



SISTEMA DE RASTREADOR SOLAR DE EIXO SIMPLES BASEADO EM INTENSIDADE SOLAR E DESEMPENHO

SINGLE SHAFT SOLAR TRACKER SYSTEM BASED ON SOLAR INTENSITY AND PERFORMANCE

Cristiano Fernando Lewandoski¹

<https://orcid.org/0000-0001-5944-5723>

Reginaldo Ferreira Santos²

<https://orcid.org/0000-0002-7745-9173>

João Paulo Man Kit Sio³

<https://orcid.org/0000-0002-9920-0154>

Felipe Gozzi da Cruz⁴

<https://orcid.org/0000-0002-7612-1891>

Augustine Ikpehai⁵

<https://orcid.org/0000-0002-5254-8188>

Resumo: A energia solar é uma fonte viável em pequena e larga escala. A energia elétrica gerada por um sistema fotovoltaico pode ser usada para uma ampla gama de soluções. O Sistema de Rastreamento Solar é a tecnologia mais adequada para aumentar a eficiência das células solares rastreando o sol. Este artigo apresenta o design de hardware e implementação de um sistema que garante a posição do painel solar para ser sempre normal à radiação solar incidente a fim de extrair o máximo de energia que incide sobre eles, em comparação com um sistema de geração fixo. Os resultados experimentais de avaliação através das curvas de geração em KW apresentam um ganho superior a 30% de ganho nos meses de novembro e dezembro na cidade de Cascavel – PR, em relação ao um sistema fixo, confirmando que o sistema de rastreamento de eixo simples baseado em automação em comparação com o sistema de geração fixa melhora a eficiência e o desempenho geral de uma usina solar.

Palavras-Chave: Tracker. Automação. Geração Fotovoltaica.

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura -Doutorado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil.

cristiano.lewandoski@unioeste.br

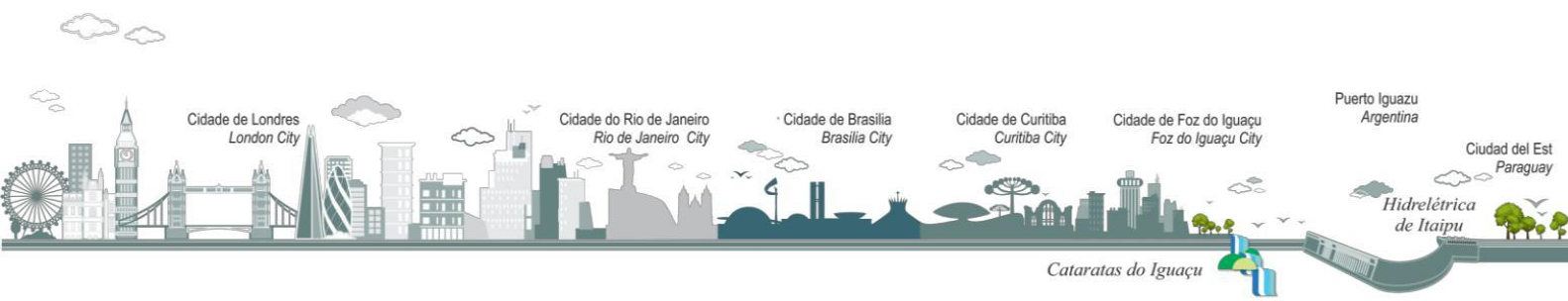
² Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, diretor geral do NIT-Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil.

reginaldo.santos@unioeste.br

³ Discente do programa de pós-graduação de engenharia elétrica e computação mestrando da universidade estadual do oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. joao.sio@unioeste.br

⁴ Discente do programa de pós-graduação de engenharia elétrica e computação mestrando da universidade estadual do oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. felipe.cruz6@unioeste.br

⁵ Doutor, Co-orientador, Professor, Departamento de Engenharia e Matemática – Sheffield Hallam University – Reino Unido. a.ikpehai@shu.ac.uk





Abstract: Solar energy is a viable source on a small and large scale. The electrical energy generated by a photovoltaic system can be used for a wide range of solutions. The Solar Tracking System is the most suitable technology to increase the efficiency of solar cells by tracking the sun. This article presents the hardware design and implementation of a system that guarantees the position of the solar panel to always be normal to the incident solar radiation to extract the maximum energy that falls on them, compared to a fixed generation system. The experimental results of evaluation through the generation curves in KW show a gain greater than 30% in the months of November and December in the city of Cascavel - PR, in relation to a fixed system, confirming that the single axis tracking system based on automation compared to fixed generation system improves the efficiency and overall performance of a solar plant.

Key Words: Tracker. Automation. Photovoltaic Generation.

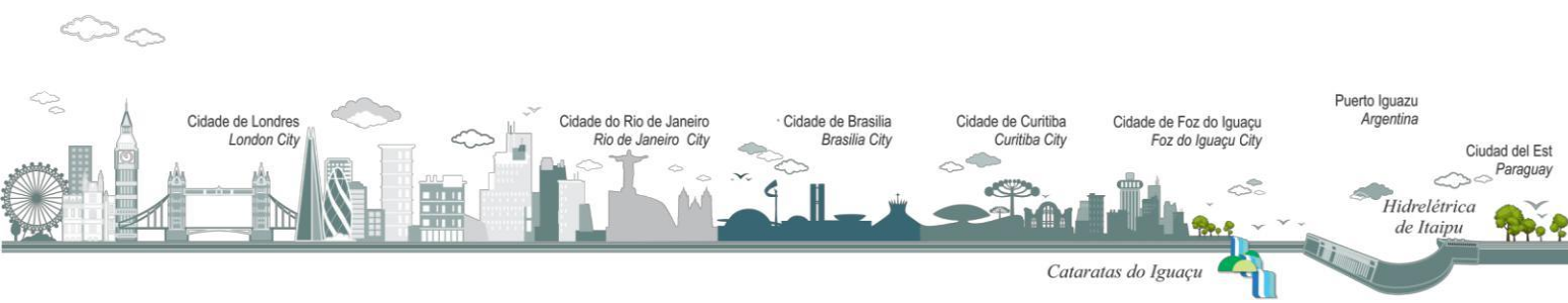
INTRODUÇÃO

A energia é o fator primordial para o desenvolvimento de uma nação. Uma enorme quantidade de a energia é extraída, distribuída, convertida e consumida na sociedade global diariamente. Nos últimos anos, a necessidade de energia está aumentando em escala exponencial, enquanto as reservas de a energia convencional está se esgotando em um ritmo rápido, como exemplo a China teve um grande crescimento, porém não compatível com suas reservas de energia convencional (SAID et al., 2018). Os recursos dos combustíveis fósseis são limitados e seu uso resulta em aquecimento global devido à emissão de estufa gases. Para fornecer uma produção de energia sustentável e um mundo não poluidor no futuro, há uma demanda crescente por energia de fontes renováveis como Solar, Eólica, Biodigestores e Hidrogênio (OCHOA et al., 2019).

O Brasil é rico em fontes renováveis. A Matriz Elétrica renovável do Brasil é de 141.932 MW. No total potencial de energia renovável, a energia solar tem a porcentagem máxima 2,3% na geração total da matriz elétrica renovável do país.

Rastreador solar é um conjunto de módulos solares automatizado que segue o sol para aumentar o poder de geração. Os módulos solares são feitos principalmente de materiais semicondutores. O principal componente da fabricação de painel solar o silício, tem uma eficiência de 24,5%. Os módulos solares de alta eficiência são fixados no solo ou em estruturas de maneira fixa posicionado para o norte obtendo o melhor desempenho por aumentar nesta posição a intensidade da luz que incide sobre ele na média do ano (LEWANDOSKI et al., 2021).

Os Rastreadores solares são os mais apropriados e tecnologia comprovada que aumenta a eficiência do painel solar, mantendo os painéis sempre alinhados com o sol. Os dois tipos de





sistemas de rastreamento solar são o sistema de rastreamento de eixo simples e o sistema de rastreamento de eixo duplo. Mesmo que a tecnologia para captura de energia solar já exista, o processo proposto usado é para aumentar a eficiência geral do sistema (LEWANDOSKI et al., 2021).

Este artigo apresenta o design de hardware e implementação de um sistema que garante a posição do painel solar para ser sempre normal à radiação solar incidente a fim de extrair o máximo de energia que incide sobre eles, em comparação com um sistema de geração fixo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material para utilizado para a pesquisa foram um inversor trifásico de 60kW, 90A da marca Sofar, segue abaixo a imagem da Figura 1.

Figura 1 - Inversor Solfar 60kW



Fonte: <https://www.sofarsolar.com>

A eficiência do inversor Sofar de 60kW é de 98,6% como demonstra o Gráfico 1, a seguir:

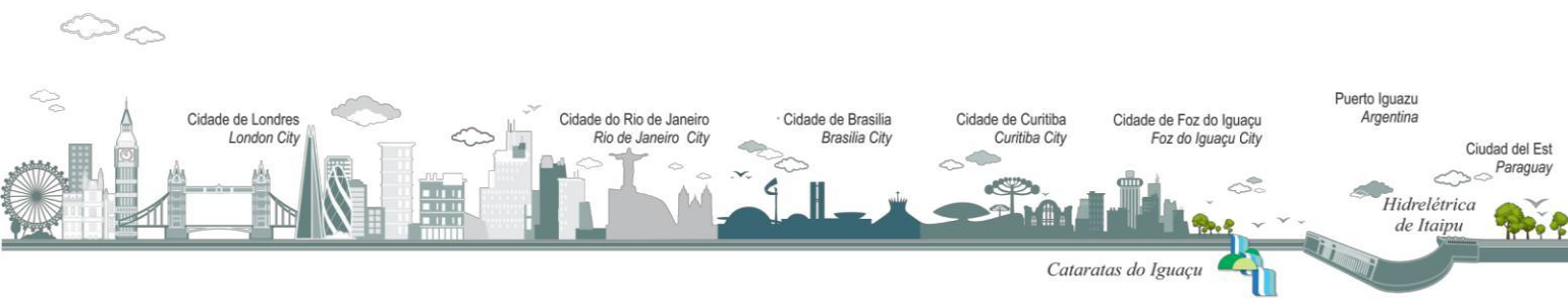
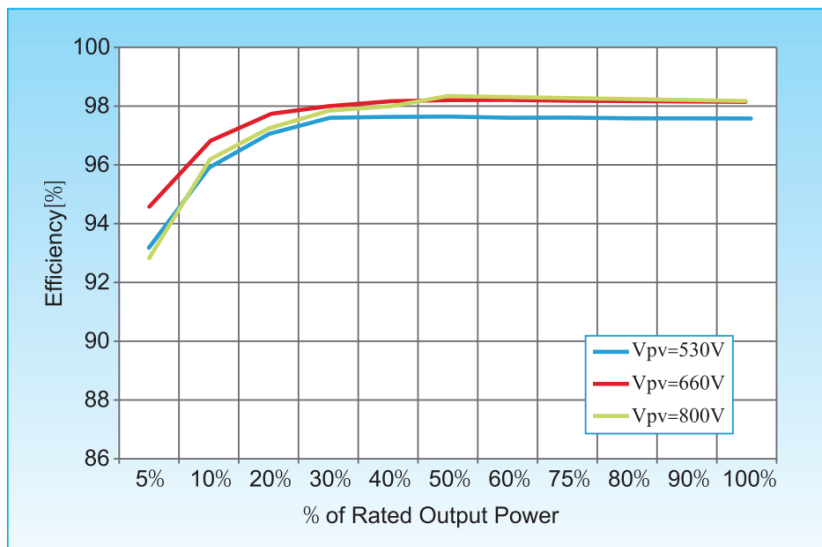




Gráfico 1 - Inversor Solfar 60kW



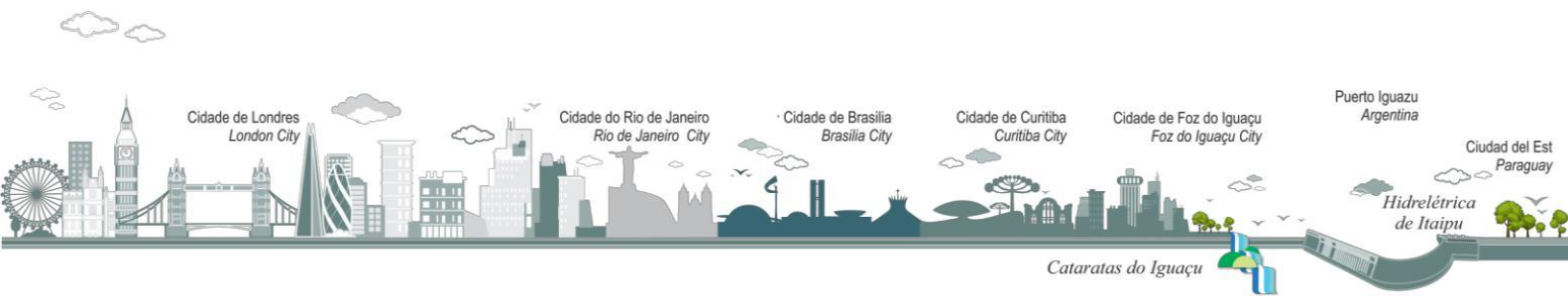
Fonte: <https://www.sofarsolar.com>

O módulo fotovoltaico utilizado Risen 500W com eficiência de 20,6% de eficiência, com a corrente de 11,68A, e a tensão V_{mpp} 42,88V.

Utilizamos a estrutura Fixa posicionada para o norte com módulos 162 de 500Wp, e o outro sistema utilizamos a estrutura Tracker com módulos 162 de 500Wp, ambas de fabricação pela empresa Sparkin, a metodologia utilizada no Tracker seguiu o seguinte método.

Um desses métodos é sistema de rastreamento de eixo único. O sistema solar de rastreamento solar de eixo único tem um grau de liberdade que atua como um eixo de rotação. O eixo de rotação do rastreador é tipicamente alinhado para o movimento dos módulos do Leste para Oeste acompanhando o nascer e o pôr do sol. A direção de movimento é desenvolvida com algoritmos de rastreamento avançados. Este modelo é capaz de rastrear e seguir a intensidade do Sol para obter potência máxima na saída, independentemente velocidade do motor. O sistema pode ser aplicado em usinas de pequeno até grande porte.

Os rastreadores solares de eixo duplo têm dois graus de liberdade que atuam como eixos de rotação. Esses eixos são normalmente independentes entre si. O rastreador detecta a luz solar por radiação direta em uma das fotos sensores como um sinal de feedback para garantir que o painel PV rastreado o sol o tempo todo. Rastreadores de eixo duplo permitem níveis ideais de energia solar devido à sua capacidade de seguir o sol vertical e





horizontalmente. Eles são tipicamente usados em instalações residenciais, usinas de pequeno até grande porte, porém seu custo é mais elevado que o eixo simples.

O motor escolhido para o sistema proposto é um motor DC servo motor com motoredutor. É usado para atingir a velocidade desejada em mover o painel de acordo com a posição do sol. A tensão 24 Vcc é usada para esta aplicação. O efeito mais importante do uso de motor DC com engrenagens arranjo no sistema de rastreamento de eixo simples é obter estabilidade mecânica do painel fotovoltaico sem gastar muita energia para motores DC.

O motor DC funciona de forma off-grid isolado da geração alimentado com módulos FV independente do sistema, controlador de carga e duas baterias de 12V – 7Ah conforme a Figura 2:

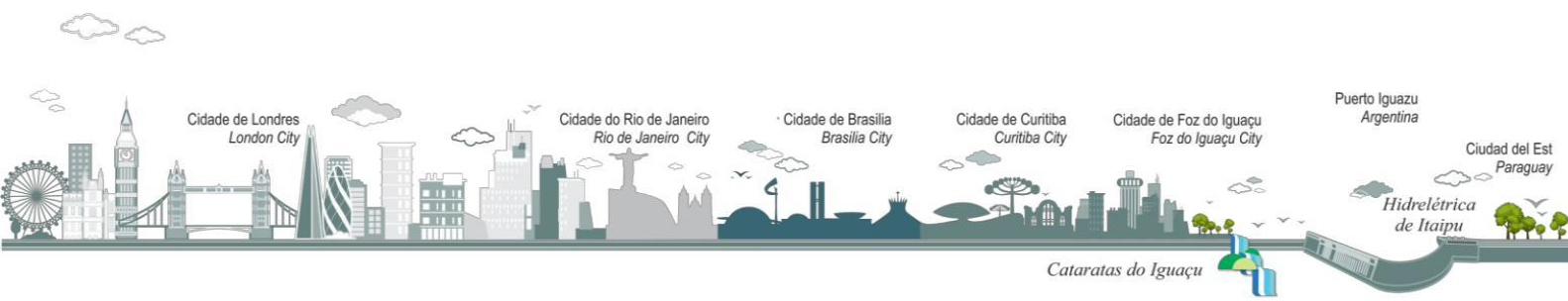
Figura 2 - Quadro Off-Grid.



Fonte: autores, 2022.

O controlador utilizado no sistema implantado é da marca DELTA modelo AS-300 onde é centralizado todo o script desenvolvido para o sistema de rastreamento solar.

A principal vantagem da combinação de um sistema industrial em uma usina solar é o baixo custo, segurança operacional, o acesso remoto através da internet e a comunicação Modbus com os inversores solares. A lógica de programação permite um algoritmo de dia, mês e ano por horários pré-definidos de cada localização projetada, abaixo na Figura 3





demonstra a montagem do quadro de automação:

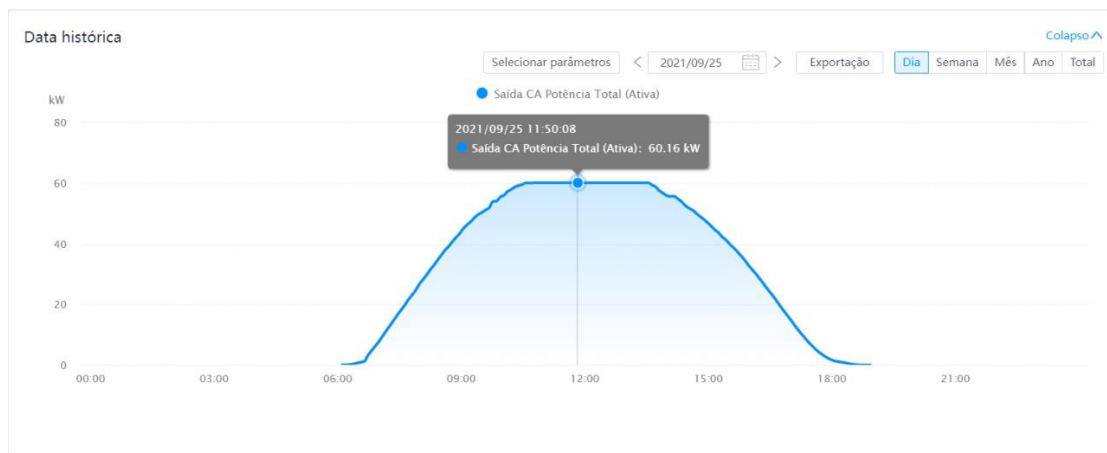
Figura 3 - Quadro de Automação.



Fonte: autores, 2022.

A Figura 4 mostra o inversor de 60kW com módulos 162 de 500Wp – Risen com o mesmo fechamento e quantidade de módulos no sistema Fixo:

Figura 4 - Curva de um Sistema Fixo.



Fonte: autores, 2022.

A Figura 5 mostra o inversor de 60kW com módulos 162 de 500Wp – Risen com o mesmo fechamento e quantidade de módulos no sistema Tracker:

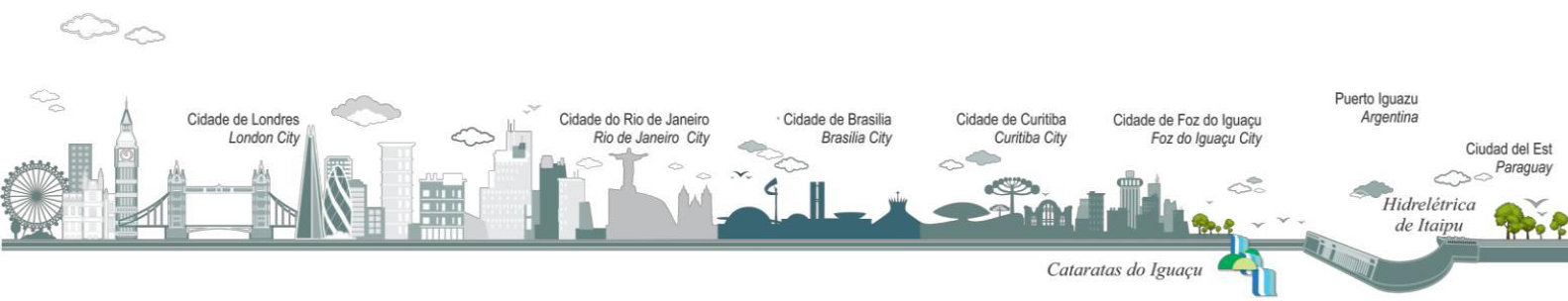




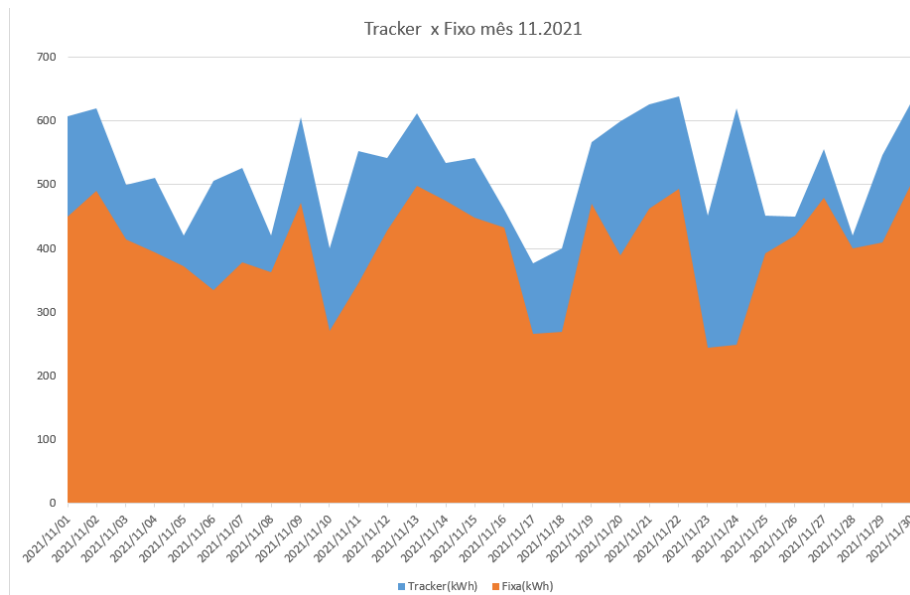
Figura 5 - Curva de um Sistema Tracker.



Fonte: autores, 2022.

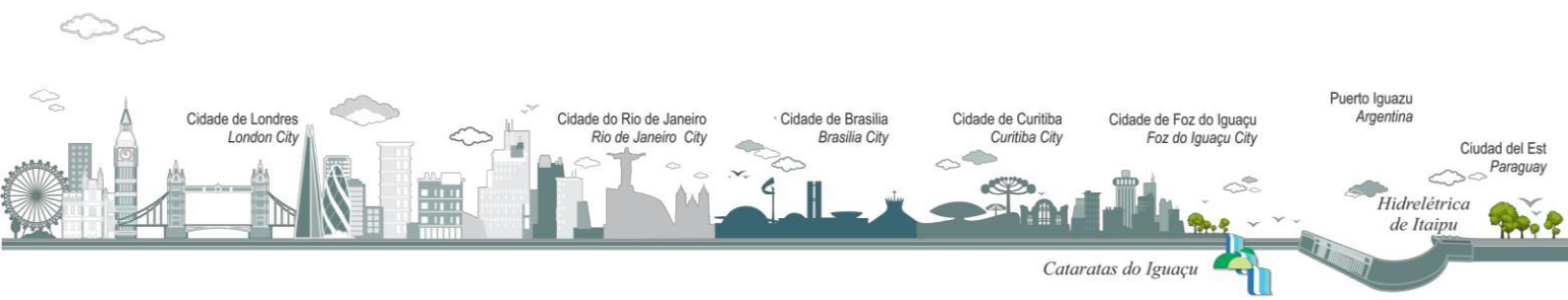
O gráfico com as diferenças de geração entre um inversor solar de 60kW da marca Sofar utilizando os 162 módulos de 500Wp em uma usina fixa e Tracker no mês de novembro de 2021, abaixo a Figura 6:

Figura 6 - Geração (Tracker) x (Fixa) mês de novembro 2021.



Fonte: autores, 2022.

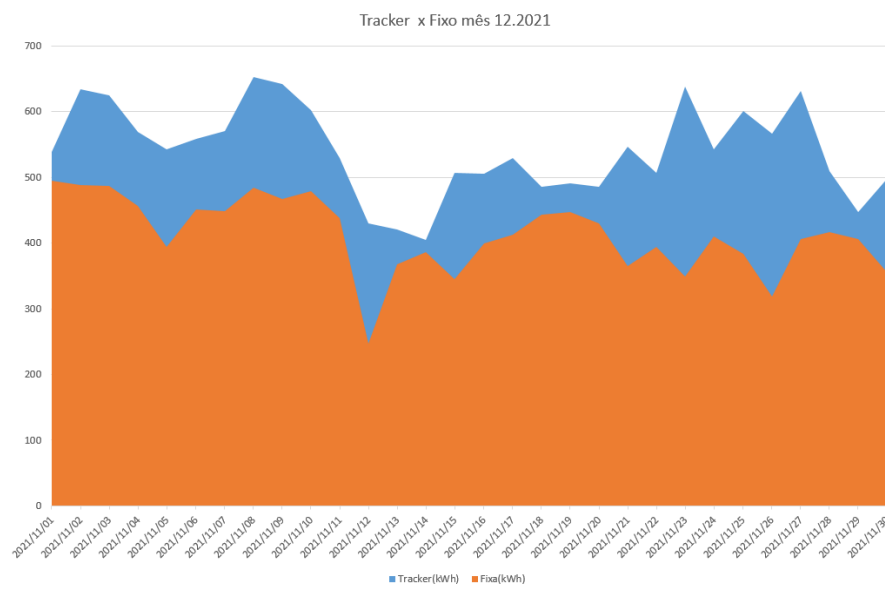
O gráfico com as diferenças de geração entre um inversor solar de 60kW da marca





Sofar utilizando os 162 módulos de 500Wp em uma usina fixa e Tracker no mês de dezembro de 2021, abaixo a Figura 07:

Figura 7 - Geração (Tracker) x (Fixa) mês de dezembro 2021.



Fonte: autores, 2022.

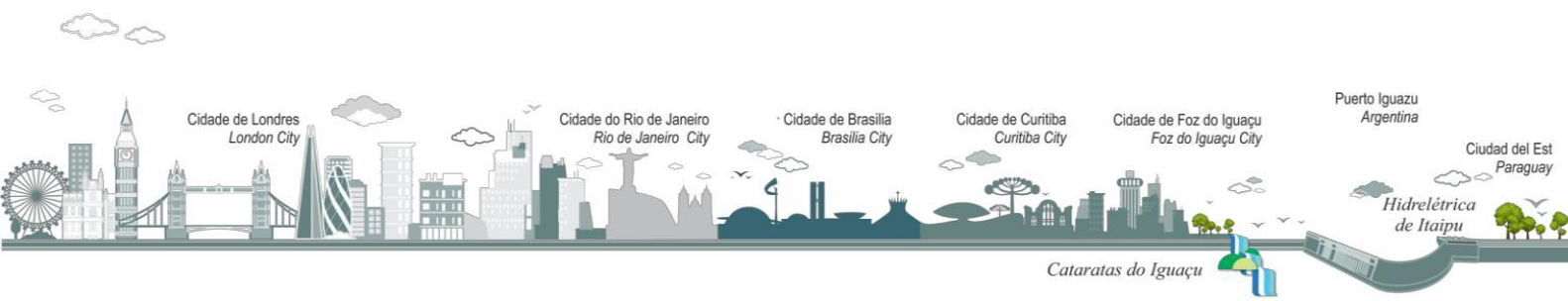
No mês de novembro a Figura 6, o gráfico representa em kW/h o ganho acima de 30% com a geração fixa de 12009,00 kW/h e o Tracker com a geração de 15692,5 kW/h.

No mês de dezembro a Figura 7, o gráfico representa em kW/h o ganho acima de 30% com a geração fixa de 12369,60 kW/h e o Tracker com a geração de 16206,5 kW/h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições em que foram conduzidos o presente estudo se verificou efeito significativo na aplicação do método da utilização do Tracker em relação a usina fixa em com um inversor de 60KW. O ganho de produção ultrapassou os 30% no estado do Paraná nos meses de novembro e dezembro de 2021.

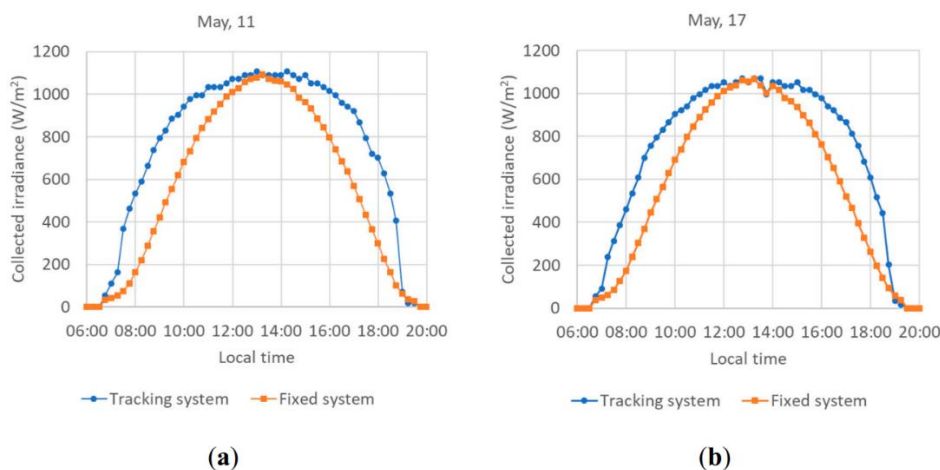
Algo semelhante também verificamos no artigo de Gutierrez et al. (2020). Seu experimento na cidade de Aguascalientes, México central, tendo um ganho médio de 29,9%





em maio em comparação com um sistema fotovoltaico fixo com inclinação ideal como demonstra a Figura 8:

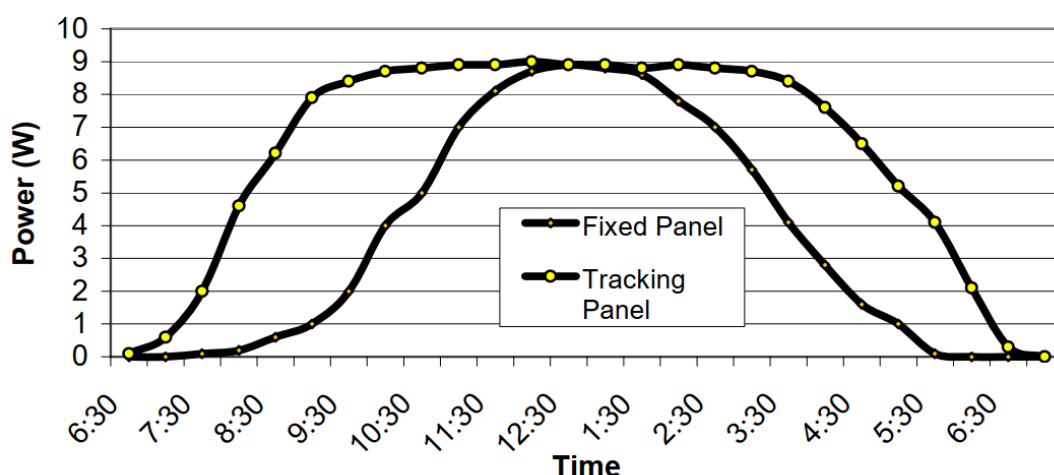
Figura 8 - Medições de irradiação em 11 de maio (a) e 17 de maio (b) para o Tracker e o sistema fixo.



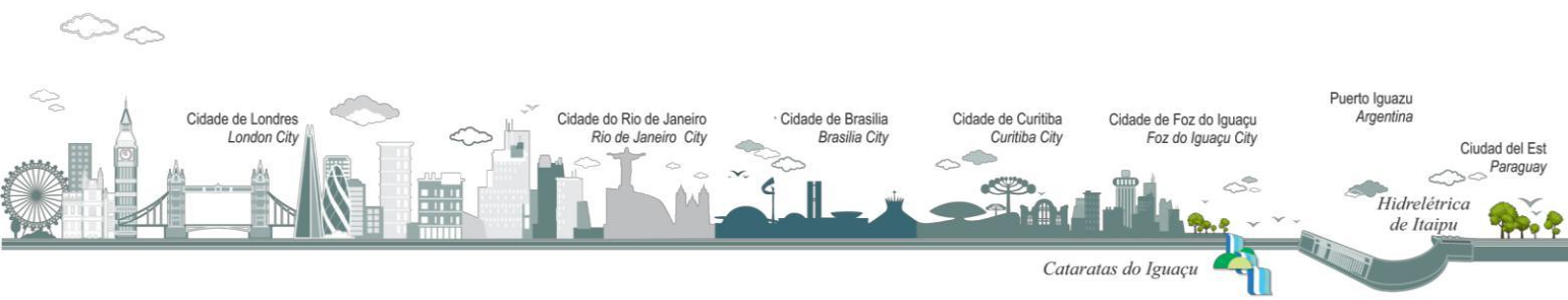
Fonte: Gutierrez et al., 2020.

A Figura 9 demonstra os resultados de um experimento desenvolvido nos Estado Unidos da América:

Figura 9 - Medições de irradiação Tracker e o sistema fixo.



Fonte: Rizk e Chaiko, 2008.





O experimento no norte dos EUA o Tracker alcançou uma da eficiência de energia de 39% em comparação com o sistema fixo, em termos de valor real, isso significa que o custo total de um sistema pode ser reduzido significativamente, considerando que muito mais energia pode ser fornecida pelo painel solar acoplado para um dispositivo de rastreamento solar (RIZK; CHAIKO, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo apresenta um ganho considerável com a utilização da técnica de rastreamento solar de eixo simples em relação ao sistema fixo. Nos meses de novembro e dezembro de 2021 os ganhos na cidade de Cascavel foram maiores que 30% de geração.

Uma vez que é um sistema de eixo simples, a eficiência máxima pode ser obtida durante um período de Tempo maior que em comparação com o sistema fixo. A instalação e implementação do sistema de rastreamento de eixo simples podem ser instalados em qualquer região de nosso país, pois não depende das condições climáticas ou coordenadas geográficas, podendo se ajustar.

AGRADECIMENTO: O Autor agradece ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, CNPq, ao Laboratório do CTA Unioeste, UNASP, Sheffield Hallam University, NIT – Núcleo de Inovação Tecnológica, as empresas Sparkin e Grupo Tangipar.

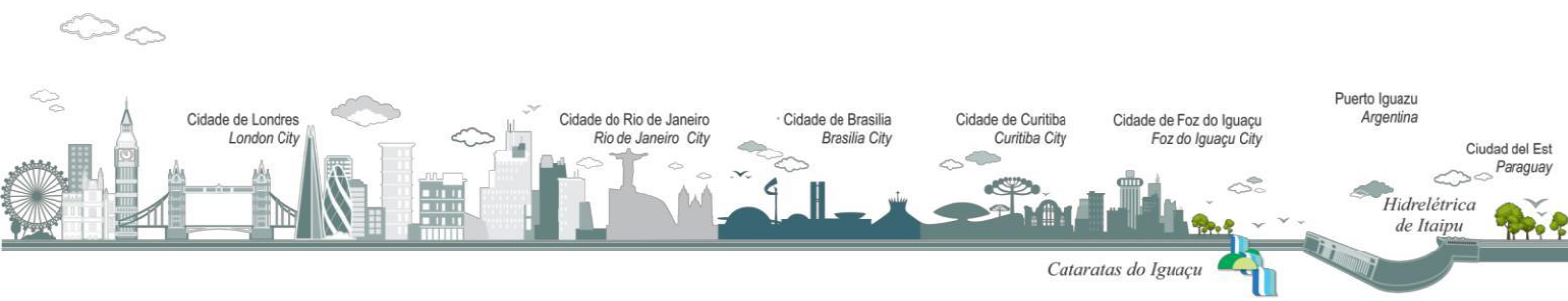
REFERÊNCIAS

GUTIÉRREZ, S.; RODRIGO, P.M.; ALVAREZ J.; ACERO, A.; MONTOYA, A. Development and Testing of a Single-Axis Photovoltaic Sun Tracker through the Internet of Things. **Energies**, v. 13, p. 25-47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13102547>

LEWANDOSKI, C. F.; REGINALDO, FERREIRA SANTOS ; SIO, J. P. M. K. ; ALMEIDA, M. ; IKPEHAI, A. . The Advantages Of Solar Tracker. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 3, n. 1, p. 31-46, 2021.

OCHOA, I.Z.; GUTIÉRREZ, S.; RODRIGUEZ, F. Internet of things: Low cost monitoring beehive system using wireless sensor network. In: International Conference on Engineering Veracruz, ICEV 2019. **Anais...** Boca del Rio: Veracruz, 2019. p. 14-17.

RIZK, J. C. A. Y.; CHAIKO, Y. Solar tracking system: more efficient use of solar panels. **World Academy**





of Science, Engineering and Technology, v. 41, n. 8, p. 313-315, 2008.

SAID, A.; ALAOUI, S. M.; RUUAS, Y.; DAMBRINE G.; MENARD, E. Innovative Low Cost Cleaning Technique for PV Modules on Solar Tracker. **Energy**, v. 124, p. 160–170, 2018.

