

SISTEMA DE RASTREAMENTO SOLAR DE UM EIXO PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO.

Pedro Henrique de Abreu Vieira – pedro_vieira16@yahoo.com.br

Pedro Henrique Santos dos Santos – p.santos_13@hotmail.com

Cassio de Moraes Sousa – cassioengca@gmail.com

Agesandro Caetano Correa – agesandro.correa@ifpa.edu.br

Instituto Federal do Pará, Grupo de Estudos da Qualidade da Energia em Sistemas Elétricos - GEQUESE

Resumo. A energia gerada por um módulo fotovoltaico é diretamente proporcional ao nível de radiação incidente sobre o mesmo. Assim é possível obter um ganho na geração de energia utilizando um sistema capaz de rastrear o movimento aparente do Sol. Este artigo apresenta o projeto e o desenvolvimento de um sistema de rastreamento Solar de um eixo. O objetivo foi obter uma boa precisão no posicionamento do módulo fotovoltaico, utilizando os sensores LDR's para detectar a luz solar e um motor de corrente contínua para atuar na estrutura movimentando-a de acordo com a posição aparente do Sol. O circuito de controle é baseado na plataforma Arduino Uno. Este recebe as informações dos sensores LDR's e depois envia um comando para o motor posicionar o módulo fotovoltaico, de forma que ele possa receber uma maior intensidade de radiação solar, conseqüentemente tenha um maior ganho na geração de energia. O projeto foi implementado no Laboratório de Energia Solar do IFPA – Belém, e os resultados mostraram que o módulo fotovoltaico se manteve rastreamento o movimento aparente do Sol de forma satisfatória.

Palavras-chave: Rastreador Solar, Módulo Fotovoltaico, Energia Solar Fotovoltaica, Microprocessador Arduino, Sensor LDR.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço das pesquisas na área da física dos, a energia fotovoltaica se tornou uma forma acessível de geração de energia elétrica, e ano a ano esta forma de geração de energia vem apresentando um aumento em seus indicadores, com uma constante queda em seus custos de instalação, até então, o grande entrave da tecnologia abordada.

Puxados por países como a Alemanha e outros países emergentes como a China, os investimentos globais na geração de energia fotovoltaica alcançaram U\$\$ 140,4 bilhões em 2012. Com 34 GWp, a Alemanha tem hoje a maior capacidade de geração fotovoltaica do mundo, o equivalente a quase três usinas de Itaipu – isso num país com o tamanho aproximado do estado de Goiás e os mesmos níveis de radiação solar do Alasca (EXAME, 2013).

O mercado de Energias Renováveis representa atualmente aproximadamente 43,1% da matriz energética brasileira (MME,2011), entretanto a produção solar ainda está abaixo da média de outros países referência na produção de energia fotovoltaica. Segundo a IEA (2011), estima-se que o Brasil possui cerca de 20MWp de capacidade de geração solar fotovoltaica instalada, em sua grande maioria destinada ao atendimento de sistemas isolados e remotos (menor que 1% da produção nacional de energia em geral) (MME,2013). O que mostra o quanto o país precisa investir em ações voltadas para a geração desse tipo de energia nos próximos anos, principalmente na região Norte, onde se encontram muitas comunidades isoladas e onde a energia solar ainda é vista como alternativa complementar. De acordo com Carvalho (2013), o Brasil tem enorme potencial inexplorado para geração de energia solar distribuída, com unidades produtoras de pequeno porte.

Com o aumento da geração da energia em sistemas fotovoltaicos, um dos fatores que influenciam o seu custo benefício são os estudos sobre rastreamento Solar, como forma a aumentar a produção de energia. Esse tipo de tecnologia tem sido cada vez mais explorado. Em um trabalho, Vilela & Fraidenraich et al. (2004) afirmam que a utilização dos módulos de rastreamento aumenta significativamente a quantidade de energia Solar coletada. Se esta energia for utilizada exclusivamente para bombeamento é ainda maior. Com o avanço dos estudos, pôde-se constatar que os rastreadores são confiáveis e, além do mais, eles são dispositivos simples e os benefícios alcançados com seu uso são considerados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi composto por pesquisas teóricas e experimentais, sendo que a parte experimental foi desenvolvida no Laboratório de Energia Solar do Grupo de Estudos da Qualidade de Energia em Sistemas Elétricos, do Instituto Federal do Pará, Campus Belém, durante o ano de 2013. Neste capítulo são apresentados todas as etapas e componentes necessários para um projeto de um sistema de rastreamento Solar de um eixo para módulos fotovoltaicos, como: calibração do sensor de ângulo (calibração), disposição dos LDR's, dispositivos de proteção do motor e os sistema de controle.

2.1 Estrutura Mecânica

A estrutura de metal é semelhante a um cavalete, com uma base móvel fixada com um eixo horizontal nas duas pontas do cavalete. O ideal era que este eixo de rotação da base móvel fosse paralelo ao eixo de rotação terrestre. Em Belém, PA, no instituto Federal do Pará, onde a inclinação ideal é próximo à horizontal, e que neste projeto, aproximou-se para um eixo horizontal com orientação norte-sul. Na Fig. 1 é possível visualizar a estrutura mecânica montada .



Figura 1 – Estrutura mecânica

Na base móvel da estrutura há um sistema de engrenagem em forma de meia lua para conectá-la à base fixa e dessa forma realizar o movimento que por convenção abrange de $8,8^\circ$ até $170,9^\circ$, no sentido leste-oeste, o que corresponde a um ângulo total de rastreamento de aproximadamente 160 graus. O ângulo 90° corresponde à posição do módulo apontado para o zênite do local.

O movimento da parte móvel da estrutura é realizado por um motor/reductor de corrente contínua (CC) de 24 V, com uma pequena engrenagem que se acopla à meia lua com uma fixação do motor/reductor na base incluindo uma mola para fazer o ajuste destas engrenagens sem folgas, permitindo ainda desacoplar as engrenagens para um posicionamento dos módulos manualmente. Na Fig. 2 é possível visualizar o conjunto motor/reductor utilizado. Neste projeto, a alimentação do motor foi de 12 V assim diminuindo a rotação do mesmo.

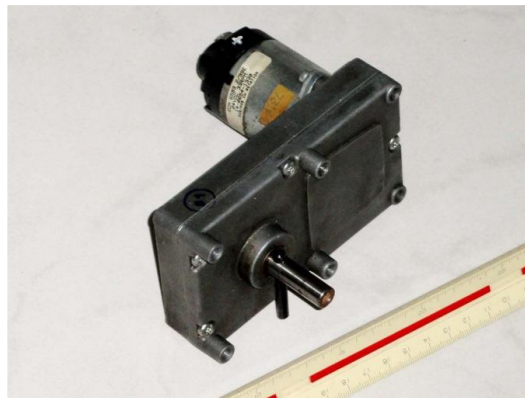


Figura 2 – Unidade Motora

2.2 Sistema de Controle

O sistema de controle corresponde à parte eletrônica e lógica do dispositivo de rastreamento, este trabalho apresenta os seguintes módulos: controle, sensores *Light Dependent Resistor* (LDR), *Secure Digital* (SD) Card, *Real Time Clock* (RTC), Chaves fim de curso, circuito de potência, sensor de ângulo e sensor de corrente do motor. O módulo de controle é responsável por processar o sinal do sensor de rastreamento LDR e enviar um sinal de comando para o motor, fazendo com que o módulo gire até que o sinal do sensor de rastreamento fique com o valor constante (50%), indicando um bom alinhamento perpendicular do módulo com o Sol.

Processa também os sinais dos módulos: sensor Dia/Noite, sensor de ângulo, RTC e chaves fim de curso e envia as informações para o módulo SD Card e módulo circuito de potência.

2.2.1 Arduino

No módulo de controle foi utilizado o Arduino Uno, uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre que engloba software e hardware flexíveis e fáceis de usar. O Arduino Uno possui um microcontrolador ATmega328 da Atmel AVR. Possui 14 pinos de entradas e saídas digitais nos quais 6 podem ser saídas analógicas PWM (Pulse-Width Modulation) e 6 entradas analógicas ligadas a um conversor analógico digital (ADC) de 10 bits (ARDUINO, 2013).

Sua alimentação pode ser efetuada pela conexão USB ou por qualquer fonte externa, com limites de 6 a 20 V. Segundo o manual é recomendando uma alimentação de 7 a 12 V. A fonte de alimentação é selecionada automaticamente.

A linguagem de programação de alto nível adotada pelo projeto *Processing* é uma versão simplificada da linguagem C/C++ (Almeida, 2010).

Na Tab.1 é possível visualizar o endereçamento da pinagem do módulo de controle, correspondente a cada um dos componentes que fazem parte do sistema de controle.

Tabela 1 – Endereçamento da pinagem do módulo de controle.

PINOS ARDUINO	FUNÇÃO/SINAL
A0	Módulos Sensores LDR's
A1	Sensor de Ângulo
A2	Sensor LDR Dia/Noite
A4	Pino SDA Módulo RTC
A5	Pino SCL Módulo RTC
Pino 4	Pino CS Módulo SD Card
Pino 5	Motor Nascente
Pino 6	Motor Poente
Pino 7	Chave Fim de Curso Nascente
Pino 8	Chave Fim de Curso Poente
Pino 13	Pino SCK Módulo RTC
Pino 12	Pino MISO Módulo SD Card
Pino 11	Pino MOSI Módulo SD Card

2.2.2 Sensor de Ângulo (Calibração)

Para determinar remotamente a posição angular da estrutura de rastreamento, fixou-se um potenciômetro linear no eixo de articulação da plataforma. A alimentação nos extremos do potenciômetro é feita com 5V e a saída no cursor é enviada para a entrada analógica do sistema de coleta de dados que pode variar de zero a 5V, com uma alta impedância de entrada (aproximadamente 1 M Ω), desta forma a leitura de tensão do cursor do potenciômetro indica precisamente a posição da plataforma.

O processo de calibração do potenciômetro foi realizado no LAPES - Laboratório de Pesquisa, do Instituto Federal do Pará no dia 29 de Julho de 2013.

O procedimento de calibração consistiu ajustar o ângulo da plataforma manualmente em uma posição conhecida e indicada no inclinômetro, como se pode ver na Fig. 3, e em coletar as respectivas medidas de tensão, referente ao potenciômetro de 20k Ω acoplado a estrutura de rastreamento. Esses dados foram lidos pelo multímetro, de forma a analisar a linearidade e uma possível histerese do sensor de posição, e comparar o sinal lido no multímetro com o sinal lido pela entrada analógica do dispositivo Arduino, dado que uma possível baixa impedância no mesmo poderia gerar erros de linearidade na leitura do sinal.



Figura 3 – Inclinômetro acoplado a estrutura

O potenciômetro em questão não apresentou histerese e seu comportamento apresenta-se de forma linear, tanto no sentido “nascente” – “poente”, quanto no sentido inverso. Através do software *Microsoft Office Excel* também foi possível gerar o gráfico que representa a linha de tendência do processo. O teste realizado no Arduino apresentou resultados que se mostraram bastante fiéis aos obtidos através do multímetro de três algarismos significativos. O erro de $\pm 0.1^\circ$ apresentado pelo Inclinômetro não se mostrou relevante na análise proposta. Dessa forma, concluiu-se que, a impedância da entrada analógica Arduino, de fato, não se mostra prejudicial à leitura do mesmo. Também foi possível encontrar a equação que representa o comportamento do sensor de ângulo, conforme a Fig 4.

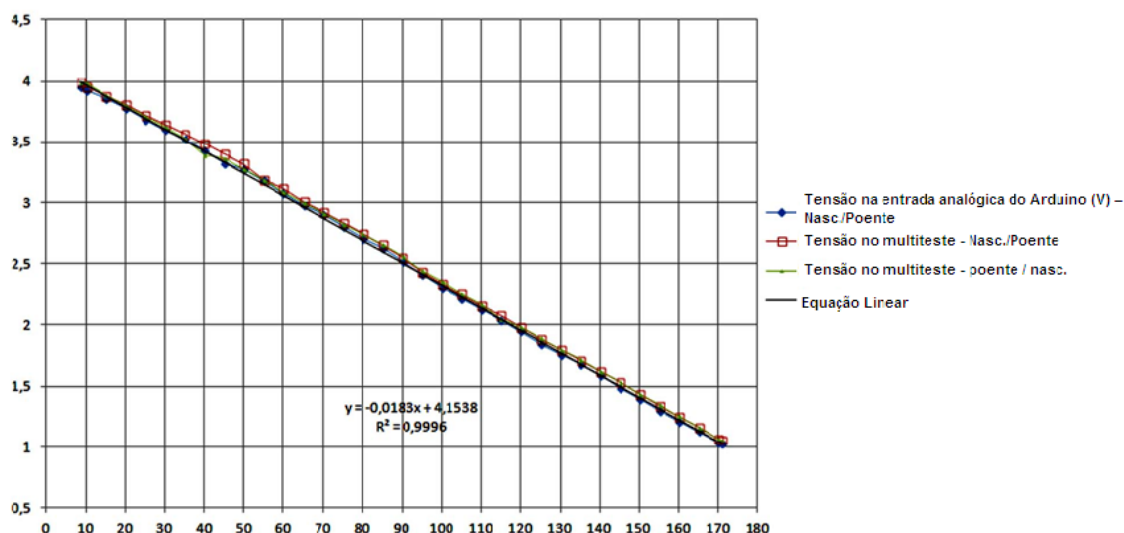


Figura 4 – Gráfico de calibração tensão x ângulo do potenciômetro

2.2.3 Módulo Sensores LDR's (Sensores de rastreamento)

O módulo sensor LDR tem a função de gerar um sinal que é usado para fazer o rastreamento, se estiver apontado diretamente para Sol produz um sinal de 2,5 V, se o Sol estiver para o lado poente a tensão na saída alcança valores menor que 2,5V, e consequentemente, se o Sol estiver para o lado nascente a tensão eleva-se para valores maiores que 2,5 V como pode ser observado na Fig. 6.

O LDR é um sensor resistivo, onde uma variação na luminosidade incidente sobre ele resulta em uma variação na sua resistência. A relação entre resistência e intensidade de luz é inversamente proporcional, ou seja, sua resistência aumenta conforme a incidência de luz diminui sobre o dispositivo, e vice-versa. Para obter as tensões resultantes da variação da intensidade luminosa o LDR deverá fazer parte de um circuito divisor de tensão, cuja finalidade é fornecer uma tensão de saída, que varia em função da diferença de luz que incide nos dois LDR's.

Segundo Barbosa (2009), os LDR's têm como vantagem a facilidade e baixo custo de aquisição, possui geração de sinal na magnitude da tensão de referência do microcontrolador, dependendo apenas da tensão de alimentação do módulo de sensores, dispensando o uso de amplificadores.

O esquema do circuito elétrico utilizado neste trabalho pode ser visualizado na Fig. 5.

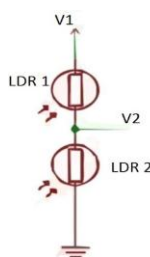


Figura 5 – Esquema do circuito elétrico para leitura do módulo LDR.

A tensão elétrica de entrada no circuito é de 5 V, a tensão de saída é dada pela seguinte equação:

$$V2 = \left(\frac{LDR2}{LDR2+LDR1} \right) * V1 \quad (1)$$

Onde:

- **V1** : valor da tensão de alimentação em Volts do Módulo LDR;
- **LDR1** : valor da resistência elétrica instantânea apresentada pelo LDR nascente;
- **LDR2** : valor da resistência elétrica instantânea apresentada pelo LDR poente;
- **V2** : valor da tensão em Volts que sai do Módulo LDR e é analisada pelo microcontrolador.

Foi utilizada uma lâmpada incandescente e seu foco foi direcionado em direção dos sensores, posicionando os mesmos de tal forma que recebessem os mesmos níveis de radiação quando a base fosse perpendicular à radiação Solar direta, obtendo na saída do módulo 2,5 V. Quando a quantidade de luz que incide sobre o LDR1 cresce, sua resistência cai, fazendo com que a tensão de saída aumente. A tensão de saída tem o comportamento contrário quando a quantidade de luz que incide no LDR2 cresce. Na Equação 1 pode-se notar que, quanto menor for o valor de LDR2, menor será o valor da tensão de saída do módulo LDR.

Os dois sensores são dispostos isoladamente um do outro. Na placa se encontra uma superfície de ângulo 90° entre os dois LDR's, e os mesmos estão dispostos a um ângulo de 45° com a superfície. Esse arranjo tem como finalidade aumentar o ângulo de captação dos sensores, obtendo um ângulo de rastreamento de 180° .

Foi utilizada uma lâmpada incandescente de maneira que simulasse o Sol na posição de meio-dia. O sensor de posicionamento foi posicionado para indicar aproximadamente 2,5 V. Após a calibração dos sensores deu-se início ao processo de aquisição dos dados para verificar a resposta do sensor de rastreamento em função do ângulo.

Primeiramente foi iniciado o procedimento de coleta dos dados no sentido nascente-poente, através do software MATLAB. Depois foi realizada a coleta no sentido inverso. A relação do módulo LDR e sensor de posicionamento em ângulos podem ser observados na Fig. 6.

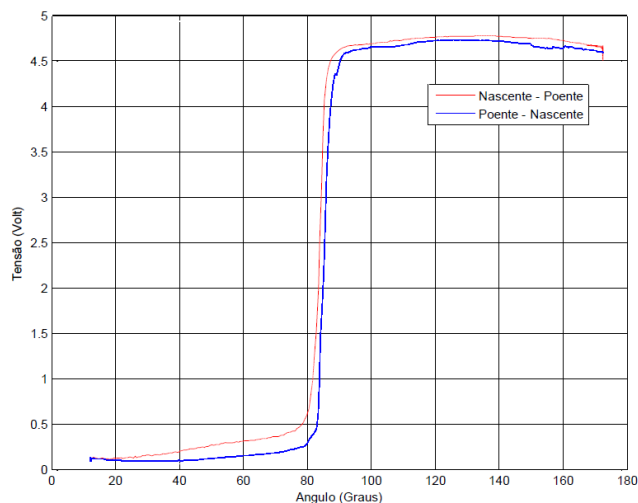


Figura 6 – Relação do módulo LDR e sensor de posicionamento

É possível observar na Fig. 6, que a relação entre o Módulo LDR e os ângulos obtidos por meio do potenciômetro foi de acordo com que se esperava. No momento em que a estrutura está no nascente o ângulo corresponde a $8,8^\circ$, com uma tensão baixa devido ao LDR2 (sensor poente) receber uma maior incidência de luz. A tensão aumenta na medida em que a estrutura avança para o poente, proporcionando uma maior incidência no LDR1 (sensor nascente). O movimento do poente para o nascente tem o comportamento oposto do nascente para o poente, e é possível observar a histerese contida no sensor.

Este trabalho procura focar na simplicidade e no baixo custo de seus componentes, sem que a robustez do sistema seja prejudicada, a montagem do módulo LDR foi feita a partir de um dome de vigilância, onde foi feito um orifício para passar a fiação e a placa com o circuito impresso foi disposta em cima de uma superfície de E.V.A, dentro do dome, protegendo o circuito da chuva, como pode ser visto na Fig. 7.



Figura 7 – Montagem do módulo de sensores LDR

2.2.4 Sensor LDR Dia/Noite

Um problema que poderia afetar o desempenho do rastreamento seria o momento em que o a luz solar sessasse. Supondo que no momento do pôr do sol a estrutura estivesse totalmente virada para o lado poente, evidentemente que a posição do módulo de sensores LDR's não estaria numa posição favorável para rastrear os raios solares oriundos das primeiras horas do dia. Dessa forma, a solução encontrada foi utilizar um terceiro sensor LDR em um arranjo

divisor de tensão, para que o sistema tivesse a sensibilidade do que é dia e do que é noite, e dessa forma, ao anoitecer, direcionasse o módulo para uma posição correspondente ao zênite, até que o sol reaparecesse no horizonte e assim prosseguir o rastreamento normalmente.

O circuito divisor de tensão proposto segue a mesma lógica do circuito da Fig. 6, porém, neste caso utilizou-se um resistor e um LDR. No arranjo proposto, foi estipulado que a partir do momento em que a saída do módulo Dia/Noite tivesse seu sinal de saída maior que 1,5 V, o Módulo de Controle (Arduino) interpretará que é Noite e enviara o sinal para o motor posicionar o módulo na posição ideal.

Com o intuito de proteger o módulo Dia/Noite das chuvas, o circuito com o sensor foi imerso em um pequeno recipiente contendo uma resina translúcida.

2.2.5 Sensores Fim de Curso

Nas extremidades da parte fixa da estrutura, correspondente aos externos nascente e poente (8,8 graus e 170,9 graus respectivamente) foram instalados sensores fim de curso, com objetivo de evitar que se force o motor caso o módulo fotovoltaico esteja nessas posições.

2.3 Módulo Circuito de Potência

O módulo circuito de potência trata-se de uma ponte H, ele é alimentado por uma fonte tensão de 12 V e pode ser acionado de duas maneiras por meio de uma chave H-H de duas posições e seis pinos: a primeira pelo módulo de controle utilizando os pinos 5 e 6 do mesmo. O motor tem sua rotação no sentido Leste quando o módulo de controle envia o sinal nível alto para o Pino 5 e um sinal nível baixo para o Pino 6. O motor muda seu sentido para poente quando os níveis são invertidos. A segunda, de maneira manual acionando os botões CH1 e CH2.

Optoacopladores foram utilizados para a proteção do módulo de controle. Dois LED's foram empregados para visualizar o sentido da rotação do motor e outros dois LED's para indicar acionamento das chaves fim de curso.

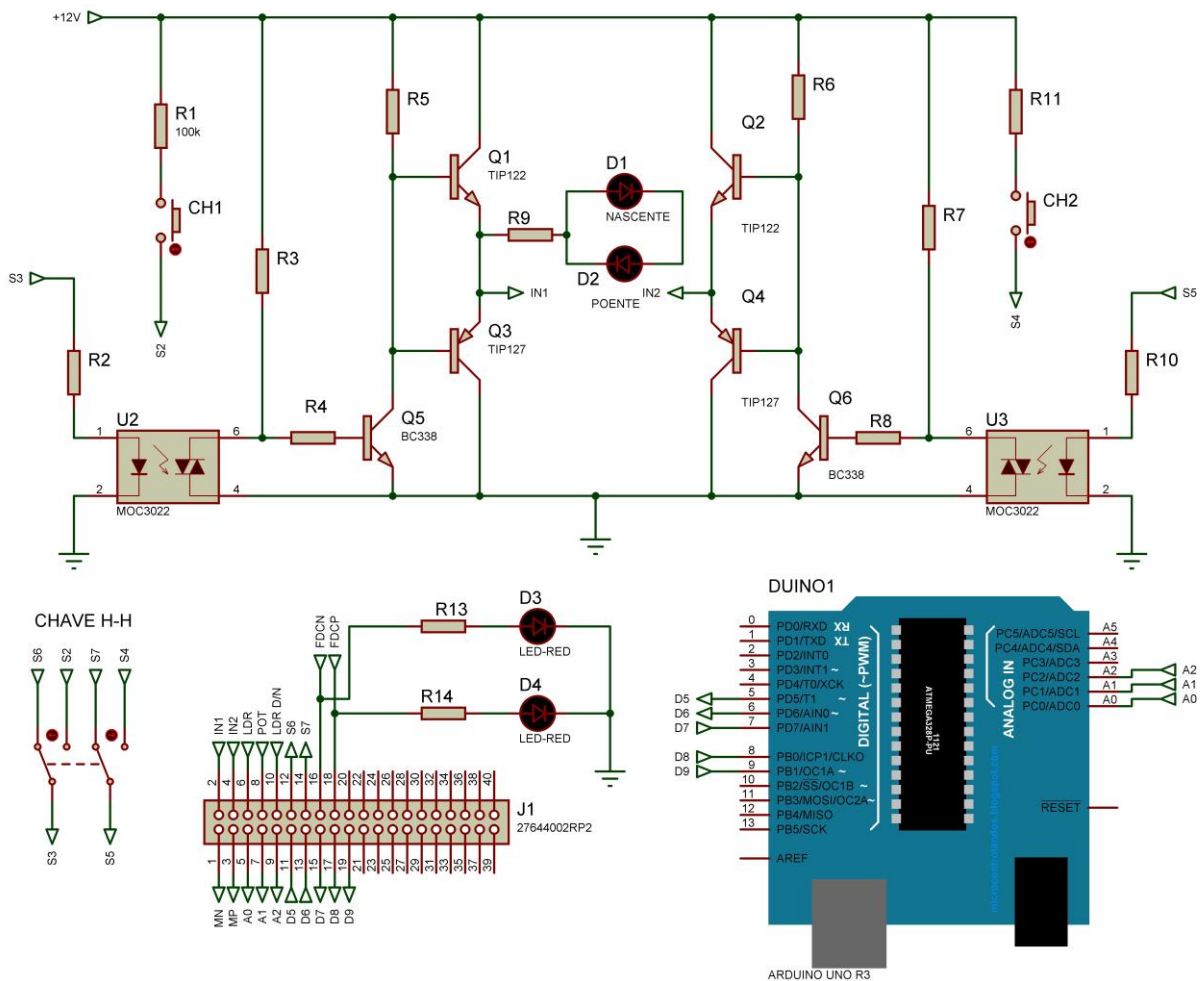


Figura 8 – Esquema do Módulo de Circuito de Potência

Todos os componentes estão presentes na Tab. 2

Tabela 2 – Componentes do Circuito de Potência

Símbolo	Componente	Valor
R1, R9 e R11	Resistor	1KΩ
R2, R10, R13 e R14	Resistor	470Ω
R3 e R7	Resistor	10KΩ
R4 e R8	Resistor	47KΩ
R5 e R6	Resistor	330Ω
U1 e U2	Optoacopladores	MOC3022

O resultado pode ser visto na Fig. 9.

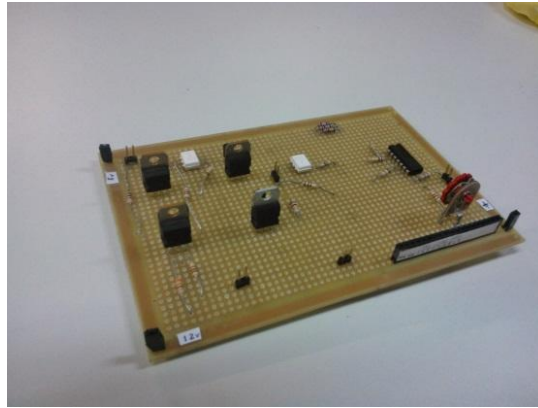


Figura 9 – Placa do Módulo de Circuito de Potência

2.4 Algoritmo

O programa foi desenvolvido na linguagem C e é responsável pelos comandos para o funcionamento do sistema de rastreamento. Uma histerese foi criada com a finalidade de evitar um chaveamento no movimento da estrutura no período de transição dos limites definidos. Pode-se visualizar na Fig. 10 o fluxograma.

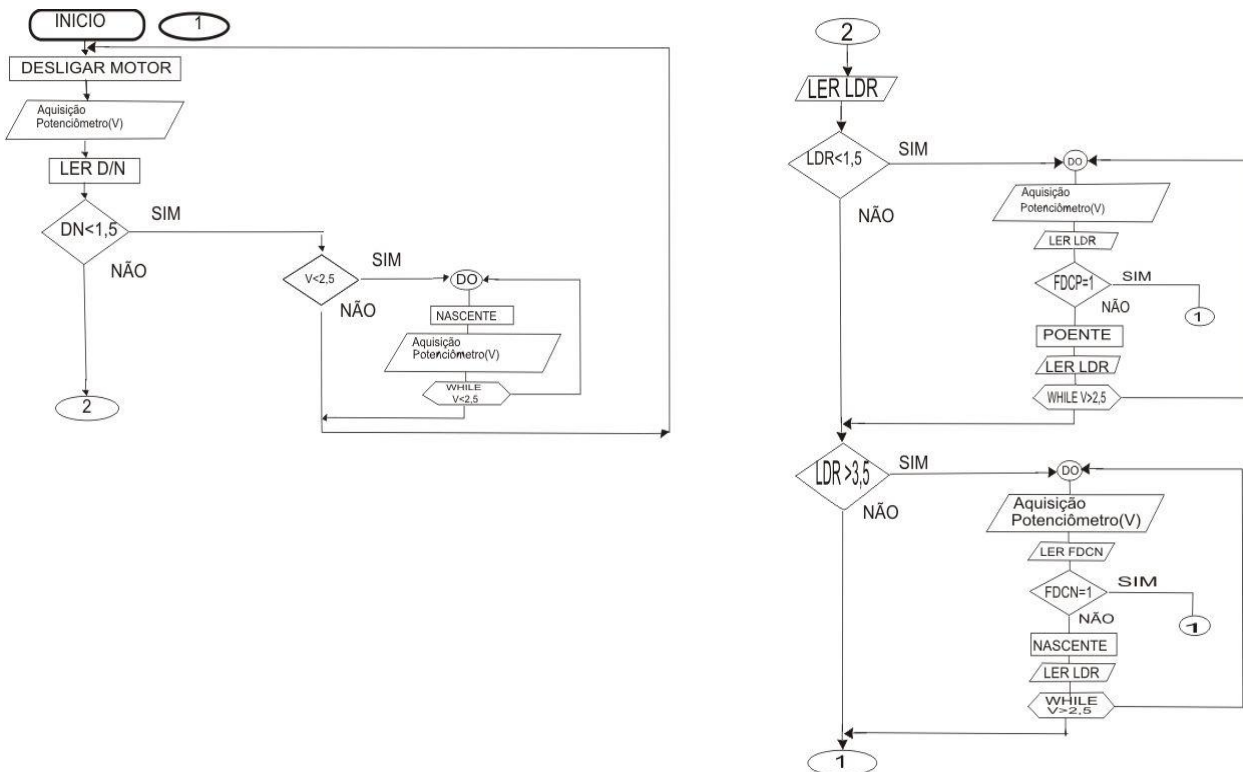


Figura 10 – Fluxograma de Controle do Sistema

2.5 Esquema Elétrico do Sistema Rastreador

A Fig. 11 ilustra o esquema elétrico entre a estrutura e o módulo de potência:

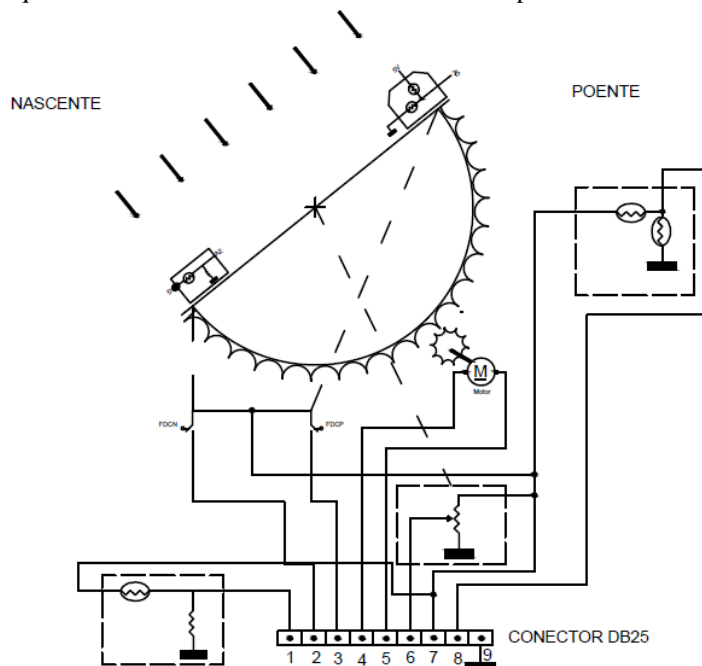


Figura 11 – Esquema Elétrico do Sistema de Rastreamento

Todas as ligações estão enumeradas na Tab. 3.

Tabela 3 – Ligação elétrica dos Componentes da Estrutura

Ligação	Símbolos	Componentes
1	A2	Sensor Dia/Noite
2	FDCN	Fim de Curso Nascente
3	FDCP	Fim de Curso Poente
4	MN	Motor Nascente
5	MP	Motor Poente
6	A1	Potenciômetro
7	5V	5 Volts
8	A0	Módulo Sensor LDR
9		Terra

A ligação entre os componentes da estrutura (Fins de Curso, Potenciômetro Módulo LDR e Motor) foi feita utilizando dois conectores DB25, como pode ser visto na Fig. 12.

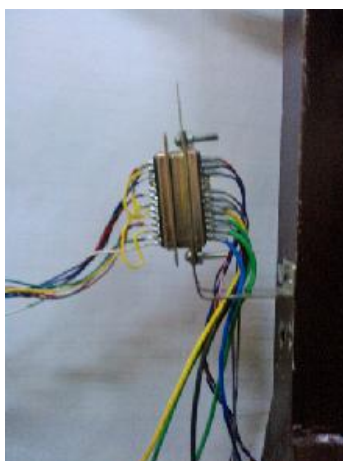


Figura 12 – Conexão entre os componentes da estrutura e o Módulo Circuito de Potência.

2.6 Sistema de Aquisição de Dados

Com o objetivo de realizar medições de dados de rastreamento (ângulo/direção e horário da medição realizada) foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados específico para a coleta de dados que indicam o desempenho de painéis solares fotovoltaicos. O principal objetivo é fazer a comparação de um painel fixo com um painel semelhante posicionado na plataforma de rastreamento solar.

O sistema de aquisição de dados é composto pelo módulo de SD Card e pelo módulo de relógio em tempo real (RTC Module), conectados ao Arduino UNO, conforme as Fig. 13 e Fig. 14. O Arduino recebe os dados a serem armazenados através das portas analógicas A0, A1, A2 e A3, bem como recebe o sinal de temporização do módulo RTC, nas portas analógicas A4 e A5. A programação do Arduino, através das bibliotecas Wire.h (biblioteca usada para sistemas de tempo real com o DS1307) e SD.h (biblioteca para projeto usando *Secure Digital Cards* – SD Cards), permite que o mesmo leia os dados recebidos, e escreva-os em um arquivo .txt no SD Card. Este arquivo contém informações da amostra recebida, horário (com data, hora, minuto, segundo e dia da semana), para posteriormente serem analisados.

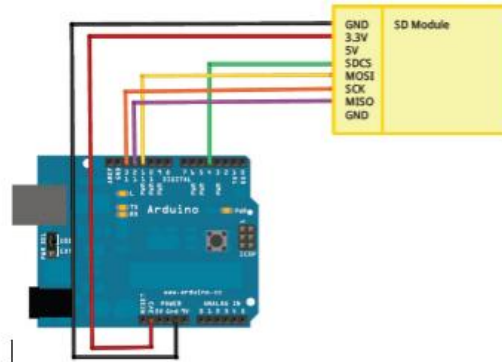


Figura 13 – Esquema de ligação do módulo de SD Card ao Arduino UNO

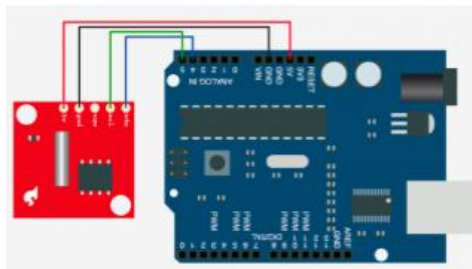


Figura 14 – Esquema de ligação do módulo de RTC ao Arduino UNO

3. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Os testes finais do sistema do rastreamento Solar de um eixo foram realizados no Laboratório de Energia Solar do IFPA - Campus Belém. A partir dos testes pode-se concluir que o sistema é capaz de fazer o rastreamento do movimento aparente do Sol de forma satisfatória. Observou-se que em momentos de grande nebulosidade, o sistema procurou uma posição próxima de 90°, levando a concluir que a implementação de um sistema de rastreamento solar não é muito vantajoso em lugares com essa característica. O sistema mostrou-se estável e seu funcionamento correspondeu com os critérios adotados na elaboração do projeto. A montagem final pode ser vista na Fig. 15.



Figura 15 – Módulo Fotovoltaico instalado no Laboratório de Energia Solar.

A estrutura mecânica construída permitiu um desempenho adequado do rastreador Solar. Apresentou robustez no seu funcionamento e a possibilidade de alteração em sua estrutura para o acréscimo de mais um eixo de rastreamento.

O dispositivo de armazenamento de dados foi obtido com sucesso por meio dos módulos SD Card e RTC.

Tanto o Módulo LDR quanto o sensor de Dia/Noite mostraram-se eficientes, de forma que o módulo fotovoltaico rastreou o movimento aparente do Sol normalmente durante o dia e ao anoitecer se posicionou na posição de 90 graus. Para propostas futuras sugere-se a aplicação de um sensor de corrente, utilizando um circuito Schmitt Trigger junto ao módulo de circuito de potência, para que, em caso de travamento mecânico, o motor não seja danificado e forneça uma sinalização de falha.

Os trabalhos em andamentos são:

- Aprimorar o sistema de aquisição de dados de forma que possa medir e armazenar os seguintes valores: corrente de consumo do motor de rastreamento, tensão e corrente geradas por dois módulos fotovoltaicos. Um no rastreador solar e outro fixo, para efeito de comparação;
- Avaliação dos prejuízos no desempenho na fonte de energia fotovoltaica caso o sistema de rastreamento pare de funcionar em uma posição desfavorável para a coleta de energia dos módulos fotovoltaicos. Também é necessário avaliar a capacidade de carga máxima suportada pelo mecanismo;
- Comparar durante o período de um ano o desempenho energético da placa fixa e a placa com o sistema de rastreamento.

REFERÊNCIAS

- Messenger R., Ventre J. 2004. Photovoltaic systems engineering.
- Soares J.N.A. 2013. Sistema de rastreamento solar de um eixo para módulos fotovoltaicos, Trabalho de Conclusão de Curso, IFPA, Belém.
- Vilela, B. J., Fraidenraich, O. C. Comparison of the performance of PV water pumping systems driven by fixed, tracking and V-trough generators. Solar Energy 76, 703-711, 2004.
- Arduino. Disponível em: < <http://arduino.cc/>>. Acesso em: nov. 2012.
- Barbosa, E.S., 2009. Desenvolvimento de um sistema de controle de baixo custo para rastreamento de concentradores cilíndrico-parabólicos. 2009. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Monteiro, F. A. M., VILELA, O. C. Fraidenraich, N., 2005. Development of a low cost control system for a Solar tracker. ISES Solar World Congress, article 1462 Orlando, Florida, USA.
- Oliveira, L. 2011. Geometria da observação dos movimentos aparentes do Sol e aplicações.. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Zubair, S, Suleiman, A., Abdulazzez, H.T., Salihu, B.A., 2011. Design and Construction of a Microcontroller based Single Axis Solar Tracker. Innovation in Science and Engineering 1, pp 41-47.
- Oliveira, M. M., 2008. Análise do desempenho de um gerador fotovoltaico com seguidor Solar azimutal. 2008. 121f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Ministério de Minas e Energia (MME). 2011. Plano Decenal de Expansão de Energia 2021. Brasília, MME
- Ministério de Minas e Energia (MME). 2013. Balanço Energético Nacional – 2012. Brasília, MME

ONE AXIS TRACKING SOLAR SYSTEM TO PHOTOVOLTAIC MODULE USING THE PLATFORM ARDUINO

Abstract. *The energy generated by a photovoltaic module is directly proportional to radiation level incident on it. Therefore it is possible to obtain a gain in power generation using a system capable to track the sun apparent motion. This article describes the project and the development of one axis tracking solar system. The aim was to obtain a satisfactory precision in the photovoltaic module positioning, using LDR's sensors to detect the sunlight and a direct current motor to operate in structure moving it according to apparent position of the Sun. The Control circuit is based in the platform Arduino Uno. This receives the LDR's sensors information and after sends a command to motor to position the photovoltaic module so that it can receive a higher intensity of solar radiation, consequently has a greater gain in the power generation. The project was implemented in the Solar Energy laboratory of IFPA – Belém, and the results have demonstrated that photovoltaic module remained tracking the apparent position of the Sun operating satisfactorily.*

Key words: Solar Tracker, Photovoltaic Module, Solar Photovoltaic Energy, Arduino Microprocessor, LDR Sensor.