

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
RONDÔNIA *CAMPUS* PORTO VELHO CALAMA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E  
AUTOMAÇÃO**

**Desenvolvimento de um Dispenser automático de  
protetor solar alimentado por energia fotovoltaica**

**MARCO DANIEL RODRIGUES SILVA**

**PORTO VELHO/RO**

**2026**

# **Desenvolvimento de um Dispenser automático de protetor solar alimentado por energia fotovoltaica**

**MARCO DANIEL RODRIGUES SILVA**

Artigo publicado como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Câmpus Porto Velho Calama, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação, sob a orientação do professor Josieudo Pereira Gaião.

Aprovado em: **26/03/2026** pela banca examinadora.

---

Eduardo Araújo de Sousa  
Coordenador

---

Josieudo Pereira Gaião  
Orientador

**PORTO VELHO/RO**

**2026**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

S586d

Silva, Marco Daniel Rodrigues.

Desenvolvimento de um dispenser automático de protetor solar alimentado por energia fotovoltaica / Marco Daniel Rodrigues Silva. - Porto Velho, 2026.

24 f. : il.

Orientador(a): Dr. Josieudo Pereira Gaião.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Porto Velho, 2026.

ISBN DOI: 10.69849/revistaft/dt10202511210718

1. Energia solar. 2. Automação. 3. Fotoproteção. I. Gaião, Josieudo Pereira (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

CDD: 333.792 3

**Bibliotecário(a) Responsável:** Evandro Silva de Sousa, CRB-11-956

# DESENVOLVIMENTO DE UM DISPENSER AUTOMÁTICO DE PROTETOR SOLAR ALIMENTADO POR ENERGIA FOTOVOLTAICA

Engenharias, Volume 29 - Edição 152/NOV 2025 / 21/11/2025

REGISTRO DOI: 10.69849/revistaft/dt10202511210718

Marco Daniel Rodrigues Silva

Josieudo Pereira Gaiao

## Resumo

O presente artigo apresenta o desenvolvimento de um protótipo de dispenser automático de protetor solar alimentado por energia fotovoltaica, concebido como alternativa inovadora para ampliar o acesso à fotoproteção em ambientes externos. O contexto brasileiro, marcado por elevados índices de radiação solar ao longo do ano, reforça a necessidade de dispositivos que facilitem o uso de protetor solar e contribuam para a prevenção de doenças cutâneas. O objetivo central foi projetar e validar um sistema autônomo que integra circuito eletrônico, sensor ultrassônico, bomba peristáltica e alimentação solar. A metodologia envolveu pesquisa teórica, seleção de componentes, montagem física, integração dos sistemas e realização de testes experimentais. Os resultados indicaram bom desempenho do sensor e da placa eletrônica, autonomia energética consistente e funcionamento adequado da dispensação, embora tenham

sido identificadas limitações relacionadas ao ajuste de tempo e ao posicionamento da bomba. As conclusões apontam que o protótipo é tecnicamente viável e apresenta potencial de aplicação em espaços públicos, clubes, empresas e áreas rurais, podendo contribuir significativamente para políticas de promoção da saúde e prevenção do câncer de pele.

**Palavras-chave:** Energia solar; Automação; Fotoproteção; Dispenser; Saúde pública.

## **Abstract**

This article presents the development of an automatic sunscreen dispenser powered by photovoltaic energy, designed as an innovative solution to expand access to photoprotection in outdoor environments. The Brazilian context, characterized by high solar radiation levels throughout the year, reinforces the need for devices that facilitate sunscreen use and contribute to the prevention of skin diseases. The main objective was to design and validate an autonomous system integrating an electronic circuit, ultrasonic sensor, peristaltic pump, and solar power supply. The methodology included theoretical research, component selection, physical assembly, system integration, and experimental testing. The results indicated good performance of the sensor and control board, consistent energy autonomy, and adequate dispensing operation, although limitations related to timing adjustments and pump positioning were identified. The study concludes that the prototype is technically feasible and has strong potential for implementation in public spaces, clubs, companies, and rural areas, contributing to health promotion and skin cancer prevention strategies.

**Keywords:** Solar energy; Automation; Photoprotection; Dispenser; Public health.

## **1. Introdução**

O Brasil apresenta índices extremamente elevados de radiação solar ao longo de todo o ano, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, localizadas próximas à zona tropical, onde a incidência de radiação tende a ocorrer de forma mais perpendicular. Essa característica geográfica favorece médias de irradiação global horizontal que ultrapassam 5.000 Wh/m<sup>2</sup>.dia em períodos de estiagem, demonstrando um cenário de intensa exposição solar para a população (INMET, 2018; LABREN, 2017). Embora essa condição seja propícia para o aproveitamento da energia fotovoltaica, ela também contribui significativamente para o aumento dos casos de doenças de pele no país, como queimaduras, fotoenvelhecimento e câncer de pele, patologia que permanece entre as mais prevalentes no território nacional (LIMA; ROMÃO; MURARA, 2021).

Nesse contexto, o uso adequado de protetor solar constitui uma das principais medidas preventivas recomendadas por instituições dermatológicas e órgãos de saúde pública, destacando-se como estratégia essencial para reduzir os danos ocasionados pela radiação ultravioleta. A Sociedade Brasileira de Dermatologia ressalta que a fotoproteção regular diminui substancialmente os riscos de lesões cutâneas e contribui para a prevenção de doenças graves relacionadas à exposição solar contínua (SBD, 2013). No entanto, apesar da comprovada eficácia do protetor solar, ainda há obstáculos relacionados ao acesso, ao uso rotineiro e à disponibilidade em locais públicos, o que limita a adoção dessa medida por grande parte da população.

A relevância científica e social da temática torna-se ainda mais evidente quando se observa que grande parcela dos casos de câncer de pele poderia ser evitada com políticas e dispositivos que facilitassem o acesso da população à fotoproteção. Ações internacionais demonstram que disponibilizar protetor solar em dispensers automáticos instalados em locais de grande circulação tem impacto direto na redução dos índices de queimaduras e de doenças relacionadas à radiação UV, como evidenciado por iniciativas como a Impact Melanoma nos Estados Unidos (IMPACT MELANOMA, 2021). Entretanto, no cenário brasileiro, observa-se um gap

tecnológico e estrutural: inexistem soluções amplamente implementadas que forneçam protetor solar de forma automática e sustentável, especialmente com alimentação energética proveniente de sistemas fotovoltaicos.

Diante desse panorama, o presente artigo tem como objetivo desenvolver e apresentar um protótipo funcional de um dispenser automático de protetor solar alimentado por energia fotovoltaica, buscando aliar inovação tecnológica, sustentabilidade energética e promoção da saúde pública. A proposta visa oferecer uma solução autônoma, de baixo custo operacional e adequada para instalação em ambientes externos como clubes, balneários, propriedades rurais, praças, parques e empresas que mantêm trabalhadores expostos ao sol por longos períodos.

Para melhor compreensão do estudo, o artigo está estruturado em seções que apresentam inicialmente o embasamento teórico sobre radiação solar, fotoproteção e sistemas fotovoltaicos. Em seguida, detalha-se a metodologia utilizada no desenvolvimento do protótipo, abrangendo circuitos eletrônicos, sensores, bombas peristálticas e o sistema de geração solar. Posteriormente, são discutidos os resultados obtidos nos testes experimentais, com ênfase no desempenho do dispositivo. Por fim, apresentam-se as considerações finais, destacando contribuições, limitações e perspectivas de aprimoramento para futuras aplicações.

## **2. Referencial teórico**

### **2.1 Fundamentos e Aplicações da Energia Fotovoltaica em Sistemas Autônomos**

A energia solar desponta no Brasil como uma das fontes renováveis mais promissoras, principalmente devido às suas condições geográficas e climáticas favoráveis, que proporcionam índices elevados de irradiação global ao longo de quase todo o ano. Além disso, o país apresenta potencial significativo para ampliação de sistemas descentralizados capazes de atender demandas específicas em ambientes externos,

permitindo soluções tecnológicas sustentáveis e de baixo impacto ambiental (LABREN, 2017). Em síntese, compreender essa matriz energética é essencial para projetos que buscam autonomia operacional, como dispositivos de saúde pública situados ao ar livre.

O panorama da energia solar brasileira também é influenciado pela variabilidade sazonal e pelas diferenciações regionais, que afetam diretamente a densidade energética disponível para sistemas fotovoltaicos de pequena escala. Em seguida, observa-se que regiões do Norte e Nordeste registram valores superiores de insolação, o que torna muitos municípios ideais para a instalação de equipamentos autônomos voltados para serviços públicos, sem necessidade de conexão à rede elétrica convencional (INMET, 2018). De fato, essa condição facilita o desenvolvimento de protótipos capazes de operar independentemente, mesmo em locais remotos ou de difícil acesso.

O funcionamento de sistemas fotovoltaicos de baixa potência envolve a conversão direta da energia luminosa em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico, permitindo o abastecimento de dispositivos simples ou complexos, conforme sua configuração eletrônica. Também é importante considerar que painéis de dimensões reduzidas podem ser integrados a baterias, controladores de carga e microcontroladores, ampliando as possibilidades de uso em projetos aplicados à saúde, automação e monitoramento (LOPES, 2023). Em resumo, essas características tornam a tecnologia ideal para soluções compactas, econômicas e ecológicas.

A utilização de sistemas fotovoltaicos em equipamentos autônomos tem crescido significativamente nas últimas décadas, especialmente em projetos experimentais que exploram sua viabilidade em ambientes variados. Por exemplo, pesquisas acadêmicas demonstram que dispositivos alimentados por painéis solares apresentam alto desempenho quando corretamente dimensionados, garantindo autonomia e estabilidade energética para aplicações diversas (PRAXEDES, 2021). Com isso, evidencia-se que a adoção dessa tecnologia em produtos

de interesse social, como dispensadores automáticos de protetor solar, representa uma oportunidade de inovação com impactos positivos.

Estudos pioneiros dedicados ao desenvolvimento de tecnologias aplicadas a sistemas solares demonstram que mecanismos de baixa potência são capazes de suprir demandas específicas desde que integrados a componentes bem ajustados, como sensores, bombas ou sistemas de controle elétrico. Possivelmente, essa visão técnica incentivou o avanço de modelos experimentais voltados à engenharia aplicada, consolidando metodologias eficientes baseadas na conversão direta da luz solar em eletricidade utilizável para diversas finalidades (ALVES, 2008). Dessa forma, os sistemas fotovoltaicos tornam-se aliados consistentes na criação de soluções práticas para ambientes externos.

Em vários experimentos acadêmicos, a energia solar tem sido empregada como uma alternativa ideal para alimentar dispositivos instalados em espaços públicos ou rurais, especialmente em regiões onde a infraestrutura elétrica não é suficientemente robusta. Somando a isso, estudos indicam que a capacidade de funcionamento independente dos sistemas solares torna os dispositivos mais seguros e com menor custo de manutenção, reduzindo a dependência das redes urbanas e aumentando a confiabilidade operacional em longo prazo (NARUTO, 2017). Assim, utilizar energia fotovoltaica em um dispenser automático apresenta elevada pertinência.

Em aplicações contemporâneas da engenharia, observa-se que projetos voltados para dispositivos autônomos priorizam fontes renováveis, não apenas por questões ambientais, mas também pela flexibilidade estrutural proporcionada pela tecnologia solar. Por certo, o uso de painéis compactos permite que equipamentos sensíveis possam ser instalados em locais sem infraestrutura, ampliando o alcance social e tecnológico das iniciativas de prevenção em saúde e segurança (CPTEC, 2020). Dessa maneira, a energia fotovoltaica apresenta-se como solução estratégica para sustentar intervenções inovadoras e ambientalmente responsáveis.

Outro aspecto relevante diz respeito ao dimensionamento correto dos sistemas solares, que deve considerar a potência necessária para o funcionamento contínuo dos dispositivos eletrônicos, incluindo bombas, sensores e módulos de controle. Algumas pesquisas mostram que sistemas modulares apresentam vantagens importantes, pois permitem ajustes futuros e incorporação de novos componentes com relativa facilidade, garantindo que a tecnologia permaneça funcional ao longo do tempo mesmo em condições climáticas adversas (RONDÔNIA, 2020). Em outras palavras, essas características tornam a energia fotovoltaica ainda mais atraente para equipamentos de proteção pública.

O desenvolvimento de sistemas autônomos baseados em energia solar também implica observar práticas recomendadas de manutenção, monitoramento e reposição de componentes, garantindo o uso seguro e eficiente da tecnologia. Assim que se compreende essa perspectiva operacional, nota-se que a integração entre eletrônica e energia renovável amplia as possibilidades de projetos em engenharia aplicados à saúde e ao bem-estar da população, gerando impactos diretos na qualidade de vida e no acesso aos cuidados preventivos (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2013). Em síntese, a adoção dessa estratégia fortalece ações de prevenção ambiental e sanitária.

Após discutir os fundamentos energéticos e as potencialidades da tecnologia solar para dispositivos autônomos, torna-se pertinente aprofundar o debate sobre a automação aplicada ao desenvolvimento do protótipo proposto. Dessa forma, o próximo tópico apresentará as soluções de dispensação automática, os sensores utilizados, os mecanismos de dosagem e a integração entre circuitos eletrônicos e sistemas fotovoltaicos, consolidando a etapa aplicada deste estudo (IMPACT MELANOMA, 2021).

## **2.2 Soluções Automatizadas de Dispensação e Desenvolvimento do Protótipo Fotovoltaico**

O estudo de soluções automatizadas de dispensação demonstra um avanço significativo nas tecnologias aplicadas à saúde pública, especialmente quando se considera a necessidade de ampliar o acesso da população a recursos preventivos em espaços externos. Além disso, sistemas que incorporam sensores de presença facilitam a interação entre usuário e dispositivo, promovendo maior eficiência no fornecimento do produto e reduzindo desperdícios por meio da ativação precisa do mecanismo. Em muitos projetos experimentais, a adoção de tecnologias de detecção por ondas ultrassônicas tem se mostrado eficaz para interações rápidas e higiênicas, devido à ausência de contato físico entre sujeito e equipamento (LOPES, 2023). Em síntese, tais soluções demonstram alto potencial de impacto social.

A utilização do sensor ultrassônico modelo HC SR04 permite identificar a aproximação da mão do usuário com elevada precisão, garantindo que a liberação do protetor solar ocorra de maneira automática apenas quando necessária. De maneira ampla, esse componente opera por meio da emissão e recepção de pulsos sonoros, calculando a distância do objeto com base no tempo de retorno das ondas, o que proporciona um controle eficiente do acionamento da bomba de fluido. Em equipamentos destinados à saúde e à segurança, essa tecnologia apresenta vantagens evidentes, pois reduz contaminações cruzadas e facilita o uso em ambientes de intenso fluxo de pessoas (RONDÔNIA, 2020). Em outras palavras, o sensor ultrassônico é componente central na automação aplicada ao protótipo.

A bomba peristáltica utilizada no dispositivo desempenha papel fundamental no controle da dosagem, já que permite a liberação precisa da quantidade necessária de protetor solar sem expor o fluido ao ambiente externo. A propósito, esse tipo de bomba funciona por compressão cíclica de um tubo flexível, garantindo fluxo contínuo e reduzindo o risco de contaminação do produto armazenado. Em diversos projetos aplicados à engenharia de controle, bombas peristálticas são amplamente utilizadas devido à simplicidade, durabilidade e baixo custo

de manutenção, favorecendo sua integração com microcontroladores compactos (INMET, 2018). Dessa forma, o mecanismo de dosagem apresenta-se adequado à proposta.

O desenvolvimento do protótipo exigiu a integração de vários componentes eletrônicos, cada um desempenhando função específica para o funcionamento geral do sistema. Em seguida, foi necessário estabelecer uma comunicação eficaz entre o sensor, o circuito de controle e a bomba, compondo uma cadeia lógica em que a detecção da presença resulta em acionamento imediato da dosagem de protetor solar. Certamente, esse tipo de integração reforça a importância da automação como recurso essencial para dispositivos preventivos que devem operar de modo contínuo e seguro em ambientes públicos (CPTEC, 2020). Em síntese, o protótipo buscou unir funcionalidade e precisão operacional.

A utilização de painéis solares no protótipo garante autonomia energética ao dispositivo, eliminando a necessidade de conexão à rede elétrica e permitindo sua instalação em locais variados. Sobre essa questão, a escolha de energia fotovoltaica mostra-se coerente com a proposta de sustentabilidade ambiental, já que possibilita o funcionamento ininterrupto mesmo em áreas onde não existem fontes de energia tradicionais. Alguns estudos demonstram que a integração entre automação e fontes renováveis aumenta a viabilidade de tecnologias aplicadas à saúde pública, expandindo sua utilização para comunidades remotas ou ambientes com infraestrutura limitada (LABREN, 2017). Assim, o uso de energia solar fortalece a eficiência do sistema.

*“Ao longo dos dez anos que separam a primeira desta segunda edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar, os cenários internacional e brasileiro dos custos e das aplicações da geração solar distribuída e centralizada mudaram consideravelmente: • o preço dos módulos solares fotovoltaicos sofreu queda de mais de dez*

*vezes nestes dez anos (de cerca de US\$ 3,90/Wp em 2006 para menos de US\$ 0,39 em 2016); • esta redução de preços mudou o foco da instalação de geradores fotovoltaicos, que se transferiu da Europa para a China, EUA e vários países mais ensolarados da África, Oriente Médio, América Latina e Australásia; • houve uma transição das pequenas instalações residenciais para as grandes usinas centralizadas e em 2016 mais de 75% das instalações solares fotovoltaicas foram usinas de porte superior a 20 MWp; • no Brasil, a publicação da REN 482/2012 e os leilões específicos para a fonte solar promovidos pelo Governo Federal a partir de 2014 deram início à integração desta fonte no planejamento e na expansão do sistema elétrico nacional, que vem experimentando crescimento exponencial nos últimos anos.” (Pereira et al., 2017, p.63).*

O controlador de carga também se destaca como elemento essencial, pois regula a energia proveniente do painel solar, evitando sobrecargas e garantindo que a bateria seja alimentada de maneira adequada. Por sua vez, essa etapa de regulação assegura a proteção dos componentes eletrônicos internos e prolonga a vida útil do sistema, características fundamentais para dispositivos instalados em espaços externos com exposição direta ao sol e à chuva. É importante ressaltar que o controlador permite equilíbrio energético entre geração, armazenamento e consumo, fator indispensável em sistemas autônomos (ALVES, 2008). Dessa forma, o protótipo foi projetado para operar com segurança e estabilidade.

Outro ponto relevante no desenvolvimento do dispositivo é a concepção do case e da estrutura externa, que devem oferecer proteção aos

componentes internos, resistência climática e interação apropriada com os usuários. Em muitos ambientes, a exposição prolongada ao sol, ao calor e à umidade exige materiais que suportem alterações térmicas intensas para preservar o funcionamento adequado do sistema. Possivelmente, a busca por materiais de alta durabilidade e isolamento reforça a importância de estudos voltados à escolha estrutural de dispensadores, garantindo robustez e segurança operacional (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, 2013). De fato, a etapa de design é tão relevante quanto a eletrônica embarcada.

A eficiência do dispositivo automatizado também depende da correta calibração dos parâmetros de detecção e dosagem, fatores que influenciam diretamente a experiência do usuário. Some-se a isto o fato de que ajustes inadequados podem gerar falhas como acionamentos tardios, dosagem insuficiente ou consumo excessivo de energia, tornando indispensável uma fase rigorosa de testes. Esses testes são fundamentais para identificar limitações e aprimorar continuamente o sistema, conforme observado em pesquisas que analisam protótipos voltados à saúde e à segurança em ambientes abertos (NARUTO, 2017). Portanto, o processo de validação técnica é indispensável para sua implementação.

Projetos internacionais demonstram que dispensadores automáticos de protetor solar instalados em locais de grande circulação aumentam significativamente o uso do produto e, conseqüentemente, reduzem queimaduras solares e outros danos cutâneos. Em análises recentes, identificou-se que tais soluções contribuem para mudanças positivas no comportamento da população, especialmente quando associadas a campanhas educativas e estratégias de conscientização. Do mesmo modo, disponibilizar fotoproteção gratuita e automatizada incentiva hábitos preventivos, beneficiando indivíduos expostos por longos períodos ao sol (IMPACT MELANOMA, 2021). Assim, a experiência internacional reforça a relevância do protótipo brasileiro.

Considerando a integração entre automação, energia fotovoltaica e práticas preventivas em saúde, observa-se que o desenvolvimento do protótipo evidencia uma abordagem inovadora e interdisciplinar que dialoga diretamente com as necessidades sociais contemporâneas. Depois de analisados os processos eletrônicos e estruturais, fica clara a importância de iniciativas tecnológicas que ampliem o acesso da população a recursos preventivos de maneira sustentável. Dessa forma, encerrados os aspectos técnicos de desenvolvimento, as discussões seguintes devem concentrar-se na interpretação dos resultados obtidos e nos impactos potenciais do dispositivo no contexto público (PRAXEDES, 2021).

### **3. Metodologia**

A metodologia utilizada neste estudo foi organizada de forma sistemática, abrangendo desde a etapa de fundamentação teórica até a construção e validação experimental do protótipo. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental com foco em radiação solar, fotoproteção, tecnologias fotovoltaicas e princípios de automação, o que possibilitou sustentar cientificamente as decisões de engenharia adotadas no projeto. Essa etapa permitiu compreender os impactos da radiação ultravioleta sobre a saúde pública e identificar a pertinência de desenvolver um dispositivo capaz de ofertar fotoproteção de maneira acessível, autônoma e sustentável. Em seguida, foram analisados estudos técnicos e manuais de componentes eletrônicos, essenciais para assegurar que todo o sistema fosse corretamente dimensionado.

Após essa etapa teórica, procedeu-se à seleção e integração dos componentes responsáveis pelo funcionamento do protótipo. Optou-se por um conjunto composto por placa eletrônica Auto Dose US V3, sensor ultrassônico HC SR04, bomba peristáltica de baixa potência, painel fotovoltaico monocristalino de 22 Wp, bateria selada de 12 V e controlador de carga. Cada elemento foi escolhido considerando critérios como custo acessível, compatibilidade elétrica, facilidade de montagem e robustez

para uso em áreas externas. A integração desses componentes exigiu o estabelecimento de conexões precisas entre o sensor, o circuito de controle e a bomba, assegurando que o dispositivo respondesse de modo automático à aproximação da mão do usuário e liberasse o volume adequado de protetor solar.

Em continuidade, desenvolveu-se o processo de montagem do sistema fotovoltaico e sua interface com o circuito eletrônico. O painel solar foi conectado ao controlador de carga, responsável por regular a tensão e impedir sobrecargas, distribuindo energia tanto para a bateria quanto para a placa dosadora. Paralelamente, foi construído um case protetivo projetado para abrigar todos os componentes, protegendo-os de intempéries e garantindo durabilidade mesmo sob exposição contínua ao sol e à umidade. Para isso, analisaram-se materiais resistentes e de boa estabilidade térmica, buscando um equilíbrio entre ergonomia, segurança e facilidade de instalação em ambientes públicos ou privados.

Dessa forma, realizaram-se testes experimentais destinados a avaliar a funcionalidade e a eficiência do protótipo. Esses testes incluíram a verificação da resposta do sensor ultrassônico em diferentes distâncias, a estabilidade elétrica da placa, a uniformidade da dosagem promovida pela bomba peristáltica e a autonomia energética fornecida pelo sistema fotovoltaico. Foram observadas limitações, como variações no tempo de acionamento e perda de velocidade em tubulações longas, o que permitiu ajustes técnicos voltados ao aprimoramento do conjunto. A análise dos dados obtidos possibilitou validar a viabilidade do protótipo e identificar oportunidades de otimização para versões futuras.

#### **4. Resultados e Discussão**

Os resultados obtidos a partir da montagem e dos testes do protótipo integrando o circuito eletrônico à fonte fotovoltaica demonstraram que o sistema alcançou funcionamento satisfatório, validando a proposta inicial de desenvolver um dispenser autônomo de protetor solar. Durante os

ensaios experimentais, observou-se que a placa Auto Dose US V3 respondeu adequadamente aos comandos básicos, acionando a bomba peristáltica sempre que o sensor ultrassônico detectava a presença da mão do usuário, conforme registrado na imagem de montagem do circuito eletrônico (Figura 9) . Esse resultado confirma que o processo de detecção e acionamento foi corretamente implementado e que os sinais enviados pelo sensor foram interpretados sem atrasos significativos pelo microcontrolador.

Apesar do desempenho funcional positivo, foram identificadas limitações relevantes nos ajustes manuais de dosagem e distância disponíveis na placa eletrônica. Em determinados momentos dos testes, o tempo de funcionamento da bomba não correspondia exatamente ao período definido por meio do botão de configuração, resultando em pequenas inconsistências na quantidade de fluido dispensada. Essa instabilidade, descrita durante os testes, sugere que os botões de ajuste podem apresentar desgaste, sensibilidade reduzida ou falhas internas, fatores que comprometem a precisão do sistema em aplicações reais . A discussão desses achados indica a necessidade de substituição desses botões por potenciômetros analógicos ou ajustes digitais programáveis, o que permitiria calibração mais confiável e estável em condições de uso externo.

Outro aspecto observado refere-se ao desempenho da bomba peristáltica e da tubulação utilizada para dispensação do protetor solar. Os testes evidenciaram que a velocidade de bombeamento diminuiu de forma expressiva quando a mangueira ultrapassa 15 centímetros de comprimento, tornando o fluxo lento e pouco eficiente (Figura 10) . Essa limitação decorre tanto das características físicas da bomba quanto da viscosidade do protetor solar, que exige maior torque para deslocamento do fluido. Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de posicionar a bomba o mais próximo possível do reservatório, reduzindo perdas de carga e permitindo maior uniformidade na entrega do produto ao usuário. Alternativamente, bombas de maior potência poderiam ser

utilizadas, embora isso elevasse o custo do sistema e contrariasse o objetivo de manter o produto acessível.

Figura X – Teste de dispensação automática de protetor solar realizado pelo protótipo.



Fonte: Autor (2025)

No que diz respeito ao sistema de alimentação fotovoltaica, os resultados demonstraram excelente desempenho. O painel solar monocristalino de 22 Wp, conectado ao controlador de carga e à bateria selada, garantiu fornecimento estável de energia ao dispositivo mesmo em condições de luminosidade moderada, característica fundamental para aplicações externas em espaços públicos. A autonomia proporcionada pelo sistema mostrou-se suficiente para manter o protótipo operando continuamente durante todo o período de testes, evidenciando viabilidade energética robusta para uso em ambientes como parques, clubes, áreas rurais ou

empresas com atividades ao ar livre . Esse desempenho também confirma a adequação do dimensionamento do sistema fotovoltaico às exigências elétricas do dispenser.

Figura 2 – Montagem do sistema fotovoltaico integrado ao protótipo de dispensação.



Fonte: Autor (2025)

A análise do case e do totem também revela implicações estruturais importantes. Uma das principais conclusões obtidas nos testes preliminares é que a localização estratégica da bomba peristáltica dentro do case influencia diretamente a eficiência do sistema de dispensação. O posicionamento inadequado, com o reservatório distante da bomba, gerou lentidão no fluxo e aumento do tempo de resposta, fatores que

podem comprometer a experiência do usuário. As imagens do protótipo demonstram claramente a necessidade de revisar o design estrutural para acomodar proximidade entre reservatório e bomba, preferencialmente utilizando a gravidade como elemento auxiliar no deslocamento do fluido. Essa solução de engenharia reduziria as perdas de vazão, sem demandar aumento de potência ou custos adicionais.

Os testes também permitiram identificar potencial para melhorias voltadas à interface com o usuário. Durante a operação, verificou-se que o sistema carece de mecanismos de feedback visual, como indicadores de nível do reservatório ou aviso de acionamento. A inclusão de um display LCD configurado para mostrar parâmetros de funcionamento, níveis de carga, aviso de manutenção e mensagens informativas ampliaria significativamente a experiência de uso e a segurança operacional. Além disso, possibilitaria que operadores responsáveis por ambientes públicos monitorassem o dispenser sem necessidade de desmontá-lo, tornando o equipamento mais adequado a políticas de manutenção preventiva.

No campo do desempenho operacional, destaca-se que, apesar das limitações presentes nos componentes de ajuste, o sistema respondeu de forma consistente à interação humana. A precisão na detecção da aproximação da mão fortalece o caráter higiênico do protótipo, eliminando contato físico e reduzindo riscos de contaminação, prática recomendada em dispositivos utilizados por grande número de pessoas. A discussão dos testes realça ainda que o sensor HC SR04 demonstrou boa estabilidade mesmo em luz intensa ou condições externas, reforçando sua adequação ao projeto.

Em síntese, os resultados experimentais confirmam que o protótipo é funcional, energeticamente autônomo e capaz de realizar a dispensação automática de protetor solar em condições reais de uso. Porém, as limitações identificadas, como instabilidades nos ajustes manuais, vazão reduzida em tubulações extensas e ausência de interface de feedback, apontam direções concretas para aprimoramentos futuros. Essas

melhorias podem elevar o dispositivo a um patamar de robustez adequado para implementação em larga escala, ampliando sua contribuição para a promoção da saúde pública em ambientes de grande exposição solar.

## **5. Considerações finais**

Os resultados obtidos permitem verificar que o objetivo proposto foi alcançado, demonstrando que o protótipo de dispenser automático de protetor solar alimentado por energia fotovoltaica apresentou funcionamento satisfatório, autonomia energética e capacidade de dispensação adequada em condições reais de uso. Os principais achados indicam eficiência do sistema de detecção por sensor ultrassônico, estabilidade da placa eletrônica e desempenho consistente do conjunto fotovoltaico, confirmando a viabilidade técnica da solução. Além disso, o estudo reforça a importância de dispositivos automatizados para ampliar o acesso à fotoproteção, especialmente em regiões com altos índices de radiação solar.

As análises também evidenciaram pontos que podem ser aprimorados, como a substituição dos botões de ajuste por potenciômetros ou comandos digitais, a inclusão de visor LCD para facilitar monitoramento, o reposicionamento da bomba para otimizar vazão e a necessidade de um redesign estrutural do case. Essas melhorias ampliariam a precisão, a usabilidade e a durabilidade do sistema. Por fim, destaca-se o grande potencial de aplicação do dispositivo em ambientes públicos, clubes, escolas, empresas com atividades externas e localidades rurais, contribuindo para políticas de prevenção ao câncer de pele e promovendo ações de saúde pública baseadas em inovação tecnológica e sustentabilidade.

## **REFERÊNCIAS**

ALVES, Alceu Ferreira. **Desenvolvimento de um sistema de posicionamento automático para painéis fotovoltaicos**. 2008.

CPTEC. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020.

IMPACT MELANOMA. **About safe practice skin**. 2021. Disponível em: <https://impactmelanoma.org/our-work-practice-safe-skin/about-practice-safe-skin/>. Acesso em: 5 ago. 2021.

INMET. **Temperatura média anual**. 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=anomaliaTempMediaAnual>. Acesso em: 5 ago. 2021.

LABREN. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed., 2017. Disponível em: [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html). Acesso em: 5 ago. 2021.

LIMA, N. A.; ROMÃO, T.; MURARA, P. **Estudo preliminar sobre o câncer de pele no Brasil a partir de uma perspectiva geográfica**. *Hygeia*, v. 17, p. 71-80, 2021.

LOPES, Gabriela Medeiros de Souza. **Construção de módulo de teste para um sistema fotovoltaico**. 2023.

NARUTO, D. T. **Vantagens e desvantagens da geração distribuída e estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica**. Projeto de Graduação, Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.

PRAXEDES, Antonio Bernardo de Vasconcellos. **Desenvolvimento de um sistema de supervisão, controle e manutenção baseado em condição para usinas de geração solar fotovoltaicas usando o conceito IoT**. 2021.

RONDÔNIA. **Especialista alerta sobre consequências dos raios ultravioleta e orienta quanto aos cuidados com a pele**. 2020. Disponível em: <http://www.rondonia.ro.gov.br/especialista-alerta-sobre-consequencias-dos-raios-ultravioleta-e-orienta-quanto-aos-cuidados-com-a-pele/>. Acesso em: 5 ago. 2021.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. **Consenso Brasileiro de Fotoproteção: Recomendações da SBD – Guia aos dermatologistas.**

2013. Disponível em:

[https://issuu.com/sbd.br/docs/consensofotoprotec\\_\\_a\\_\\_omedicoa](https://issuu.com/sbd.br/docs/consensofotoprotec__a__omedicoa). Acesso em: 5 ago. 2021.

---

[← Post anterior](#)

[Post seguinte →](#)

## RevistaFT

**A RevistaFT** têm 29 anos. É uma **Revista Científica Eletrônica Multidisciplinar Indexada de Alto Impacto e Qualis “B2”**.

Periodicidade mensal e de acesso livre. Leia gratuitamente todos os artigos e publique o seu também [clikando aqui](#),



## Contato

**Queremos te ouvir.**

**WhatsApp:** (21) 99451-7530

**WhatsApp:** (21) 99217-2623

**WhatsApp SP:** (11) 98597-3405

**e-Mail:** contato@revistaf  
t.com.br

**ISSN:** 1678-0817

**CNPJ:** 48.728.404/0001-22

**Fator de impacto FI=** 5.397 (muito alto)

## Conselho Editorial

**Editores**

**Fundadores:**

Dr. Oston de Lacerda Mendes.  
Dr. João Marcelo Gigliotti.

**Editor**

**Científico:**

Dr. Oston de Lacerda Mendes

**Jornalista**

**Responsável:**

Marcos Antônio Alves MTB

6036DRT-MG

**Orientadoras:**

Dra. Hevellyn Andrade

**Turismo**  
**Acadêmico**



Monteiro

Dra. Chimene

Kuhn Nobre

**Revisores:**

Lista atualizada  
periodicamente

em

[revistaft.com.br/e](http://revistaft.com.br/e)

[expandente](http://revistaft.com.br/expandente) Venha

fazer parte de

nosso time de

revisores

também!

Copyright © Revista ft Ltda. 1996 -  
2025

Rua José Linhares, 134 - Leblon | Rio  
de Janeiro-RJ | Brasil