

INTRODUÇÃO

No cenário atual, o uso racional da água representa um dos principais desafios em ambientes domésticos e agrícolas. A irrigação manual, ainda amplamente utilizada em jardins, hortas e pequenas propriedades rurais, apresenta limitações como desperdício hídrico, aplicação irregular de água e alta dependência de mão de obra. Essas práticas podem resultar em excesso ou déficit de irrigação, comprometendo o desenvolvimento das plantas, reduzindo a produtividade das culturas e elevando os custos de manejo (ALBUQUERQUE, 2010).

No Brasil, a agricultura é responsável por mais de 50% do consumo de água doce (TALAMORE, 2024). Esse percentual tende a crescer em função das mudanças climáticas e do aumento da demanda por alimentos, conforme apontam estudos recentes (EMBRAPA, s.d.).

Crises hídricas recentes demonstram que a ausência de tecnologias de controle e automação contribui para a intensificação da escassez de água, Figura 1. evidenciando a necessidade de soluções acessíveis e eficientes para o uso racional desse recurso (LOBEL, 2025). Nesse contexto, a adoção de sistemas inteligentes de irrigação é apontada por organismos internacionais como uma estratégia essencial para aumentar a eficiência no uso da água e reduzir o desperdício hídrico na agricultura (FAO, 2023). Paralelamente, grande parte da água utilizada na irrigação é desperdiçada devido a ausência de monitoramento e automação adequados

Figura 1 – Estresse hídrico



Fonte: Acervo Pessoal, 2026.

Figura 2 – Demonstração do IRIS para agricultor de médio porte



Fonte: Acervo Pessoal, 2026.



JUSTIFICATIVA:

Desenvolver um sistema de irrigação inteligente que reduza o desperdício de água na agricultura e no cultivo doméstico, promovendo o uso eficiente dos recursos hídricos por meio da automação, do monitoramento da umidade do solo e do uso de energia solar, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.



PROBLEMA:

Como reduzir o desperdício de água na irrigação agrícola e doméstica, considerando que grande parte dos sistemas convencionais não utiliza monitoramento em tempo real da umidade do solo, baseando-se em métodos empíricos ou temporizados, o que resulta em aplicações excessivas de água e baixa eficiência hídrica?



HIPÓTESE:

A utilização de um sistema de irrigação inteligente, alimentado por energia solar e controlado por um microcontrolador ESP32, capaz de monitorar continuamente a umidade do solo, reduzirá significativamente o consumo de água quando comparada aos métodos de irrigação manual e temporizada, mantendo a eficiência no desenvolvimento das plantas.



OBJETIVO:

Avaliar experimentalmente a eficiência de um sistema de irrigação inteligente alimentado por energia solar, utilizando sensores de umidade do solo e o microcontrolador ESP32, por meio da comparação do consumo hídrico entre sistemas convencionais (manual e temporizado) e o sistema IRIS, em diferentes portes de cultivo.

METODOLOGIA

As atividades experimentais foram desenvolvidas na Etec Trajano Camargo e na escola SENAI “Luiz Varga” de Limeira e em parceria com o Sr.º Luis Carlos Stahlberg. Pequeno agricultor do Bairro Rural do Pinhal de para validação experimental comparativa de um sistema de irrigação inteligente e sustentável (IRIS), figura 3 e 4.

Figura 3 - Sistema de irrigação convencional:

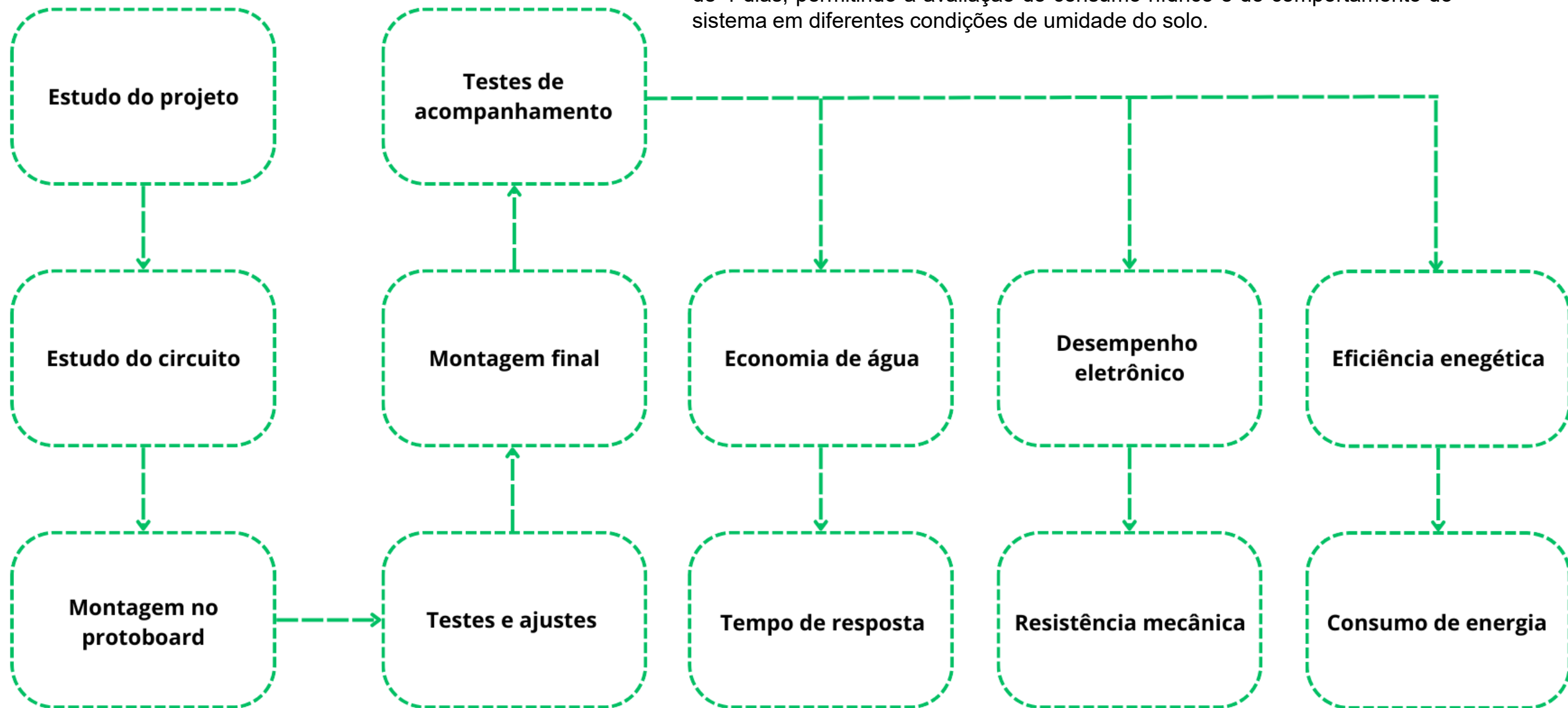


Figura 4 - Sistema de irrigação inteligente e sustentável



Figura 4 – Atividades experimentais

Os ensaios experimentais foram conduzidos ao longo de um período contínuo de 4 dias, permitindo a avaliação do consumo hídrico e do comportamento do sistema em diferentes condições de umidade do solo.



Fonte: Acervo Pessoal, 2026.

RESULTADOS

Os resultados obtidos demonstram que o sistema **IRIS** apresenta desempenho superior aos métodos convencionais de irrigação. A aplicação da irrigação baseada em sensores de umidade do solo reduziu significativamente o consumo de água, eliminando desperdícios causados por irrigações desnecessárias, inclusive durante períodos de chuva. Comparado aos métodos manuais e automatizados convencionais, o IRIS alcançou **economia hídrica entorno de 46,7%**, além de um sistema autossuficiente, devido à integração com **energia solar**. Esses resultados evidenciam que a automação aliada ao monitoramento inteligente possibilita uma irrigação mais eficiente, sustentável e adaptável a diferentes escalas de cultivo. Os valores apresentados correspondem a resultados experimentais e simulações fundamentadas nas medições realizadas durante a etapa de validação do sistema, complementadas por dados coletados em visita técnica e entrevista com um pequeno produtor rural.

As tabelas 1 e 2 apresentam uma análise comparativa qualitativa entre diferentes sistemas de irrigação

Tabela 1: Comparação Funcional entre Sistemas de Irrigação.

Sistema	Forma de acionamento	Critério de irrigação	Monitoramento do solo	Uso de sensores	Controle do tempo	Adaptação da planta	Integração tecnológica	Autonomia	Escalabilidade
Irrigação Manual Convencional	Manual	Experiência do operador	Inexistente	Não utiliza	Fixo	Limitada	Inexistente	Não autônomo	Limitada
Sistema IRIS	Automático	Umidade do solo	Contínuo	Sensores de umidade	Variável conforme necessidade	Dinâmica	Sistema eletrônico integrado	Autônomo	Adaptável a diferentes escalas

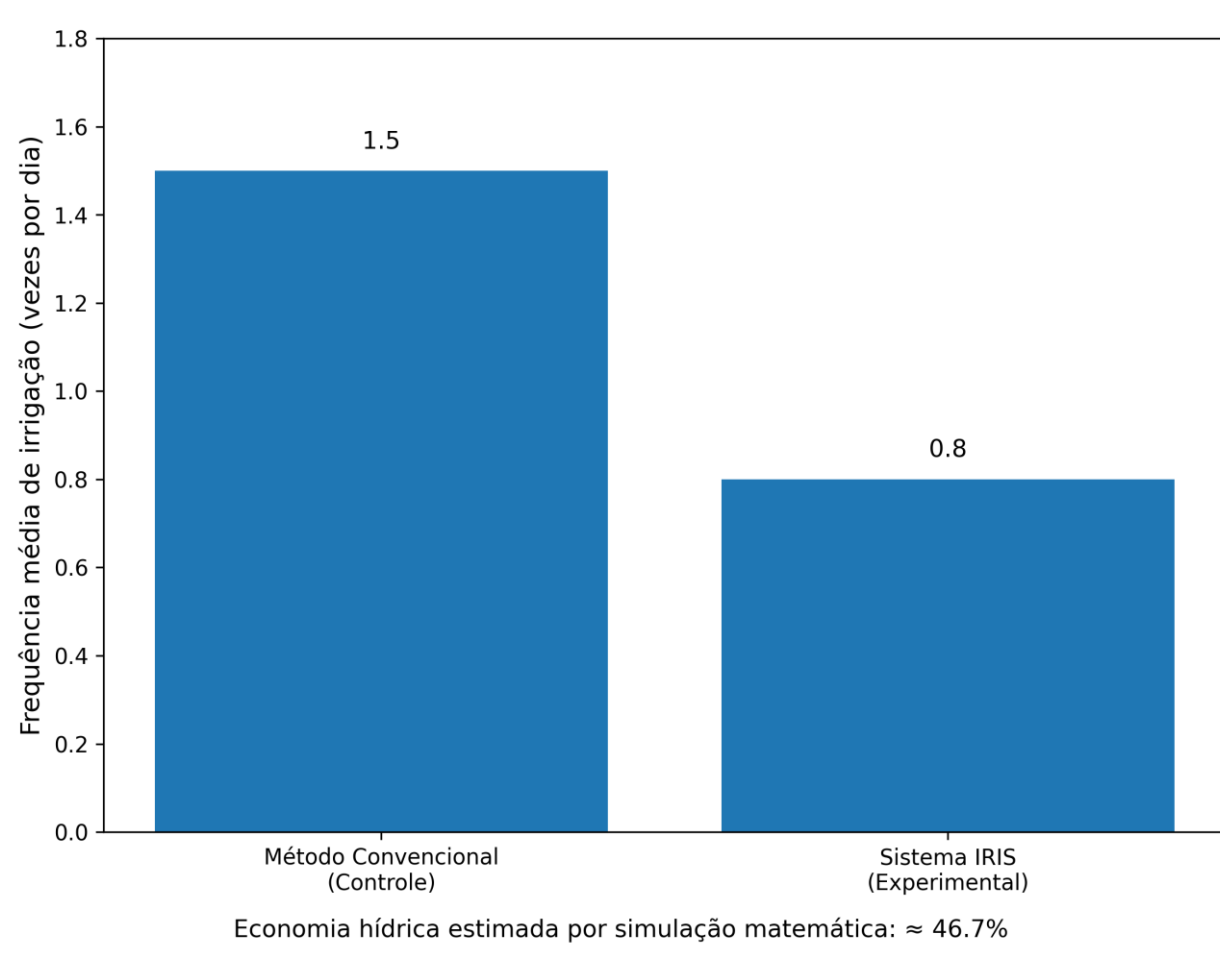
Fonte: Acervo Pessoal, 2026.

Tabela 2: Impactos Operacionais e Ambientais dos Sistemas.

Sistema	Consumo de água	Eficiência hídrica	Irrigações desnecessárias	Excesso de água	Déficit hídrico	Fonte de energia	Consumo energético	Sustentabilidade ambiental	Impacto ambiental	Aplicação
Irrigação Manual Convencional	Elevado	Baixa	Frequentes	Frequente	Possível	Rede elétrica	Moderado a elevado	Limitada	Maior desperdício hídrico	Doméstica / Agrícola
Sistema IRIS	Uso mais eficiente observado	Maior eficiência observada	Reduzidas	Reduzido	Menor ocorrência observada	Energia solar	Baixo	Elevada	Redução do desperdício observada	Doméstica / Agrícola

Fonte: Acervo Pessoal, 2026.

Gráfico 1: Simulação Comparativa da Frequência Média de Irrigação.



Fonte: Acervo Pessoal, 2026.

Principais benefícios do sistema IRIS:

- ✓ Redução significativa do desperdício de água
- ✓ Sistema autossuficiente
- ✓ Irrigação automática baseada na necessidade do solo
- ✓ Operação sustentável com uso de energia solar
- ✓ Aplicável a pequenas e médias propriedades
- ✓ 100% remoto via APP

💧 Economia de água ⚡ Menor consumo energético residencial ☀️ Módulo auxiliar 100% solar 🌱 Irrigação precisa e automatizada

INOVAÇÃO DO PROJETO

O sistema IRIS se diferencia por integrar monitoramento contínuo da umidade do solo, tomada de decisão automatizada e operação 100% remota via APP, além de alimentação híbrida (energia elétrica e solar) em uma solução de baixo custo, acessível e aplicável tanto em contextos agrícolas quanto domésticos, ampliando o alcance da automação sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema IRIS demonstrou-se, até a presente etapa da pesquisa, uma solução tecnológica experimentalmente validada para a redução do desperdício de água na irrigação, ao integrar automação do processo, monitoramento da umidade do solo e utilização de energia solar. Os resultados obtidos até o momento sustentam a hipótese inicial do projeto, indicando que a irrigação baseada em sensores apresenta maior eficiência hídrica quando comparada a métodos empíricos ou temporizados, sem comprometer o manejo adequado das culturas. Destaca-se como diferencial do IRIS a integração entre coleta contínua de dados, tomada de decisão automatizada por meio do ESP32 e alimentação híbrida com energia solar, resultando em uma proposta acessível, modular e adaptável a pequenos produtores, hortas urbanas e aplicações domésticas. Embora o projeto ainda esteja em fase de aprimoramento e ampliação de testes, os resultados parciais evidenciam seu potencial de aplicação prática no enfrentamento da escassez hídrica e na promoção do uso racional da água, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e tecnologicamente acessíveis.

Contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ODS:



REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Paulo, 2010. **Estratégias de Manejo de Irrigação**. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/865592/1/Circ136.pdf>. Acesso em 07 out. 2025

EMBRAPA, s.d. **Água na Agricultura – Sobre o tema**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/sobre-o-tema>. Acesso em: 27 fev. 2025.

FAO, 2023. **Water scarcity and agriculture**. Disponível em: <https://www.fao.org/land-water/water/water-scarcity/en/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

LOBEL, Fabrício, 2025. **Crise hídrica: Governo de SP lança plano com até 16h de restrição no abastecimento**. G1. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2025/10/24/crise-hidrica-governo-de-sp-lanca-plano-com-ate-16-horas-de-restricao-no-abastecimento-veja-medidas.ghtml>. Acesso em: 25 out. 2025.

TALAMORE, Rose, 2024. **Setor agrícola utiliza metade da água consumida no Brasil**. JORNAL USP. Disponível em: <https://jornal.usp.br/campus-ribeirao-preto/setor-agricola-utiliza-metade-da-agua-consumida-no-brasil/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

Apoio: SENAI “Luiz Varga”

