



Jun 7 2024 11:47AM Jun 7 2024 11:46AM PROTÓTIPO DE SEGUIDORES SOLARES COMO AUXÍLIO NA EDUCAÇÃO SOBRE ENERGIA SOLAR

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.4903

Autores: MÁRIO MESTRIA

Resumo: Este trabalho propõe um desenvolvimento de um equipamento chamado de seguidor solar, com o uso de um eixo, de uma maneira eficiente e eficaz. Este equipamento possibilita uma melhora de mais de 30% na produção energética em relação à instalação fixa do painel fotovoltaico. E ainda, o equipamento pode acompanhar o movimento diário rotacional da Terra em relação ao Sol. O seguidor solar abrange diversas áreas das engenharias como mecânica elétrica e automação. Portanto, é uma ferramenta para a educação interdisciplinar nas engenharias, possibilitando o desenvolvimento de diversas competências, além de auxiliar no combate ao efeito estufa, mudar a forma de gerar energia elétrica e contribuir para o clima. Nos testes, foram notáveis a capacidade interdisciplinar do projeto. Assim, por sua abrangência de diversos temas, os seguidores solares são candidatos às ferramentas de ensino nas engenharias, possibilitando a formação de profissionais completos e conscientes num ponto de vista sustentável.

Palavras-chave: Energias renováveis, Seguido solar, Sustentabilidade, Mini painéis fotovoltaicos, Ferramenta de suporte educacional, Educação interdisciplinar.

PROTÓTIPO DE SEGUIDORES SOLARES COMO AUXÍLIO NA EDUCAÇÃO SOBRE ENERGIA SOLAR

1 INTRODUÇÃO

Não é novidade a necessidade mundial em rever o modo em que pensa na produção de energia elétrica; o acordo de Paris, proposto na 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC, tem o objetivo de limitar o aquecimento em 2°C em relação à temperatura pré-industrialização, com foco em alcançar 1,5°C. Inúmeras medidas vêm sendo tomadas pelos países membros a fim de tornar este objetivo possível, no Brasil, a contribuição nacionalmente determinada (NDC, sigla em inglês) é de, em relação às medidas de 2005, reduzir em 37% as emissões de carbono até o ano de 2025.

Na 6ª edição do Relatório das Estimativas Anuais de Emissões de Gases do Efeito Estufa fica evidente o aumento da contribuição da produção de gases do efeito estufa por parte do setor energético entre os anos de 2005 e 2014, porém, nos anos seguintes, o impacto diminui um grande avanço, já que a contribuição deste gira por volta dos 23% de todos os gases, não somente os provenientes da queima de combustíveis fósseis.

Entretanto, em dados mais atuais, a contribuição das matrizes energéticas nas emissões retornou a crescer, se aproximando novamente do pico de 2014. Assim, apesar de um cenário positivo, mudanças na sociedade precisam ser alcançadas, as tecnologias do futuro devem ser sustentáveis e a energia que as alimentará também.

De acordo com dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, houve um salto de 22 MW (Megawatt) de potência produzidos por painéis fotovoltaicos em 2014, para 41.196 MW em março deste ano, ocupando atualmente o segundo lugar do pódio como maior matriz energética brasileira, perdendo apenas para a hidrelétrica, que compreende 48% da produção anual ao passo em que a fotovoltaica produz 18%. Este cenário é ainda potencializado pela queda do preço para se produzir a energia solar ano a ano e pela possibilidade de instalações residenciais e até industriais, se destacando no setor residencial, que produz 48,8% da energia solar brasileira, portanto, faz-se imperativo a conscientização das novas gerações de engenheiros neste setor, seja os engenheiros eletricitas, ambientais ou civis.

Um dos ramos de desenvolvimento para a tecnologia da energia fotovoltaica é os seguidores solares, estes são sistemas capazes de acompanhar os movimentos aparentes do sol no céu, maximizando a geração de energia ao sempre manter o painel solar associado perpendicular à incidência de raios solares. Este equipamento possibilita uma melhora de mais de 30% na produção energética em relação à instalação fixa do painel (LEWANDOSKI *et al.*, 2022), a depender do método escolhido para movimentação, podendo acompanhar o movimento diário do sol com o uso de um eixo, ou usar dois eixos e acompanhar o movimento anual.

O seguidor solar abrange áreas diversas da engenharia, desde a mecânica, com o sistema de movimentação, a elétrica, com a própria produção fotovoltaica e até a automação, com o sistema de rastreamento. Portanto, é uma forte ferramenta para a educação interdisciplinar na engenharia, possibilitando o desenvolvimento competente de

profissionais além de gradualmente auxiliar no combate ao efeito estufa, mudando a forma com que pensamos na geração de energia elétrica e contribuindo para alcançar o equilíbrio climático proposto no acordo de Paris. Por isso, este trabalho propõe um estudo sobre o desenvolvimento de um seguidor solar, quais partes os compõem e como os implementar de maneira eficiente.

Esse artigo é estruturado como segue: na seção 2, os aspectos construtivos são descritos e na seção 3 o protótipo é apresentado. Por fim, na última seção são delineadas as conclusões, os benefícios e as propostas de trabalhos futuros.

2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS

A bibliografia a respeito dos seguidores solares é extensa e abrange grandes variedades de configurações possíveis, como por exemplo, a quantidade de eixos, abordado anteriormente. Sistemas seguidores de dois eixos costumam ser empregados em lugares com grande latitude geográfica já que a posição aparente do sol varia com maior intensidade nestes locais. Para zonas de baixa latitude, como Vitória, Espírito Santo, onde a latitude é de aproximadamente 20° sul, os seguidores de eixo único são mais adequados, já que seu custo de desenvolvimento e manutenção é menor e diferem pouco na geração para os de dois eixos. É interessante também notar que quando se aborda seguidores com um ou dois eixos trata-se de métodos ativos de rastreamento solar, onde, através de um controlador, se busca a melhor posição para o painel, existem ainda os sistemas passivos, que, apesar de serem mais baratos, não são tão eficientes quando comparados aos controlados por uma placa de Arduino.

Um exemplo possível para um seguidor solar com rastreamento passivo consiste em alocar perpendicular à placa fotovoltaica dois painéis menores, cada um com sua face voltada para o lado oposto ao outro painel, em seguida, serão ligados aos terminais de um motor de corrente contínua de modo que a diferença de incidência solar em cada lado passivamente acione o motor em sua direção de modo a corrigir a posição até que as incidências se igualem (POULEK e LIBRA, 1997).

Outro aspecto determinante na montagem de um seguidor solar é seu método de rastreamento, seu meio para alcançar o ponto de máxima transferência de potência (MPPT, sigla em inglês), múltiplos meios é possível para tal, como por exemplo, um mapeamento temporal do Sol a depender de sua região, o método Perturba & Observa e o da Condutância Incremental (LOBATO, 2015), ou o rastreamento através da comparação de sinais analógicos obtidos pela leitura de fotoresistores (LDR - *Light Dependent Resistor*), um dos meios mais comuns.

Ainda é necessário entender o posicionamento do painel solar. Para configurações compostas por eixos duplos o posicionamento pouco importa, já que o mesmo é capaz de alcançar o MPPT por si só. Em situações de eixo único, três opções são as mais comuns para se construir o eixo, de forma horizontal, vertical ou inclinada.

Figura 1 – Configurações de eixo único.



Fonte: Godoy (2019).

3 PROTÓTIPO

Com objetivos de teste do sistema de modo criar um bom balanço entre complexidade, preço de produção e eficiência, o protótipo aqui em desenvolvimento terá um único eixo de rotação, sendo sua configuração de montagem similar à do eixo inclinado, seu controle será feito por uma placa de Arduino, o método de comparação entre fotoresistores foi o escolhido para se alcançar o MPPT, enquanto a rotação do eixo será feita por um microreductor, ainda contando com um sensor para a coleta de dados sobre a produção da placa e enviada através de um módulo Wi-Fi para uma página web para que possa ser armazenada.

3.1 Aspectos Mecânicos

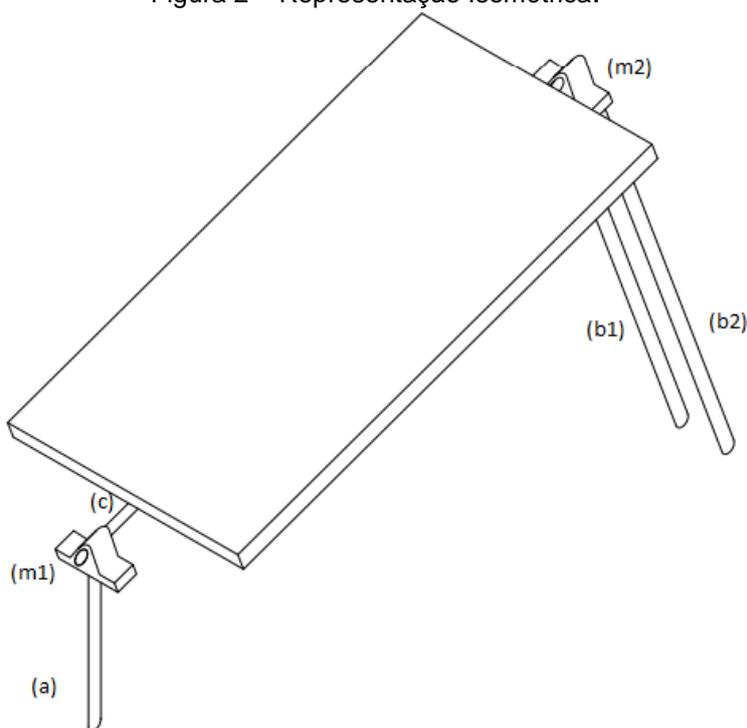
Previamente citado, um dos pontos mais importantes para a montagem e compreensão do funcionamento do seguidor é sua construção em termos mecânicos.

Estas características são dependentes de múltiplas escolhas. Por exemplo, um dos primeiros a se decidir deve ser o ponto geográfico de instalação do seguidor, neste caso em Serra, Espírito Santo, com esta decisão feita chega-se a um dado importante, a latitude local, visto que o protótipo sugerido será o de um eixo, o dado de latitude é de extrema importância para que se saiba a inclinação a qual sujeitar a placa.

O segundo aspecto a se notar são as dimensões da placa utilizada, com esta informação em mãos, pode-se determinar todas as medidas necessárias, bem como a carga peso a qual o sistema estará submetido.

A placa dimensionada foi a Resun RSM030-P, um painel com dimensões 670 X 350 X 25 mm e 2,6 Kg. Para tal carga, e junto ao fator de possível exposição ao tempo, bem como um menor nível de complexidade ao se manusear, o alumínio é o material mais adequado. A seguir, um diagrama da construção proposta:

Figura 2 – Representação Isométrica.



Fonte: Autores (2024).

Tabela 1: Comprimentos Notáveis.

Componente	Comprimento (cm)
a	20
b1	50
b2	50
c	80
m1	3,1
m2	3,1

Fonte: Autores (2024).

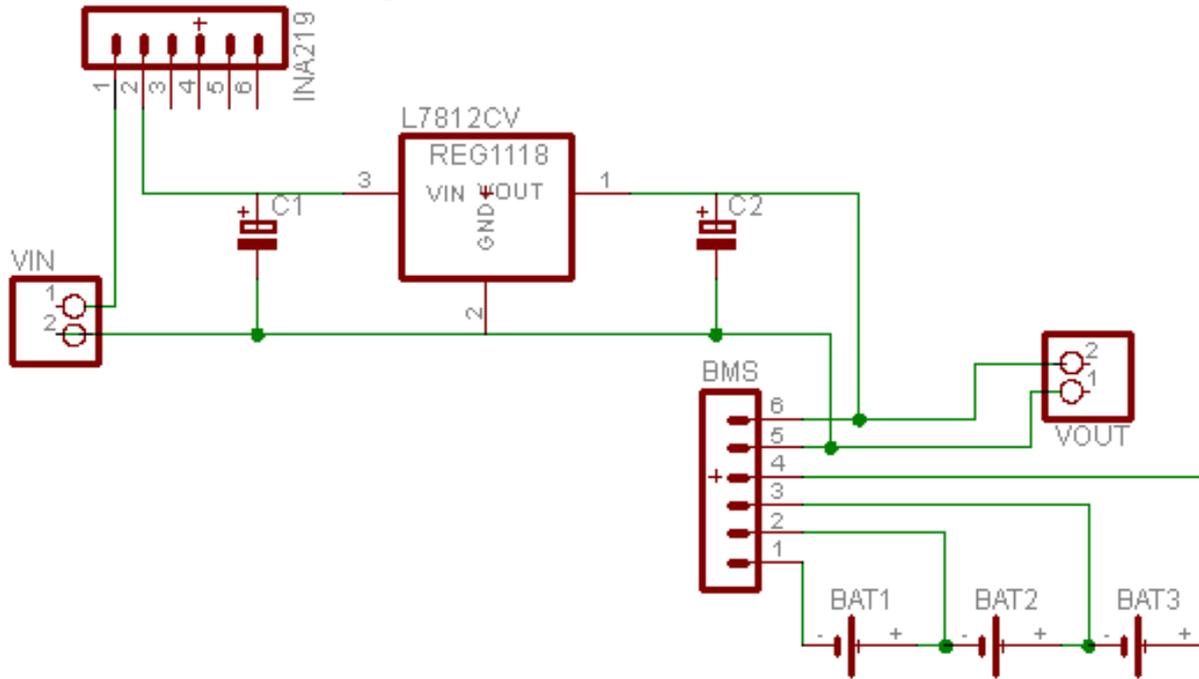
Na imagem nota-se a presença de quatro tubos, os elementos “a”, “b1”, “b2” e “c”, todos possuem o mesmo diâmetro de três quartos de polegada ou aproximadamente 19,05 mm, um diâmetro escolhido por ser suficiente para a carga dimensionada e, principalmente, sua facilidade comercial, aspecto de extrema importância, principalmente por possibilitar que os itens “m1” e “m2” fossem aplicados com maior facilidade. O comprimento dos elementos “a” e “c” foi definido de acordo com necessidades construtivas e de segurança, enquanto “b1” e “b2” são resultados matemáticos obtidos ao se considerar o eixo com uma inclinação de 20°.

Nos terminais do eixo encontram-se dois mancais de modelo UCP-204-12, com rolamento de diâmetro interno de três quartos de polegada, permitindo assim que o eixo possa deslizar livremente.

3.2 Sistema Elétrico

A tensão de geração de potência máxima para a placa é de 18,54 V, ao passo que a corrente é de 1,62 A. Com esses valores é estipulado os demais elementos, como apresentado no diagrama:

Figura 4: Esquema Elétrico Simplificado.



Fonte: Autores (2024).

O circuito apresentado recebe a potência gerada pelo seguidor solar através do elemento “VIN” e a utiliza para recarregar as baterias “BAT1”, “BAT2” e “BAT3” através do módulo BMS, realizando um regulamento de tensão antes de sua conexão com o componente “L7812CV”. Essa bateria será responsável por fornecer energia de modo paralelo ao motor shield responsável por controlar o movimento do microredutor e ao Arduino MEGA, cargas representadas por “VOUT”. Em série com a entrada está o sensor de corrente INA 219, responsável por medir a potência que está sendo gerada para o sistema. Os pinos 3 até 6 do sensor são conectados aos pinos de alimentação do Arduino e a duas portas analógicas.

O circuito elétrico conta com dispositivos além dos representados no diagrama, como por exemplo, dois fotoresistores que são conectados em entradas analógicas do controlador e à saída de 5V do mesmo. Já nos terminais de comunicação serial, virá o ESP-01, responsável por enviar os dados coletados pelo INA 219 para a página web. Além disto, um potenciômetro estará ligado a mais uma entrada analógica do Arduino e sua haste acoplada de tal forma que acompanhe o ângulo atual do motor, assim realizando a realimentação de posição atual.

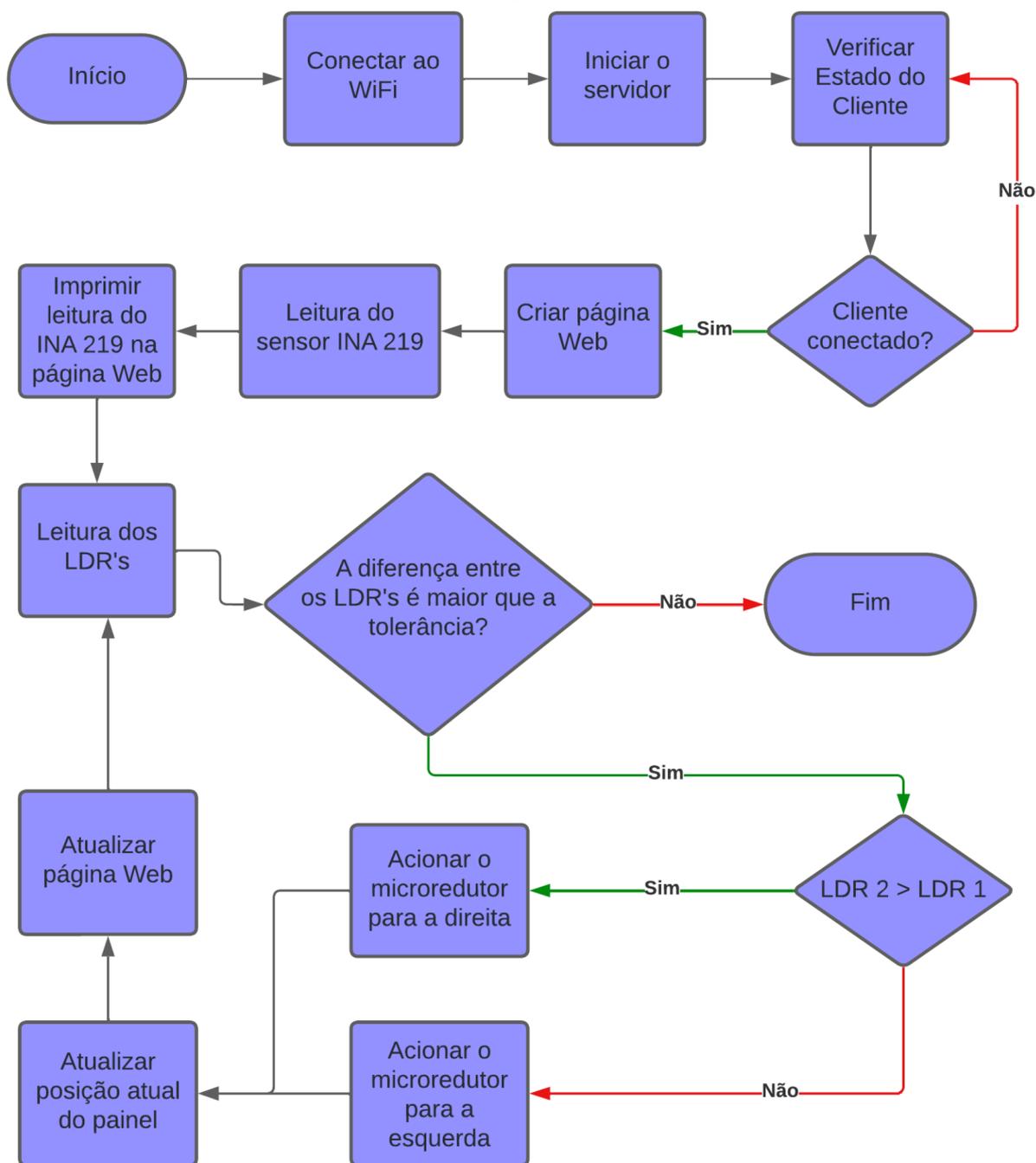
3.3 Fluxograma de Funcionamento

A programação do seguidor solar possui dois grandes blocos. O responsável por controlar a posição do painel o fará através da leitura do sinal analógico de retorno dos fotoresistores após serem colocados sob a tensão de 5V do Arduino, para tal, analisa-se a diferença entre os sinais enviados pelos LDR e caso este supere um certo limiar, o motor será acionado na direção do maior sinal até que a diferença seja ínfima.

A segunda parte do código é de certo modo mais complexa já que envolverá linguagens de programação diferentes da utilizada pelo Arduino, o C++ com algumas modificações. As linguagens HTML (Linguagem de Marcação de Hipertexto, sigla em inglês), Javascript e CSS (Página de Estilo em Cascata, sigla em inglês) são as principais línguas da rede mundial de computadores e com o uso de um módulo Wi-Fi, nesse caso o ESP-01, e sua respectiva biblioteca associada, pode-se gerar um servidor web com acesso local.

Este servidor será utilizado para armazenar ao longo do período de teste os dados coletados pelo sensor de corrente INA 219. O fluxograma a seguir representará o código descrito.

Figura 3: Fluxograma do código.



Fonte: Autores (2024).

4 CONCLUSÃO

A construção do protótipo para testes está em andamento, porém, é notável até então a capacidade interdisciplinar do projeto. O uso do Arduino como ferramenta didática é atrativo pelo seu baixo custo, possibilitando um ambiente acessível de desenvolvimento e testes de programas em C/C++, além de tornar o aprendizado mais dinâmico e motivador aos alunos (DE OLIVEIRA, GONÇALVES, HOED, 2014).

Os conceitos mecânicos aplicados ao sistema são fundamentais ao ensino de física e natural nas aplicações de engenharia, tais como os conceitos de torque no deslocamento do eixo e o dimensionamento de carga peso no caso da placa, ou até mesmo o uso e dimensionamento adequado dos elementos como barras, mancais e os equipamentos de conexão responsáveis por juntar as partes e fornecer estabilidade no projeto.

A funcionalidade de placas solares, bem como os elementos elétricos responsáveis por lidar com a potência gerada pelo painel, os métodos de busca pelo MPPT e os diversos componentes eletrônicos utilizados durante a elaboração do protótipo são conceitos indispensáveis na educação de um engenheiro electricista.

Somando à proposta ainda existem os benefícios ambientais de tais mudanças na educação, como são abordados por Loureiro em 2015, os engenheiros são uma parte vital do desenvolvimento da sociedade, sendo eles os responsáveis por encontrar e possibilitar boa parte dos passos tecnológicos da sociedade como um todo. Portanto, sendo indispensável o letramento destes profissionais desde sua base sobre seu papel social, principalmente em anos tão importantes quanto os atuais para a sustentabilidade.

Assim, por sua grande abrangência de temas e uso racional da energia elétrica, os seguidores solares são grandes candidatos para as próximas ferramentas de ensino na engenharia, possibilitando a formação de profissionais completos e conscientes num ponto de vista sustentável.

Como trabalho futuro é proposto o uso de *Internet of Things* a ser incorporado ao sistema fotovoltaico/seguidor solar. Nesse sentido, é possível monitorar a potência de saída dos painéis fotovoltaicos e alertar ao usuário administrador do sistema, quando esse sistema precisar ser ajustado (MUTHUKUMAR *et al.*, 2023).

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi parcialmente suportado pelo (omitido devido às avaliações às cegas), número de projeto XXXXX.

REFERÊNCIAS

Acordo de Paris. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em 24 abr. 2024.

DE OLIVEIRA, Allison L.; GONÇALVES, Willian A.; HOED, Raphael M. ARDUINO: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO INTRODUTÓRIO DE PROGRAMAÇÃO. In: XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2014, Juiz de Fora. **Anais**. Juiz de Fora.

Energia Solar Fotovoltaica no Brasil Infográfico ABSOLAR. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em 24 abr. 2024.

LEWANDOSKI, Cristiano Fernando *et al.* Study of the Efficiency of the Solar Tracker System compared to the Fixed Solar Generation System. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, e6711628671, 2022.

LOBATO, Salatiel de Castro. **Análise Comparativa entre as Principais Técnicas de MPPT com Foco Experimental.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/labsolar/files/2011/05/An%C3%A1lise-Comparativa-entre-as-Principais-T%C3%A9cnicas-de-MPPT-com-foco-Experimental.pdf>. Acesso em 6 mar. 2024.

LOUREIRO, Solange Maria *et al.* **Competências para a sustentabilidade/desenvolvimento sustentável: um modelo para a educação em engenharia no Brasil.** 2015. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/30411487.pdf>. Acesso em 1 mar. 2024.

MUTHUKUMAR, P. *et al.* Energy efficient dual axis solar tracking system using IoT. **Measurement: Sensors**, v. 28, p. 100825, 2023.

POULEK, V.; LIBRA, M. New solar tracker. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, vol. 51, n. 2, p. 113-120, 1998.

SOLAR TRACKER PROTOTYPE AS SUPPORT FOR SOLAR ENERGY EDUCATION

Abstract: This paper proposed the development of equipment called a solar tracker, using an axis, in an efficient and effective way. This equipment allows for an improvement of more than 30% in energy production compared to the fixed installation of the photovoltaic panel. Furthermore, the equipment can monitor the daily rotational movement of the Earth in relation to the Sun. The solar tracker covers several areas of engineering such as mechanic, electrical, and automation. Therefore, it is a tool for interdisciplinary education in engineering, enabling the development of various skills, in addition to helping to combat the greenhouse effect, changing the way of generating electrical energy and contributing to the climate. During the tests, the interdisciplinary capacity of the project was notable. Thus, due to their coverage of diverse topics, solar trackers are candidates for teaching tools in engineering, enabling the training of conscious professionals from a point of sustainable view.

Keywords: Renewable energies, Solar tracker, Sustainability, Mini photovoltaic panels, Educational support tool, Interdisciplinary education.

