REVISTA DIGITAL ACADÊMICO MUNDO

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE PRECISÃO INTEGRADO, U LIZANDO ESP32 E SENSORES DE CONDIÇÃO CLIMÁTICA/SOLO, COM MONITORAMENTO E CONTROLE BIDIRECIONAL ATRAVÉS DO PROTOCOLO MQTT E UMA APLICAÇÃO WEB CUSTOMIZADA

IMPLEMENTATION OF AN INTEGRATED PRECISION IRRIGATION SYSTEM USING ESP32 AND CLIMATE/SOIL CONDITION SENSORS, WITH BIDIRECTIONAL MONITORING AND CONTROL THROUGH THE MQTT PROTOCOL AND A CUSTOMIZED WEB APPLICATION

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO DE PRECISIÓN INTEGRADO, UTILIZANDO ESP32 Y SENSORES DE CONDICIONES CLIMÁTICAS/SOLO, CON MONITOREO Y CONTROL BIDIRECCIONAL A TRAVÉS DEL PROTOCOLO MQTT Y UNA APLICACIÓN WEB PERSONALIZADA.

10.56238/ramv19n14-006

Roberto Simplicio Guimarães
Mestre em Ciências -Tecnologia Nuclear-Aplicações
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - campus Vilhena
E-mail: roberto.simplicio@ifro.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0264-3192
Lattes: https://lattes.cnpq.br/7849267884811362

Douglas Legramante
Mestre em Assessoria de Administração
Instituição: Instituto Superior de Contabilidade e Administração (ISCAP)
Email: douglas.legramante@ifro.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5725-2589
Lattes: http://lattes.cnpq.br/1359378222817028

João Pedro Bento de Andrade
Ensino Médio
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - campus Vilhena
E-mail: andradeszk7@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-8320-5040
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3709096197187476

Hiago Gabriel Gonçalves André
Ensino Médio
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - campus Vilhena
E-mail: hiagogabriel1132@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-5842-5876
Lattes: http://lattes.cnpq.br/9516535943525871

RESUMO
A escassez e o manejo inadequado da água representam desafios significativos para a sustentabilidade da produção vegetal, principalmente em viveiros, onde a uniformidade da irrigação e o controle preciso das condições de cultivo são essenciais. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizada utilizando o microcontrolador NodeMCU ESP8266 integrado a sensores de umidade do solo, módulo RTC, relés e comunicação via protocolo MQTT. O sistema permite acionamento remoto e físico das cargas, monitoramento contínuo da umidade do solo e visualização em interfaces mobile e web. A solução demonstrou economia de água, padronização da irrigação e facilidade de uso, contribuindo para a democratização da automação na agricultura.

Palavras-chave: Agricultura Inteligente. IoT. Irrigação Automatizada. Nodemcu ESP8266. MQTT. Sensores de Umidade.

ABSTRACT
Water scarcity and inadequate water management pose significant challenges to the sustainability of plant production, especially in nurseries, where uniform irrigation and precise control of growing conditions are essential. This work presents the development of an automated irrigation system using the NodeMCU ESP8266 microcontroller integrated with soil moisture sensors, an RTC module, relays, and communication via the MQTT protocol. The system allows remote and physical activation of loads, continuous monitoring of soil moisture, and visualization on mobile and web interfaces. The solution has demonstrated water savings, irrigation standardization, and ease of use, contributing to the democratization of automation in agriculture.

Keywords: Smart Agriculture. IoT. Automated Irrigation. Nodemcu ESP8266. MQTT. Humidity Sensors.

RESUMEN
La escasez y la gestión inadecuada del agua representan retos importantes para la sostenibilidad de la producción vegetal, especialmente en viveros, donde la uniformidad del riego y el control preciso de las condiciones de cultivo son esenciales. Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema de riego automatizado que utiliza el microcontrolador NodeMCU ESP8266 integrado con sensores de humedad del suelo, módulo RTC, relés y comunicación a través del protocolo MQTT. El sistema permite el accionamiento remoto y físico de las cargas, la monitorización continua de la humedad del suelo y la visualización en interfaces móviles y web. La solución ha demostrado un ahorro de agua, la estandarización del riego y la facilidad de uso, contribuyendo a la democratización de la automatización en la agricultura.

Palabras clave: Agricultura Inteligente. IoT. Riego Automatizado. Nodemcu ESP8266. MQTT. Sensores de Humedad.

1 INTRODUÇÃO

A irrigação eficiente é um dos pilares da produção agrícola, especialmente em viveiros, onde a falta de uniformidade no fornecimento de água pode comprometer a qualidade das mudas e gerar perdas econômicas significativas. A irrigação manual, ainda predominante em muitas propriedades, tende a ser imprecisa, sujeita à variação humana e frequentemente resulta em desperdício de água que é recurso cada vez mais escasso e caro. Em um contexto no qual sustentabilidade e otimização produtiva são exigências crescentes, a automação surge como solução estratégica.

A Agricultura Inteligente (*Smart Farming*) vem se consolidando como caminho para modernizar o setor produtivo, integrando sensores, controladores, plataformas remotas e algoritmos para tomada de decisão com maior precisão. Segundo Martins e Pereira (2021), a Internet das Coisas (*IoT*) revolucionou o setor ao permitir a comunicação contínua entre equipamentos e sistemas, possibilitando monitoramento e controle em tempo real, mesmo a longas distâncias.

Neste cenário, a irrigação automatizada desempenha papel essencial ao garantir a quantidade ideal de água no momento exato, otimizando o uso de insumos e promovendo desenvolvimento vegetal mais uniforme. O presente trabalho reúne essas possibilidades, apresentando o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizada baseado no microcontrolador *NodeMCU ESP8266*, sensores de umidade do solo, módulo *RTC* e interfaces remotas conectadas via protocolo *MQTT.* A solução foi projetada para ser modular, de baixo custo e fácil instalação, facilitando sua adoção por pequenos e médios produtores, democratizando o acesso à automação e aumentando a competitividade dos viveiristas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A modernização da agricultura tem sido intensificada pela incorporação de tecnologias de automação e *IoT*. Conforme Martins e Pereira (2021), a Internet das Coisas permite a interligação de sensores, atuadores e sistemas computacionais capazes de coletar, processar e transmitir dados de maneira contínua. Essa integração cria ambientes inteligentes que otimizam processos agrícolas, reduzindo custos e aumentando a eficiência do manejo.

Na área da irrigação, sensores de umidade se destacam como ferramentas fundamentais para aferir o nível hídrico do solo e garantir que a água seja aplicada apenas quando necessário. De acordo com Santos, Oliveira e Silva (2020), o uso de microcontroladores integrados a sensores de umidade permite maior precisão no manejo hídrico e contribui para evitar tanto o déficit quanto o excesso de irrigação — problemas que afetam diretamente a saúde das plantas.

O *NodeMCU ESP8266* é um microcontrolador amplamente usado em projetos de *IoT* devido à sua conectividade *Wi-Fi* embutida, capacidade de processamento e compatibilidade com diversos sensores e módulos. A comunicação entre dispositivos é facilitada por protocolos como o *MQTT*, que,

segundo Martins e Pereira (2021), é leve, eficiente e projetado para sistemas distribuídos e de baixa largura de banda — cenário comum em áreas rurais.

Outro elemento importante no campo da automação é o uso de módulos *RTC* (*Real Time Clock*), que garantem precisão em registros de data e hora, essenciais para agendamentos e para a documentação dos ciclos de irrigação. Atuadores como relés completam o sistema, possibilitando que cargas de maior potência, como bombas e válvulas solenoides, sejam acionadas com segurança.

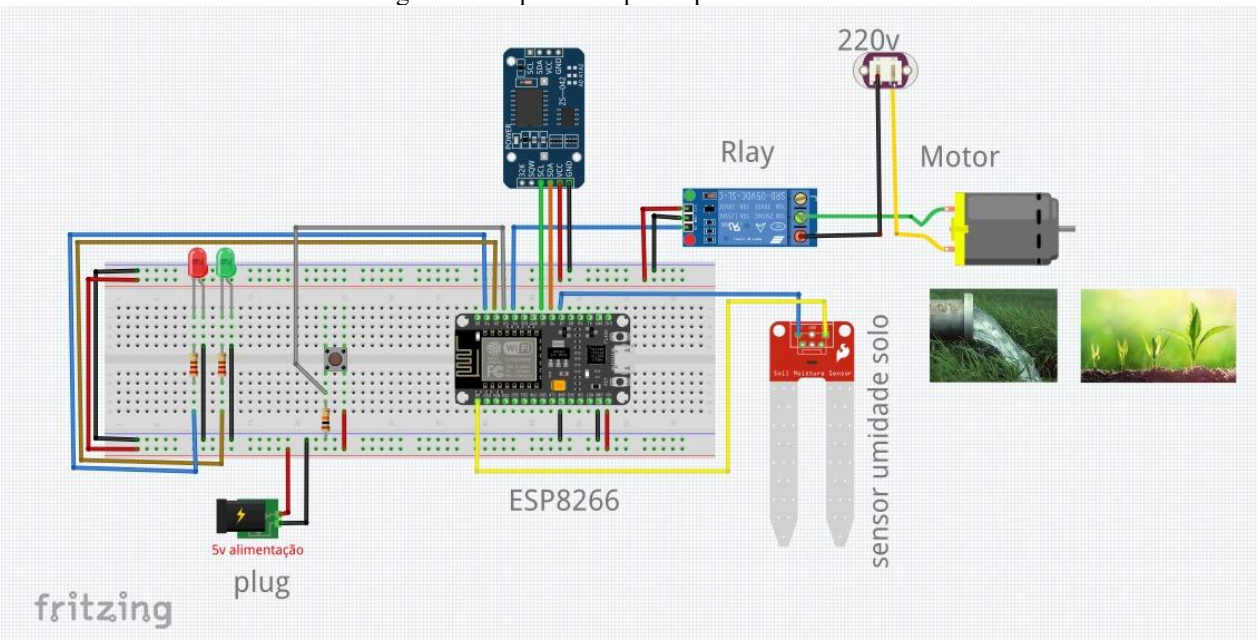
3 METODOLOGIA

A metodologia adotada no desenvolvimento do sistema envolveu três etapas principais: seleção dos componentes, implementação do hardware e *software* e integração *IoT* para comunicação remota. As escolhas tecnológicas seguiram critérios de acessibilidade, custo, confiabilidade e facilidade de implementação, com base na literatura consultada.

4 COMPONENTES UTILIZADOS E JUSTIFICATIVAS

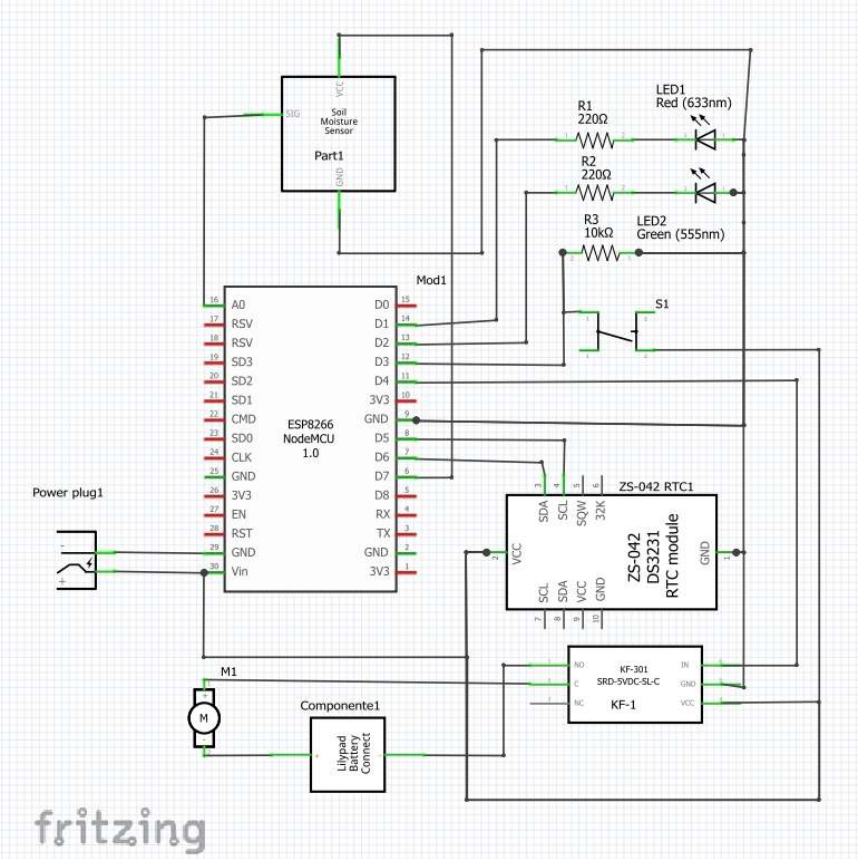
Na Figura 1 demonstra o protótipo do controlador desenvolvido, sendo utilizado NodeMCU ESP8266, sensor de umidade do solo HW-103, módulo RTC ZS-042 e módulo relé de 5V, além de um botão, resistores e *leds*, no esquema foi implementado um motor para simular uma válvula solenoide. Na Figura 2 temos o esquema elétrico do protótipo.

Figura 1 - Esquema do protótipo do controlador



Fonte: Autor (2025)

Figura 2 - Esquema elétrico do controlador



Fonte: Autor (2025)

O **NodeMCU ESP8266** foi escolhido como unidade central do sistema pela sua conectividade *Wi-Fi* nativa, essencial para aplicações em *IoT*, além da programação simples por meio da *Arduino IDE* e do baixo custo quando comparado a outros controladores disponíveis no mercado. Outro fator decisivo foi sua compatibilidade com o protocolo *MQTT*, conforme discutido por Martins & Pereira (2021), o que viabiliza uma comunicação eficiente e confiável entre os dispositivos da solução.

O **sensor de umidade do solo HW-103** foi selecionado devido ao seu baixo custo, ampla disponibilidade e fácil integração com *microcontroladores*. Esse sensor pode operar tanto diretamente quanto em conjunto com um módulo comparador, oferecendo medições consistentes em diferentes níveis de umidade. Estudos como o de Santos et al. (2020) demonstram a eficiência desse modelo em sistemas automáticos de controle hídrico, permitindo identificar o ponto ideal de irrigação, reduzir desperdícios e garantir estabilidade ao solo.

Para garantir precisão temporal, foi utilizado o **módulo RTC ZS-042**, responsável por fornecer registros contínuos de data e hora, mesmo após reinicializações ou interrupções de energia. Esse módulo é fundamental para o correto funcionamento de rotinas programáveis e para a manutenção de registros confiáveis.

O **módulo relé de 5V** foi empregado para o acionamento de cargas, como bombas d'água e válvulas solenoides, oferecendo isolamento elétrico adequado e garantindo segurança ao operar

ISSN: 2318-1494

dispositivos de maior potência. Além disso, foram implementados um botão físico e *LEDs* indicadores, permitindo acionamento local mesmo na ausência de conexão remota e facilitando a visualização imediata do estado operacional do controlador.

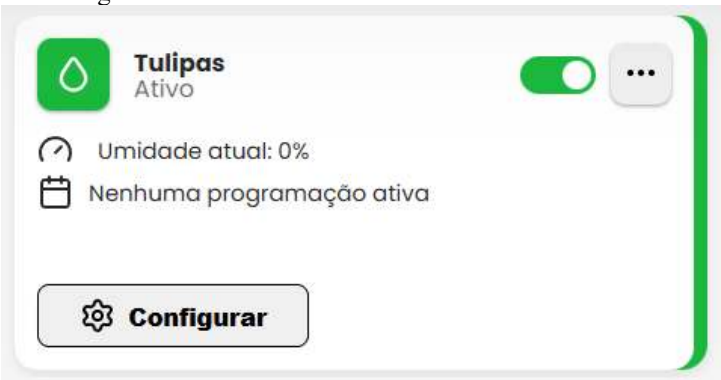
5 COMUNICAÇÃO E CONTROLE IOT

A comunicação entre o *NodeMCU* e o servidor remoto foi estabelecida utilizando o protocolo *MQTT*, escolhido devido ao seu baixo consumo de banda, eficiência em redes rurais instáveis e capacidade de comunicação assíncrona entre sensores e atuadores (Martins & Pereira, 2021). As mensagens *MQTT* foram configuradas para enviar continuamente as leituras de umidade, receber comandos de acionamento das cargas e atualizar o status do sistema nas interfaces gráficas, garantindo sincronização entre hardware, servidor e usuário final.

6 INTERFACES GRÁFICAS

Foram desenvolvidas duas interfaces: uma versão *mobile* e uma versão *web*. Ambas utilizam *cards* para representar cada controlador, variando sua cor conforme o estado do dispositivo conectado e ativo, conectado e inativo ou desconectado conforme demonstrado nas Figuras 2, 3 e 4. Esse padrão visual foi adotado para facilitar a compreensão por usuários com pouca experiência tecnológica, seguindo recomendações de usabilidade apresentadas por Martins & Pereira (2021).

Figura 2 - Card web do controlador conectado e ativo



Fonte: Autor (2025)

Figura 3 - Card web do controlador conectado e inativo



Fonte: Autor (2025)

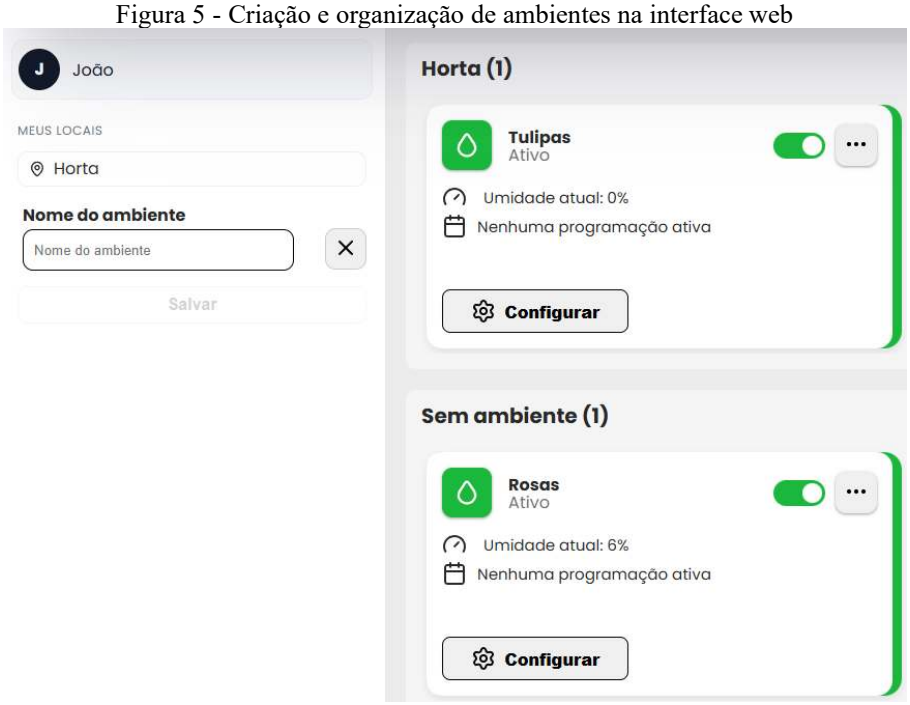
Figura 4 - Card web do controlador desconectado



Fonte: Autor (2025)

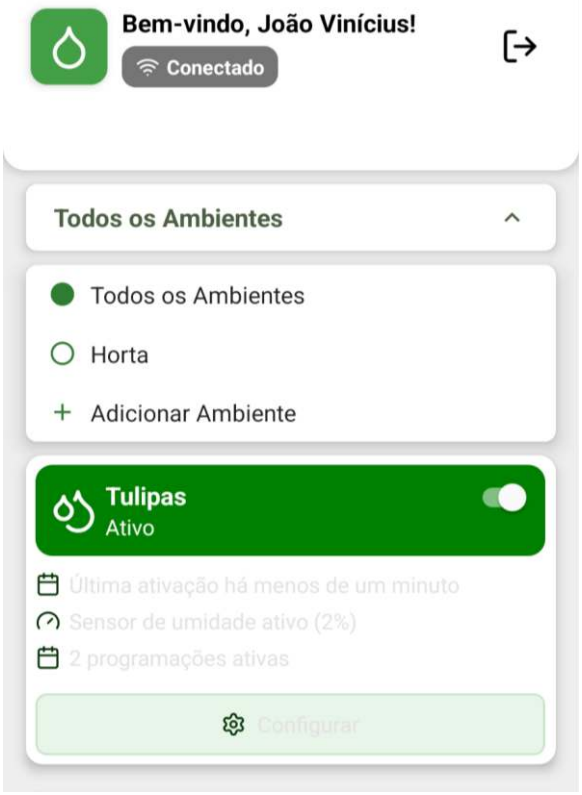
Os controladores podem ser vinculados a ambientes, permitindo separá-los e organizá-los de forma mais intuitiva. Essa funcionalidade contribui para a estruturação do sistema, como exibido na Figura 5. A criação dos ambientes pode ser realizada pela barra lateral na interface web (Figura 5) ou na área superior do aplicativo mobile (Figura 6).

Figura 5 - Criação e organização de ambientes na interface web



Fonte: Autor (2025)

Figura 6 - Criação e organização de ambientes na interface mobile



Fonte: Autor (2025)

Os controladores podem ser ativados de três maneiras. A primeira é a ativação manual, permitindo ligar o dispositivo por um tempo máximo de 1800 segundos (30 minutos). Na Figura 7 observa-se o controlador desligado, enquanto a Figura 8 apresenta o dispositivo ligado.

Figura 7 - Card web do controlador desligado



Fonte: Autor (2025)

Figura 8 - Card web do controlador ligado



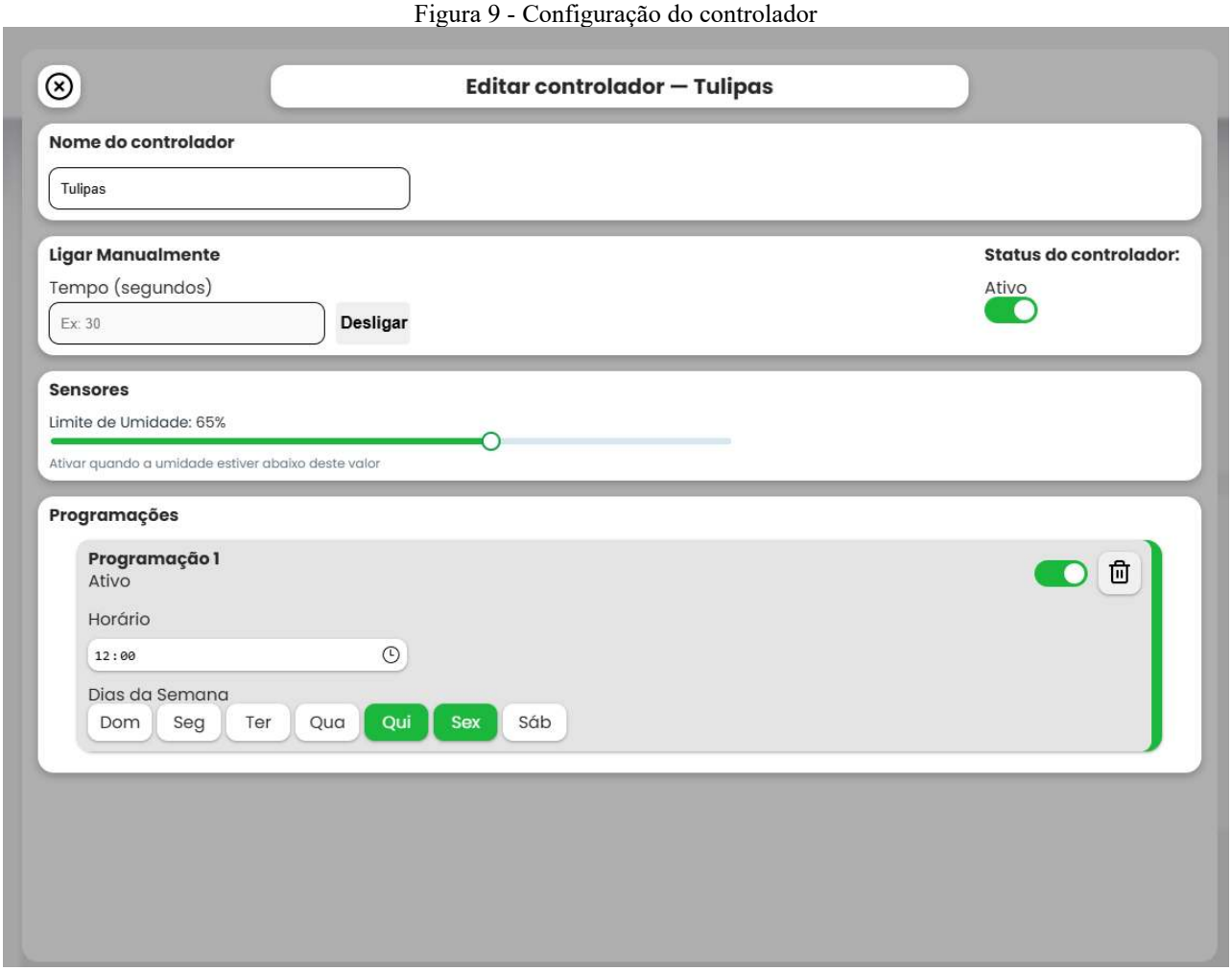
Fonte: Autor (2025)

A segunda forma de controle consiste em definir um valor mínimo de umidade do solo. O sensor envia leituras constantes ao controlador, que ativa automaticamente o sistema quando a umidade mínima estabelecida é atingida.

Por fim, a terceira forma de ativação é a programação por dias e horários específicos, permitindo automação completa do sistema. Ambas as configurações umidade mínima e programação podem ser ajustadas na tela de configuração do controlador, apresentada na Figura 9.

ISSN: 2318-1494

Figura 9 - Configuração do controlador



Fonte: Autor (2025)

7 TESTES E VALIDAÇÃO

O sistema foi testado em estruturas de viveiro com o objetivo de avaliar seu desempenho em condições reais de uso. Durante os testes, foram analisados aspectos como economia de água, precisão do sensor de umidade, estabilidade da comunicação via protocolo *MQTT*, eficiência dos modos de acionamento automático e manual, além da usabilidade das *interfaces* desenvolvidas. Os resultados obtidos indicaram que o sistema apresentou funcionamento adequado em diferentes tipos de substrato e cenários de instalação, demonstrando confiabilidade tanto na coleta de dados quanto na execução das rotinas de controle.

8 RESULTADOS

Os resultados obtidos demonstraram que o sistema de irrigação automatizada apresentou desempenho eficiente no manejo hídrico, proporcionando significativa economia de água e maior uniformidade no desenvolvimento das plantas. O uso do sensor de umidade garantiu que o solo permanecesse dentro dos níveis ideais, evitando tanto a deficiência hídrica quanto o encharcamento.

As interfaces *mobile* e *web* mostraram-se intuitivas, favorecendo a operação e o monitoramento do sistema por usuários com diferentes níveis de conhecimento tecnológico. A comunicação via *MQTT*

manteve-se estável e responsiva mesmo em redes com baixa qualidade de sinal, assegurando o controle remoto contínuo. Além disso, o acionamento físico por botão ofereceu redundância ao sistema, possibilitando sua utilização mesmo em situações de falha na conexão.

A instalação prática do sistema evidenciou sua compatibilidade com estruturas já existentes em viveiros, confirmando as propostas de modularidade, escalabilidade e acessibilidade previstas no projeto.

9 CONCLUSÃO

A automação da irrigação baseada em tecnologias de *IoT* demonstrou ser uma solução eficiente, econômica e acessível para viveiros de pequeno e médio porte. A integração do *NodeMCU ESP8266* com sensores de umidade, módulo *RTC* e comunicação via *MQTT* permitiu o desenvolvimento de um sistema confiável, preciso e de fácil operação, capaz de se adaptar a diferentes cenários produtivos.

Os resultados evidenciaram redução expressiva no desperdício de água, maior uniformidade no crescimento das plantas e aprimoramento do controle operacional, reforçando o potencial da automação como ferramenta para democratizar o acesso à agricultura inteligente. Conclui-se que o sistema proposto contribui para aumentar a produtividade, otimizar recursos e promover a sustentabilidade no setor agrícola.

REFERÊNCIAS

MARTINS, G.; PEREIRA, L. ***Internet das Coisas aplicada à Agricultura Inteligente****: Automação, Sensoriamento e Controle Remoto.* São Paulo: Érica, 2021.

SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. L. ***Sistema de irrigação automatizada utilizando sensores de umidade e microcontrolador em ambientes controlados*.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 14, n. 2, p. 109–120, 2020.

AWS. **O que é MQTT? – Explicação sobre o protocolo MQTT.** AWS, c2025. Disponível em: https://aws.amazon.com/pt/what-is/mqtt/. Acesso em: 17 nov. 2025.

TECNOBLOG. **O que é Internet das Coisas (IoT)? Entenda como funciona e veja exemplos de aplicações.** Tecnoblog, s.d. Disponível em: https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-internet-das-coisas-iot-entenda-como-funciona-e-veja-exemplos-de-aplicacoes/. Acesso em: 24 nov. 2025.

BRQ. **Desenvolvimento mobile: o que é, desafios e tendências.** Blog BRQ, s.d. Disponível em: https://blog.brq.com/desenvolvimento-mobile/. Acesso em: 25 nov. 2025.

MEUSITEWEB. **O que é desenvolvimento web? Entenda o conceito.** Meusiteweb, s.d. Disponível em: https://meusiteweb.com/glossario/o-que-e-desenvolvimento-web/. Acesso em: 27 nov. 2025.

ROBOCORE. **Módulo RTC Arduino – Tutoriais – RoboCore.** RoboCore, s.d. Disponível em: https://www.robocore.net/tutoriais/modulo-rtc-arduino.html. Acesso em: 25 nov. 2025.

PORTAL VIDA DE SILÍCIO. **O que é o ESP8266? – A Família ESP e o NodeMCU.** Portal Vida de Silício, s.d. Disponível em: https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-esp8266-nodemcu/. Acesso em: 27 nov. 2025.