

TrackSun: sistema de rastreamento solar automatizado com Arduino

Antônio Jack Simplicio Monte, 062220002@faculdade.cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena

Giovanna Alves Goncalves, 062220006@faculdade.cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena

José de Jesus Amaral Marques, 062220033@faculdade.cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena

Jackson Gomes Cerqueira, 062220030@faculdade.cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena

Victor Inacio de Oliveira, pro14724@cefsa.edu.br, Faculdade Engenheiro Salvador Arena

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar um protótipo em pequena escala e de maneira econômica de um rastreador solar controlado via Arduino, desenvolvido para otimizar a captação de energia solar por meio de sensores que acompanham o movimento aparente do Sol ao longo do dia, utilizando a refletância luminosa. O projeto fundamenta-se nos princípios dos sistemas fotovoltaicos e da eficiência energética, explorando conceitos de eletrônica, sensores e microcontroladores, além de programação nas linguagens C++ e Python. A metodologia consistiu na construção de um modelo funcional utilizando sensores de luminosidade (LDR), motores servo e uma placa Arduino Uno, cujos detalhes serão aprofundados ao longo deste trabalho. Também foi desenvolvido um código em Python para gerar gráficos de barras com a faixa de refletância captada por cada sensor, permitindo uma análise visual do comportamento do sistema. O protótipo foi testado em ambiente controlado, demonstrando a viabilidade do sistema para aumentar a exposição solar em comparação às estruturas fixas. Conclui-se que, mesmo em protótipos simples, utilizando microcontroladores de baixo custo voltados principalmente à educação, a automação do posicionamento de painéis solares representa um avanço importante na busca por maior eficiência energética.

Palavras-chave: Rastreador solar. Arduino. LDR.

Introdução

Nas últimas décadas, o crescimento da demanda global por fontes de energia alternativas tem sido impulsionado cada vez mais por uma crescente preocupação ambiental e econômica, aliada à busca por maior eficiência energética e redução da dependência de recursos naturais e esgotáveis. Nesse cenário, a energia solar possui grande destaque como uma das fontes mais promissoras e sustentáveis, principalmente em países como o Brasil, onde o índice de radiação solar é predominantemente alto ao longo de todo o ano. Segundo dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o território brasileiro recebe, em média, de 4,5 a 6,3 kWh/m² por dia de irradiância solar (INPE, 2017), o que demonstra seu alto potencial energético.

No entanto, apesar de seu alto potencial, grande parte dos sistemas solares instalados utiliza painéis fixos, o que faz com que a captação da luz solar seja limitada em determinados momentos do dia, reduzindo

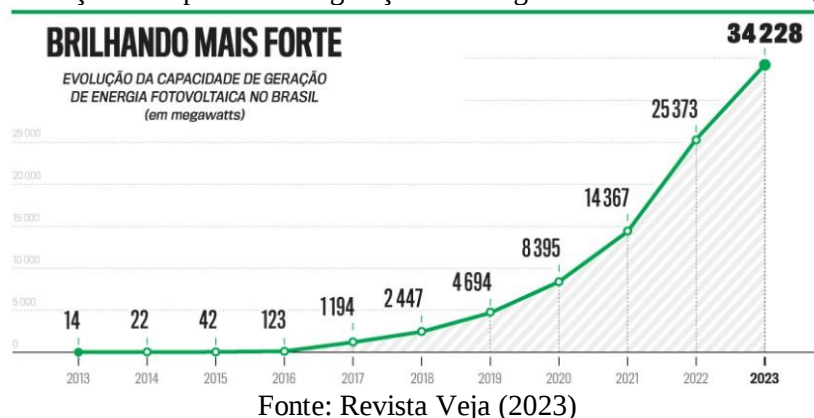
o ganho total do sistema. Diante dessa limitação, o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem rastrear o movimento do Sol e seu maior índice de refração torna-se uma alternativa eficaz e promissora para otimizar a geração de energia. Os rastreadores solares, que ajustam automaticamente a posição dos painéis de acordo com a posição do Sol, são uma solução já consolidada em projetos de grande escala. Porém, essas tecnologias ainda possuem um alto custo e, muitas vezes, são inacessíveis para aplicações domésticas ou de menores escalas.

De acordo com Tiba (2000), sistemas de rastreamento solar podem aumentar a eficiência da captação em até 30%, dependendo das condições de instalação e localização geográfica, o que reforça a importância de estudar e adaptar esse tipo de tecnologia para contextos mais acessíveis. Dentro desse contexto, o microcontrolador Arduino se destaca como uma poderosa ferramenta. Por ser de código aberto e utilizado em diversas aplicações ao redor do mundo, seu uso é amplamente difundido em projetos educacionais, científicos e experimentais. Essa plataforma permite a construção de sistemas automatizados e programáveis com baixo custo, estimulando o aprendizado prático de eletrônica e automação.

De acordo com dados recentes da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a energia solar fotovoltaica já se consolidou como a segunda maior fonte da matriz elétrica brasileira, superando a geração eólica. Em 2023, o país atingiu a marca de 34.228 megawatts (MW) de capacidade instalada, um crescimento significativo em comparação aos 14 MW registrados em 2013, conforme apresentado pela Revista Veja (2023). Este crescimento exponencial demonstra não apenas o alto potencial da energia solar no Brasil, mas também a urgência por soluções que otimizem seu aproveitamento. Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias acessíveis, como rastreadores solares automatizados de baixo custo, torna-se essencial para ampliar a eficiência dos sistemas fotovoltaicos, inclusive em pequena escala.

O referencial teórico deste estudo baseia-se em fundamentos da energia solar fotovoltaica, conceitos de eletrônica básica e automação, bem como na aplicação prática de microcontroladores e programação. A proposta aqui apresentada visa contribuir com o ensino de tecnologias sustentáveis, estimulando o desenvolvimento de soluções inovadoras a partir de recursos simples e acessíveis. Além disso, o presente trabalho reforça a importância da ciência e da educação tecnológica como ferramentas de transformação social e incentivo à pesquisa em fontes de energia limpa e renovável.

Figura 1 – Evolução da capacidade de geração de energia fotovoltaica no Brasil(2013-2023)



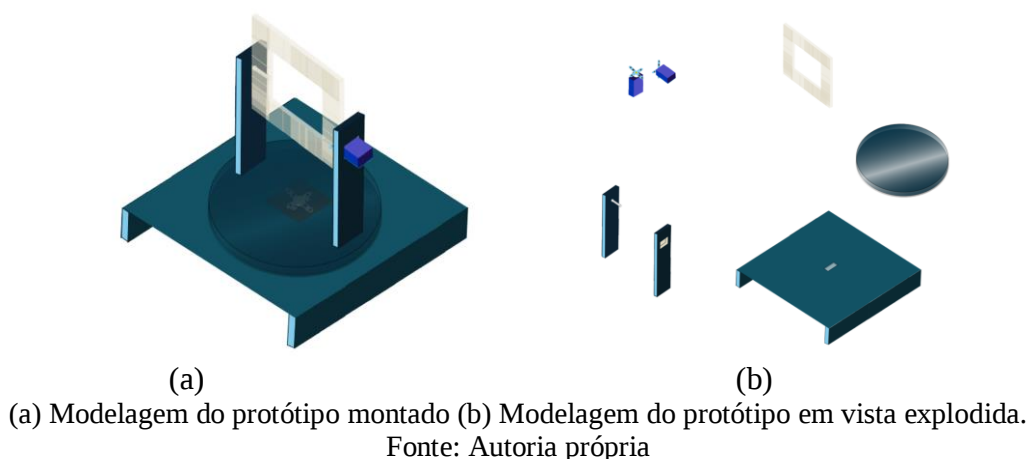
Metodologia

O desenvolvimento do projeto foi realizado com base em pesquisas bibliográficas e testes práticos voltados à construção de um protótipo funcional de rastreador solar automatizado utilizando Arduino. A escolha desse projeto se deve à necessidade de compreender o comportamento de sensores de luz, microcontroladores e atuadores em conjunto, com objetivo de simular de maneira didática, o princípio de funcionamento de um painel solar com rastreamento automático.

Inicialmente, foi feita uma pesquisa por soluções similares e conceitos fundamentais relacionados ao uso de sensores LDR (Light Dependent Resistors), servomotores e algoritmos de rastreamento. Essa etapa permitiu definir os componentes necessários para a implementação da ideia. O sistema foi projetado para se movimentar em dois eixos (horizontal e vertical), com o objetivo de posicionar o painel sempre voltado para a fonte de luz mais intensa. Para isso, foram utilizados quatro sensores LDR dispostos em um quadrante, um Arduino Uno como controlador central, dois micro servos (SG90), jumpers, resistores e uma estrutura física feita em papelão.

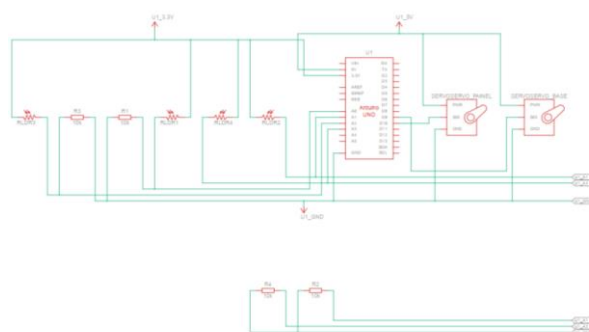
Para facilitar o planejamento da montagem e prever possíveis erros no circuito, foi feito um protótipo virtual utilizando a plataforma Tinkercad, onde foi simulado o circuito completo com as conexões dos sensores e dos motores. Também foi modelada a estrutura física do protótipo, visando a organização espacial dos componentes e testes de estabilidade mecânica.

Figura 2 – Modelagem do protótipo



O circuito físico foi montado inicialmente em uma protoboard, replicando a montagem previamente simulada na Figura 4. Os sensores LDR foram conectados a entradas analógicas do Arduino, e os servos às saídas PWM. A programação foi realizada em C++ na IDE do Arduino, implementando uma lógica de comparação entre os valores de luminosidade dos sensores, com margem de tolerância definida para evitar oscilações excessivas. A cada leitura feita, o programa calcula as médias das leituras dos pares de sensores (esquerda-direita e cima-baixo), e movimenta os servos realizando pequenos incrementos na direção da maior intensidade de luz até que os valores se equilibrem.

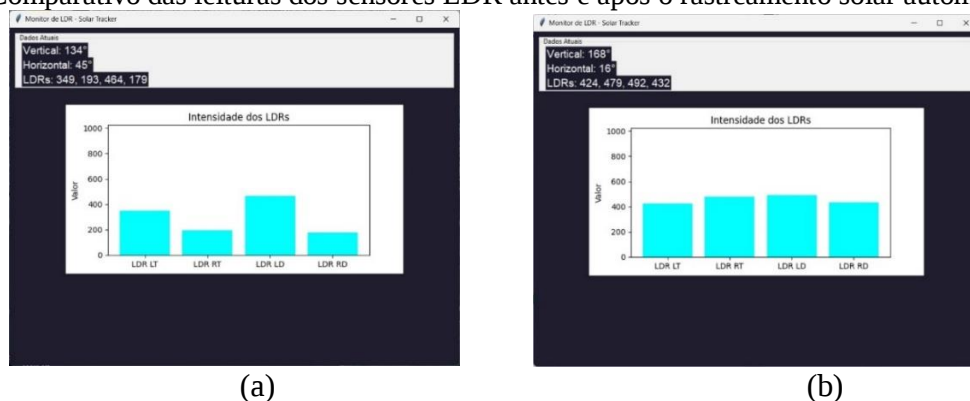
Figura 3 – Esquemático do circuito eletrônico no Tinkercad



Fonte: Autoria própria

Além da movimentação automática, foi desenvolvido um programa complementar na linguagem Python que realiza a leitura serial dos dados enviados pelo Arduino, exibindo-os em tempo real por meio de gráficos de barras. Isso permitiu acompanhar de forma visual o comportamento do sistema durante os testes, facilitando ajustes na programação e na posição dos sensores. Para comprovar a eficiência do rastreamento, foram realizadas capturas dos dados e do estado dos sensores antes na e depois na Figura 4 da movimentação do sistema. No início, os valores de luminosidade eram discrepantes entre os sensores. Após o processo de rastreamento, observou-se um equilíbrio entre os valores, indicando que a estrutura estava corretamente alinhada com a fonte de luz.

Figura 4 – Comparativo das leituras dos sensores LDR antes e após o rastreamento solar automático



(a)

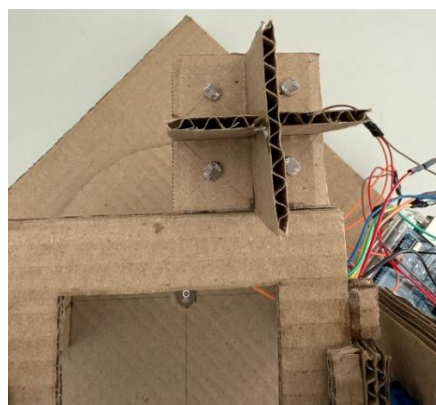
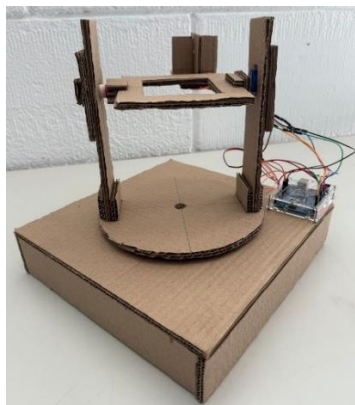
(b)

(a) Leitura dos sensores LDR antes da movimentação do sistema (b) Leitura dos sensores LDR após o rastreamento solar automático.

Fonte: Autoria própria

Por fim, com todas as etapas concluídas, desde a modelagem virtual até os testes de leitura e visualização de dados, foi possível montar o protótipo físico final do sistema. A Figura 5 apresenta o rastreador solar automatizado já completamente montado, com todos os componentes integrados e prontos para os testes funcionais descritos posteriormente.

Figura 5 – Protótipo final montado do rastreador solar automatizado



Fonte: Autoria própria

Resultados preliminares

O sistema desenvolvido demonstrou funcionalidade em pequena escala, respondendo de forma precisa à movimentação de uma fonte luminosa artificial (lanterna), simulando o comportamento de um painel solar real. Apesar do caráter didático, a experiência permitiu a compreensão de conceitos fundamentais de automação, eletrônica embarcada e integração entre hardware e software.

Além disso, espera-se que, em etapas futuras, o projeto evolua para integrar conectividade com a internet, permitindo a implementação de funcionalidades IoT (Internet das Coisas), o que ampliará as possibilidades de monitoramento e controle remoto do sistema.

Referências

ELECTRONICS TUTORIALS. Photoresistor (LDR) working principle and applications. 2020. Disponível em: https://www.electronics-tutorials.ws/io/io_2.html. Acesso em: 10 ago. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/atlasenergia/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MAKERHERO. O que é LDR? 2025. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/o-que-e-ldr/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

TIBA, C. Energia solar: fundamentos e aplicações. 2. ed. Recife: EdUFPE, 2000.

VEJA. O avanço da energia gerada por painéis fotovoltaicos no Brasil e no mundo. Revista Veja, 2023. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/agenda-verde/o-avanco-da-energia-gerada-por-paineis-fotovoltaicos-no-brasil-e-no-mundo/>. Acesso em: 10 ago. 2025.