SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO COM MONITORAMENTO POR IMAGEM DE PLANTAÇÃO DE ABÓBORA-MORANGA VIA WEB

Gabriel Chaves Simões, Pedro Henrique Martins Ferreira, Vinícius Gabriel Ribeiro Ferreira, Hélio Espiridião Ferreira, José Eduardo Loureiro da Costa.

Fundação Vale Paraibana de Ensino - Unidade Centro / Eletrônica, Rua Paraibuna, 75, Jardim São Dimas - 12245-020 - São José dos Campos - SP, Brasil, simgabriel828@gmail.com, der.estudante.pedro@gmail.com, vinielribeiro@gmail.com, helioespiridiao@gmail.com, jedacosta83@gmail.com.

Resumo

Este estudo descreve o desenvolvimento de um sistema de irrigação automática e de um veículo terrestre para monitoramento de imagens via web, visando à detecção de doenças em uma plantação de abóbora-moranga. O controle do sistema é baseado em dois microcontroladores ESP32, um responsável pela integração de um display LCD I2C e de sensores de umidade do solo (capacitivo) e de umidade e temperatura do ar (DHT22) e outro pela locomoção do veículo autônomo, além de um módulo ESP32-CAM, que conta com uma câmera OV2640 para captura de imagens. Para a irrigação, utilizou-se um relé e uma válvula solenoide no controle do fluxo de água. O acionamento dos motores DC do veículo é realizado por um módulo Ponte H L298N. O monitoramento ocorre via Wi-Fi, por meio de uma interface web desenvolvida no VS Code. A alimentação do circuito de irrigação é feita por uma fonte AC/DC (12 V / 2 A), enquanto o veículo utiliza duas baterias 18650 (3,7 V / 2200 mAh). Os resultados preliminares demonstram uma precisão na comparação das imagens registradas com o banco de dados e uma irrigação eficiente.

Palavras-chave: Agricultura. Irrigação inteligente. Robótica. IoT. ESP32.
Área do Conhecimento: Técnico em Eletrônica

Introdução

O agronegócio contemporâneo é o resultado de um longo processo de transformação que ultrapassou as fronteiras da produção rural para se consolidar como um dos setores mais estratégicos da economia global. Deixando para trás a visão arcaica do campo, o agronegócio moderno integra cadeias produtivas complexas que envolvem desde a ciência e a tecnologia de ponta até a logística e o mercado financeiro. Essa área é uma das mais relevantes na economia brasileira, visto que ela é responsável por alimentar 1 bilhão de pessoas com o cultivo vegetal, utilizando apenas 8% de seu território nacional (FATORELLI, 2026).

As doenças representam um dos principais desafios enfrentados pela agricultura, sendo responsáveis por perdas significativas nas lavouras e tornando imprescindível a busca por métodos de controle eficazes. No cenário do aquecimento global, a tendência é que esses patógenos se tornem obstáculos ainda mais severos, visto que a elevação da temperatura pode criar condições ideais para a proliferação de fungos, como a antracnose e o oídio. Tais enfermidades, quando disseminadas, prejudicam severamente diversas culturas, com destaque para as cucurbitáceas (como melancias e abóboras) (EMBRAPA, 2025).

Outro desafio para a agricultura é a maneira como as lavouras são irrigadas. De acordo com um estudo realizado no Brasil pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a falta de precisão no fornecimento de água faz com que as plantações recebam cerca de 40% de excesso. Isso resulta em prejuízos na produção e agrava problemas no solo, como a lixiviação (EXCESSO..., 2021).

Este trabalho objetiva propor soluções para o incremento da produtividade e a facilitação do manejo da abóbora-moranga (*Cucurbita maxima*) por meio da implementação de um dispositivo capaz de identificar doenças, medir o nível de umidade do solo (sensor capacitivo) e a umidade do ar e a temperatura do ambiente (DHT22). Essas informações são coletadas e fornecidas ao usuário por meio de um relatório, permitindo assim, um controle maior sobre as condições de plantio de sua lavoura, reduzindo perdas e aumentando a eficiência.

Metodologia

O microcontrolador ESP32, responsável pelo controle dos sensores ambientais, e o módulo ESP32-CAM comunicam-se com um site para o envio das informações coletadas por meio do protocolo HTTP. Por sua vez, o ESP32 responsável pela locomoção do veículo autônomo comunica-se com o módulo ESP32-CAM para sinalizar o momento exato da captura das imagens.

O sistema de locomoção e identificação de doenças é composto por motores DC (3 V a 6 V), uma ponte H L298N, um microcontrolador ESP32 e um módulo ESP32-CAM, sendo alimentado por duas baterias 18650 (3,7 V / 2200 mAh). A estrutura do protótipo foi desenvolvida em compensado naval e conta com rodas de borracha, que garantem a tração e a estabilidade necessárias em terrenos irregulares.

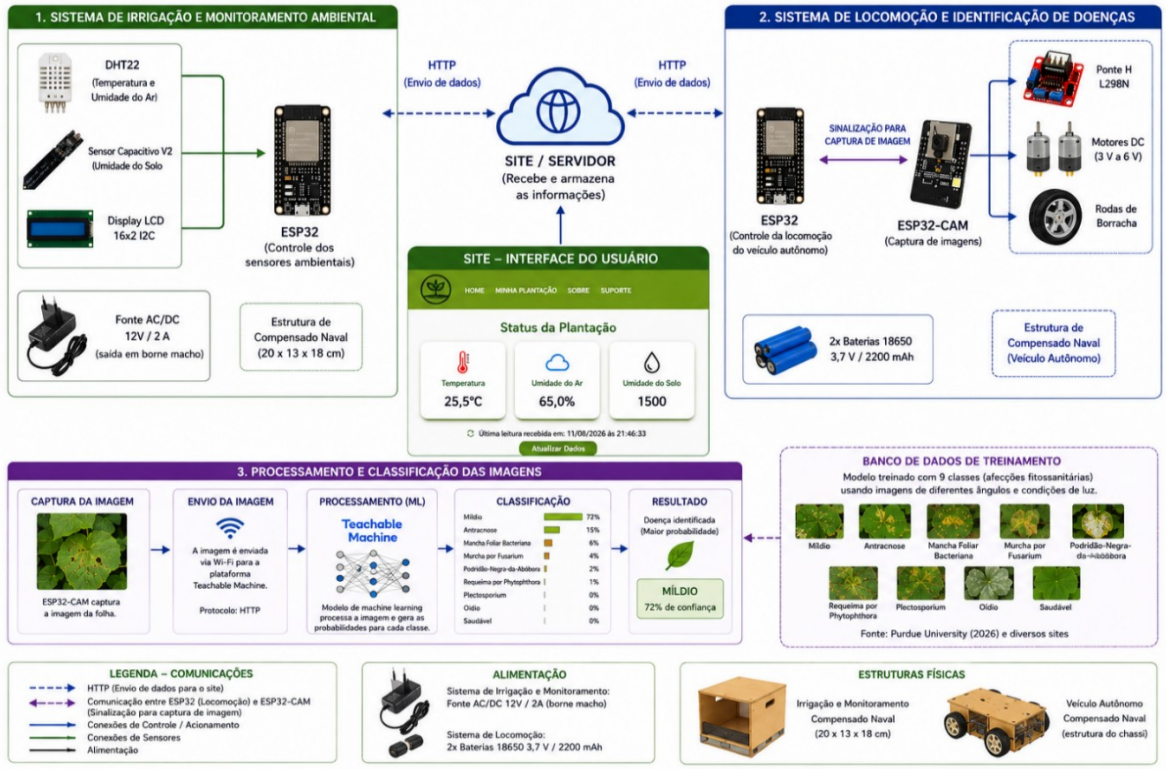
O sistema de irrigação é constituído por um microcontrolador ESP32, um sensor DHT22 (para temperatura e umidade do ar), um sensor capacitivo (para umidade do solo) e um display LCD 16×2 I2C. Esse conjunto é abrigado em uma estrutura de compensado naval (20 × 13 × 18 cm) e alimentado por uma fonte AC/DC (12 V / 2 A).

Para o processamento das imagens capturadas pelo módulo ESP32-CAM, utilizou-se um modelo de *machine learning* desenvolvido na plataforma Teachable Machine (Google). O treinamento foi realizado a partir de um banco de dados composto por nove afecções fitossanitárias distintas: míldio, antracnose, mancha foliar bacteriana, murcha por *Fusarium*, podridão-negra-da-abóbora, requeima por *Phytophthora*, *Plectosporium*, oídio e saudável (PURDUE UNIVERSITY, 2026). As imagens que alimentam esse banco de dados foram retiradas de diversos sites a fim de reunir fotos sob diferentes ângulos e intensidades de luz, garantindo a detecção mesmo em condições adversas.

Para avaliar o desempenho do modelo treinado, realizou-se uma série de testes práticos utilizando imagens de abóbora-moranga que não fizeram parte do conjunto de dados de treinamento. As imagens foram enviadas à plataforma *Teachable Machine*, onde a ferramenta processou os dados e gerou as classificações.

A integração entre os diferentes componentes e sistemas do protótipo está representada na Figura 1 de forma esquemática, mostrando o fluxo de comunicação, aquisição de dados e captura e processamento das imagens. A representação permite visualizar a relação entre os módulos do ESP32, sensores ambientais, o ESP32-CAM, o sistema web e o modelo de *machine learning*.

Figura 1 – Diagrama de integração dos sistemas de monitoramento, locomoção e identificação de doenças

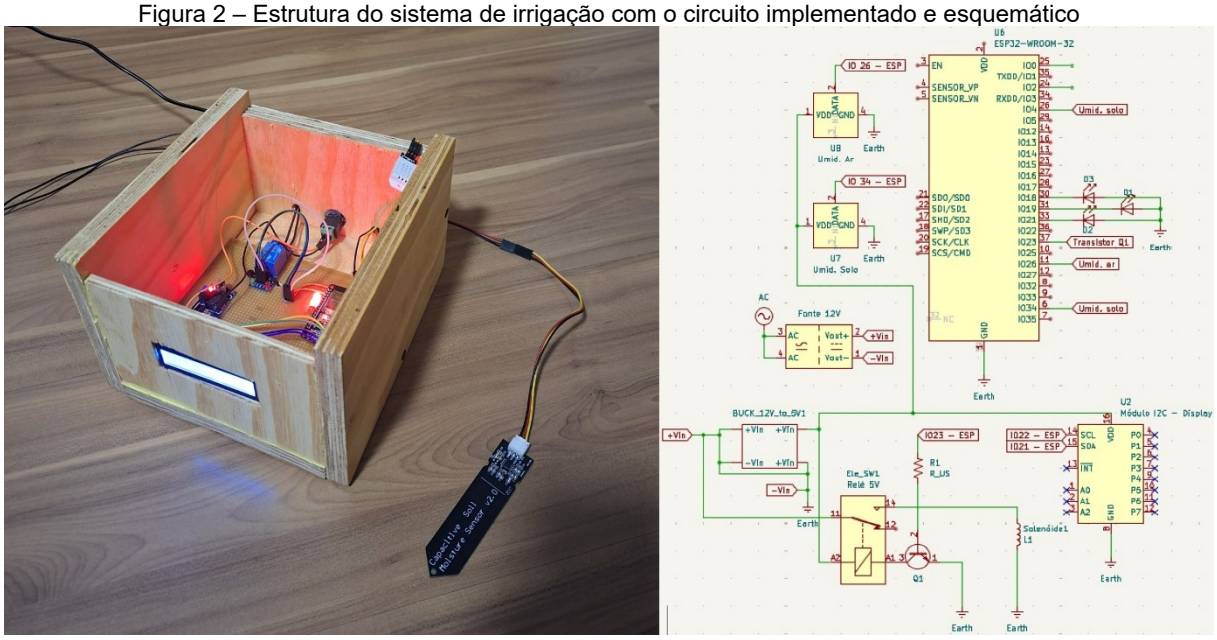


Fonte: Os autores, 2026

Resultados

O protótipo de irrigação automática demonstrou ótimo funcionamento ao ser aplicado em condições simuladas de campo, com a estrutura robusta de compensado naval de 15 mm assegurando boa resistência e proteção ao circuito. O projeto integrou com êxito os componentes de hardware — incluindo o microcontrolador ESP32, o sensor capacitivo e o módulo relé — com a aplicação *web*. Graças à estabilidade da conexão Wi-Fi, a comunicação do microcontrolador com o site ocorreu de maneira precisa na transmissão dos dados.

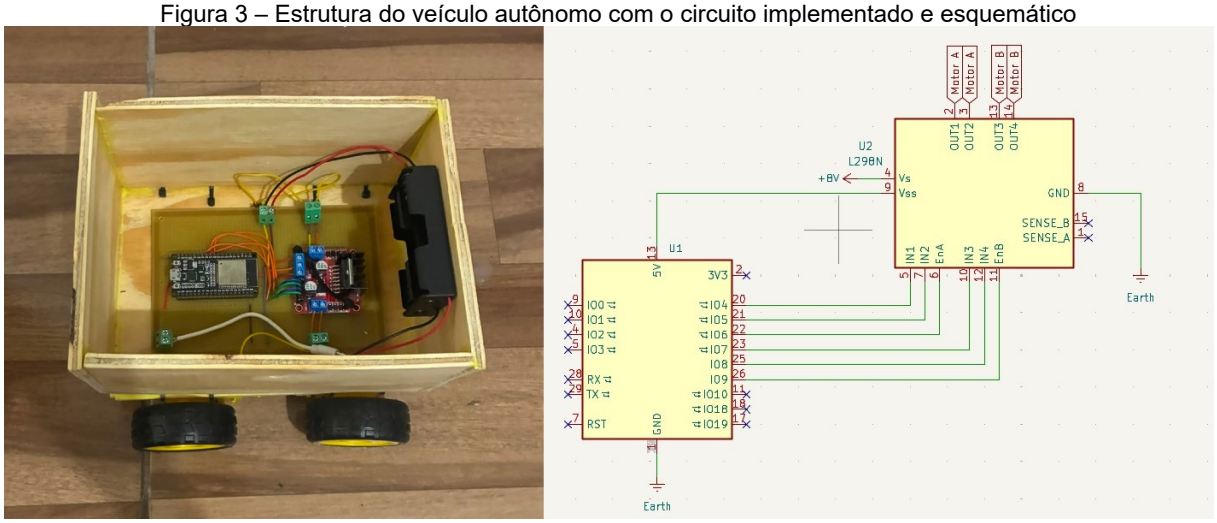
Figura 2 – Estrutura do sistema de irrigação com o circuito implementado e esquemático



Fonte: Os autores, 2026

O site desenvolvido para computadores, utilizando o VS Code, ofereceu uma interface homem-máquina (IHM) intuitiva para a identificação de doenças em abóbora-moranga, o acesso às informações captadas em tempo real pelos sensores (DHT22 e capacitivo) e a emissão de relatórios com a média dos valores obtidos em determinado intervalo. Aliado a isso, a plataforma demonstrou confiabilidade e precisão na identificação de afecções na cultura, apresentando uma precisão acima de 90% na maioria dos casos. A figura 3 apresenta a estrutura e o esquemático do carrinho, responsável por fazer o trajeto para captura das imagens.

Figura 3 – Estrutura do veículo autônomo com o circuito implementado e esquemático



Fonte: Os autores, 2026

A Figura 4 apresenta a aba de acesso aos dados capturados pelos sensores de umidade do solo, umidade do ar e temperatura. Paralelamente, a Figura 5 mostra a aba de avaliação da saúde da abóbora-moranga, na qual é possível visualizar a galeria de fotos registradas pela ESP32-CAM, além de permitir o envio de imagens externas. Por fim, a Figura 6 destaca a aba do relatório, que oferece uma análise mais aprofundada dos dados coletados e fornece orientações para a tomada de decisão.

Figura 4 – Aba de acesso aos sensores



Fonte: Os autores, 2026

Figura 5 – Aba de análise de saúde da abóbora-moranga



Fonte: Os autores, 2026

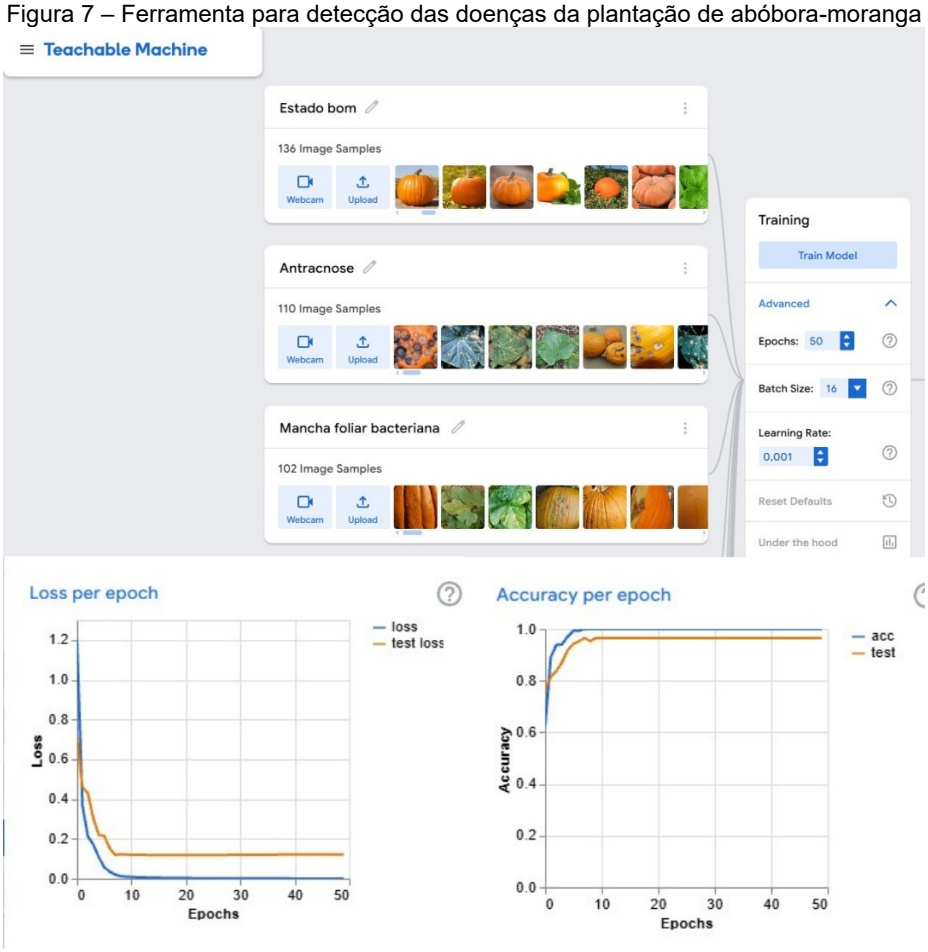
Figura 6 – Aba de emissão do relatório



Fonte: Os autores, 2026

O modelo de *machine learning*, construído por meio da plataforma Teachable Machine (Google), apresentou um resultado satisfatório na análise das imagens. Durante os testes, o modelo atingiu uma precisão de aproximadamente 95% na detecção, demonstrando grande eficiência na classificação das nove categorias analisadas (míldio, antracnose, mancha foliar bacteriana, murcha por *Fusarium*, podridão-negra-da-abóbora, requeima por *Phytophthora*, *Plectosporium*, oídio e saudável). A Figura 7 ilustra esse processo de análise de imagens.

Figura 7 – Ferramenta para detecção das doenças da plantação de abóbora-moranga



Fonte: Os autores, 2026

As soluções propostas para a irrigação e a identificação de doenças demonstram viabilidade técnica e baixo custo, conferindo-lhes maior acessibilidade e potencial para aplicações em escala real na agricultura de precisão.

Discussão

O sistema desenvolvido mostrou-se eficiente nos testes realizados, cumprindo com sucesso o seu papel. Ao empregar sensores digitais e uma lógica de controle baseada em regras, foi possível otimizar todo o processo de irrigação. Soluções convencionais de mercado utilizam apenas temporizadores, como a versão básica do produto Rain Bird ESP-TM2 (RAIN BIRD, 2026) que apresenta uma solução robusta. O presente projeto oferece a vantagem de economizar água, pois irriga a cultura somente quando necessário, além de monitorar e fornecer dados sobre a temperatura e a umidade do ar. Dessa forma, fica evidente o potencial do projeto, ainda que melhorias sejam necessárias para versões futuras, como o aprimoramento da vedação da carcaça e a adoção de sensores de maior precisão, a exemplo dos baseados em TDR (para umidade do solo) e SHT31 (para temperatura e umidade do ar).

A identificação de doenças mostrou-se precisa graças a um banco de dados alimentado com diversas fotos, o que aumentou a acurácia dos resultados. Aliado a isso, a emissão do relatório contendo os dados obtidos pelos sensores (capacitivo e DHT22) apresentou grande coerência com as medições coletadas. Quando comparado a outros trabalhos, como o *rover* para detecção de doenças em plantações de soja (ANDRADE et al., 2025), este projeto apresenta a vantagem de

oferecer uma análise mais refinada e abrangente do estado da lavoura. Além de identificar afecções fitossanitárias e compilar os dados coletados, ele recomenda ações práticas para o manejo ideal do solo e da cultura da abóbora-moranga. Contudo, o sistema ainda apresenta pontos a serem aprimorados, como a construção de um *rover* com motores e carcaça mais robustos do que os utilizados, além da implementação de CNNs mais avançadas, o que garantirá maior precisão e melhor controle no processamento dessas imagens.

Conclusão

O presente trabalho apresentou a integração eficiente de um sistema de monitoramento inteligente para uma plantação de abóbora-moranga utilizando microcontroladores. Essa integração demonstrou baixo custo de aplicação e viabilidade técnica, consolidando-se como uma solução viável e acessível para pequenas propriedades. O projeto tem como objetivo impulsionar discussões sobre o uso de tecnologias mais sustentáveis na agricultura brasileira, visando evitar o desperdício de água e alavancar a produção agrícola.

Os resultados dos testes demonstraram uma boa comunicação entre a ESP32, os sensores e o site, além de uma alta acurácia na detecção de doenças na lavoura, o que comprova sua capacidade de suporte à agricultura de precisão.

Embora seja necessária a utilização de sensores mais precisos e a ampliação do banco de dados, este projeto abre portas para futuras soluções tecnológicas que tendem a aprimorar o desempenho do sistema e viabilizar sua aplicação em larga escala.

Referências

ANDRADE, Daniel Henrique de; BEZERRA, Gabriel Sebastião dos Santos; MONQUEIRO, Matheus Consiglio; PERA, Bruno Michel. Rover para detectar doenças em plantações de soja usando visão computacional e inteligência artificial. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR DA UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA, 19., 2025, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos: Univap, 2025. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2025/anais/arquivos/RE_0927_0751_02.pdf. Acesso em: 18 ago. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Doenças em lavouras devem se intensificar com as mudanças climáticas, alerta Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 15 abr. 2025. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/99781504/doencas-em-lavouras-devem-se-intensificar-com-as-mudancas-climaticas-alerta-embrapa. Acesso em: 11 ago. 2026.

EXCESSO de irrigação: quais os impactos na lavoura?. **Raks Tecnologia Agrícola**, 2021. Disponível em: https://raks.com.br/excesso-de-irrigacao/. Acesso em: 11 ago. 2026.

FATORELLI, Luiza. **Forbes Mulher Agro**: o papel estratégico do comércio internacional na agricultura. *Forbes Brasil*, 26 jan. 2026. Forbes Agro. Disponível em: https://forbes.com.br/forbes-agro/2026/01/forbes-mulher-agro-o-papel-estrategico-do-comercio-internacional-na-agricultura/. Acesso em: 11 ago. 2026.

PURDUE UNIVERSITY. **Pumpkin diseases**. Southwest Indiana Vegetable Pathology (SWPAP). West Lafayette: Purdue College of Agriculture, 2026. Disponível em: https://ag.purdue.edu/department/arge/swpap/pumpkin-diseases.html. Acesso em: 15 ago. 2026.

RAIN BIRD. **Programadores da série ESP-TM2**. Azambuja: Rain Bird Corporation, 2026. Disponível em: https://www.rainbird.com/pt-pt/products/programadores-da-serie-esp-tm2. Acesso em: 20 ago. 2026.