

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA PARAÍBA – CAMPUS CAMPINA GRANDE

ALFREDO RODRIGO SOUSA DA SILVA

Aluno do curso superior de Engenharia de Computação

ALEXANDRE SALES VASCONCELOS

Professor de Sistemas Embarcados no IFPB-CG

SEGUIDOR SOLAR

Projeto de Disciplina

Campina Grande, 25 de maio de 2021

1. INTRODUÇÃO

A demanda de energia mundial tem aumentado ao longo dos últimos anos. Recorremos a diversos meios de obtenção de energia, como por exemplo, pela queima de combustíveis fósseis, ou pela fissão nuclear. Cada forma de obtenção energética possui sua eficiência, suas vantagens e suas desvantagens, e podem ser classificadas como energias renováveis e não renováveis.

Energias não renováveis são todas aquelas que possuem uma fonte energética finita ou esgotável, como o petróleo ou o carvão mineral, por exemplo. Já as energias renováveis são aquelas provenientes de recursos naturais que são aproveitados conforme o tempo, sem possibilidade de esgotamento, pois tais recursos são naturalmente reabastecidos, como as provenientes do movimento dos ventos (energia eólica) e da luz e calor do sol (energia solar).

Falando especificamente da energia solar, esta possui diversas aplicações, e se categorizam em dois tipos diferentes: energia solar térmica e energia solar fotovoltaica. A primeira se vale do calor proveniente do sol para gerar energia térmica para uso na indústria e nos setores residencial e comercial, podendo ser utilizada para aquecer fluidos através de calhas parabólicas ou espelhos, por exemplo. Já a segunda se utiliza de painéis solares fotovoltaicos para, através da luz solar, gerar energia elétrica, que pode ser utilizada para os mais diversos fins já conhecidos.

Os painéis solares fotovoltaicos, sob incidência da luz solar, são acometidos pelo efeito fotovoltaico, que converte a luz do sol em energia elétrica. Neste sentido, quanto mais luz solar incide sobre o painel, mais energia elétrica é gerada, aumentando, assim, a sua eficiência. Uma problemática é fazer com que os painéis estejam sempre voltados para o sol, uma vez que, devido ao movimento de rotação do nosso planeta, painéis solares fixos não recebem a mesma incidência luminosa em todos os períodos do dia.

Para resolver esse problema, são implementados dispositivos denominados seguidores de sol, que são capazes de manter os painéis solares sempre perpendiculares à radiação solar incidente, “seguindo” o sol ao longo do céu no decorrer do dia, aproveitando melhor a energia solar em todos os instantes.

Diante do exposto, visamos desenvolver, nesse projeto, um seguidor solar de eixo único horizontal, utilizando microcontrolador. O protótipo desenvolvido neste projeto é de simples implementação e de baixo custo. Antes de adentrarmos na execução do projeto, necessitamos entender alguns conceitos acerca da relação entre o movimento terrestre e os seguidores solares, além de explicar sobre os tipos de seguidores solares existentes.

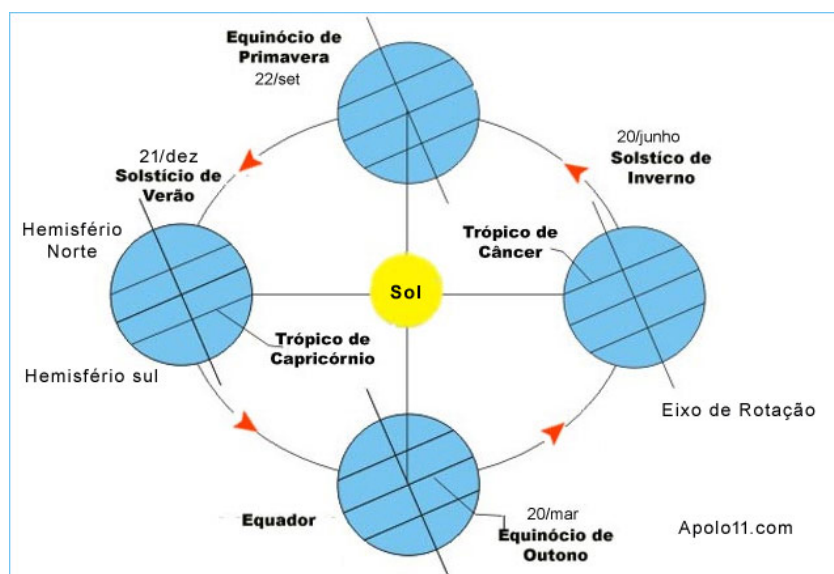
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. MOVIMENTO TERRESTRE

A terra é naturalmente inclinada, e rotaciona em torno de seu próprio eixo. Esse movimento é chamado de rotação, e faz com que tenhamos dias e noites aqui em nosso planeta. Já o Sol é estacionário, e se encontra no centro do sistema solar. Todos os planetas desse sistema, incluindo a Terra, giram em uma determinada órbita ao redor do Sol. A esse movimento atribuímos o nome de translação. É esse movimento que nos garante a passagem dos anos. A Terra leva cerca de 24 horas para completar seu movimento de rotação, ou seja, dar um giro completo em torno de seu próprio eixo, enquanto que leva cerca de 365 dias para completar uma volta completa ao redor do Sol

Nosso planeta, devido ao movimento de rotação e translação, recebe diferentes níveis de incidência solar em sua superfície, a depender, principalmente, da latitude. Isso se dá, naturalmente, pelo motivo de que o nosso planeta não é estacionário, e não está parado no sistema solar. Assim, dependendo da época do ano, determinado ponto na Terra pode receber mais ou menos incidência dos raios solares. A imagem abaixo mostra a variação na posição terrestre em relação ao Sol ao longo do ano:

Figura 1 - Movimento de rotação e de translação da Terra



Fonte: Rogério Leite, 2020.

A energia solar depende diretamente da incidência dos raios solares sobre a superfície terrestre, especificamente sobre os dispositivos capazes de converter essa energia renovável em energia térmica ou elétrica. Não é preciso muita análise para perceber que, dependendo da época do ano e do ponto em que esses dispositivos estejam localizados na superfície do nosso planeta, eles receberão mais ou menos incidência dos raios solares, o que impacta diretamente na capacidade que esses sistemas têm de gerar energia a partir do Sol.

Para contornar esse problema, entra em cena um dispositivo conhecido como seguidor de sol, seguidor solar ou *tracker*. Tal dispositivo faz com que as cargas úteis (painéis fotovoltaicos, calhas parabólicas, espelhos, entre outros) estejam sempre perpendiculares à radiação solar incidente. Basicamente, o seguidor solar atua na correção da posição dessas cargas, fazendo com que elas estejam sempre voltadas para o sol, a fim de garantir o maior aproveitamento possível dos raios solares.

2.2. TIPOS DE SEGUIDORES DE SOL

Existem diferentes tipos de seguidores solares. Apesar de possuírem o mesmo objetivo, a implementação de um ou outro tipo vai depender de alguns fatores, tais como latitude, quantidade de cargas úteis, custo, entre outros. Eles geralmente são feitos de um material metálico e resistente que é disposto sobre um ou mais eixos de rotação. Eles se diferenciam entre si, essencialmente, pela quantidade de eixos que possuem. Esses eixos conferem ao seguidor solar o que chamamos de grau de liberdade.

2.2.1. Horizontal (um eixo móvel norte-sul)

Este é o mais simples. No seguidor solar horizontal com um eixo móvel norte-sul, as cargas úteis ficam dispostas sobre um eixo horizontal paralelo ao eixo norte-sul, conferindo a eles, assim, um grau de liberdade. Eles seguem o movimento aparente do Sol no céu, da posição nascente, ao leste, até a posição poente, a oeste.

Figura 2 - Seguidor solar de eixo horizontal



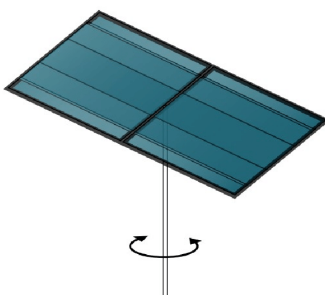
Fonte: Hydro Sanat Sharif, 2016.

Quanto mais próximo da região da linha do equador esse seguidor solar for instalado, maior será o ganho no aproveitamento da energia solar incidente sobre as cargas úteis, pois é nesta zona da Terra em que ocorre o maior percurso aparente do Sol no céu, com maior variação no ângulo aparente entre este e a superfície terrestre.

2.2.2. Vertical (azimutal)

Este modelo de seguidor solar conta com somente um eixo móvel vertical, e as cargas úteis ficam dispostas sobre esse eixo, perpendicular ao solo, conferindo a eles, assim, um grau de liberdade.

Figura 3 - Seguidor solar de eixo vertical (azimutal)



Fonte: David Tamayo, 2010.

Este modelo é mais apropriado para as regiões mais próximas do pólo norte e do pólo sul, pois as cargas podem ser ajustadas com um ângulo de inclinação fixo, fazendo com que as mesmas se mantenham alinhadas com a posição aparente do sol no céu, que, nestas regiões, faz o seu percurso de forma mais próxima e paralela a linha do horizonte.

2.2.3. Polar (um eixo móvel norte-sul inclinado)

Este modelo é semelhante ao modelo horizontal, porém o seu eixo de rotação é permanentemente inclinado em relação ao solo, ou seja, não é paralelo ao solo, apesar de ser paralelo ao eixo norte-sul. Também possui um grau de liberdade, e é mais apropriado para as regiões mais próximas aos pólos terrestres.

Figura 4 - Seguidor solar polar



Fonte: Hydro Sanat Sharif apud Fabiano Passos, 2016.

2.2.4. Dois eixos (vertical e horizontal)

Este é o tipo de seguidor solar mais completo e que garante a maior eficiência na utilização das cargas. Por possuir dois eixos, ele possui dois graus de liberdade, e sempre se mantém voltado para o sol, ou seja, ele mantém suas cargas úteis permanentemente perpendiculares aos raios solares.

Figura 5 - Seguidor solar de dois eixos



Fonte: Hydron Sanat Sharif apud Fabiano Passos, 2016.

Este tipo de seguidor solar se dá bem em qualquer região da terra, mas pode ser mais apropriado nas regiões próximas aos trópicos, onde o percurso aparente do sol no céu varia muito de estação para estação, ao longo do ano.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto, antes de ser concebido, foi inicialmente bem planejado. Neste tópico se encontram todas as etapas de desenvolvimento do mesmo, divididas em três subitens. No primeiro está descrita a etapa de coleta dos materiais necessários para a confecção do protótipo do seguidor solar. Já no segundo encontra-se descrita a concepção do modelo da estrutura física do protótipo, bem como a sua forma de montagem. Por fim, no terceiro está descrita a etapa de codificação do microcontrolador do Arduino.

3.1. COLETA DOS MATERIAIS

Para confeccionarmos o protótipo do seguidor de sol, necessitamos de alguns materiais que foram imprescindíveis. A saber:

- Plataforma de prototipagem Arduino com microcontrolador;
- Servomotor;
- Sensores de luminosidade;

O microcontrolador utilizado no projeto foi o Atmel® ATSAM3X8E, que se encontra instalado na placa de desenvolvimento Arduino Due, que também foi utilizada no projeto. O Arduino Due possui um *clock* de 84 MHz, além de 54 entradas e saídas digitais, com 12 delas podendo ser usadas como saída PWM, 12 entradas analógicas, 4 UARTs, 512 Kb de memória, botão de reset, botão erase e uma interface I2C. (THOMSEN, 2014).

O servomotor utilizado foi do tipo Micro Servo Motor 9g Tower Pro™ SG90, que opera com um nível de tensão entre 3V e 7V, e possui um ângulo de rotação de 180 graus. Seu ângulo de giro é suficiente para a confecção do protótipo do seguidor solar, uma vez que implementamos um seguidor solar de um único eixo horizontal. O motor utilizado pode ser observado na figura a seguir:

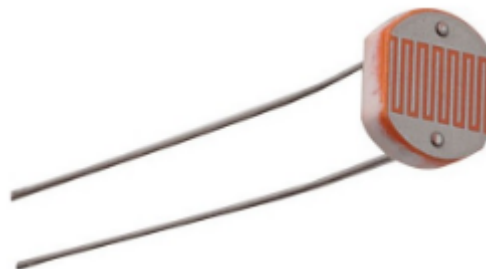
Figura 6 - Micro Servo Motor 9g Tower Pro™ SG90



Fonte: Adilson Thomsen, 2013.

Já os sensores de luminosidade utilizados foram os GL5528. Esses sensores são mais conhecidos pela sigla LDR, que vem do inglês *Light Dependent Resistor*. Consiste em um resistor variável, cuja resistência varia de acordo com a intensidade da luz, onde quanto maior for a incidência luminosa sobre o sensor, menor será a sua resistência. Ele possui um encapsulamento de 5mm, e para esse projeto, foram necessários dois sensores, uma vez que é a diferença de luminosidade entre os dois que indica em qual direção o servomotor deve girar. Esses sensores operam com uma tensão máxima de 150V, e possuem uma potência máxima de 100mW. Podemos observar esse sensor na figura a seguir:

Figura 7 - GL5528 (LDR 5mm)

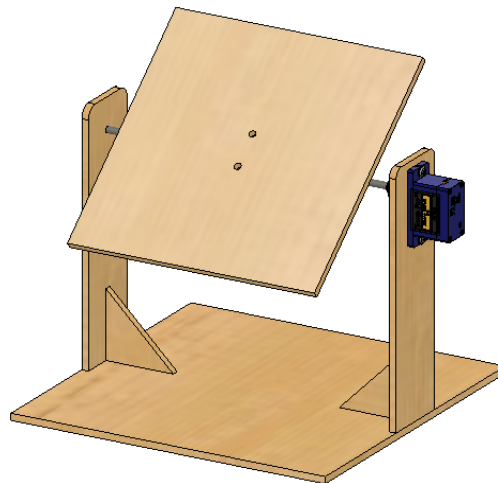


Fonte: Leandro Lisura, 2020.

3.2. ESTRUTURA FÍSICA E CIRCUITO

A estrutura física do protótipo do seguidor solar foi planejada utilizando o software de modelagem 3D Fusion 360™, da fabricante Autodesk®. A ideia foi executada utilizando placas de MDF de 3mm de espessura. O projeto da estrutura pode ser visualizado abaixo, com o modelo 3D:

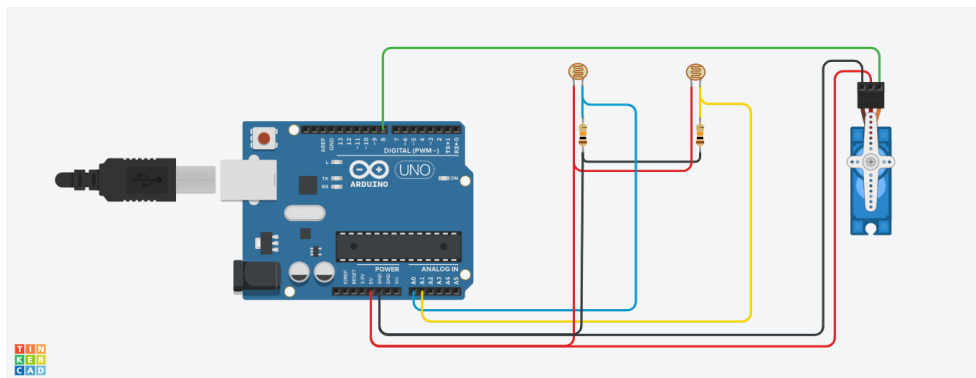
Figura 8 - Modelagem 3D da estrutura física do seguidor solar



Fonte: do autor.

A estrutura é responsável por manter o eixo de rotação, o motor e o painel superior, que, no nosso protótipo, simula os painéis fotovoltaicos. Esse painel se movimenta em torno do eixo horizontal, que por sua vez se movimenta junto com o eixo do motor. O esquema do circuito foi montado no simulador Tinkercad™, da Autodesk®, e pode ser visualizado na figura a seguir:

Figura 9 - Montagem do circuito no simulador Tinkercad™



Fonte: do autor.

3.3. CODIFICAÇÃO DO MICROCONTROLADOR

A codificação do Arduino Uno foi realizada utilizando a própria IDE (Integrated Development Environment) (Ambiente de Desenvolvimento Integrado), utilizando a

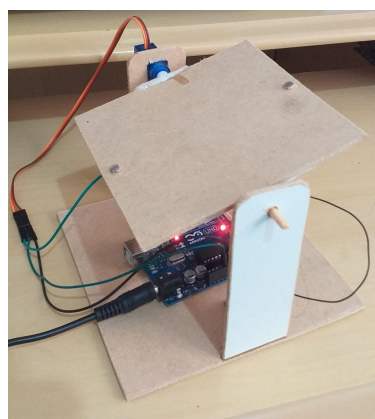
linguagem de programação Arduino, que é muito similar à linguagem de programação C++. O código fonte é responsável por especificar o comportamento e a interação do microcontrolador com seus respectivos periféricos. É neste código fonte que se encontram especificadas as instruções de funcionamento para o microcontrolador, para os sensores e para o motor do seguidor solar. O código se utiliza de somente uma biblioteca: Servo, que disponibiliza as funções responsáveis por controlar o funcionamento do servomotor utilizado no protótipo.

4. RESULTADOS

Para testar o seguidor solar, foi utilizado um telefone celular equipado com uma lanterna, a qual foi responsável por emitir luz sobre o protótipo. Durante os testes, foi possível observar, através do monitor serial do Arduino, que a variação das resistências, ou seja, os valores dos sensores se manteve de acordo com a posição da fonte luminosa sobre os mesmos. Além disso, ao movimentar a lanterna, foi possível observar o movimento do motor, de seu eixo e, conseqüentemente, do painel superior, de acordo com a posição da fonte luminosa.

O protótipo do seguidor solar se mostrou eficiente, uma vez que o mesmo foi capaz de seguir a fonte de luz do ambiente, nos testes realizados.

Figura 10 - Resultado final do protótipo



Fonte: do autor.

5. CONCLUSÃO

Os seguidores solares são importantes dispositivos da engenharia que proporcionam um maior aproveitamento da incidência solar sobre os painéis fotovoltaicos, garantindo uma maior eficiência na geração de energia elétrica solar. Devido à crescente demanda do uso de sistemas de captação de energia solar, o uso de seguidores solares associados às placas fotovoltaicas se faz cada vez mais necessário.

A utilização de seguidores solares afeta diretamente o desempenho da captação de energia solar, uma vez que a posição do painel fotovoltaico em relação ao sol afeta a quantidade de energia elétrica que pode ser gerada através do efeito fotovoltaico. Neste projeto, vimos como se deu o desenvolvimento de um protótipo de um seguidor solar utilizando microcontrolador, passando por todas as suas etapas, explanando desde a ideia até os resultados.

O seguidor solar criado utilizando microcontrolador é de fácil implementação e manutenção. Além de ter sido desenvolvido utilizando um baixo custo, ele possui componentes de hardware de fácil aquisição no mercado, e o arcabouço de ferramentas e softwares utilizados é totalmente gratuito, o tornando, assim, uma boa opção para um sistema de seguidor solar.

6. REFERÊNCIAS

EMPRESA de Pesquisa Energética. **Fontes de Energia**. [20--]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>. Acesso em: 16 maio 2021.

LEITE, Rogério. **Sol cruza o equador celeste e marca início do outono no hemisfério sul**. 2020. Disponível em: https://www.apolo11.com/noticias.php?t=Sol_cruza_o_equador_celeste_e_marca_inicio_do_outono_no_hemisferio_sul&id=20200320-104914. Acesso em: 16 maio 2021.

LISURA, Leandro. **Testando Sensor LDR (resistor dependente de luz) com Arduino Uno**. 2020. Disponível em: <http://leandrolisura.com.br/testando-sensor-ldr-resistor-dependente-de-luz-com-arduino-uno/>. Acesso em: 16 maio 2021.

MICROGERAÇÃO Fotovoltaica. **Seguidor Solar – Parte 2: Classificação e Tipos**. 2016. Disponível em: <https://microgeracaofv.wordpress.com/2016/10/17/seguidor-solar-parte-2-tipos/>. Acesso em: 16 maio 2021.

MORAES, Euler Paiva de. **Seguidor Solar de um Único Eixo Inclinado**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2012.

OLIVEIRA, Maurício Madeira. **Análise do Desempenho de Um Gerador Fotovoltaico com Seguidor Solar Azimutal**. 2008. Dissertação para obtenção do Título de Mestre em Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PORTAL Solar. **Fontes de Energia Renováveis: Tudo o que você precisa saber**. 2015. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/fontes-de-energia-renovaveis.html>. Acesso em: 16 maio 2021.

PORTAL Solar. **O que é energia solar? Tudo o que você precisa saber**. [20--]. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/o-que-e-energia-solar-.html>. Acesso em 16 maio 2021.

PORTAL Solar. **Seguidor Solar – Tracker: Vantagens e Desvantagens Parte 1**. 2016. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar---tracker-vantagens-e-desvantagens-parte-1.html>. Acesso em: 16 maio 2021.

REIS, Pedro. **Em que consiste um sistema seguidor solar fotovoltaico**. 2016. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/em-que-consiste-sistema-seguidor-solar-fotovoltaico/>. Acesso em: 16 maio 2021.

TAMAYO, David Francisco Balam. **Diseño de un Seguidor Solar Pasivo Para Su Uso con Diversos Páneles de Captación de Energía Solar**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Engenharia Física) – Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, 2010.

THOMSEN, Adilson. **Arduino Due - o Arduino com processador ARM de 32 bits**. 2014. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/arduino-due-atmel-arm-32bits/>. Acesso em: 16 maio 2021.

THOMSEN, Adilson. **Micro Servo Motor 9g SG90 com Arduino Uno**. 2013. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/micro-servo-motor-9g-sg90-com-arduino-uno/>. Acesso em: 16 maio 2021.