiação direta e difusa se comportam na atmosfera antes de atingirem o painel fotovoltaico.

A parte difusa é a que produz a cor azul do céu em um dia claro e a mesma aumenta proporcionalmente em dias nublados. Como a maior parte da energia está no feixe direto (radiação direta) faz sentido maximizar a coleta de energia solar tornando o painel visível a maior parte do tempo possível e apontando diretamente para o sol. Um painel solar de alta eficiência converte no máximo 24,7 % por cento da irradiação solar incidente em energia elétrica (Eficiência recorde atingida em 1998). Assim, para obter uma saída com a máxima potência possível, torna-se necessário a utilização de um sistema automatizado que deve ser capaz de movimentar constantemente o painel solar. Esse sistema é conhecido como rastreador solar.

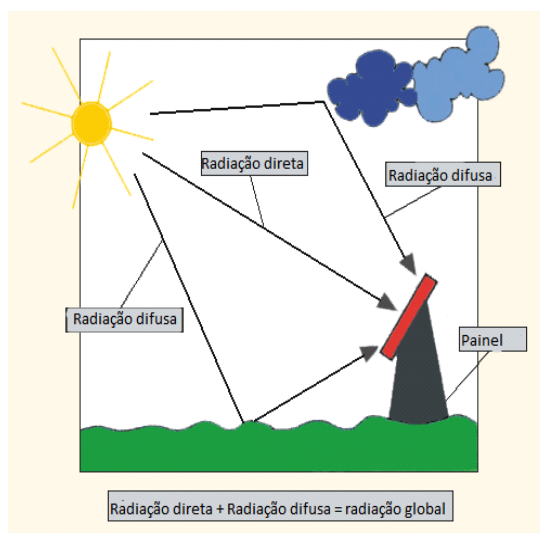


Figura 1 – Radiação Global (2017).

### 1.1 Comparativo com e sem direcionamento.

A utilização de direcionadores pode aumentar também o tempo de geração de energia como é demonstrado na Fig. 2, onde é possível verificar que o painel passa a gerar energia com uma potência considerável com duas horas de antecedência, se comparado ao painel fixo. A Fig. 2 nos mostra a potência em diferentes horários do dia.

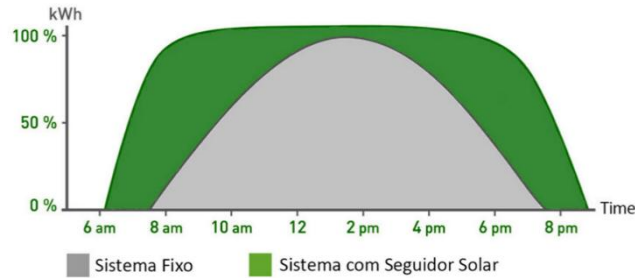


Figura 2 - Gráfico comparativo disponível em portal solar.

O uso de módulos de direcionamento solar pode impactar tanto nos custos quanto na eficiência, informação que pode influenciar na escolha pela potência dos painéis, uma vez que o consumidor poderia então utilizar painéis com potências menores, tendo em vista que, com o correto direcionamento feito pelo modulo conseguiria com um painel com potência inferior os mesmos resultados que um painel com potência superior, Fig. 3 mostra um comparativo do ganho em 2 eixos, 1 eixo e instalação fixa.

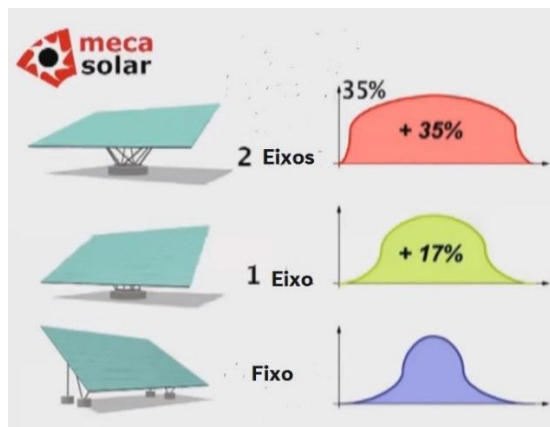


Figura 3 - Vantagens diferentes posicionamento.

Vantagens da implementação de rastreadores solares:

- Reduzir custos de operação: uma vez que seja possível utilizar menos painéis e aumentar o ganho é possível diminuir custos.
- Reduzir a probabilidade de falta de energia: Tendo como fonte alternativa de obtenção de energia e armazenamento em baterias torna-se possível a diminuição de quedas na alimentação de maquinário.
- Reduzir a necessidade de investimentos do setor público em geração e transmissão: Ao se diminuir o consumo como novas tecnologias e fontes alternativas, diminui também os investimentos em formas de geração como: hidrelétricas, usinas a carvão e também a petróleo, tendo em vista que a energia nuclear embora perigosa tenha um bom desempenho já que utilizada de forma correta não emite poluentes diretos ao meio ambiente.
- Reduzir os impactos ambientais e sociais e reduzir o impacto no consumo de recursos naturais cada vez mais escassos.

## 2. MATERIAIS E METODOS

A pesquisa visa solucionar problemas de obtenção de máxima eficiência na geração de energia solar fazendo com que os painéis solares estejam sempre em uma posição que favoreça uma incidência superior da luz do sol sobre suas células (direcionado para o sol).

Sabe-se que o correto direcionamento dos painéis pode duplicar a obtenção de energia solar variando de acordo com a posição geográfica onde se encontra as instalações do painel, podendo variar de acordo com a latitude, os painéis podem produzir cerca de 50% a mais no verão e 20 % no inverno.

O uso de direcionadores solares pode aumentar o custo do projeto em até 25% sobre seu valor. Portanto, foi desenvolvido um sistema de fácil instalação, direto e acessível economicamente viável para a implementação do uso de painéis solares direcionáveis. Isso se dará por meio da elaboração de um módulo que integrará as funções de aquisição, processamento e controle em uma só placa de circuito integrado, com preço acessível, tornando a instalação simples e intuitiva para os consumidores interessados em aumentar a eficiência de seus sistemas de painéis solares fotovoltaicos ou que pretendem instalar um. Portanto pode-se enumerar as vantagens desse sistema da seguinte forma:

- Sistema plug and play;
- Custo acessível;
- Pouca necessidade de conhecimento em eletrônica para a instalação. (Sistema auto explicativo);
- Capacidade de acionamento de motores de até 12 Ampere DC;
- Fácil adaptação a diferentes acionamentos mecânicos, tais como motores DC, AC e Lineares.
- Caso sejam necessários acionamentos de motores maiores, necessita-se da utilização de contatores extras na potência desejada, permitindo o acionamento do conjunto de painéis.
- Toda a eletrônica e sensores será confinada em uma placa hermeticamente fechada para uso ao ar livre, tornando o sistema altamente modular.
- O sistema retornará à posição original após o pôr do sol, permitindo o uso em sistemas com atuadores lineares.
- Sistema flexível, desenvolvido para sistemas de eixo duplo ou simples.

Para isto foram utilizados os seguintes elementos: micro controladores, sensores de luminosidade e relés.

Atualmente, a falta de informação faz com que os consumidores tenham rejeição ao sistema de produção de energia solar, logo se faz necessária a divulgação de informações relativas a este campo de estudos, uma vez que um consumidor bem informado passa a ter interesse em formas de produção de energias alternativas. Um exemplo são os consumidores residências que somente optam por energias renováveis caso a implantação seja barata, quesito importantíssimo na decisão da utilização do sistema em suas residências.

O módulo desenvolvido nesse trabalho permite o controle do posicionamento do painel solar por meio do uso de atuadores lineares ou motores de corrente contínua, conforme mostrado na Fig. 4.



Figura 4 - Motor linear a esquerda e motor de corrente continua direita.

## 2.1 Relé

Relé Fig. 5 apresenta chaves eletromecânicas acionadas por meio de um campo magnético gerado por meio de sua bobina interna. São vastamente utilizados para acionamentos de cargas com maior potência, protegendo assim, a parte primária de um circuito da parte secundária.

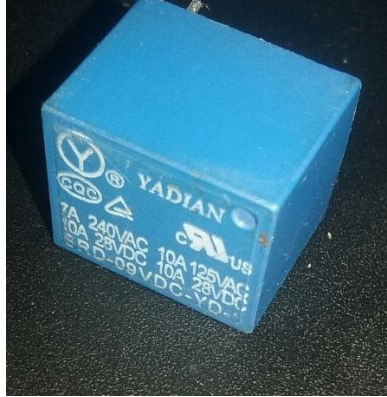


Figura 5 - Ldr Fonte: Autor.

## 2.2 Painel solar

O painel solar geralmente é composto de várias células solares, que também são conhecidas como células fotovoltaicas. Cada uma pode produzir cerca de 1 a 2 Watts de potência, com uma tensão de 0.5 Volts, porém para que se possa atingir maiores valores de tensão faz-se necessária a utilização de células combinadas. É possível ver um modelo de painel solar na Fig. 6.

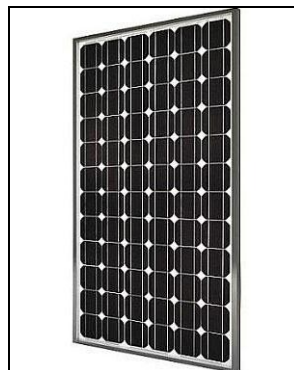


Figura 6 - Módulo Fotovoltaico (2017)

## 2.3 LDR

*Light-Dependent Resistor* Fig. 7, que significa resistor dependente de luz, é um semicondutor de alta resistência, a qual somente é alterada com a variação da luz incidente. A baixa incidência de luz faz com que sua resistência aumente no escuro e diminua com a presença de luz. Com o uso de uma quantidade maior de LDR's é possível verificar a variação dos valores de sua resistência, onde com um correto posicionamento pode-se então verificar a direção exata da origem da luz que incide sobre si.

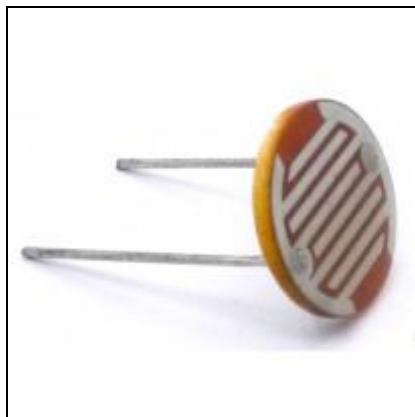


Figura 7 - Ldr (2017)

#### 2.4 Motor de corrente contínua

Segundo SILVEIRA, C. B, “Um motor CC Fig. (8) é um motor elétrico que é alimentado por corrente contínua (CC), sendo que esta alimentação pode ser proveniente de uma bateria ou qualquer outra de alimentação CC. A sua comutação (troca de energia entre rotor e estator) pode ser através de escovas (escovado) ou sem escovas (*brushless*). Em um motor Corrente Contínua(CC), a velocidade pode ser controlada apenas variando a sua tensão, diferentemente de um motor elétrico de corrente alternada (CA) cuja a velocidade é variada pela frequência.”



Figura 8 - Motor de corrente contínua, fonte:<http://www.directindustry.com/pt/prod/portescap/product-24824-1797857.html> (2017).

#### 2.5 ATMEGA 32

“O ATmega32 é um micro controlador CMOS de 8 bits de baixa potência baseado no AVR Arquitetura RISC aprimorada. Ao executar instruções poderosas em um único ciclo de tempo, O ATmega32 atinge uma taxa de transmissão de dados de aproximadamente 1 MIPS por MHz, designe que permite que o sistema otimizar o consumo de energia pela velocidade de processamento.”, pode-se visualizar o controlador na Fig. 9.



Figura 9 - Atmega (2017)

## 2.6 Disposição I/O ATMEG32

Como demonstrado na Fig. 10, O atmega 32 dispõe de múltiplas entradas digitais e analógicas e digitais dispendo de registradores de interrupção, pwm (Pulse-Width Modulation) modulação por largura de pulso entre outras funções que podem facilitar tanto na leitura de sensores quanto no acionamento dos reles do circuito de acionamento figura 11.

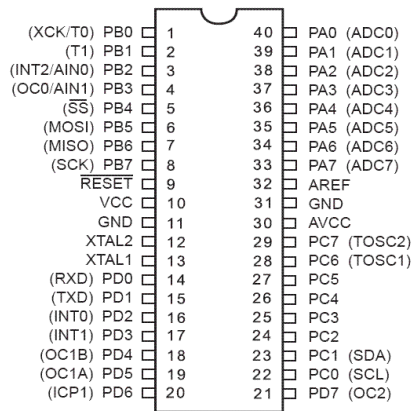


Figura 10 - Atmega32 (2017).

## 2.7 Módulo de rastreamento

Foi produzida uma placa Fig. 11 que integrará o módulo de direcionamento. A mesma é composta por sensores LDR (resistores dependentes de luz) e componentes como relés capazes de controlar cargas de diferentes potências, podendo ainda se adaptar a diversos circuitos, sendo necessárias apenas adaptações externas de suas ligações físicas.

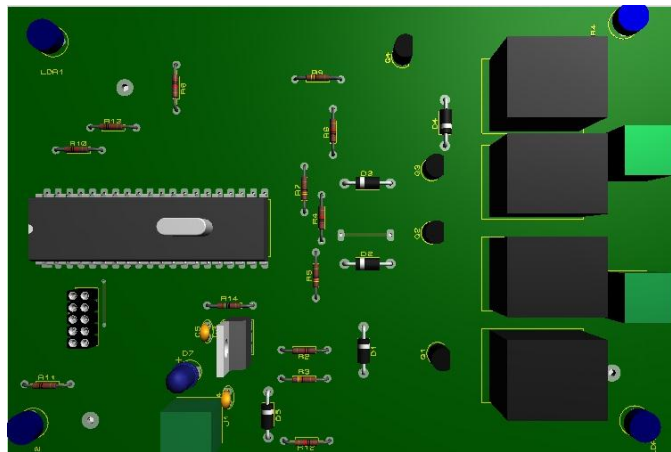


Figura 11 - Módulo de Direcionamento. Fonte: Autor (2017).

O módulo é composto de quatro sensores um em cada extremidade, a localização dos sensores de luz favorece a diferença de incidência de luz o que facilita a comparação de valores de leitura. A leitura é feita através das portas analógicas do circuito integrado atmega 32. Ao analisar os dados o microprocessador é capaz de acionar os motores através de um circuito de acionamento Fig. 12, composto basicamente de resistores, transistores BC548 e diodos. Cada motor dispõe de um circuito de acionamento.

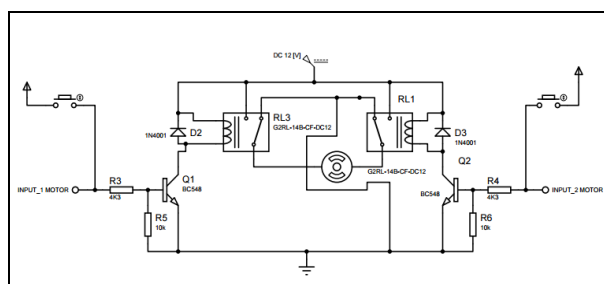


Figura 12 - Circuito de acionamento do motor. Fonte: Autor (2017).

Pode-se classificar o presente artigo como uma pesquisa aplicada, pois o mesmo tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicações práticas, voltada para a solução de problemas específicos (GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T, 2009). Essa afirmação deve-se pelo fato de que, neste caso, os estudos estão voltados a maximização da produção de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos auto direcionáveis.

A pesquisa de campo é aquela utilizada com a finalidade de adquirir informações e/ou conhecimentos sobre um determinado tema, para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese, que se pretende comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles.

Segundo JUNG, C. F, “quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e observação dos efeitos que a variável produz nos objetos em estudo. ”

### 3. FUNCIONAMENTO DA PLACA

Foi desenvolvido um algoritmo responsável pelo controle de movimento e análise dos dados recebidos pelos sensores Ldr (Resistores dependentes de luz), tendo então uma percepção do ambiente externo, fazendo assim o correto direcionamento do painel solar.

#### 3.1 Fluxograma

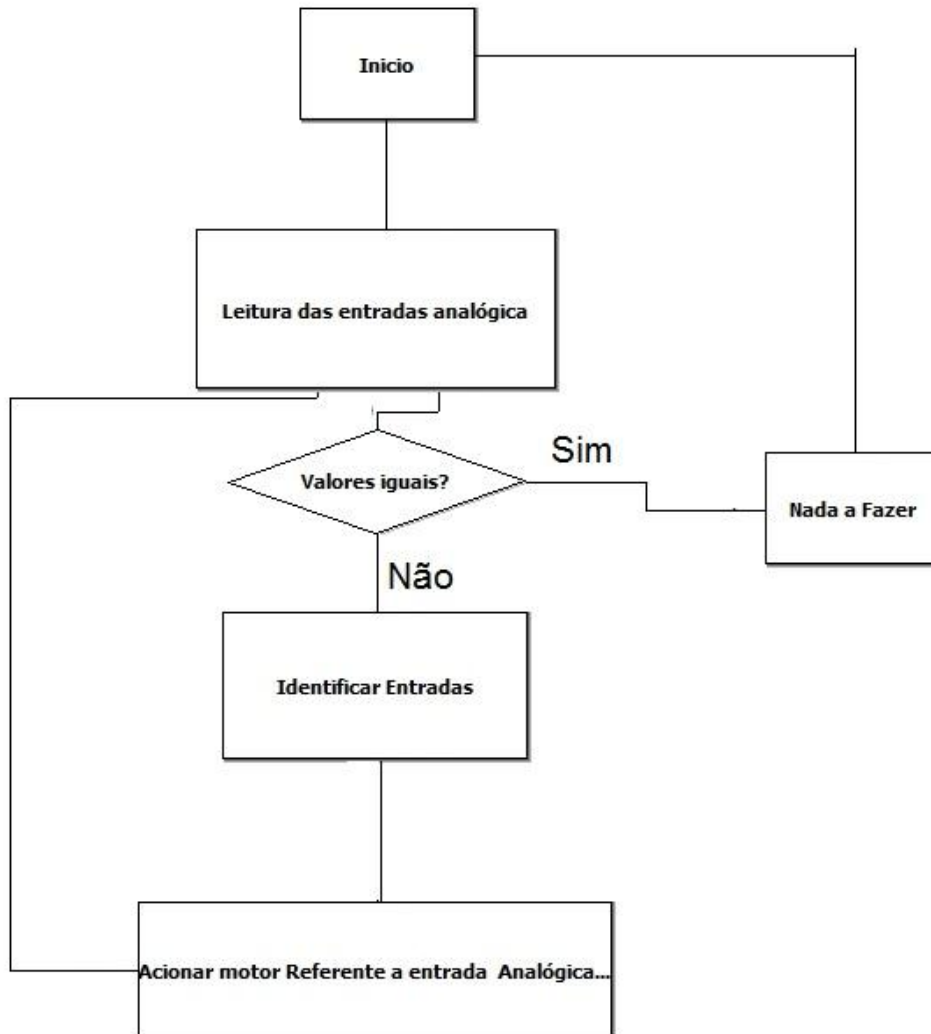


Figura 13 - Rotina de acionamento e leitura do módulo. Autor (2017).

Após a produção da placa e o desenvolvimento do algoritmo Fig. 13 foi feita a integração dos mesmos, resultando então em um protótipo que terá como finalidade testar tudo que foi desenvolvido.



#### 4. RESULTADOS

Para o posicionamento da placa foi projetado um protótipo para testes Fig. 14, onde um motor de corrente contínua faz o movimento, logo foi possível movimentar a placa e visualizar o seu posicionamento objetivo este que já era esperado desde o princípio, porém não foi feita a implementação do movimento de todos os eixos previstos, os tempos de acionamento também devem ser aprimorados uma vez que o motor de corrente contínua após ser desligado não mantém sua posição quando é aplicada uma força sobre seu eixo.



Figura 14 - Módulo de direcionamento Fonte: Autor.

A Tab. 1 mostra a relação de componentes utilizados e seus valores unitários, onde os componentes de maior custo foram o microprocessador atmega32 e substâncias com percloro de ferro, que representa respectivamente 37 % e 25 % do custo de produção do rastreador solar, para os cálculos não foi contabilizado o custo de mão-de-obra, o tempo de fabricação estimado foi de 48 horas.

Tabela 1 – Custos dos componentes.

QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	VALOR UNITARIOEM REAIS	TOTAL R\$
3	Capacitor Cerâmico 100 nF 50 Volts	0,12	0,36
2	Capacitor Cerâmico 22Pf	0,10	0,20
1	Circuito Integrado 7805 Regulador de Tensão	1,00	1,00
5	Diodo 1N4007	0,10	0,50
1	Led 5mm Vermelho Difuso	0,15	0,15
3	Borne Azul 2	2,00	6,00
4	Resistor 4k7 ¼ Watts	0,06	0,24
9	Resistor 10 k ¼ Watts	0,60	0,54
4	Ldr 5mm 20 a 50 k 10 Lux	0,55	2,20
4	Transistor Bc548 30 volts 0,1 Amper 0,5 Watts	0,20	0,80
1	Atmega32	19,00	19,00
1	Cristal Oscilador 8Mhz	0,80	0,80
1	500 gramas de Percloro de Ferro	13,00	13,00
1	Fotolito	1,18	1,18
		Valor Total (R\$)	50,97

#### CONCLUSÃO

O desenvolvimento da presente pesquisa apresentou a importância do módulo de controle de eixo duplo para sistemas de rastreamento solar no aperfeiçoamento da geração de energia com painéis solares.

De um modo geral esse módulo proporcionou meios para melhorar os resultados, proporcionando um aumento na geração de energia elétrica, que foi muito significativo.

Diante dos resultados fica evidente que o objetivo de desenvolver um rastreador solar para melhorar a produção de energia, indiferente da posição do Sol durante o dia, e com baixo custo, foi alcançado.



O desenvolvimento de um módulo rastreador eficiente e a produção de uma placa de circuito impresso de valor acessível foram fatores cruciais na obtenção desses resultados.

Dada a importância do tema, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos que visem analisar a implementação desse tipo de sistema de forma prática e em maior escala com o intuito de verificar sua eficiência de forma mais objetiva e conseguir obter uma estimativa de *payback* para o investimento.

Nesse sentido, a utilização da automação na criação de um módulo de posicionamento de painéis solares permitiu que o equipamento alcance patamares superiores de eficiência, aumento do tempo útil para geração de energia e os benefícios ao meio ambiente.

### Referências Bibliográficas

- Sathis, Vatumalai. "Arduino based solar tracking system." (2016).
- Vallêra, Antônio M., and Miguel Centeno Brito. "Meio século de história fotovoltaica." *Gazeta da física* 29.1 (2006): 10-15.
- Lamberts, Roberto, Luciano Dutra, and Fernando OR Pereira. "Eficiência Energética." São Paulo: PW Editores (1997).
- Empresa de Pesquisa Energética, EPE–Empresa. "Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil– Condicionantes e Impactos." Nota Técnica. Rio de Janeiro (2014).
- SILVEIRA, C. B., "Motor CC: Saiba como Funciona e de que forma Especificar". Disponível em: < <https://www.citisystems.com.br/motor-cc/>>. Acesso em 23 de abril de 2017.
- ATMEL, "ATmega32". Disponível em: [www.atmel.com/images/doc2503.pdf](http://www.atmel.com/images/doc2503.pdf). Acesso em 23 de abril de 2017.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T., "Métodos de Pesquisa". 1ª edição. Porto Alegre. Gráfica da UFRGS, 2009. 120 páginas.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M., "Fundamentos de Metodologia Científica". 5ª edição. São Paulo. Editora Atlas, 2003. 311 páginas.
- JUNG, C. F., "Metodologia Científica: Ênfase em Pesquisa Tecnológica". 3º edição. Disponível em: < <http://www.jung.pro.br>>. Acesso em: 23 de Abril de 2017.
- ABEE-SP "Em que consiste um sistema seguidor solar "<http://www.abee-sp.org.br/em-que-consiste-um-sistema-seguidor-solar-fotovoltaico> 2017.
- Portal solar "<https://www.portalsolar.com.br/painel-solar-fotovoltaico.html>". Acesso em 02 de Novembro de 2017.
- Transtecnico ,disponivel em " <http://www.transtecno.com/br/moto-redutores-de-velocidade/12v-24v-cc/motor-em-corrente-cont%C3%ADnua-ec/> " Acesso 25 de Outubro de 2017.
- Meca Solar ,Vantagens Diferentes posicionamentos, Fonte: <https://youtu.be/fM5fN0DKHBE> acesso 16 de Outubro de 2017.

**Abstract .** *Maximizing an energy production efficiency, become a concept of great importance, since as non-renewable energy sources coming mainly from fossil fuels have become increasingly scarce. An alternative to non-renewable sources are photovoltaic systems that use as an energy source sunlight, which in turn is abundant and easy to convert, but the use of panels has as obstacle, for maximum efficiency, the movement of the sun which makes impossible a correct direction, making it impossible to produce more electricity. The present work aims to propose a solution to the problem, presenting the development of a control module for solar tracking systems of commercial use, low cost and installation, facilitating the installation by technicians or people interested in a better efficiency in the generation of electricity through the use of solar trackers.*

**Key words:** *Solar panel, Photovoltaic panel, Renewable sources.*