

## **RASTREADOR SOLAR DE EIXO ÚNICO: CONTROLE DE POTÊNCIA NOS MÓDULOS**

Arthur Corrêa Martins da Costa <sup>1</sup>; Arthur Henrique Pimenta Silva <sup>2</sup>; Maria Eduarda Celestino <sup>3</sup>; Victor Augusto Pimenta Silva <sup>4</sup>; Diego Oliveira de Miranda <sup>5</sup>; Mariella Maia Quadros <sup>6</sup>; Fernanda Pelegrini Honorato Proença <sup>7</sup>

1 Arthur Corrêa Martins da Costa, Bolsista IFMG, Técnico Integrado em Eletrônica, IFMG Campus Sabará, Sabará - MG; arthurcmartinsc@gmail.com

2 Arthur Henrique Pimenta Silva, Bolsista IFMG, Engenharia de Controle e Automação, IFMG Campus Sabará, Sabará – MG; arthurhenrique6868@gmail.com

3 Maria Eduarda Celestino, Engenharia de Controle e Automação, IFMG Campus Sabará, Sabará – MG

4 Victor Augusto Pimenta Silva, Engenharia de Controle e Automação, IFMG Campus Sabará, Sabará – MG

5 Co-Orientador: Pesquisador do IFMG, Campus Sabará; diego.miranda@ifmg.edu.br

6 Co-Orientadora: Pesquisadora do IFMG, Campus Sabará; mariella.quadros@ifmg.edu.br

7 Orientadora: Pesquisadora do IFMG, Campus Sabará; fernanda.honorato@ifmg.edu.br

### **RESUMO**

A energia solar fotovoltaica depende da incidência de luz para produzir o efeito fotovoltaico. Sabe-se que um módulo fotovoltaico instalado no telhado de uma edificação, por exemplo, terá uma variação de incidência solar ao longo do dia e do ano. Neste sentido, e com embasamentos teóricos e técnicos, pretende-se desenvolver um protótipo de rastreador solar automatizado para ser aplicado em um módulo fotovoltaico de silício (RUY, F. O guia mais absurdamente completo da energia solar fotovoltaica, 2019).

A utilização de rastreadores que seguem o Sol são uma boa estratégia para o aumento da geração de energia diária. O posicionamento adequado do rastreador em relação ao Sol pode aumentar significativamente a produção diária de energia (Portal Solar, 2020).

Neste projeto, escolheu-se utilizar um rastreador de eixo único, devido à facilidade de montagem e menor quantidade de itens para possível manutenção, gerando consequentemente um rastreador de baixo custo - um dos nossos principais objetivos. O ganho de eficiência de energia do módulo fotovoltaico instalado com rastreador de dois eixos não é significativo, quando comparado ao sistema fotovoltaico com rastreador de eixo único, considerando-se o sistema como um todo. O sistema de controle automatizado é desenvolvido na plataforma LabView, disponível no Campus. Para aquisição de dados e comandos são utilizados Arduino UNO e placa de aquisição My Daq da National Instruments (LABVIEW USER MANUAL, www.ni.com, 2003). Com o uso da plataforma e a implementação do circuito de condicionamento de sinais é possível obter as curvas características do sistema fotovoltaico e também as coordenadas geográficas para melhor posicionamento do rastreador.

Devido às restrições impostas pela pandemia da COVID-19, este projeto finalizou na fase de simulação. Como proposta futura, ficam os testes de validação do protótipo projetado e a montagem utilizando um módulo fotovoltaico do sistema disponível no Campus.

## **INTRODUÇÃO:**

A industrialização proporcionou, juntamente com o crescimento populacional e o desenvolvimento da tecnologia, novas oportunidades para se apropriar de energias provenientes de fontes renováveis e, com isso, a utilização da energia fotovoltaica, no Brasil, tem se intensificado cada vez mais. Iniciativas para melhorar a captação da luz solar como rastreadores têm sido implementadas em sistemas fotovoltaicos de médio e grande porte. O desafio é não aumentar o custo de manutenção do sistema fotovoltaico com a introdução de motores de rastreadores. Pensando nisso, a proposta para este projeto é a implementação de um rastreador solar automatizado de eixo único em um módulo fotovoltaico de silício. O controle de posição do rastreador seria implementado via computador. Dessa forma, seria possível obter potências geradas nos módulos, possibilitando comparação entre um sistema instalado com e um sistema sem rastreador.

## **DESENVOLVIMENTO:**

O Sol nasce de leste a oeste, sendo que, no verão sua luminosidade está mais para o sul e no inverno voltado para o norte, o que implica em alteração no rendimento dos módulos fotovoltaicos. Por esse motivo, a inclinação dos módulos é de extrema importância para a eficiência do conjunto, recomendando-se a instalação de um sistema fotovoltaico com um grau de inclinação menor que a latitude local.

Ao se analisar um estudo desenvolvido pelo CEFET-MG, percebe-se que este movimento de nascer e pôr do Sol não é tão simples. Deste modo, o plano definido pelo arco que o Sol descreve no céu desde o seu nascimento até o seu ocaso não é perpendicular à superfície de nosso horizonte (superfície definida pelo chão que pisamos). O arco é um pouco inclinado (esta inclinação está ligada a latitude do local). Além disso, apesar do Sol nascer/se por no lado leste/oeste, somente em dois dias do ano, nos

equinócios de primavera e outono, ele nasce/se põe exatamente no ponto cardeal leste/oeste (AQUINO, E., [www.eduardoaquino.com.br](http://www.eduardoaquino.com.br), 2020).

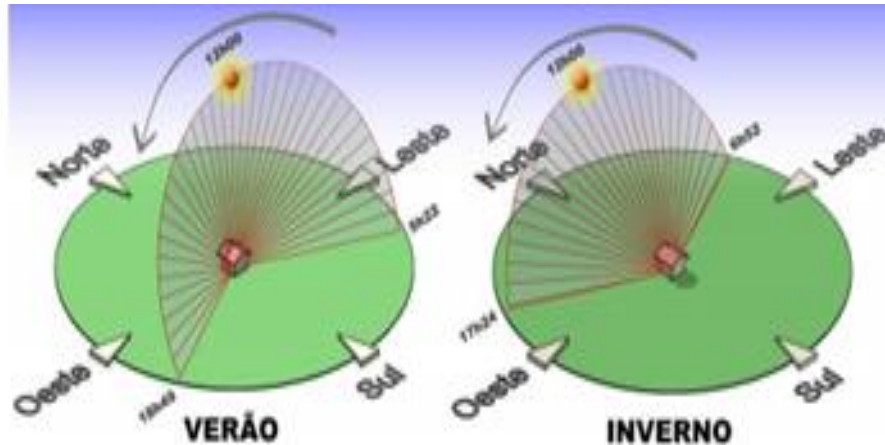


Figura 1 - Movimento solar

Fonte: [www.eduardoaquino.com.br/posicionamento-correto-do-painel-solar](http://www.eduardoaquino.com.br/posicionamento-correto-do-painel-solar) apud <http://dtabach.com.br>

### Algoritmo da Posição Solar

O algoritmo de posição solar calcula o ângulo azimute ( $\varphi$ ) [medida de abertura horizontal de leste a oeste] e o ângulo de elevação do sol ( $e$ ). Estes ângulos são posicionados para determinar a posição do painel em relação ao sol. O ângulo zênite é o ângulo entre a nossa direção de interesse e o zênite [medida de abertura vertical]. A elevação do Sol ou altitude ( $e$ ) é o ângulo do plano horizontal ao raio central do sol ou apenas o complemento do ângulo zênite [ $90^\circ$ ]. O ângulo azimute ( $\varphi$ ) é medido no sentido horário de “norte verdadeiro” ao ponto do horizonte, diretamente abaixo do objeto (HOSSAIN, B et al. A Low-Cost Closed-Loop Solar Tracking System Based on the Sun Position Algorithm, Journal of Sensors, 2019). Segue a representação de uma fórmula para cálculo de algoritmos, baseada na posição solar:

Variáveis e suas definições usadas na expressão:

Ângulo de elevação calculado usando um algoritmo da posição solar ( $e_{SPA}$ )

Ângulo de declinação ( $\delta$ )

Ângulo de declinação topocêntrico ( $\alpha_{\square}$ )

Ângulo horário ( $\alpha_{\square}$ )

Ângulo horário topocêntrico ( $\alpha_{\square}^{\prime}$ )

Seno aproximado do ângulo horário ( $\alpha_{\square}$ )

Cosseno aproximado do ângulo horário ( $\alpha_{\square}$ )

Ângulo de elevação calculado usando um algoritmo adaptativo aditivo ( $eAA$ )

Ângulo de elevação usando um algoritmo ENEA ( $eENEA$ )

Cálculo do ângulo azimutal usando um algoritmo SPA ( $\Phi SPA$ )

Cálculo do ângulo azimutal usando um algoritmo AA ( $\Phi AA$ )

Cálculo do ângulo azimutal usando um algoritmo ENEA ( $\Phi ENEA$ )

$$eSPA = a \sin \left( \sin \varphi \sin \delta_t + \cos \varphi \cos \delta_t \cos h'_a \right),$$

$$eAA = a \sin \left( \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos h_a \right),$$

$$eENEA = a \sin \left( \sin \varphi \sin \delta_t + \cos \varphi \cos \delta_t \cos h_t \right),$$

$$\Phi SPA = a \tan 2 \left( \frac{\cos h'_a}{\cos h'_a \sin \varphi - \tan \delta_t \cos \varphi} \right),$$

$$\Phi AA = a \sin \left( -\cos \delta \frac{\sin h_a}{\cos e} \right),$$

$$\Phi ENEA = a \tan 2 (sh_t, ch_t \sin \varphi - \tan \delta_t \cos \varphi),$$

## METODOLOGIA:

O trabalho se desenvolveu de forma remota, com reuniões periódicas virtuais.

Pré-Projeto mecânico do rastreador com base nos rastreadores de eixo único existentes: utilizou-se como referência, um projeto desenvolvido na UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (LIRA, R.V.J. Desenvolvimento de um Rastreador Solar do Tipo Polar com Ajuste do Ângulo de Inclinação, UFRN, 2019), cujos módulos fotovoltaicos são descritos a seguir e se aproximam dos instalados no IFMG-Sabará, nosso local de estudo:

- Tipo dos módulos: YL245P-29b Yingli;
- Comprimento: 1650mm;
- Largura: 990mm;
- Peso Total: 19,1kg;
- Espessura: 40mm.



Figura 2 - Vistas do rastreador: lateral, frontal e topo, respectivamente

Fonte: Acervo do projeto UFRN (PROJETO RASTREADOR - INFO (TAM REAL) - REF.pdf) - Drive

A partir desses detalhes, é necessário ter um suporte para fixação dos módulos, sendo estes com estrutura metálica no formato de uma grelha. As especificações da estrutura são: largura: 1980mm e comprimento: 3300mm.

- Eixo de orientação: Leste-Oeste - Variação do ângulo de + ou - 45°
- Eixo de inclinação manual: Ângulo de inclinação ajustável manualmente por um parafuso.
- Pedestal: Perfil quadrado (tamanho: 80mm x 80mm) - Parede de espessura compatível com a carga provocada pela torção gerada pelos ventos ou pelo peso dos módulos.
- Tracionador Mecânico: Composto por um conjunto motorreductor, que tem um motor de indução trifásico de 4 polos; Potência: ¼ CV; Rotação nominal: 1720 rpm com caixa de redução, sendo essa redução 1000:1. O motorreductor é fixado no eixo de inclinação manual. Utiliza-se uma caixa de redução com transmissão de eixo sem fim e coroa para aumentar o torque e reduzir a velocidade no eixo. Desta forma, garante-se o travamento da estrutura de fixação dos módulos. Quando o motor estiver parado, o ângulo fica preciso.

A partir do trabalho referência da UFRN, foi projetado um protótipo de rastreador de eixo único para este projeto.

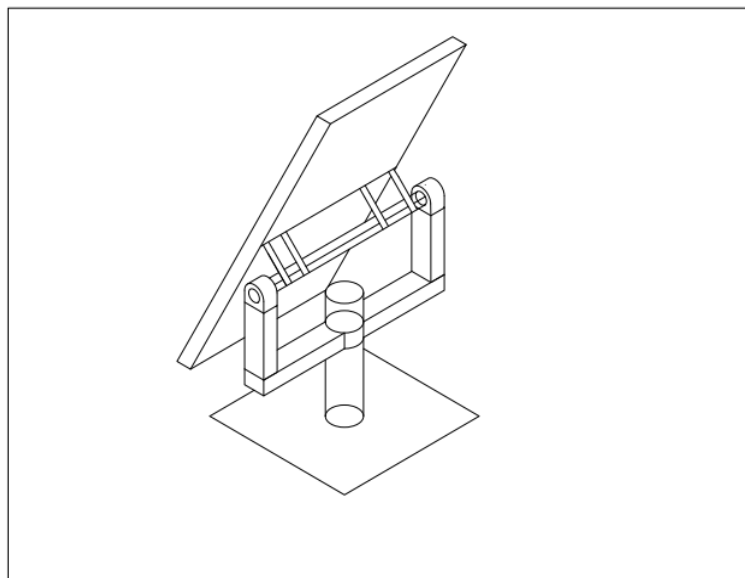


Figura 3 - Protótipo do rastreador de eixo único

Colaboração: Eduardo Nascimento

Sobre o condicionamento de sinais é feita a aquisição de sinais de tensão e corrente gerados. O módulo gera corrente contínua podendo chegar a aproximadamente 10A e 46V, conforme o módulo Maxpower CS6U da Canadian Solar, modelo utilizado no IFMG-Sabará. Para realizar a leitura pela placa de aquisição no MyDaq, é necessário condicionar os sinais para adequá-lo às especificações da placa de aquisição (até 10V e um sensor para corrente já que a máxima corrente do MyDaq é 1A). Para condicionar o sinal de tensão, é utilizado um divisor de tensão.

O fluxograma do sistema de monitoramento desenvolvido é resumido a seguir:

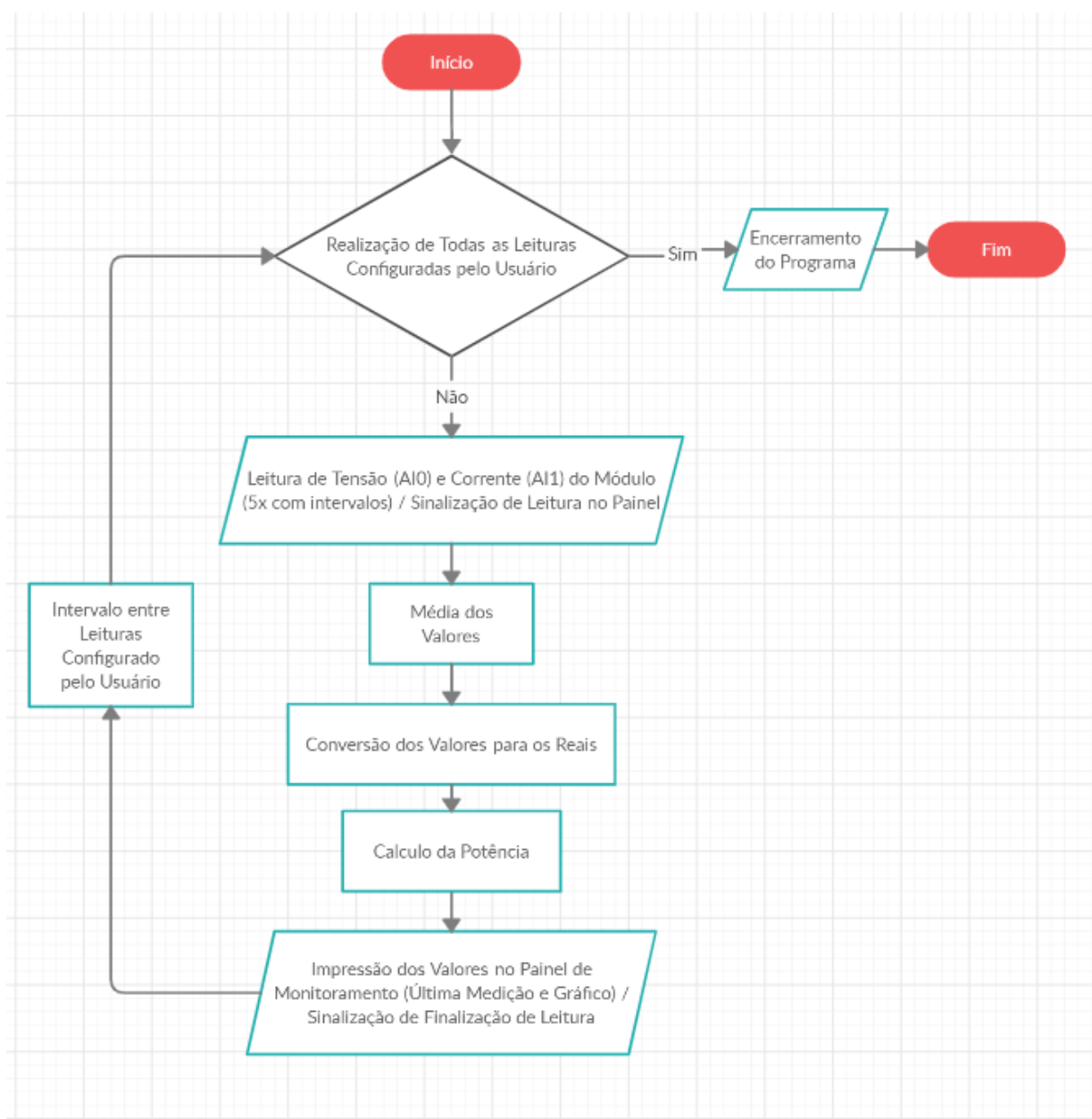


Figura 4 - Fluxograma ( Acervo do Grupo)

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

O uso do rastreador com eixo único facilita a montagem e reduz bastante o custo, quando comparado ao de eixo duplo, por ter montagem mais simples e, conseqüentemente, ter menor quantidade de peças mecânicas.

Para desenvolvimento do sistema de controle, o uso do Arduino traz versatilidade ao projeto e também é um item de menor custo. A interface e a programação é feita em ambiente LabView. O Arduino Uno, além do baixo custo-benefício, facilita a implementação de códigos que visam a máxima incidência solar para o nosso sistema de controle. Além disso, essa plataforma apresenta uma variedade de funções disponíveis ao usuário que permite implementar interfaces bastante úteis ao monitoramento e controle do funcionamento dos sistemas fotovoltaicos. A interface programada é configurável facilmente, o que pode disponibilizar em tela as variáveis elétricas e solares com muita praticidade para monitoramento e atuação no sistema fotovoltaico.

## **CONCLUSÕES:**

É viável a implementação do protótipo do sistema de monitoramento desenvolvido ao longo deste projeto. Como proposta futura, aponta-se sua implementação num módulo fotovoltaico de um sistema real, preferencialmente em um módulo já instalado no IFMG-Sabará; é interessante coletar dados e comparar um sistema fotovoltaico fixo e um sistema com rastreador para comprovar os dados teóricos da pesquisa.

Devido às restrições impostas pela pandemia da COVID-19, este projeto finalizou na fase de simulação, ficando para oportunidade futura os testes de validação do protótipo projetado e a montagem utilizando um módulo fotovoltaico do sistema disponível no Campus.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

BATERIA SOLAR. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/bateria-solar.html>. Acesso em: 5 de julho de 2020.



DUARTE, G. **Desenvolvimento de um Protótipo de Seguidor Solar Biaxial**, UFRJ, 2019. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10028431.pdf>. Acesso em 11 de agosto de 2020.

ENERGIA SOLAR. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Acesso em: 5 de julho de 2020.

HOSSAIN, B et al. **A Low-Cost Closed-Loop Solar Tracking System Based on the Sun Position Algorithm**. Journal of Sensors, 2019. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/js/2019/3681031/>. Acesso em: 11 de agosto de 2020.

LABVIEW USER MANUAL, 2003. Disponível em: <https://www.ni.com/pdf/manuals/320999e.pdf> Acesso em: 11 de agosto de 2020.

LIRA, R.V.J. **Desenvolvimento de um Rastreador Solar do Tipo Polar com Ajuste do Ângulo de Inclinação**. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15490/1/JoseRVL\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15490/1/JoseRVL_DISSERT.pdf). Acesso em: 06 de janeiro de 2021.

RUY, F. **O guia mais absurdamente completo da energia solar fotovoltaica: entenda tudo!** Tudo sobre energia solar, 30 de abril de 2019. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/>. Acesso em: 14 de julho de 2020.