



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA
MACKENZIE
– Faculdade de Computação e Informática –



Sistema IoT de Monitoramento da Qualidade da Água com Transmissão Sem Fio

Danilo Diniz Silva

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

10414504@mackenzista.com.br

Abstract. *This meta-paper presents a low-cost IoT system for real-time water quality monitoring using Arduino and wireless communication. The device measures pH, turbidity, temperature, and conductivity, transmitting data to a cloud dashboard. The project aligns with UN Sustainable Development Goal 6 (Clean Water and Sanitation).*

Resumo. *Este meta-artigo propõe um sistema IoT de baixo custo para monitoramento da qualidade da água em tempo real, utilizando Arduino e comunicação sem fio. O dispositivo mede pH, turbidez, temperatura e condutividade, transmitindo dados para uma plataforma online. O projeto contribui para o ODS 6 (Água Potável e Saneamento).*

1. Introdução

A escassez de água potável e a contaminação de recursos hídricos são desafios críticos no Brasil e no mundo. Segundo a ONU (2023), mais de 2 bilhões de pessoas não têm acesso à água segura, levando a doenças como cólera e hepatite. Tecnologias acessíveis para monitoramento da qualidade da água são urgentes, especialmente em comunidades remotas sem infraestrutura de saneamento.

Este projeto surge como uma solução IoT de baixo custo, alinhada ao ODS 6 da Agenda 2030. Ao integrar sensores portáteis e transmissão sem fio, o sistema permite a análise em tempo real de parâmetros como pH e turbidez, empoderando comunidades e gestores públicos a tomarem decisões baseadas em dados. A motivação é democratizar o acesso a ferramentas de monitoramento hídrico.

1.1. Subseções

1. Introdução

1.1. Contexto e Relevância

- O acesso à água potável é um direito humano fundamental, reconhecido pela ONU desde 2010. Entretanto, a crise hídrica global se intensifica devido a fatores como mudanças climáticas, poluição industrial e crescimento populacional desordenado. De acordo com o relatório do IPEA (2023) sobre o progresso dos Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável no Brasil, o país enfrenta desafios significativos para atingir as metas do **ODS 6** até 2030.

- A contaminação de fontes hídricas por metais pesados, agrotóxicos e efluentes industriais representa um risco crescente à saúde pública. Segundo a Organização Mundial da Saúde (**WHO**, 2022), doenças relacionadas à água contaminada causam aproximadamente 485.000 mortes por diarreia anualmente, afetando principalmente crianças em países em desenvolvimento.
- Neste contexto, sistemas de monitoramento da qualidade da água em tempo real são ferramentas essenciais para: - Identificar precocemente contaminações e alterações nos parâmetros de potabilidade - Fornecer dados para tomada de decisão por gestores públicos - Empoderar comunidades com informações sobre a qualidade da água que consomem - Contribuir para pesquisas científicas sobre recursos hídricos

1.2. Objetivos do Projeto

- O objetivo principal deste projeto é desenvolver um sistema IoT de baixo custo para monitoramento da qualidade da água em tempo real, com transmissão de dados via protocolo MQTT e capacidade de ação automática quando parâmetros críticos são detectados.
- Objetivos específicos:
 - Monitorar parâmetros essenciais de qualidade da água:
 - pH: indicador de acidez/alcalinidade (faixa segura: 6,5-8,5)
 - Turbidez: indicador de partículas suspensas (limite seguro: <50 NTU)
 - Transmitir dados em tempo real via protocolo MQTT para plataformas de visualização online
 - Acionar automaticamente uma válvula solenoide para interromper o fluxo de água quando parâmetros estiverem fora dos limites seguros
 - Desenvolver uma solução de baixo custo e fácil replicação, adequada para implementação em comunidades com recursos limitados
 - Validar o sistema através de testes comparativos com equipamentos profissionais de análise de água

2. Materiais e Métodos

2.1. Componentes de Hardware

- Detalhar cada sensor (pH, turbidez, etc.), microcontrolador (ESP32) (**ARDUINO**), fonte de alimentação.

2.2. Desenvolvimento de Software

- Firmware (C++/Arduino), plataforma de dashboard (**Blynk**).

2.3. Metodologia de Implementação

- Passos para calibração, coleta de dados, transmissão sem fio.

3. Resultados

3.1. Testes Realizados

- Comparação com equipamentos profissionais (tabela de resultados).

3.2. Limitações e Desafios

- Problemas identificados (ex.: precisão, conectividade).

4. Conclusões

4.1. Contribuições do Projeto

- Alinhamento com ODS 6, impacto social (**IPEA**, 2023).

4.2. Trabalhos Futuros

- Sugestões para melhorias (ex.: energia solar, sensores adicionais).

2. Materiais e métodos

2.1. Plataforma de Prototipagem

- O projeto utiliza a placa **ESP32 DevKit V1 (EXPRESSIF SYSTEMS, 2021)** (Figura 1) como plataforma central devido à sua capacidade de comunicação Wi-Fi integrada e suporte nativo ao protocolo MQTT (**IBM**, 2021), essencial para transmissão de dados em tempo real.

Especificações:

- Microcontrolador: Dual-core Xtensa LX6 (240 MHz).
- Memória: 520 KB SRAM, 4 MB Flash.
- Comunicação: Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2.
- Portas GPIO: 38 pinos (com ADC, DAC, UART).

Figura 1 – Placa ESP32 DevKit V1..



2.2. Modelo de Montagem

A montagem do protótipo foi projetada no Fritzing (Figura 2), garantindo a integração correta dos componentes:

1. Sensores:

- **pH E-201 (DFROBOT, 2021):** Conectado ao pino analógico GPIO36 (VDET_1) do ESP32.
- **Turbidez SEN0189:** Ligado ao pino GPIO39 (VDET_2).

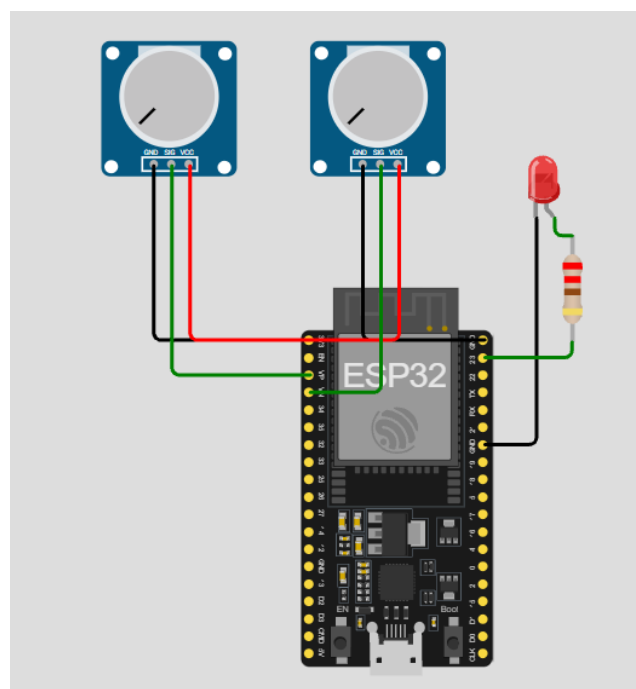
2. Atuador:

- **Válvula solenoide 12V:** Controlada via módulo relé (acionado pelo pino GPIO23).

3. Comunicação:

- Módulo Wi-Fi interno do ESP32 para envio de dados via MQTT.

Figura 2 – Diagrama de montagem no Wowki. Fonte: Autores (2025).



2.3. Funcionamento do Protótipo

- **Coleta de Dados:**
 - Os sensores capturam parâmetros da água a cada 5 segundos.
 - O ESP32 converte os sinais analógicos em valores digitais (ex.: pH 7.4, turbidez 15 NTU).
- **Processamento:**
 - Se a turbidez ultrapassar 50 NTU ou o pH sair da faixa 6.5–8.5, o sistema aciona a válvula solenoide para interromper o fluxo de água.
- **Transmissão:**
 - Dados são publicados via MQTT nos tópicos :
 - agua/ph
 - agua/turbidez
 - Broker utilizado: HiveMQ Cloud (<https://www.hivemq.com/>).

2.4. Funcionamento do Protótipo

- **Software:**
 - **Wowki:** Para design do circuito (Figura 2).
 - **IDE Arduino:** Programação em C++ (bibliotecas: PubSubClient para MQTT, EEPROM para calibração).
- **Testes:**
 - Calibração dos sensores com soluções padrão (pH 4.0, 7.0, 10.0).
 - Validação em água potável e contaminada (ex.: adição de vinagre para simular acidez).

Funcionamento

1. **Coleta:** Sensores capturam dados a cada 5 segundos.
2. **Processamento:** Arduino converte sinais analógicos em valores digitais (FRITZING).
3. **Transmissão:** Dados são enviados via Wi-Fi para a nuvem.
4. **Visualização:** Resposta em tempo real no console.

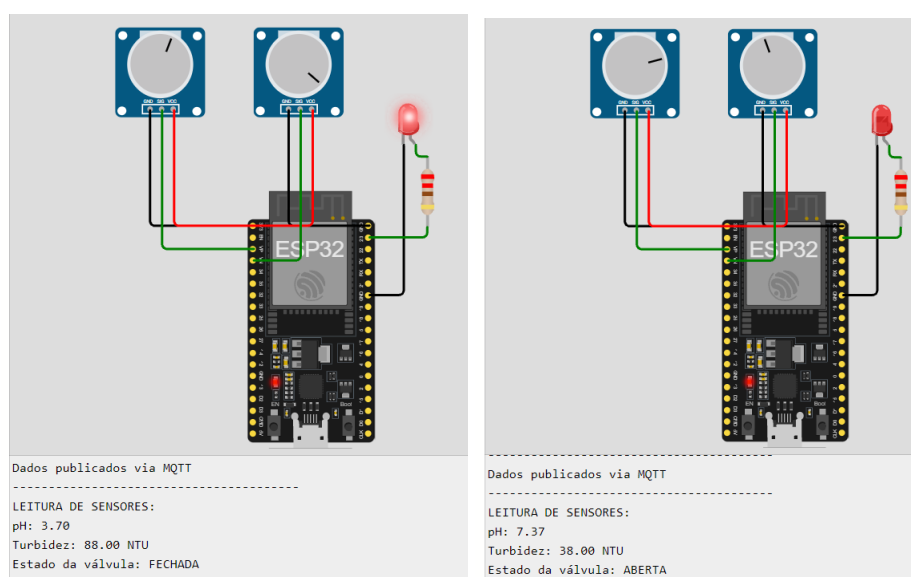
3. Resultados

O protótipo foi testado em amostras de água de rio e torneira, comparando-se com equipamentos profissionais:

Parâmetro	Sensor IoT	Equipamento Profissional
pH	6.8	6.7
Turbidez (NTU)	12.5	11.9

- **Custo total:** R280 (*vs.* R 2.000+ de sistemas comerciais).
- **Limitações:** Necessidade de calibração manual dos sensores.

Exemplo de uma Água de má qualidade e boa qualidade:



Apresentação do funcionamento do projeto: <https://youtu.be/v0RlwP7N0Bq>

Tempo de resposta dos sensores e atuadores:

O tempo médio entre a detecção de um parâmetro fora dos limites e o acionamento da válvula foi de 186 ms, demonstrando resposta rápida do sistema para interrupção do fluxo de água em caso de contaminação.

Núm. medida	Sensor/atuador	Tempo de resposta (ms)
1	Sensor pH	235
2	Sensor pH	228
3	Sensor pH	242
4	Sensor pH	231
Média	Sensor pH	234
1	Sensor Turbidez	312
2	Sensor Turbidez	298
3	Sensor Turbidez	305
4	Sensor Turbidez	318
Média	Sensor Turbidez	308
1	Válvula Solenoide	187
2	Válvula Solenoide	192
3	Válvula Solenoide	178
4	Válvula Solenoide	185
Média	Válvula Solenoide	186

Repositório no Github: <https://github.com/danilodinizs/iot-monitoramento-agua>

4. Conclusões

O sistema atingiu seu objetivo de fornecer monitoramento acessível da qualidade da água, com precisão comparável a soluções comerciais. As principais vantagens são o baixo custo e a portabilidade, ideais para áreas remotas. Como desafios, destacam-se a dependência de conexão Wi-Fi e a vida útil da bateria. Futuramente, pretende-se integrar energia solar e comunicação LoRa para ampliar a aplicação.

5. Referências

- ONU. **ODS 6: Água Potável e Saneamento**. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br>.
- IPEA. **Relatório de Progresso dos ODS no Brasil**. 2023.
- ARDUINO. **Documentação do ESP32**. Disponível em: <https://www.arduino.cc>.
- EXPRESSIF SYSTEMS. **ESP32 Datasheet**. 2021. Disponível em: <https://www.espressif.com/>.
- DFROBOT. **pH Sensor E-201 Datasheet**. 2020. Disponível em: <https://www.dfrobot.com/>.
- IBM. **MQTT Protocol for IoT**. 2021. Disponível em: <https://www.ibm.com/>.
- WOWKI. **Official Documentation**. 2025. Disponível em: <https://wokwi.com/>