



## Solução IoT para Monitoramento e Otimização de Processos em uma Vinícola Alinhada à ODS 9

Vanderlei de Moura Damasceno

Eduardo Bonfá Carlos

Gabriel Schiochet Lima

<sup>1</sup> Faculdade de Computação e Informática  
Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) – São Paulo, SP – Brazil

[1040381@mackenzista.com.br](mailto:1040381@mackenzista.com.br), [10370340@mackenzista.com.br](mailto:10370340@mackenzista.com.br),  
[10407980@mackenzista.com.br](mailto:10407980@mackenzista.com.br)

**Abstract.** *This article presents the development of an IoT-based solution aimed at monitoring and optimizing processes in a winery, aligned with the United Nations' Sustainable Development Goal 9 (SDG 9). The solution leverages the ESP32 platform and the MQTT protocol for communication, aiming to enhance the efficiency, quality, and sustainability of wine production processes*

**Resumo.** *Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma solução baseada em IoT para monitoramento e otimização de processos em uma vinícola, alinhada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9 (ODS 9) das Nações Unidas. A solução utiliza a plataforma ESP32 e o protocolo MQTT para comunicação, com o objetivo de melhorar a eficiência, qualidade e sustentabilidade dos processos de produção de vinhos.*

### 1. Introdução

#### 1.1 Contextualização do que será apresentado

A produção de vinhos é uma prática que combina tradição e inovação, desempenhando um papel significativo na economia global, especialmente em regiões com tradição vinícola. Atualmente, as demandas por eficiência nos processos produtivos e por sustentabilidade ambiental tornaram-se imperativas. Nesse contexto, a utilização de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT), surge como uma solução eficaz para melhorar a gestão de processos críticos, como fermentação e controle de qualidade.

Este artigo propõe uma solução IoT que monitora em tempo real os processos em uma vinícola, utilizando a plataforma ESP32 e o protocolo de comunicação MQTT. A aplicação de sensores para o controle de parâmetros como umidade do solo pode ajudar a otimizar a produção, reduzir desperdícios e garantir um processo sustentável, alinhado

ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9 (ODS 9), que visa promover a industrialização sustentável e a inovação.

## **1.2 Revisão Histórica**

A aplicação de tecnologia na indústria vinícola não é recente. Desde o final do século XX, avanços na automação e controle de qualidade transformaram significativamente o setor, com a introdução de sensores para monitoramento das condições de produção. Nos últimos anos, com o advento da Internet das Coisas (IoT), a indústria vinícola se beneficiou de soluções inteligentes para controle em tempo real.

Projetos recentes têm mostrado que o uso de sensores e tecnologias de comunicação, como o MQTT, pode melhorar a eficiência da produção de vinhos. Um estudo de Yang et al. (2020) demonstrou o impacto positivo da IoT na gestão de vinícolas, com melhorias na rastreabilidade do produto e na otimização de recursos. Da mesma forma, Zhang et al. (2018) implementaram sensores IoT para monitorar a qualidade do vinho durante a fermentação, observando um aumento na precisão do controle de variáveis críticas.

## **1.3 Trabalhos Correlatos**

O trabalho de Kumar et al. (2021) explorou o uso da IoT em indústrias de bebidas, aplicando sensores para o controle de processos de fermentação, mas não abordou o manejo do solo ou da irrigação. Silva et al. (2019) focou no monitoramento de solo para viticultura, utilizando um sistema básico de medição de umidade, sem a integração de controles automáticos baseados em IoT.

O diferencial deste trabalho é a proposta de uma solução integrada de IoT para o manejo inteligente da irrigação, que utiliza dados coletados em tempo real por sensores de umidade do solo, ajustando dinamicamente a quantidade de água necessária para cada estágio de crescimento das videiras. Essa abordagem se diferencia das pesquisas anteriores, pois automatiza a irrigação em vez de apenas monitorar os dados.

# **2. Materiais e Métodos**

## **2.1 Plataforma de Prototipagem Eletrônica**

A plataforma de prototipagem utilizada foi o ESP32, que oferece conectividade Wi-Fi embutida, eliminando a necessidade de módulos adicionais para acesso à internet. Sua interface flexível permite a conexão de diversos sensores e atuadores, tornando-o ideal para aplicações IoT. O ESP32 foi configurado para implementar o protocolo MQTT, possibilitando a comunicação eficiente entre dispositivos e o monitoramento remoto do sistema. Essa escolha agrega simplicidade e eficiência ao projeto, sendo amplamente reconhecida em soluções de automação e controle em tempo real.



Figura 1 – ESP32.

(Fonte: Datasheet do fabricante)

## 2.2 Protoboard (420 pinos)

Usou-se as barras laterais da protoboard para distribuir alimentação (VCC e GND). A área central de prototipagem serve para conectar componentes, além de interligar-se com as portas da plataforma de prototipagem.

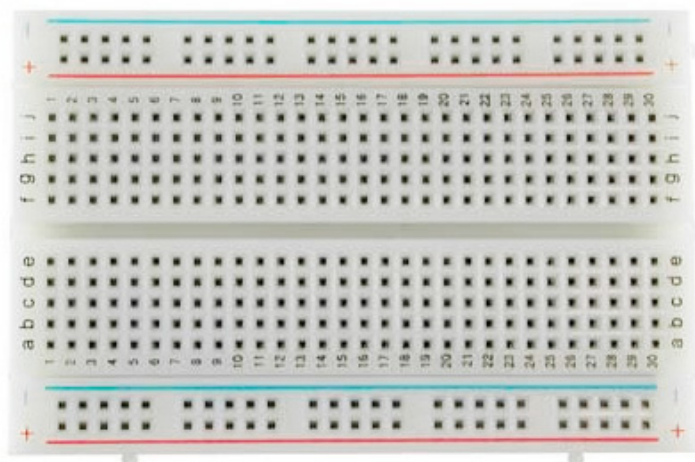


Figura 2 – Protoboard.

(Fonte: Datasheet do fabricante)

### 2.3 Sensor de umidade de solo

Foi utilizado o sensor de umidade analógico para monitorar a quantidade de água disponível no solo, essencial para controlar o sistema de irrigação automaticamente.

- Especificações: Tensão de operação de 3.3V a 5V (compatível com as fontes de alimentação do ESP32).
- Saída: Analógica, com valores que variam conforme o nível de umidade do solo (geralmente entre 0 e 3.3V, dependendo da umidade).
- Conexão: 3 pinos - VCC, GND, e A0 (sinal analógico).



Figura 3 – Sensor de umidade analógico.

(Fonte: Datasheet do fabricante)

## 2.4 Módulo relé

Foi utilizado um módulo relé de canal único, capaz de atuar como um interruptor eletrônico para controlar a válvula solenóide. O relé opera como intermediário entre o microcontrolador (ESP32) e a válvula, permitindo que o sinal de baixa potência ative ou desative dispositivos que demandam correntes mais altas, como a válvula de irrigação.



Figura 4 – Módulo relé 5V.

(Fonte: Datasheet do fabricante)

## 2.5 Atuador válvula Solenóide para irrigação

A válvula solenóide controla o fluxo de água no sistema de irrigação automatizada. É ligada a uma mangueira comum e ativada ou desativada pelo EP32 conforme as leituras de umidade do solo.

- Especificações: tensão de operação: 12V; tipo: Normally closed (NC); pressão de operação: 0.02 - 0.8 MPa.

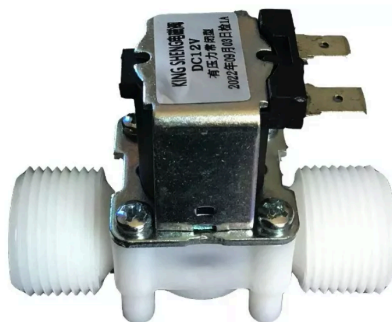


Figura 5 – Válvula solenóide.

(Fonte: Datasheet do fabricante)

## 2.6 Esquematização do Circuito

O circuito conecta um ESP32, um sensor de umidade do solo analógico, um relé e uma válvula solenóide a uma protoboard de 420 pinos para organização dos componentes. A plataforma utilizada para programar o ESP32 é a Arduino IDE, configurada com suporte ao ESP32, e a comunicação MQTT é implementada para enviar os dados e permitir o controle remoto. O sensor de umidade digital é ligado à porta 33 do ESP32, com o VCC ligado no barramento vermelho da placa (5V) e o GND ligado no barramento azul (GND). O sinal do módulo relé é ligado na porta 25 do ESP32, enquanto seu polo negativo (-) é ligado ao barramento azul e seu polo positivo (+) é ligado ao barramento vermelho. Fazendo as ligações da válvula solenóide e da tomada (que representa a fonte de alimentação): um dos fios é ligado ao meio do relé (identificado como comum/COM) e o outro ligado diretamente a um dos terminais da válvula. O outro terminal da válvula é então ligado ao outro pino do relé (normalmente aberto/NO) para que, quando o relé estiver desligado, não exista contato (circuito aberto) e quando for acionado, faz-se o contato (como um interruptor). A parte direita do relé fica independente do restante do circuito, de forma que a peça faça o acionamento quando receber o comando da plataforma.

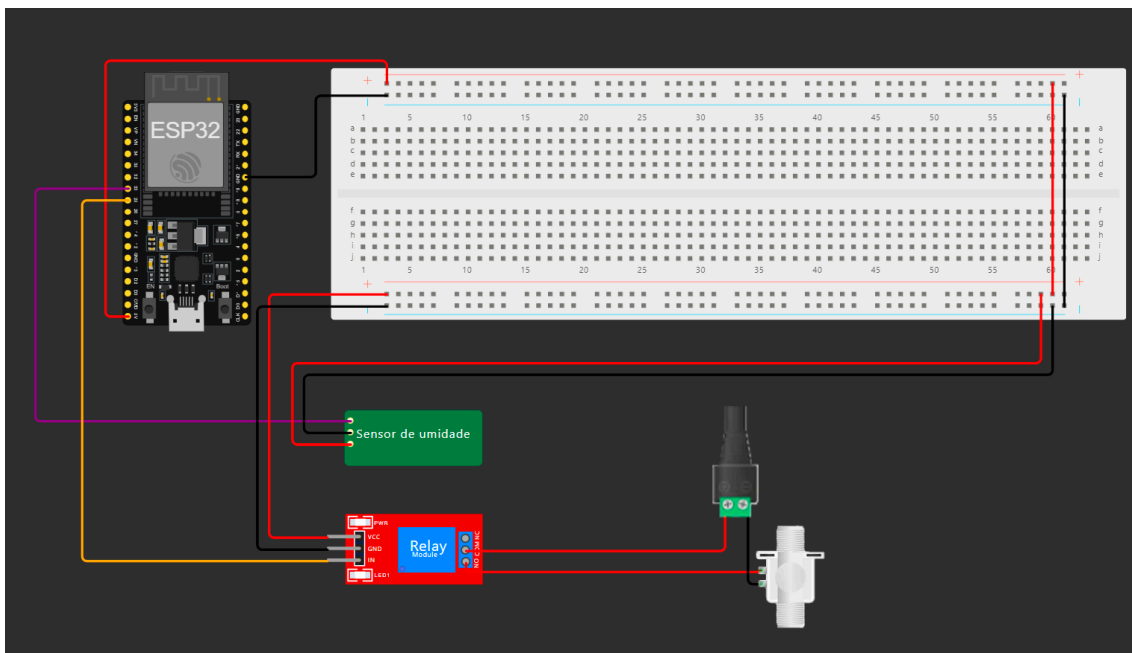


Figura 6 – Esquema dos circuitos.

(Fonte: elaboração própria)

## 2.7 Codificação

O código do ESP32 foi desenvolvido utilizando o Visual Studio Code em conjunto com o PlatformIO. O microcontrolador foi programado através do protocolo UART, utilizando a conexão USB para transferência do firmware. Além disso, o ESP32 também envia os dados coletados para um computador utilizando o protocolo MQTT. O broker MQTT utilizado é o Mosquitto. O ESP32 publica periodicamente as leituras de

umidade e seus respectivos horários no tópico graph/data. Um código em Python, que atua como cliente MQTT, conecta-se ao mesmo broker e recebe as leituras publicadas nesse mesmo tópico. Esse código também gera uma página web onde é possível visualizar um gráfico da umidade em tempo real.

### **3. Resultados**

#### **3.1 Comunicação via MQTT**

O protocolo MQTT permite a comunicação entre os sensores/atuadores e a interface de monitoramento. Para possibilitar a conexão à Internet, o módulo é integrado ao conjunto do ESP32 e permite que a plataforma envie e receba dados por Wi-Fi.

Os gráficos registrados representam a variação da umidade do solo em função do tempo, capturada por um sistema de irrigação automatizado. O sistema funciona com base em um limiar de umidade previamente configurado, ativando ou desativando a irrigação conforme necessário para manter o solo dentro de uma faixa ideal de umidade.

Cada ciclo observado nos gráficos começa com uma queda progressiva da umidade (linhas vermelhas - quanto maior o número, mais seco o solo), que reflete a evaporação natural ou a absorção da água pelas plantas (no caso do experimento, a absorção da água em camadas mais profundas do solo, onde o sensor não chega). Quando a umidade atinge o limite inferior configurado, o sistema detecta a necessidade de irrigação e aciona a válvula solenóide ligada à uma mangueira.

Esse evento é seguido por um aumento constante nos valores de umidade (linhas azuis - aumento brusco da umidade), indicando o efeito da irrigação. Após atingir o limite superior pré-estabelecido, o sistema desliga automaticamente a irrigação. Isso é evidenciado pelos picos nos gráficos, após os quais os valores de umidade começam a cair novamente, dando início a um novo ciclo.

Esse comportamento cíclico demonstra que o sistema está operando de forma eficiente, ativando e desativando a irrigação exatamente quando necessário. A programação do sistema para operar com base em limites de umidade predeterminados garante o uso racional da água, evitando desperdícios e otimizando os recursos hídricos. A transmissão de dados via protocolo MQTT também permite monitoramento remoto, o que é essencial para ajustar os parâmetros em tempo real, caso o tipo de solo ou as condições ambientais exijam mudanças.

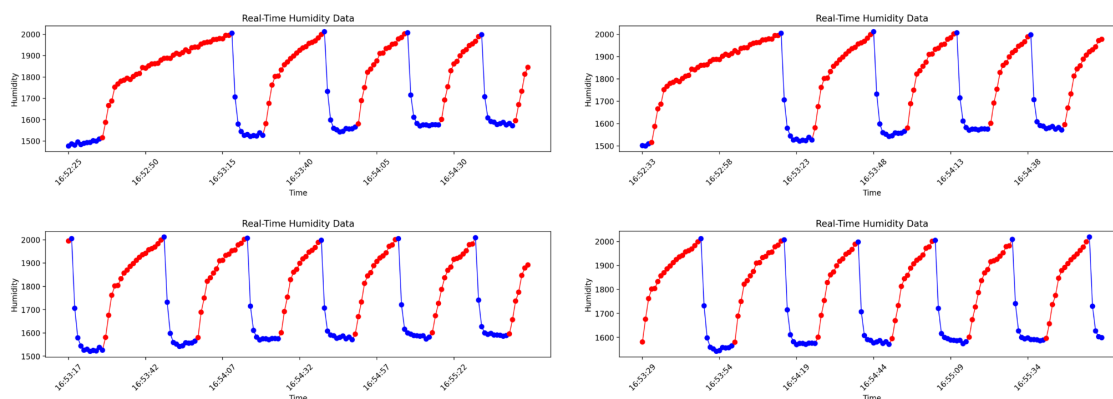


Figura 7 – Gráficos em tempo real do experimento - níveis de umidade X tempo (horário local).

(Fonte: elaboração própria)

### 3.2 Link para o vídeo

O vídeo do YouTube apresenta o funcionamento completo do protótipo desenvolvido. Nele, demonstramos a integração entre os sensores, o protocolo MQTT e o controle do atuador (válvula solenóide). O teste ilustra o ciclo de operação, incluindo a coleta de dados do sensor de umidade, a transmissão para o Broker MQTT e a resposta automática do sistema. O vídeo pode ser acessado neste link:

<https://youtu.be/p4NGQ0QfsMw>

### 3.3. Link para o Repositório

O repositório do projeto no GitHub contém toda a documentação, o código-fonte, e os recursos visuais necessários para reproduzir o protótipo apresentado. Nele, estão organizados os seguintes itens principais: o código desenvolvido para o ESP32, os esquemas de hardware e o guia de configuração para implementar o protocolo MQTT. O repositório pode ser acessado neste link:

[https://github.com/VanderleiDamasceno/IoT\\_ODS9](https://github.com/VanderleiDamasceno/IoT_ODS9)

## 4. Conclusões

Os gráficos demonstram que o sistema é capaz de manter a umidade do solo dentro de uma faixa pré-determinada, o que otimiza o uso de água. Este comportamento é fundamental em sistemas IoT de irrigação para promover a sustentabilidade e eficiência no manejo de recursos hídricos. Caso seja necessário melhorar a precisão ou adaptar o sistema a diferentes tipos de solo, ajustes nos valores de calibração do sensor e nos



limitares de umidade podem ser implementados diretamente. O problema mais significativo identificado foi a rápida alteração nos valores de umidade lidos pelo sensor logo após a ativação do sistema de irrigação. Isso ocorre porque a água aplicada penetra no solo de maneira desigual e, por um curto período, os sensores registram picos elevados de umidade, o que pode dificultar a precisão das leituras. Dessa forma, o sistema poderia ser programado para desativar a irrigação apenas após um intervalo de tempo pré-estabelecido ou com base em leituras consistentes de umidade (em uma escala industrial, por exemplo, com sensores mais precisos), evitando desligamentos baseados em leituras momentaneamente altas e incorretas.

A escolha de componentes acessíveis e amplamente disponíveis, como o ESP32 e sensores analógicos, contribui para manter o custo do projeto baixo, possibilitando sua aplicação em pequenos ambientes ou por usuários com recursos financeiros limitados. Além disso, a integração com o protocolo MQTT e a conectividade Wi-Fi do ESP32 ampliam a funcionalidade do sistema, permitindo o monitoramento remoto e o ajuste de parâmetros em tempo real, o que proporciona flexibilidade e personalização de acordo com as necessidades específicas do solo e do cultivo. Por fim, a implementação de tecnologias como MQTT e a programação do ESP32 podem apresentar uma curva de aprendizado significativa para usuários iniciantes, exigindo um nível técnico intermediário.

Apesar desses desafios, o projeto demonstrou ser uma solução eficaz e adaptável, com grande potencial para aprimoramentos que possam mitigar as limitações encontradas.

## Referências

KUMAR, P.; RAO, V.; SHAH, R. *IoT Applications in Beverage Industry: A Case Study on Wine Production*. International Journal of Automation and Smart Technologies, v. 10, n. 3, p. 233-245, 2021.

MOSQUITTO. *Eclipse Mosquitto MQTT Broker*. Disponível em: <https://mosquitto.org/>. Acesso em: 12 set. 2024.

SILVA, A. F.; PEREIRA, R. G.; FERREIRA, M. A. *Sistema de Monitoramento IoT para Viticultura: Otimização do Uso de Recursos Hídricos*. Revista Brasileira de Agricultura de Precisão, v. 8, n. 2, p. 122-130, 2019.

YANG, J.; ZHANG, T.; LI, H. *Smart Winery: The Role of IoT in Optimizing Wine Production*. International Journal of Agricultural Science and Technology, v. 12, n. 1, p. 45-56, 2020.

ZHANG, Y.; WANG, X.; LIU, B. *IoT-Based Wine Quality Monitoring System During Fermentation Process*. Journal of Food Science and Technology, v. 55, n. 6, p. 1234-1240, 2018.