

# LIMPADOR AUTOMATIZADO DE PAINEL FOTOVOLTAICO AUTOMATED PHOTOVOLTAIC PANEL AUTOMATED CLEANER

Alexandre Taddeucci Borusiewicz  
Gabriel Spessote de Paula  
Igor de Souza Camargo Maciel  
João Felipe Dos Santos Cadorini  
Vitor Hugo Tiburcio da Silva

## RESUMO

A geração de energia solar cresce rapidamente no Brasil e no mundo, mas a eficiência dos sistemas fotovoltaicos pode ser comprometida pela sujeira acumulada sobre as placas. Pensando nisso, desenvolveu-se um robô semiautônomo de baixo custo para limpeza de placas solares, voltado principalmente para fazendas solares e empresas do setor. O equipamento foi projetado para ser simples, eficaz e adaptável a diferentes tipos de instalação. Este artigo apresenta o desenvolvimento do protótipo, sua estrutura mecânica, controle eletrônico e os resultados obtidos nos testes preliminares.

**Palavras-chave:** Energia solar; Robô limpador; Eficiência fotovoltaica; Automação; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Solar energy generation is growing rapidly in Brazil and around the world, but the efficiency of photovoltaic systems can be compromised by accumulated dirt on the panels. With this in mind, a low-cost, semi-autonomous robot was developed for cleaning solar panels, primarily aimed at solar farms and companies in the sector. The equipment was designed to be simple, effective, and adaptable to different types of installations. This article presents the development of the prototype, its mechanical structure, electronic control, and the results obtained in preliminary tests.

**Keywords:** Solar energy; Robot cleaner; Photovoltaic efficiency; Automation; Sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento na adoção de sistemas fotovoltaicos é evidente nos últimos anos (COSTA, 2022). No entanto, um dos principais desafios enfrentados pelos proprietários de usinas solares é a perda de eficiência devido ao acúmulo de sujeira, poeira e resíduos nas placas. Esse acúmulo pode reduzir significativamente a geração de energia, impactando diretamente o retorno do investimento (SILVA, 2020).

Diante desse cenário, desenvolveu-se um robô limpador de placas solares, com foco em baixo custo, facilidade de operação e manutenção, especialmente pensado para a realidade brasileira.

### 1.1 Problema de pesquisa

Como manter a eficiência de sistemas fotovoltaicos em ambientes expostos à poeira e outros resíduos, sem gerar altos custos operacionais com limpeza?

### 1.2 Objetivo(s)

O objetivo geral foi de desenvolver um protótipo funcional de robô

limpador de placas solares. Para tal, definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Reduzir a necessidade de mão de obra manual na limpeza;
- Tornar o processo mais eficiente, econômico e sustentável.

### **1.3 Justificativa**

A limpeza manual de placas solares demanda tempo, água e mão de obra, além de apresentar riscos ao trabalhador em instalações elevadas (PORTA; NARVAEZ, 2023). O robô surge como uma alternativa segura e automatizada, contribuindo para maior eficiência energética e menor impacto ambiental (COSTA, 2022).

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Estudos indicam que a sujeira pode reduzir a eficiência de painéis solares em até 30%, dependendo do ambiente e do tempo sem limpeza (SILVA, 2020). Soluções automatizadas já existem, mas geralmente possuem alto custo, dificultando sua aplicação em instalações de pequeno e médio porte (COSTA, 2022). A robótica aplicada à manutenção de sistemas energéticos vem ganhando espaço, especialmente com os avanços da Indústria 4.0, que incentiva a automação e a inteligência embarcada (PORTA; NARVAEZ, 2023).

## **3 METODOLOGIA**

A construção do robô foi conduzida de maneira sistemática, iniciando-se com uma pesquisa técnica aprofundada sobre materiais, motores e sensores mais adequados ao ambiente solar. Com base nesse levantamento, partiu-se para a modelagem tridimensional e o projeto da estrutura utilizando softwares de CAD, o que possibilitou visualizar e validar a viabilidade do protótipo antes de sua execução prática.

Em seguida, foi realizada a montagem do robô, priorizando o uso de alumínio leve para a estrutura, motores de corrente contínua com redução e rodas emborrachadas que garantissem maior aderência durante o deslocamento. Na etapa seguinte, implementou-se o sistema de controle baseado em plataforma Arduino, integrando sensores de fim de curso para segurança operacional, bem como recursos de controle de direção e modos de operação manual e semi-autônomo, de acordo com a abordagem descrita por Porta e Narvaez (2023).

Por fim, o protótipo foi submetido a testes práticos em painéis solares reais, nos quais foram avaliados parâmetros fundamentais como o tempo de limpeza, a eficiência na remoção de sujeiras e a autonomia da bateria. Esses experimentos permitiram mensurar o desempenho do robô em condições reais de operação, fornecendo dados relevantes para futuras melhorias no projeto.

## **4 RESULTADOS ESPERADOS**

Neste estudo, tem-se como base a construção e validação do sistema para limpeza das placas. O intuito é comparar o trabalho de limpeza usando o sistema e a limpeza manual, em termos de tempo, eficiência e qualidade. Por enquanto, o protótipo está em fase de construção e estas métricas ainda não puderam ser identificadas.

## **5 CONCLUSÃO**

Uma pesquisa preliminar permitiu identificar que é possível implementar um sistema de limpeza automatizada. Porém, o protótipo proposto ainda não foi finalizado e não se teve resultados conclusivos de performance.

Mesmo assim, algumas características, como autonomia, controle via aplicativo e sensores mais precisos podem ser usados para aumentar a performance do sistema.

## REFERÊNCIAS

COSTA, Mateus Oliveira. **Proposta de Robô para Limpeza de Painéis Solares**. 2024. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, abr. 2024.

PORTA, J. J. Z.; NARVAEZ, D. I. A Review on Mobile Robots and its Design Requirements to Clean Solar Photovoltaic Modules. **IEEE XXX International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)**, Lima, Peru, 2023.

SILVA, J. P. **Estudo sobre a redução de eficiência de painéis fotovoltaicos por acúmulo de sujeira**. São Paulo: Ed. Técnica, 2020.

## SOBRE O(S)AUTOR(ES)

### Sobre os autores:

---

#### **Alexandre Taddeucci Borusiewicz (Autor 1)**

Alexandre Taddeucci Borusiewicz é estudante de Engenharia de Automação e Controle na Universidade Anhembí Morumbi. Possui experiência profissional na área offshore, atuando como piloto de ROV (Veículo Operado Remotamente), onde desenvolveu habilidades técnicas e operacionais em ambientes de alta complexidade. Sua trajetória combina sólida formação acadêmica com vivência prática no setor, resultando em uma visão integrada entre teoria e aplicação no campo da automação e tecnologia subaquática.

#### **Gabriel Spessote de Paula (Autor 2)**

Gabriel Spessote de Paula é estudante do curso Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e possui formação técnica em Mecânica. Tem experiência em usinagem, atuando com processos de fabricação e acabamento de peças mecânicas, o que lhe proporciona sólida base prática e compreensão das etapas produtivas. Sua trajetória acadêmica e profissional reflete o interesse pela integração entre sistemas mecânicos, eletrônicos e de automação, unindo conhecimentos teóricos e práticos para o desenvolvimento de soluções eficientes na área industrial.

#### **Igor de Souza Camargo Maciel (Autor 3)**

Igor de Souza Camargo Maciel é estudante do curso Tecnólogo em Mecatrônica

Industrial. Concluiu o CAI (Curso de Aprendizagem Industrial) em Mecânico de Manutenção e Mecânico de Usinagem, adquirindo sólida base prática em processos de fabricação, montagem e reparo de componentes mecânicos. Sua formação alia conhecimentos técnicos e acadêmicos, permitindo a integração de conceitos de mecânica, eletrônica e automação voltados para a indústria moderna.

#### **João Felipe Dos Santos Cadorini (Autor 4)**

João Felipe dos Santos Cadorini é estudante do curso Tecnólogo em Mecatrônica Industrial. Possui formação em Operador de Máquinas de Usinagem e Auxiliar Mecânico de Manutenção, adquirindo experiência prática em processos de fabricação, operação de equipamentos e suporte técnico na manutenção de sistemas mecânicos. Sua trajetória combina conhecimentos teóricos e práticos, com foco na integração entre mecânica, eletrônica e automação para aplicações industriais.

#### **Vitor Hugo Tiburcio da Silva (Autor 5)**

Vitor Hugo Tiburcio Da Silva é estudante do curso Tecnólogo em Mecatrônica Industrial.. Possui experiência profissional na área offshore, atuando como piloto de ROV (Veículo Operado Remotamente), onde desenvolveu habilidades técnicas e operacionais em ambientes de alta complexidade. Sua trajetória combina sólida formação acadêmica com vivência prática no setor, resultando em uma visão integrada entre teoria e aplicação no campo da automação e tecnologia subaquática.