

## **SISTEMA IOT DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE PARA HORTAS AUTOMATIZADAS DE ALFACE**

Breno Pereira Rangel, Thiago Nascimento Gonçalves, Wesley Sousa Rodrigues<sup>1</sup>, Lucas Dalcolmo da Silva<sup>2</sup>

1- Acadêmico do curso de Sistemas de Informação.

2- Titulação do orientador – Professor Multivix - Serra

### **Resumo**

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de irrigação inteligente para o cultivo de alfaces, utilizando a plataforma ESP32 e tecnologias de Internet das Coisas (IoT) integradas ao Microsoft Azure. O objetivo foi otimizar o uso de água, promovendo maior eficiência e sustentabilidade por meio de sensores de umidade e temperatura que monitoram as condições do solo em tempo real. A solução proposta coleta e analisa dados continuamente, ajustando automaticamente a irrigação com base nas necessidades da planta e utilizando um painel interativo para visualização dos dados em tempo real.

Durante o projeto, destacaram-se desafios como a calibração dos sensores, dificuldades de conectividade em áreas rurais e o custo elevado dos componentes, tornando a implementação menos viável para pequenos produtores. Por outro lado, médios e grandes produtores podem beneficiar-se significativamente pela economia de insumos e controle preciso da irrigação, o que potencializa a produção sustentável. O sistema foi testado em um ambiente simulado, permitindo demonstrar a viabilidade do conceito e os benefícios que tecnologias emergentes podem trazer para a automação agrícola. Este trabalho reafirma o potencial transformador da IoT na agricultura, contribuindo para práticas mais sustentáveis e eficientes no manejo de recursos hídricos.

Palavras - Chave: Automação Agrícola, Internet das Coisas (IoT), Irrigação Inteligente, Eficiência Hídrica, Tecnologia em Agricultura, Agricultura Sustentável;

## INTRODUÇÃO

A introdução de tecnologias modernas na agricultura tem sido essencial para aumentar a eficiência e sustentabilidade das práticas no campo. A Internet das Coisas (IoT), combinada com plataformas como o Arduino e uma variedade de sensores, possibilita o monitoramento preciso de fatores críticos para o cultivo, como água e nutrientes, o que promove um crescimento saudável das plantas e reduz desperdícios (FAESP 2022). A automação dos sistemas de irrigação, que se integra a plataformas em nuvem como o Azure, vem revolucionando a produção agrícola, segundo a EMBRAPA (2020).

No entanto, implementar a IoT e a automação no cultivo de alfaces apresenta desafios, como ressaltam Moura e Nobre (2022), devido à complexidade de integrar sensores e plataformas digitais e à necessidade de calibração e conectividade. Além disso, Ferreira et al. (2022) enfatizam que a automação em estufas exige uma abordagem técnica e adaptada ao cultivo específico da alface, que é sensível a variações de água.

Este trabalho busca preencher essa lacuna, desenvolvendo um sistema de irrigação inteligente para alfaces, com o objetivo de aumentar a eficiência do uso de água e promover práticas agrícolas mais sustentáveis. Para isso, serão implementados e avaliados sensores de umidade e temperatura conectados a uma plataforma em nuvem, como o Azure, permitindo o controle automatizado do consumo de água.

A literatura atual reforça o crescente interesse pela IoT na agricultura. Jesus (2021) destaca a agricultura de precisão como chave para a gestão de recursos, enquanto Moura e Nobre (2022) e Ferreira et al. (2022) exploram os benefícios da IoT e da automação para o controle eficiente de irrigação e de ambiente. Esse trabalho pretende responder como a IoT, o Arduino e sensores podem otimizar a irrigação no cultivo de alfaces, baseando-se em um estudo de caso para analisar a eficácia dessa automação na prática.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **Introdução ao Referencial Teórico**

Este referencial teórico tem como propósito oferecer uma base sobre as tecnologias e práticas que compõem a irrigação inteligente para o cultivo de alfaces, destacando o papel fundamental da IoT, sensores e microcontroladores, e o uso de ferramentas em nuvem na agricultura moderna. A discussão abrange o uso dessas tecnologias para melhorar o processo de irrigação, otimizar a eficiência no uso de água e promover a sustentabilidade ambiental e econômica das práticas agrícolas.

### **IoT na Agricultura**

A Internet das Coisas (IoT) tem revolucionado a agricultura, trazendo uma nova era de eficiência e precisão ao campo. Com sensores que monitoram, em tempo real, fatores essenciais como umidade do solo, temperatura e condições climáticas, os produtores podem tomar decisões rápidas e bem-informadas. Como destacado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2023), essa tecnologia permite um uso mais inteligente da água, um recurso cada vez mais escasso, especialmente nas atividades agrícolas. Graziella (2016) observa que essa integração da IoT com sensores é um dos pilares da chamada “agricultura de precisão”, que utiliza dados em tempo real para automatizar processos, como a irrigação. A EMBRAPA (2020) também aponta que, no Brasil, a IoT tem impulsionado práticas mais sustentáveis de irrigação, já que os dados coletados são enviados para plataformas em nuvem, onde são analisados para orientar ações mais eficazes, garantindo que cada planta receba a quantidade exata de água de que precisa.

### **Sistemas de Irrigação Inteligentes**

Os sistemas de irrigação inteligentes oferecem uma nova forma de gerenciar a água no cultivo, adaptando a quantidade e frequência da irrigação

às necessidades específicas das plantas e do solo ao longo do tempo. Em contraste com métodos convencionais que aplicam a mesma quantidade de água independentemente das variações do solo, esses sistemas utilizam sensores que captam dados em tempo real, permitindo uma irrigação ajustada. Arruda et al. (2019) destacam o uso de emissores automáticos combinados com sensores de umidade no solo, que medem a quantidade de água ideal para diferentes tipos de alface, permitindo ajustes precisos. A EMBRAPA inovou com os servogotejadores, que aplicam água de forma localizada, evitando desperdícios e ajudando a reduzir custos. Testes com alface mostraram que esses sistemas automáticos mantêm a produtividade, sendo eficazes em diversas condições de solo e ambiente. Além disso, a automação da irrigação favorece a sustentabilidade, já que reduz o consumo de água e os impactos ambientais. Duarte e Melián-Navarro (2020) reforçam que o uso de sistemas de irrigação inteligentes pode melhorar a eficiência hídrica, garantindo que as plantas recebam a quantidade exata de água sem excessos, o que previne danos ao cultivo e ao meio ambiente.

### **Plataformas de Computação em Nuvem na Automação Agrícola**

A computação em nuvem tem se tornado fundamental para a agricultura moderna, pois possibilita a gestão remota e a análise dos dados captados por sensores, otimizando as operações no campo. A integração desses sensores de solo e ambiente com plataformas como o Microsoft Azure e a IBM Cloud oferece uma visão detalhada e centralizada das condições de cultivo, facilitando o gerenciamento da irrigação. A IBM (2023) explica que sensores conectados a aplicativos de smartphones permitem que agricultores acompanhem o solo em tempo real e ajustem a irrigação de forma precisa, mesmo à distância. Essas plataformas em nuvem suportam a análise de grandes volumes de dados, geram alertas e antecipam demandas futuras do cultivo, como mudanças climáticas e necessidades de irrigação, promovendo um processo agrícola mais eficiente. Além de otimizar a irrigação, essas ferramentas apoiam decisões estratégicas de longo prazo, armazenando dados históricos que ajudam a identificar padrões, prever colheitas e detectar problemas. Dessa forma, a computação em nuvem

não só melhora o uso de recursos, mas também fortalece a sustentabilidade e a resiliência na agricultura.

### **Desafios e Limitações na Implementação de IoT em Estufas Agrícolas**

Embora os benefícios da IoT e da automação na agricultura sejam notáveis, existem desafios a serem superados para a sua ampla implementação. Um dos principais desafios é a conectividade à internet em áreas rurais, que nem sempre é estável ou possui a cobertura necessária para suportar a transmissão contínua de dados sensoriais. Além disso, há a necessidade de calibrar e manter os sensores para garantir que os dados coletados sejam precisos e confiáveis.

Outro ponto é o custo de implementação e manutenção de sistemas de IoT e automação, que pode ser elevado para pequenos agricultores. Segundo a ANA (2023), a disponibilidade de infraestrutura e a capacitação dos produtores rurais são fatores críticos para o sucesso da automação agrícola. Graziella (2016) também destaca a necessidade de desenvolver soluções econômicas e eficazes que possam ser adaptadas às diferentes realidades do setor agrícola, garantindo que a automação e a IoT sejam acessíveis a todos os produtores, independentemente do porte de suas operações.

Além disso, é importante considerar as questões de segurança e privacidade de dados, pois o aumento da coleta e transmissão de dados sensoriais pode expor os produtores a riscos de invasões e uso indevido de informações. Portanto, a implementação de sistemas seguros e confiáveis é essencial para garantir a integridade das operações agrícolas automatizadas.

### **Modelos e Algoritmos para Controle Inteligente de Irrigação**

O controle inteligente de irrigação é impulsionado por modelos e algoritmos que utilizam dados ambientais para determinar o momento e a quantidade ideal de água a ser aplicada no cultivo. Modelos baseados em regras operam com parâmetros fixos, como limites de umidade no solo, enquanto modelos mais avançados, apoiados em aprendizado de máquina, são capazes

de prever as necessidades de irrigação considerando padrões históricos e previsões do clima, o que torna o processo mais preciso e eficiente. Duarte e Melián-Navarro (2020) apontam que a escolha do modelo depende das características do cultivo e do ambiente, especialmente para culturas como a alface, que são sensíveis tanto ao excesso quanto à falta de água. A implementação desses modelos em sistemas automatizados melhora a eficiência do uso de água e contribui para a qualidade do cultivo, promovendo condições ideais para o crescimento das plantas.

Os algoritmos inteligentes permitem ajustes automáticos na irrigação, levando em conta fatores como evapotranspiração e capacidade de retenção de água do solo, o que evita tanto o estresse hídrico quanto a saturação do solo. Isso garante um desenvolvimento uniforme e saudável das plantas, promovendo uma produção mais eficiente e sustentável.

### **Considerações Finais do Referencial Teórico**

Neste referencial teórico, foram discutidos os conceitos e práticas relacionadas à IoT, automação de irrigação e computação em nuvem na agricultura, com destaque para a aplicação dessas tecnologias no cultivo de alface. Os estudos revisados demonstram que a integração de sensores, sistemas de irrigação automatizados e plataformas de análise de dados tem o potencial de revolucionar a produção agrícola, tornando-a mais eficiente e sustentável. No entanto, também foi evidenciado que existem desafios técnicos, econômicos e de infraestrutura a serem superados para a ampla adoção dessas tecnologias.

### **METODOLOGIA**

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de irrigação inteligente para o cultivo de alfaces, utilizando um ESP32 como microcontrolador. O sistema é equipado com sensores de umidade do solo e temperatura (DHT11), além de uma válvula solenoide. A coleta de dados dos sensores é realizada em tempo real e enviada para a plataforma Azure via API,

onde os dados passam por um processo de tratamento e análise.

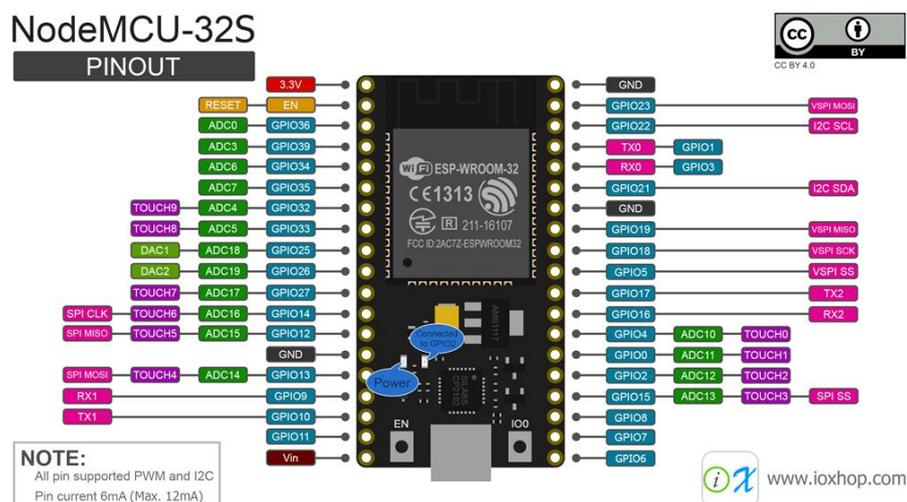
Após o processamento, as informações são utilizadas para controlar a válvula solenoide, garantindo que a irrigação ocorra de forma eficiente, de acordo com as necessidades da planta. Todos os dados coletados e as ações tomadas pelo sistema são armazenados em um banco de dados no Azure, permitindo futuras consultas e análises.

Adicionalmente, um dashboard foi desenvolvido para visualização dos dados em tempo real, proporcionando uma interface intuitiva para monitorar e gerenciar o cultivo de alface. Este sistema visa otimizar a irrigação, promover o uso sustentável da água e melhorar a produtividade da plantação.

## Hardware Utilizado

O projeto será desenvolvido utilizando o **ESP32**, um hardware robusto e versátil que possui conectividade Wi-Fi e Bluetooth integradas. Essa escolha é baseada em várias vantagens:

Figura 1 – Microcontrolador ESP32

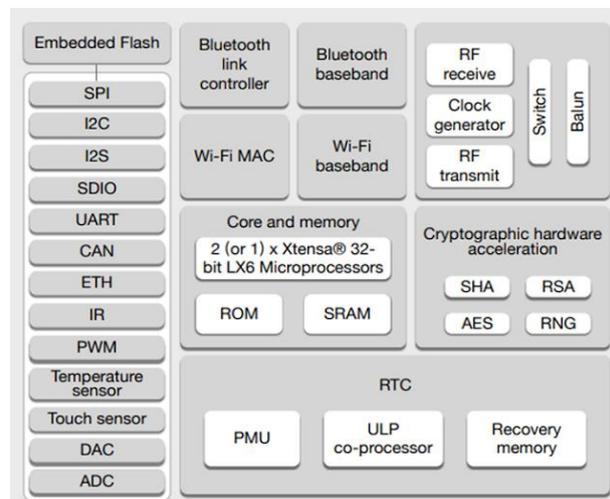


## Capacidade de Processamento

O ESP32 possui um microcontrolador dual-core com alta frequência,

permitindo a execução de múltiplas tarefas simultaneamente, como a coleta de dados dos sensores e a transmissão para a nuvem.

**Figura 2** – Processamento interno do ESP32



Fonte: Koyanagi, 2018.

### **Compatibilidade com Sensores e Azure**

O ESP32 é amplamente compatível com uma variedade de sensores e componentes, facilitando a integração com a plataforma Azure para o armazenamento e análise dos dados.

### **Linguagem de programação utilizada no ESP32**

O ESP32 foi programado em C devido ao seu desempenho e controle direto sobre o hardware, características essenciais para sistemas embarcados. Com essa linguagem, o ESP32 gerencia os sensores de umidade e temperatura, além de possibilitar a comunicação com a plataforma de nuvem utilizada no projeto.

## Sensores Utilizados

### Sensor de Umidade do Solo

O HD-38 será utilizado para medir a umidade do solo. Mesmo que o solo não esteja presente fisicamente, o sensor pode ser calibrado para responder a diferentes níveis de umidade, permitindo simular a condição de irrigação necessária para o cultivo de alfaces.

**Figura 3** – Sensor para medição da umidade do solo

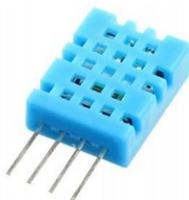


Fonte: Usainfo, 2024.

### Sensor de Temperatura do ar

O DHT11 é um sensor para medir a temperatura na faixa de 0 a 50 °C e umidade do ar de 20 a 90%, segundo De Silicio(2024). Amplamente utilizado em projetos com Arduino, oferece precisão e facilidade de integração.

**Figura 4** – Sensor para medição da temperatura do ar



Fonte: Usainfo, 2024.

## Sistema Hidráulico

### Válvula Solenoide

Uma válvula solenoide controlada por Arduino é comumente utilizada em projetos de automação, como sistemas de irrigação, onde ela abre ou fecha o fluxo de água ou outro fluido. O Arduino pode controlar a válvula solenoide por meio de um transistor, relé ou driver de potência, já que a válvula geralmente exige mais corrente do que o Arduino pode fornecer diretamente.

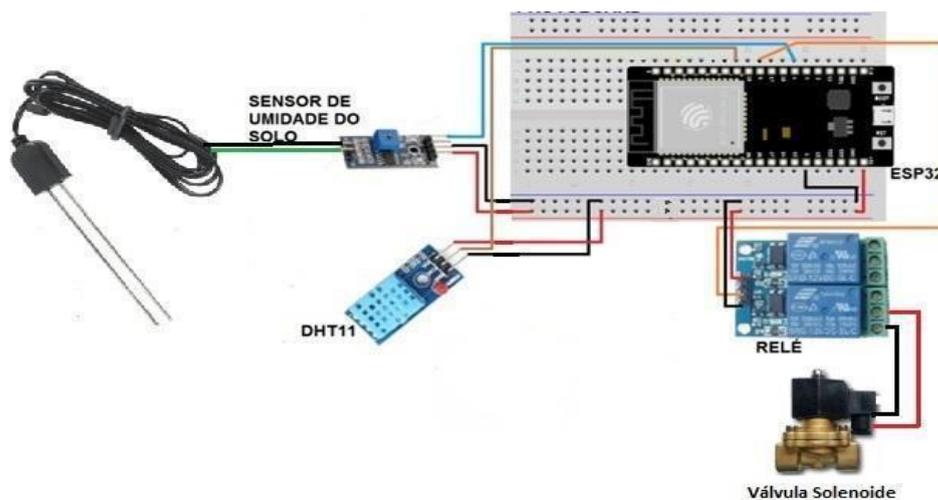
**Figura 5** – Válvula solenoide



Fonte: Convicta, 2024.

### Ligações físicas

**Figura 6** – Protótipo do sistema eletrônico



Fonte: Autoral, 2024.

## **Processo de Coleta e Envio de Dados para o Azure**

### **Configuração dos Sensores**

Os sensores de umidade e temperatura foram calibrados utilizando parâmetros encontrados na literatura, com o objetivo de simular condições reais de uma plantação de alfaces. A calibração envolve a definição de faixas ideais de umidade e temperatura, de acordo com as necessidades específicas do cultivo de alfaces.

#### **Sensor de Umidade do Solo**

O sensor é configurado para acionar o sistema de irrigação quando a umidade do solo atingir um nível de tensão entre 10 e 24 centibars, indicando que o solo está começando a secar. Essa condição geralmente corresponde a um déficit de água de 20-30%, conforme recomendado pela Irrigat (2024).

#### **Sensor de Temperatura**

O sensor de temperatura foi ajustado para monitorar a temperatura ambiente, garantindo que se mantenha dentro da faixa ideal para o cultivo de alfaces. De acordo Favarato et al. (2017), a variação ótima de temperatura para o cultivo da alface é entre **4 °C e 27 °C**.

Os dados capturados pelos sensores serão enviados a intervalos regulares para o Azure, replicando um monitoramento contínuo. Esse envio foi programado para ocorrer a cada 5 minutos, permitindo que o sistema tenha atualizações frequentes sobre as condições do ambiente simulado.

#### **Transmissão de Dados**

A transmissão dos dados coletados dos sensores para a plataforma Azure será realizada utilizando o protocolo **MQTT**. Esse protocolo é escolhido devido

às suas características de leveza e eficiência em ambientes com recursos limitados, como é o caso de dispositivos IoT.

### **Estrutura da Mensagem**

Cada mensagem enviada incluirá dados de umidade e temperatura, juntamente com um timestamp para garantir a rastreabilidade e a análise temporal das informações.

### **Recepção no Azure IoT Hub**

O Azure IoT Hub atuará como o ponto de entrada dos dados coletados, permitindo a gestão e o monitoramento dos dispositivos conectados. Com o uso do MQTT, o ESP32 se conectará ao IoT Hub e enviará as mensagens de forma confiável e segura, assegurando que todos os dados sejam registrados e prontos para análise.

### **Manipulação dos Dados com Azure Functions**

Após a recepção dos dados no Azure IoT Hub, serão utilizados Azure Functions para processar e manipular as informações sempre que houver novas mensagens no Hub. Essas funções permitirão:

### **Validação e Processamento**

As Azure Functions poderão validar os dados recebidos, garantir que estejam no formato correto e realizar cálculos ou transformações necessárias antes de serem armazenados.

### **Resposta ao Dispositivo**

Ao fim do processamento, as Azure Functions vão ser responsáveis por retornar o gatilho se deve acionar o relé para o ESP32.

## Armazenamento no Azure SQL Database

Após o processamento, as Azure Functions se encarregarão de armazenar os dados no Azure SQL Database.

## Ferramentas de Monitoramento e Análise

Para monitorar e analisar as variáveis captadas pelos sensores, utilizamos ferramentas como o Power BI. O Power BI permite a criação de dashboards interativos e relatórios dinâmicos, onde é possível visualizar em tempo real as informações dos sensores, como níveis de umidade do solo e temperatura ambiente. Essa visualização ajuda a identificar padrões, tendências e oportunidades de otimização no sistema de irrigação, tornando mais fácil para os gestores ajustarem as estratégias de irrigação com base nos dados obtidos.

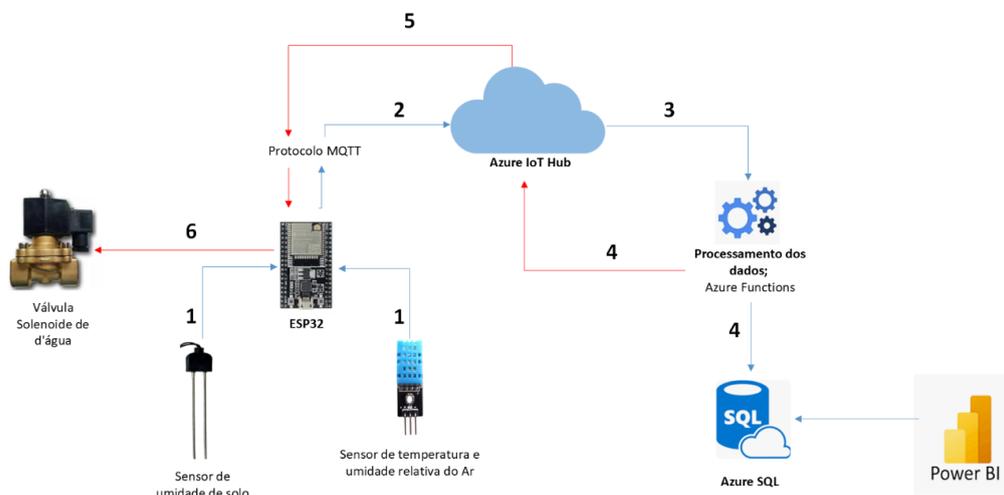
Figura 7 – Dashboard em Power BI



Fonte: Autoral, 2024

## Diagrama de Processos

**Figura 8 – Fluxo de processos**



Fonte: Autoral, 2024

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do sistema de irrigação inteligente para o cultivo de alfaces, utilizando a plataforma ESP32 e tecnologias de IoT integradas ao Azure, mostrou que a automação agrícola oferece um grande potencial para um maior controle e sustentabilidade da irrigação. A aplicação de sensores para monitoramento em tempo real de umidade e temperatura possibilitou otimizar o uso da água, reduzindo o desperdício e garantindo melhores condições ao cultivo. A integração com plataformas em nuvem permitiu não apenas a análise e o armazenamento dos dados, mas também a tomada de decisões de forma dinâmica, promovendo uma agricultura de precisão mais eficiente e sustentável. Todavia, ao longo do projeto, foram identificadas barreiras que dificultam a implementação prática em alguns cenários. Entre os desafios enfrentados, destacaram-se a necessidade de calibrar e ajustar os sensores para responder adequadamente às variações das condições ambientais e os custos elevados associados aos componentes e à infraestrutura de IoT, como conectividade e energia. Essa realidade torna o sistema pouco acessível para pequenos produtores, que enfrentam restrições financeiras e técnicas para adotar soluções

complexas de automação. Em contrapartida, para médios e grandes produtores, o investimento pode ser vantajoso devido ao retorno proporcionado pela eficiência no manejo dos recursos, como a economia de água e a minimização de insumos.

Outro desafio significativo foi a configuração e integração da comunicação dos dispositivos com o Azure, o que exigiu aprofundamento em protocolos específicos e ajustes constantes para garantir a estabilidade do sistema. Problemas de conectividade também evidenciaram a importância de um acesso estável à internet, aspecto que pode ser crítico em áreas rurais.

Assim, conclui-se que a automação de sistemas de irrigação é uma solução promissora e viável para melhorar a eficiência produtiva no cultivo de alfaces, desde que as condições para sua implementação sejam favoráveis. Para pequenos produtores, uma adaptação de custo mais baixo ou suporte específico seria necessária para viabilizar o acesso. Este trabalho demonstrou a capacidade de inovação e impacto positivo que a tecnologia pode trazer ao setor agrícola, abrindo novas perspectivas para práticas sustentáveis e baseadas em dados na produção de alimentos.

## REFERÊNCIAS

**ANA.** Automação na agricultura: o que é e como implementar. Ago. 2023. Disponível em: <https://blog.rn.sebrae.com.br/automacao-na-agricultura/>. Acesso em: 17 Ago 2024.

**ARRUDA**, Nathalya Vieira; **SILVA**, Andreia Aparecida de Sousa; **CORDEIRO**, Tiago Vales; **VAZ**, Carlos Manoel Pedro; **BRAGA**, Marcos Brandão; **CALBO**, Adonai Gimenez. Irrigação da alface com gotejadores automáticos acoplados a sensores de tensão de água no solo. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1116074/irrigacao-da-alface-com-gotejadores-automaticos-acoplados-a-sensores-de-tensao-de-agua-no-solo>. Acesso em: 19 Ago. 2024.

**DUARTE, A. C.; MELIÁN-NAVARRO, A.** O uso da água na agricultura em Portugal. Parte II – Aspectos ambientais da agricultura de regadio. *Egitanea Scientia*, n. 27, p. 185–214, 2021. Disponível em: <https://egitaniasciencia.ipg.pt/index.php/revista-egitaniasciencia/article/view/127>. Acesso em: 5 Set. 2024.

**CONVICTA.** 2024. Disponível em: <https://www.lojaconvicta.com.br/central-dosadora-de-concreto/valvula-diafragma-nf-34-bsp-220v>. Acesso em: 5 Set. 2024.

**EMBRAPA.** Brasil avança em tecnologia de irrigação de precisão com uso de Internet das Coisas. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/54293512/brasil-avanca-em-tecnologia-de-irrigacao-de-precisao-com-uso-de-internet-das-coisas#:~:text=A%20novidade%20%C3%A9%20o%20uso,ao%20sistema%20e%20reduzindo%20perdas>. Acesso em: 10 Set. 2024.

**EMBRAPA.** Pesquisa contribui para transformação digital da agricultura brasileira. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/51706860/pesquisa-contribui-para-transformacao-digital-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 24 set. 2024.

**FAESP.** Agricultura 4.0: automação e tecnologia elevam produtividade de grãos. 2022. Disponível em: <https://faespsenar.com.br/agricultura-4-0-automacao-e-tecnologia-elevam-produtividade-de-graos/>. Acesso em: 24 set. 2024.

**FAVARATO**, Luiz Fernando; **GUARÇONI**, Rogerio Carvalho; **SIQUEIRA**, Ana Paula; **SOUZA**, Jacimar Luis de. 2017. Variação térmica e temperatura do solo e planta em diferentes sistemas de cultivo de alface de primavera/verão. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/2863>. Acesso em: 5 Out. 2024.

**FERREIRA**, Felipe da Silva; **CASTRO**, Karini Emília Lima Ferreira; **SILVA**, Luciano Pradelli da; **DUARTE**, Vitória Toni. Sistema de automação para estufa agrícola. Dez. 2022. Disponível em: <http://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/15166>. Acesso em: 8 out. 2024.

**KOYANAGI, Fernando**. 2018. Disponível em: <https://www.fernandok.com/2018/03/esp32-detalhes-internos-e-pinagem.html>. Acesso em: 15 Out. 2024.

**GALINARI, Graziella**. Especialistas apontam desafios e oportunidades para a Internet das Coisas na agricultura. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18936006/especialistas-apontam-desafios-e-oportunidades-para-a-internet-das-coisas-na-agricultura>. Acesso em: 17 Out. 2024.

**IBM**. O que é agricultura inteligente? | IBM. 2023. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/smart-farming>. Acesso em: 25 Out. 2024.

**IRRIGAT**. Irrigação de alface: cuidados e qual tipo escolher. 2024. Disponível em: <https://irrigat.com.br/irrigacao-de-alface/>. Acesso em: 2 nov. 2024.

**JESUS, Klebio de**. Aplicação de internet das coisas (IoT) na agricultura de precisão. Março de 2021. Disponível em: <https://repositorio.ueg.br/jspui/handle/tede/643>. Acesso em: 8 Nov. 2024.

**MICROSOFT**. Introdução à atualização de dispositivo para Hub IoT do Azure. 2023. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/azure/iot-hub-device-update/understand-device-update>. Acesso em: 8 Nov. 2024.

**MOURA**, Mateus Barbosa de; **NOBRE**, Thallys Lima. Sistema de automação e controle inteligente no processo de irrigação usando IoT no cultivo da alface. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/2769>.

Acesso em: 9 Nov. 2024.

**USINAINFO.** Sensor de Umidade e Temperatura DHT11. 2024. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-umidade-arduino/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11-2823.html>. Acesso em: 9 nov. 2024.

**USINAINFO.** Sensor de Umidade do Solo Arduino HD-38. 2024. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-solo/sensor-de-umidade-do-solo-arduino-hd-38-5475.html>. Acesso em: 10 nov. 2024.

**DE SILICIO, Vida.** DHT11 – Sensor de Umidade e Temperatura. 2024.

Disponível em: <https://www.vidadesilicio.com.br/produto/dht11-sensor-umidade-e-temperatura/>. Acesso em: 11 nov. 2024.