



- Nome do(a) orientador(a) proponente: Marco Antonio Assis de Melo
- Título do projeto de pesquisa do orientador: Sistema de Energia Solar Inteligente.
- Curso de graduação: Ciência da Computação
- Faculdade do orientador: FCET
- Grande área de conhecimento da pesquisa de acordo com o CNPq: Ciências Exatas e da Terra
- Texto editado pelo Orientador e Aluno da Equipe
- Equipe do projeto: Leonardo Fajardo Grupioni – RA 00319703



## SUMÁRIO

Listar os itens do projeto com a respectiva numeração de página:

1. Resumo.....	3
2. Tema.....	4
3. Justificativa de pesquisa.....	4
4. Objetivos.....	5
5. Fundamentação Teórica.....	6
6. Métodos.....	10
7. Cronograma.....	11
8. Referencias bibliográficas.....	13



## 1. RESUMO

Sistemas de Energia Solar são parte integrante da Sociedade Moderna. A necessidade de utilizarmos módulos fotovoltaicos para a geração de energia elétrica é atual e real, assim como a pesquisa neste tema e seu uso estão alinhados a uma forte e importante questão ambiental.

Os objetivos deste projeto é proporcionar a capacitação em sistemas de energia solar inteligentes, visando extrair a máxima conversão de energia solar para energia elétrica.

O projeto é inicializado pelo estudo dos sistemas de geração de energia solar, seguido do estudo dos sistemas de rastreamento solar com seus sensores, módulos fotovoltaicos, dispositivos microcontroladores e seus algoritmos de rastreamento solar, resultando em uma implementação real.

Inicialmente é feita uma simulação computacional de avaliação dos algoritmos de rastreamento solar, seguido da simulação do microcontrolador no simulador Wokwi, depois a construção de um modelo 3D no Autodesk Fusion, implementação física e a análise e testes do sistema funcional.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Rastreador Solar, Painéis Fotovoltaicos, Sensores, Autonomia.



2. TEMA DA PESQUISA: Sistema de Energia Solar Inteligente.
3. JUSTIFICATIVA DE PESQUISA

Anteriormente realizei um Projeto de Iniciação Científica no qual tratei do tema energético para veículos com o título Simulação de um Sistema de Guiagem Veicular utilizando Fusão de Dados e Processamento Paralelo.

Estou continuando a pesquisa com o tema energético na área de geração de energia elétrica através da energia solar, utilizando sistemas inteligentes de rastreamento do sol no intuito de melhorar a eficiência energética dos sistemas fotovoltaicos.

Nas últimas décadas diversos países têm produzido relatórios detalhando suas emissões de poluentes. No Brasil, segundo os dados apresentados pelo Sistema de Estimativas e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) houve um aumento de 32% nas emissões brutas de gases de efeito estufa (GEE) entre 1990 e 2016, (Trecho Projeto Simulação de um Sistema de Guiagem Veicular utilizando Fusão de Dados e Processamento Paralelo.)

O setor de energia merece destaque, uma vez que apresentou uma das maiores taxas de crescimento anual de emissões brutas de poluentes durante esse intervalo de 1990 e 2016. Tal setor leva em consideração a formação de GEE tanto na produção como no consumo de combustíveis e energia elétrica. O setor abrange os seguintes segmentos: Transportes, Geração de eletricidade, Residencial, Comercial, Industrial, Produção de combustíveis, Agropecuário e Público. (Trecho Projeto Simulação de um Sistema de Guiagem Veicular utilizando Fusão de Dados e Processamento Paralelo.)

Portanto, torna-se necessário a busca por novas tecnologias para que se alcance a diminuição da emissão de GEE no segmento de transporte, especialmente para os veículos pesados. Com isso, reforçasse a necessidade de otimização do sistema atual e a busca por uma melhora da eficiência energética. (Trecho Projeto Simulação de um Sistema de Guiagem Veicular utilizando Fusão de Dados e Processamento Paralelo.)

No curso da Ciência da Computação, na PUCSP, já estamos envolvidos em pesquisas científicas e desenvolvimento de um rastreador solar.

Ao longo do primeiro semestre de 2022 foi desenvolvida uma versão do rastreador solar utilizando um Arduino e uma placa solar de 12 V, em uma estrutura construída com peças Lego. Agora, pretende-se construir uma nova versão deste rastreador solar, entretanto utilizando uma

estrutura metálica capaz de suportar placas de porte residencial, com isso, tendo que ter cautela com todas as implicações provenientes do clima, do ambiente e dos materiais necessários.

O projeto tem como objetivo o estudo, a implementação e o desenvolvimento de um sistema de rastreamento solar, utilizando sensores, painéis fotovoltaicos, microcontroladores e outros itens para ao fim chegar em um protótipo capaz de captar o máximo de energia solar ao longo dos dias, colocando em movimento um painel fotovoltaico de tamanho residencial.

Este projeto será previamente implementado no Wokwi, em seguida será feito um modelo 3D no Autodesk Fusion e o teste de todos os componentes físicos, como sensores, esp32, painel fotovoltaico, controlador de energia e baterias, para então poder ser construída a estrutura física e aplicado os testes de resistência. Com tudo, tem-se como método utilizar da literatura e investigar as maneiras de tornar o protótipo o mais autônomo e autossuficiente possível, onde esperamos contribuir na redução das emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa.

#### 4. OBJETIVO

Os objetivos deste projeto é proporcionar a capacitação em sistemas de energia solar inteligentes, sendo realizado nesta primeira fase pelo estudo, implementação e o desenvolvimento de um sistema de rastreamento solar, utilizando sensores, painéis fotovoltaicos, microcontroladores e outros itens para ao fim chegar em um protótipo capaz de captar o máximo de energia solar ao longo dos dias, colocando em movimento um painel fotovoltaico de tamanho residencial.

A figura 1 abaixo mostra o protótipo de um seguidor solar desenvolvido pelo Aluno Leonardo Fajardo Grupioni durante o curso da disciplina Fundamentos de Física para Computação.

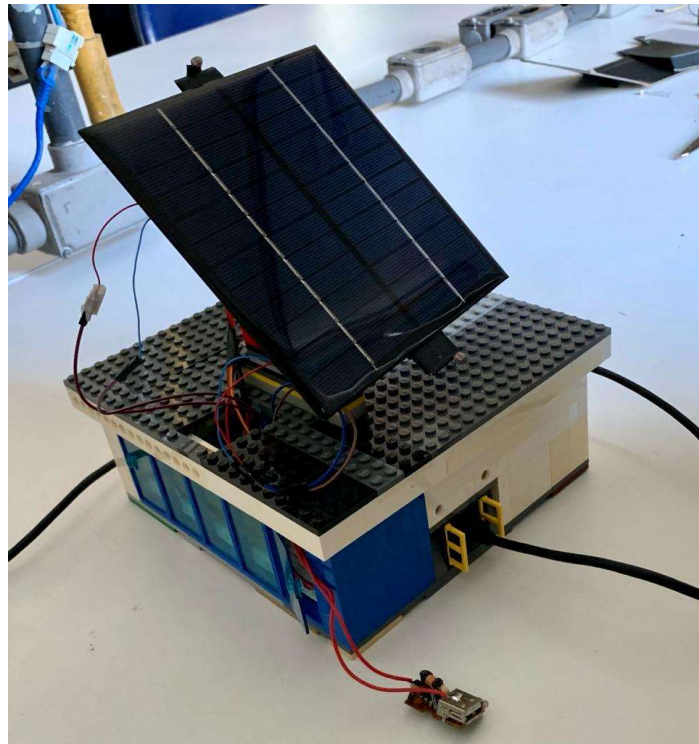


Figura 1. Projeto feito na disciplina de Fundamentos de Física para a Computação;

## 5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este projeto será previamente implementado no Wokwi, em seguida será feito um modelo 3D no Autodesk Fusion e o teste de todos os componentes físicos, como sensores, esp32, painel fotovoltaico, controlador de energia e baterias, para então poder ser construída a estrutura física e aplicado os testes de resistência. Com tudo, tem-se como método utilizar da literatura e investigar as maneiras de tornar o protótipo o mais autônomo e autossuficiente possível.

O Artigos sobre rastreamento solar a serem estudados:

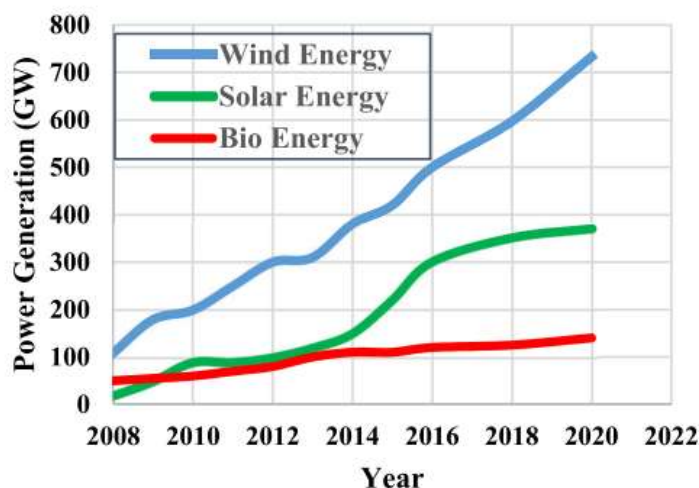
Saeed, M. H.; at all. A Review on Microgrids Challenges amp Perspectives, IEEE, 2021.

Bizon, N., Radut, M. Determining the power generated by the photovoltaic window blinds tilted at different angles for vertical and horizontal orientations, IEEE, 2016.

Chy, D. K.; at all. Analysing efficiency of DC-DC converters joined to PV system run by intelligent controller, IEEE, 2017.

Gaspar C.; at all. Design of a solar tracker to improve the capture of solar radiation in photovoltaic panels using a closed loop control system, IEEE, 2019.

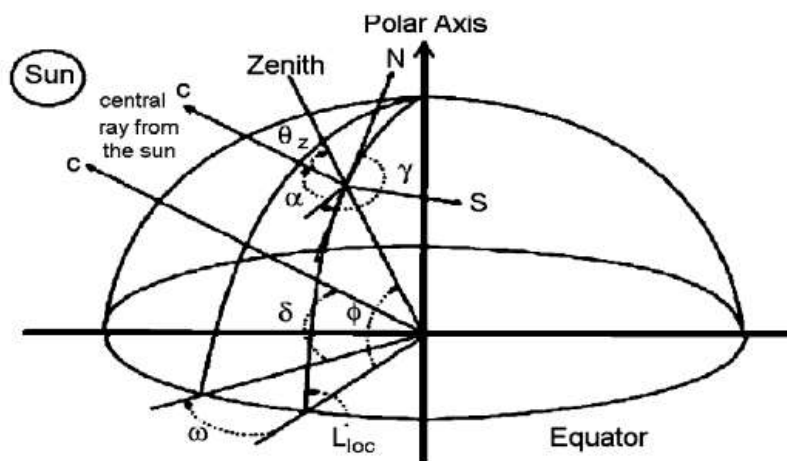
A figura 2 abaixo mostra a produção de três tipos de energias renováveis, segundo Saeed, M. H.; at all,IEEE, 2021.



**FIGURE 3.** Total power production from renewables [2].

Figura 2. Produção de três tipos de energias renováveis. Saeed, M. H.; at all,IEEE, 2021.

A figura 3 abaixo mostra um esquema de representação de ângulos de posicionamento dos módulos fotovoltaicos para a correta transformação de energia solar em energia elétrica, segundo Bizon, N.,IEEE, 2016.



**Figure 1.** Schematic representation of the solar angles [4].

Figura 3. Ângulos solar. Bizon, N., IEEE, 2016.

A figura 4 abaixo mostra os tipos básicos de seguidores solar aplicados nos módulos fotovoltaicos para a correta transformação de energia solar em energia elétrica, segundo Bizon, N., IEEE, 2016.

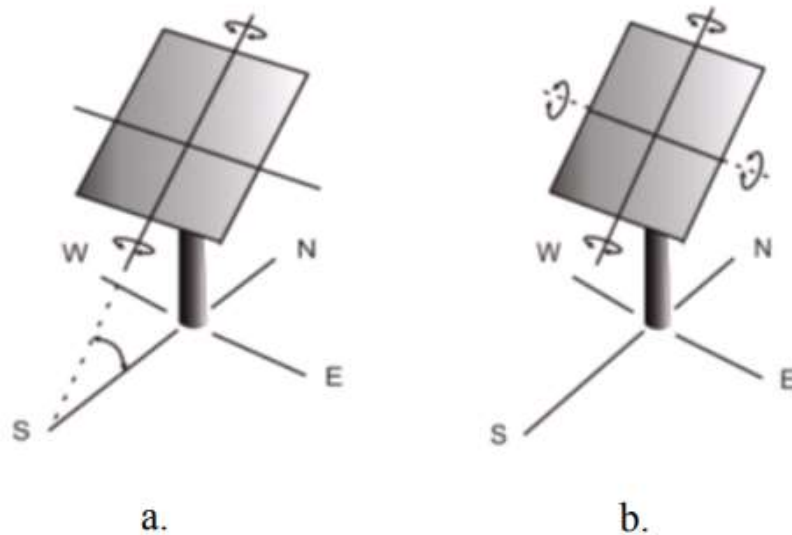


Figure 3: Basic types of tracking systems [4,5]

Figura 4. Dois tipos básicos de rastreadores solares. Bizon, N., IEEE, 2016.

A figura 5 abaixo mostra um diagrama de blocos para controlar um seguidor solar utilizado, e na figura 6 a sua representação no software Simulink MatLab, em Chy, D. K.; at all, IEEE, 2017.

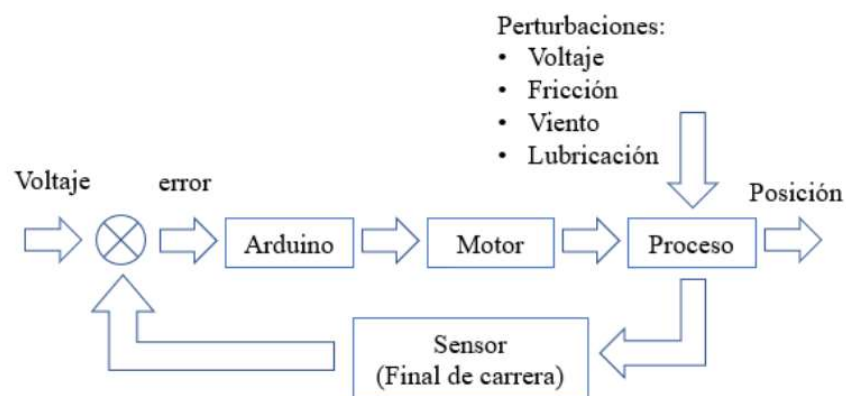


Fig. 4. Diagrama de control del seguidor solar

Figura 5. Diagrama de blocos do Sistema de controle de um seguidor. Chy, D. K.; at all, IEEE, 2017.



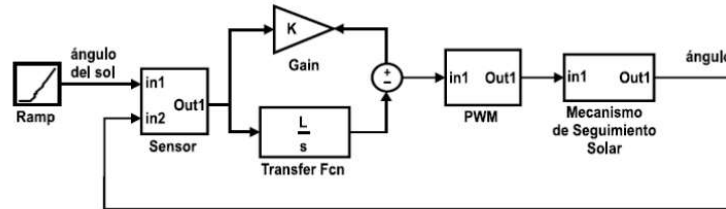


Fig. 7. Diagrama de bloques del Simulink para realizar la simulación del controlador [11]

Figura 6. Diagrama de blocos do Sistema de controle de um seguidor solar no Simulink MatLab Chy, D. K.; at all, IEEE, 2017.

A figura 7 abaixo mostra a implementação do Sistema seguidor solar utilizado em Chy, D. K.; at all, IEEE, 2017.



Fig. 12. Estructura mecánica con celda fotovoltaica.

Figura 7. Implementação Chy, D. K.; at all, IEEE, 2017.

A figura 8 abaixo mostra a implementação eletrônica em Gaspar C.; at all. IEEE, 2019.



Fig. 6. Measuring data with solar panel.

Figura 8. Implementação do Sistema, Gaspar C.; at all. IEEE, 2019.

## 6. MÉTODOS

Neste trabalho será realizado um estudo bibliográfico referencial sobre energia solar. Será consultado o acervo digital online da PUCSP. Também será realizado um estudo dos sensores, dos componentes elétricos e do painel fotovoltaico, das plataformas de desenvolvimento de software e modelagem 3D, estudo do circuito elétrico e da programação do microcontrolador ESP32, como realizar os procedimentos de teste dos componentes, estudo da construção da estrutura física, estudo da Implementação da programação na ESP32, as técnicas de rastreamento solar analisando os diversos algoritmos para esta aplicação.

Após a conclusão será terminada a escrita do relatório final e disponibilizado para a avaliação do andamento do trabalho bem como a possibilidade de escrita de artigo científico.

Também serão realizados os relatórios parcial e final para avaliação do andamento do trabalho bem como a possibilidade de escrita de artigo científico. A figura 9 abaixo mostra alguns dos equipamentos a serem utilizados neste Projeto.



Figura 9 . Equipamentos (Painel Solar 96W, Bateria Estacionária 13,5A e Controlador de Carga 30A)  
PUCSP.



## 7. CRONOGRAMA E ETAPAS DO PROJETO

O aluno realizará inicialmente a revisão da literatura, necessária para atualização do estado da arte sobre o tema, seguido pelo estudo dos subtópicos indicados abaixo.

Em seguida será realizado o estudo dos sensores, dos componentes elétricos e do painel fotovoltaico.

Em seguida será estudado as técnicas de rastreamento solar.

Em seguida será realizado o desenvolvimento do modelo 3D.

Em seguida será realizado o desenvolvimento do circuito elétrico e da programação.

Em seguida será realizado a elaboração do relatório parcial, e Teste dos componentes.

Em seguida será realizado a construção da estrutura física.

Em seguida será realizado a Implementação da programação na ESP32.

Em seguida será realizado a análise de resultados.

Em seguida as correções das implementações realizadas.

E por fim será realizado a elaboração do relatório final

Após a conclusão será terminada a escrita do relatório final e disponibilizado para a avaliação do andamento do trabalho bem como a possibilidade de escrita de artigo científico.

Atividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisão da literatura	X	X	X	X	X	X	X					
Estudo dos sensores, dos componentes elétricos e do painel fotovoltaico	X	X										
Estudo das técnicas de rastreamento solar		X	X	X								
Desenvolvimento do modelo 3D			X	X								
Desenvolvimento do circuito elétrico e da programação			X	X	X							
Elaboração do relatório parcial						X						
Teste dos componentes						X	X					
Construção da estrutura física					X		X	X	X			
Implementação da programação na ESP32							X	X	X			
Análise de resultados									X	X	X	
Correções das implementações realizadas										X	X	X
Elaboração do relatório final												X

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chy, D. K.; at all. Analysing efficiency of DC-DC converters joined to PV system run by intelligent controller, IEEE, 2017.
- Bizon, N., Radut, M. Determining the power generated by the photovoltaic window blinds tilted at different angles for vertical and horizontal orientations, IEEE, 2016.
- Barth, M; Boriboonsomsin, K, 2009. Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system. Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 14, Issue 6.
- Betts, J. Practical Methods for Optimal Control and Estimation using Nonlinear Programming, 2nd Ed, Sian, 2010.
- Bonnet; H., 2000. Fuel consumption reduction in a platoon: Experimental results with two electronically coupled trucks at close spacing. Future Transp. Technol. Conf. Expo, pp. 1–8.
- Chabu, I. E. S, Lima, M. S., Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética. Rio de Janeiro: LTC.
- Clagett, B. (10 de Novembro de 2015). Youtube. Fonte: I Like To Make Stuff: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_h1m6R9YW8c](https://www.youtube.com/watch?v=_h1m6R9YW8c)
- Energia Solar e Seus Impactos Ambientais: Entenda agora. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-impactos-ambientais/>>.
- Farrer, H., Programação Estruturada de Computadores: Algoritmos Estruturados, 3.ed., LTC, 2011.
- Gaspar C.; at all. Design of a solar tracker to improve the capture of solar radiation in photovoltaic panels using a closed loop control system, IEEE, 2019.
- Kruse, R., Tondo, C. L. e Leung, B. Data structures & program design in C. 2.ed. São Paulo: Prentice Hall, 1997.
- Malvino, A., Bates. J., D. Eletrônica, Vol 1, 7ª. Ed., McGraw Hill, 2015.
- McROVERTS, M. - Arduino Básico, Novatec, 2015.
- Monks, S. Programming Arduino: Getting Started with Sketches. McGraw-Hill Education, 2016.
- Rodrigues, P., P. Pereira e M. Souza, Programação em C++: Conceitos Básicos e Algoritmos, 12.ed., FCA, 2015.
- Saeed, M. H.; at all. A Review on Microgrids Challenges amp Perspectives, IEEE, 2021.
- Silveira, J. A. Experimentos com ARDUINO, Profissional, 2011.
- Torres, G. Fundamentos de Eletrônica. Axl Books, 2002.
- Vian, A., Tahan, C. M. V., Aguilar, G. J. R., Gouvea, M. R., Gemignani, M. M. F., Energia Solar Fundamentos Tecnologia e Aplicações. São Paulo, 2021.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO  
ASSESSORIA DE PESQUISA - REITORIA  
Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC



Assinatura do(a) Aluno(a):

*Leonardo F. Ompieri*

Assinatura do(a) Orientador(a):

*Manoel Antonio Lima de Melo*