

Sistema supervisorío IoT para monitoramento hídrico em indústria alimentícia

IoT-Based supervisory system for water monitoring in the food industry

Aurinildo Leão Carlos Neto ¹
Carlos Eduardo Medeiros da Silva ²
João Victor Silva Paulino ³
Marcio Douglas Xavier ⁴
Marcos Fábio Carneiro e Silva ⁵
Ailton Deuzimar de Sousa Junior ⁶
Ivanilson França Vieira Junior ⁷
João Moreno Vilas Boas de Souza Silva ⁸

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento e a implementação de um sistema supervisorío baseado em Internet das Coisas (IoT) para o monitoramento hídrico em uma indústria alimentícia. O estudo aborda a substituição de processos manuais de verificação do nível de água e do estado operacional das bombas por uma solução automatizada, capaz de realizar medições em tempo real e disponibilizar informações de forma centralizada. A arquitetura do sistema utiliza microcontroladores ESP8266 para aquisição dos dados físicos, comunicação via protocolo MQTT e uma infraestrutura de software que inclui o processamento dos dados, persistência em banco de dados e disponibilização das informações por meio de interfaces web. Sensores de nível ultrassônico, tensão elétrica e contatos auxiliares foram empregados para monitorar reservatórios e bombas hidráulicas. Os resultados obtidos demonstraram estabilidade na comunicação, precisão nas medições e confiabilidade no funcionamento do sistema. Além disso, a solução incorporou visualização histórica por meio de gráficos temporais e geração automática de relatórios em formato PDF. Conclui-se que o sistema

¹ Discente do Curso de Formação Inicial e Continuada (Curso FIC) em Residência Tecnológica em Software Embarcado, na modalidade a distância. e-mail: carlos.neto47@hotmail.com

² Discente do Curso de Formação Inicial e Continuada (Curso FIC) em Residência Tecnológica em Software Embarcado, na modalidade a distância. e-mail: carlos.medeiros.700@ufrn.edu.br

³ Discente do Curso de Formação Inicial e Continuada (Curso FIC) em Residência Tecnológica em Software Embarcado, na modalidade a distância. e-mail: paulino.victor@academico.ifrn.edu.br

⁴ Discente do Curso de Formação Inicial e Continuada (Curso FIC) em Residência Tecnológica em Software Embarcado, na modalidade a distância. e-mail: marciodouglasxavier@gmail.com

⁵ Discente do Curso de Formação Inicial e Continuada (Curso FIC) em Residência Tecnológica em Software Embarcado, na modalidade a distância. e-mail: mfabiosilva49@gmail.com

⁶ Docente do Curso de Formação Inicial e Continuada (Curso FIC) em Residência Tecnológica em Software Embarcado, na modalidade a distância. e-mail: ailton.sousa@ifrn.edu.br

⁷ Docente do Curso de Formação Inicial e Continuada (Curso FIC) em Residência Tecnológica em Software Embarcado, na modalidade a distância. e-mail: ivanilson.junior@ifrn.edu.br

⁸ Docente do Curso de Formação Inicial e Continuada (Curso FIC) em Residência Tecnológica em Software Embarcado, na modalidade a distância. e-mail: joao.vilasboas@ifrn.edu.br

desenvolvido atende aos requisitos de supervisão industrial, reduzindo riscos operacionais e estabelecendo bases para futuras aplicações de manutenções preditivas e corretivas.

Palavras-chave: Internet das Coisas; Monitoramento Industrial; MQTT; ESP8266; Supervisório Web.

Abstract

This article presents the development and implementation of a supervisory system based on the Internet of Things (IoT) for water monitoring in the food industry. The study addresses the replacement of manual procedures for verifying water levels and pump operating status with an automated solution capable of performing real-time measurements and providing centralized access to information. The system architecture employs ESP8266 microcontrollers for physical data acquisition, communication through the MQTT protocol, and a software infrastructure that includes data processing, database persistence, and information availability through web interfaces. Ultrasonic level sensors, electrical voltage sensors, and auxiliary contacts were used to monitor reservoirs and hydraulic pumps. The obtained results demonstrated communication stability, measurement accuracy, and system operational reliability. Furthermore, the solution incorporated historical visualization through time-series graphs and automatic report generation in PDF format. It is concluded that the developed system meets the requirements of industrial supervision, reducing operational risks and establishing a foundation for future applications in predictive and corrective maintenance.

Keywords: Internet of Things; Industrial Monitoring; MQTT; ESP8266; Web Supervisory System.

1 INTRODUÇÃO

O projeto está inserido no contexto da Indústria 4.0, na aplicação de soluções de IoT para o setor alimentício. Neste setor, o fornecimento contínuo e controlado de água é um recurso crítico para a operação, exigindo monitoramento constante para garantir a eficiência da produção. Atualmente, o cenário observado na empresa envolve processos manuais de verificação dos níveis dos poços e do estado das bombas. Essa abordagem apresenta vários desafios logísticos, uma vez que alguns poços ficam distantes das instalações da empresa, tornando a coleta de dados lenta e suscetível a falhas humanas. Além disso, a ausência de uma supervisão remota em tempo real pode acarretar riscos operacionais, como o transbordamento de reservatórios d'água, o que gera desperdício de recursos e potenciais danos à infraestrutura.

Diante dessa problemática, este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento e a implementação de um sistema de supervisão baseado em IoT para o monitoramento em tempo real dos poços e reservatórios de água da indústria. Os objetivos específicos incluem a

centralização das informações operacionais em uma interface web interativa, a automação da coleta de dados provenientes dos sensores instalados e a criação de um histórico de funcionamento dos equipamentos. A solução proposta visa diminuir a necessidade de deslocamentos físicos para leituras rotineiras e fornecer alertas visuais imediatos sobre o status das bombas (indicando se estão operando em modo manual ou automático) e sobre os níveis dos reservatórios.

A justificativa para a abordagem escolhida reside na capacidade de integração e escalabilidade das tecnologias adotadas. Esta infraestrutura não apenas resolve o problema imediato do monitoramento remoto, mas também estabelece a base para futuras implementações de manutenção preditiva, onde a análise de padrões nos dados obtidos das bombas poderá antecipar defeitos, elevando a confiabilidade de todo o sistema de abastecimento hídrico da planta.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) consiste na integração de dispositivos capazes de coletar, processar e trocar informações automaticamente por meio da internet. De acordo com a IBM (2025), o impacto dessa tecnologia já é sentido em diversos setores, como fabricação e transporte, transformando a maneira como vivemos e trabalhamos. Portanto, no cenário da Indústria 4.0, a IoT assume papel fundamental ao possibilitar sistemas produtivos mais inteligentes, eficientes e interligados.

Dois protocolos são empregados no projeto para assegurar uma comunicação eficiente entre os dispositivos IoT. O MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), que de acordo com Paessler (2019), consiste em um protocolo de mensagens leve, ideal para comunicação máquina a máquina (M2M) em cenários onde os dispositivos possuem recursos restritos ou operam em redes de baixa largura de banda e confiabilidade. Outro protocolo utilizado foi o HTTP. Segundo Zéfiro (2021), embora o envio de dados adicionais possa onerar o processamento em operações de larga escala, sua aplicação se justifica em etapas de validação e em cenários complexos.

Por fim, no que diz respeito à conexão física, a arquitetura baseou-se em tecnologias sem fio consolidadas, como o Wi-Fi, garantindo flexibilidade e facilidade de integração à infraestrutura de rede local.

O sistema de monitoramento integra sensores de nível, sensores de tensão e um contato auxiliar para leitura do estado da bomba, todos conectados a microcontroladores

responsáveis pela aquisição e transmissão dos dados. O ESP8266 funciona como unidade central desse processo, fornecendo conectividade Wi-Fi, baixo custo e desempenho adequado para aplicações de IoT. A Figura 1 a seguir apresenta os principais sensores e atuadores utilizados na solução até o momento.

Figura 1 - Sensores utilizados no projeto



Fonte: Adaptado de (1) Eletrogate; (2) Casa da Robótica; (3) Eletrolico; (2025).

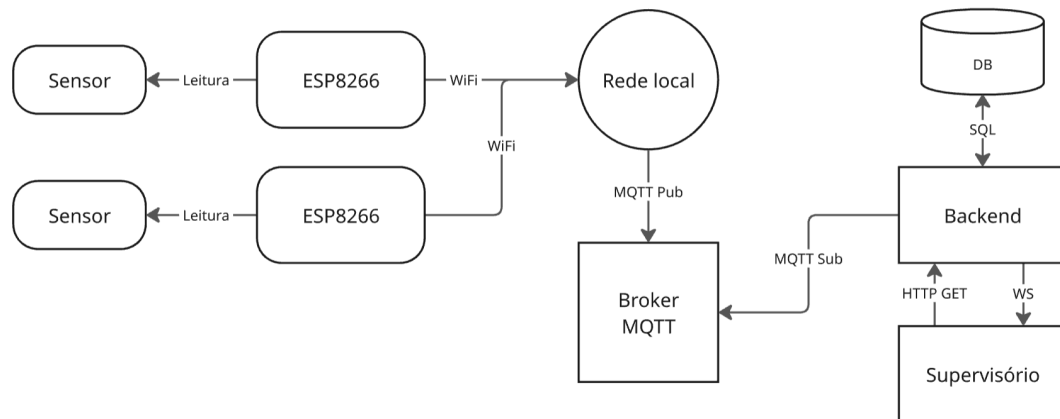
3 METODOLOGIA

Para viabilizar a mudança do cenário manual para o monitoramento automatizado com IoT, a metodologia aplicada baseou-se no desenvolvimento de uma solução modular. O processo de construção do sistema foi dividido em etapas que abrangem desde a instrumentação física até a disponibilização dos dados no supervísório. A seguir, detalha-se a estrutura lógica e física que sustenta esse fluxo de informações.

3.1. Arquitetura do sistema

O sistema inicia com a leitura de dados físicos (nível de água, tensão elétrica e estado das bombas) através de sensores. Estes dados são processados por microcontroladores (ESP8266) e transmitidos via Wi-Fi utilizando o protocolo MQTT. No *back-end*, a aplicação recebe essas mensagens, processa as regras de negócio e persiste as informações em um banco de dados relacional, disponibilizando-as via API para a interface do usuário. A Figura 2 abaixo exemplifica toda a arquitetura do sistema:

Figura 2 - Diagrama de arquitetura do sistema



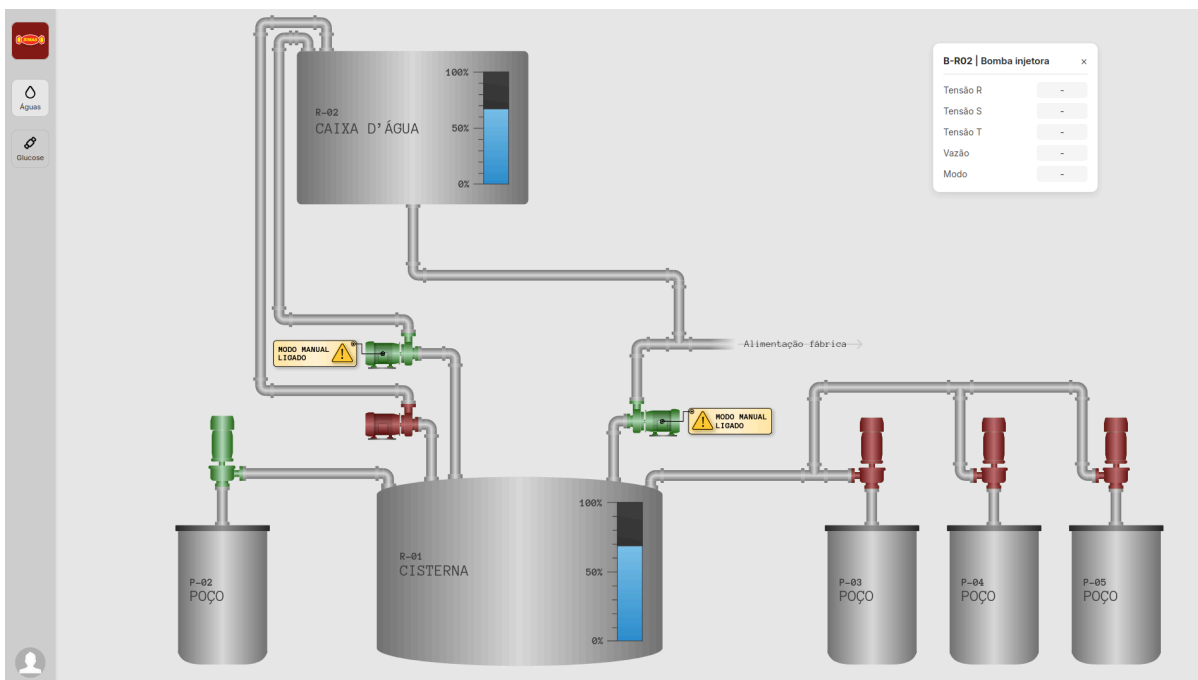
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os principais componentes do sistema e suas funções são:

- **Sensores e Microcontroladores:** Camada de borda (*Edge*) responsável pela digitalização das grandezas físicas;
- **Back-end (API):** Centraliza a lógica do sistema, gerenciando o processamento das informações, recebimento de dados via MQTT e fornecimento de dados para o front-end;
- **Banco de Dados (MySQL):** Armazenamento histórico seguro das leituras para auditoria e análise de tendências;
 - **Front-End (Interface):** Painel supervisório web que consome o back-end para exibir visualmente o estado operacional do sistema (status, modo e tensão operante das bombas, níveis dos reservatórios) em tempo real, permitindo o monitoramento remoto e suporte à tomada de decisão.

Na Figura 3 é exibida a interface desenvolvida, evidenciando como o monitoramento ocorre na prática.

Figura 3 - Interface do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O sistema apresenta, em tempo real, todas as mudanças de estado das bombas (ligado/desligado), o modo de operação de cada uma delas (manual ou automático), as leituras de tensão elétrica e o nível atual dos reservatórios.

Além disso, a arquitetura do sistema foi estendida para suportar o armazenamento e a visualização de dados históricos. A partir dessas informações persistidas no banco de dados, o supervisório passou a disponibilizar gráficos temporais do nível de água da cisterna, permitindo ao usuário acompanhar a variação do volume ao longo do tempo. Essa funcionalidade amplia a capacidade analítica da aplicação, transformando leituras instantâneas em informações históricas relevantes para o acompanhamento operacional.

Paralelamente, foi incorporado ao sistema um módulo de geração automática de relatórios, responsável por consolidar métricas operacionais das bombas e disponibilizá-las em formato PDF. Essa ampliação mantém a mesma base arquitetural do sistema, utilizando os dados coletados via MQTT e processados pelo back-end, reforçando a escalabilidade e a robustez da solução proposta.

3.2. Hardware utilizado

Para a captura de dados e controle, o projeto utiliza componentes acessíveis e modulares. A estrutura física é composta pelos seguintes itens:

- **Microcontrolador ESP8266:** Responsável por conectar os sensores à rede Wi-Fi e transmitir os dados ao sistema central. Foi escolhido devido ao seu custo-benefício e à facilidade de integração à rede local, uma vez que o dispositivo possui conectividade Wi-Fi e pilha TCP/IP nativas, permitindo comunicação direta com a infraestrutura de rede sem a necessidade de módulos adicionais, ao contrário de microcontroladores tradicionais como o Arduino Uno (Espressif Systems, 2023; Arduino, 2024).
- **Sensor ultrassônico JSN-SR04T:** Utilizado para medir o nível de água na cisterna. Trata-se de um sensor ultrassônico com transdutor à prova d'água, característica que o torna adequado para operação em ambientes úmidos e aplicações de monitoramento de reservatórios (Eletrogate, 2026).
- **Sensor de Tensão ZMPT101B:** Responsável pela leitura da tensão elétrica. Como as bombas monitoradas são trifásicas, utilizamos três sensores em conjunto para monitorar cada uma das fases de uma bomba específica neste estágio do projeto.

3.3. Software e tecnologias

Já na parte do software, todo o sistema foi desenvolvido utilizando Python como linguagem principal no servidor, rodando o *framework* Django e o Django Rest Framework. Essa escolha permitiu criar uma aplicação monolítica que integra tanto o *back-end* quanto o *front-end*. A interface visual é construída com HTML e JavaScript, manipulando um arquivo SVG (*Scalable Vector Graphics*), que consiste em um formato de imagem vetorial baseado em XML, amplamente utilizado em aplicações web por permitir escalabilidade sem perda de qualidade e interação dinâmica por meio de scripts. Nesse contexto, o SVG é empregado para representar graficamente a planta da indústria de forma interativa.

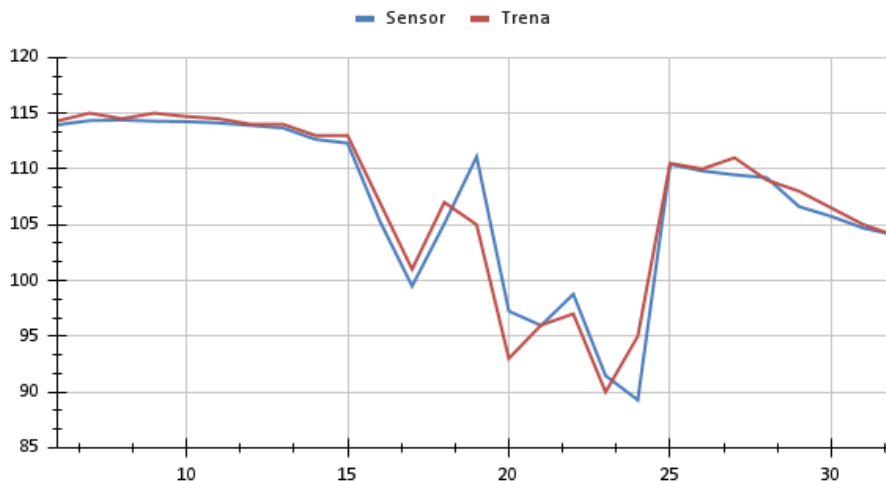
Os microcontroladores enviam seus dados via MQTT para o broker, que atualmente está hospedado nos servidores do Laica, no IFRN. O back-end consome esses dados e atualiza a interface do usuário instantaneamente via WebSockets, sem a necessidade de recarregar a página. Para garantir que todo esse ambiente funcione da mesma forma em qualquer computador, sem problemas de compatibilidade ou configurações diferentes, utilizamos Docker e Docker Compose, mantendo o banco de dados, o back-end e as dependências isolados em containers.

3.4. Estratégias de Teste e Validação

A validação do sistema ocorreu em ambiente controlado, utilizando a estrutura do laboratório Laica ou a instalação designada pela empresa. A metodologia adotada priorizou testes funcionais e de integração. No aspecto de software e comunicação, a estratégia foi iterativa: o código era embarcado nos microcontroladores e validado com o sistema rodando, observando se as mensagens MQTT chegavam corretamente ao broker, se eram gravadas no banco de dados e se o *front-end* reagia em tempo real via WebSockets. Essa etapa garantiu que a arquitetura em containers Docker e a comunicação de rede estivessem estáveis.

Para garantir a confiabilidade dos dados físicos, realizamos validações comparativas diretas com instrumentos de referência. No caso dos sensores de tensão ZMPT101B, as leituras enviadas pelo ESP8266 foram confrontadas com medições simultâneas feitas por um multímetro digital, permitindo ajustes de calibração no código. Já para o sensor de nível JSN-SR04T, a validação foi feita medindo fisicamente as distâncias com uma trena e comparando com o valor calculado pelo sensor. O gráfico a seguir ilustra essa comparação, demonstrando a proximidade entre a medição manual e a leitura automática do sistema, confirmando a precisão necessária para o monitoramento dos poços.

Figura 4 - Comparativo entre medição Sensor x Trena



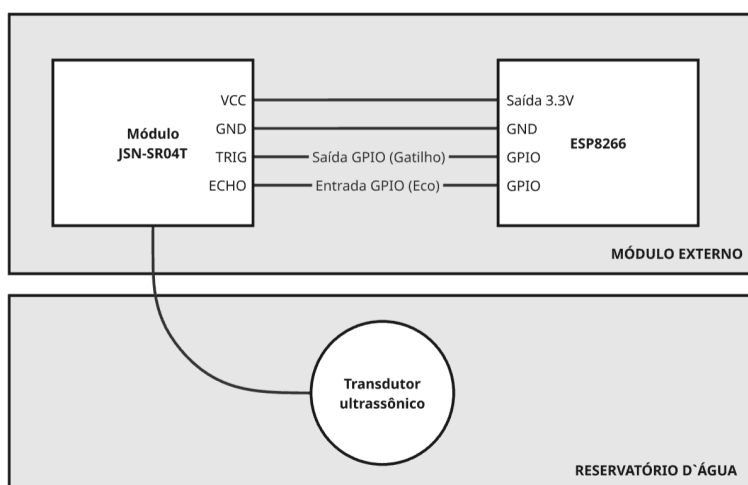
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A comparação entre as medições foi feita de forma síncrona. O procedimento consistiu em coletar o valor lido pelo sensor e realizar imediatamente a medição, visando minimizar variações no nível da água, mantendo a trena alinhada ao eixo do sensor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a medição de nível de água, o sensor ultrassônico JSN-SR04T foi instalado na cisterna, mantendo apenas o transdutor ultrassônico dentro do reservatório, já que sua construção hermética e resistência à umidade o tornam adequado para o uso. A implementação física do sensor ultrassônico seguiu o diagrama elétrico da Figura 5, que orientou sua alimentação e conexão ao microcontrolador.

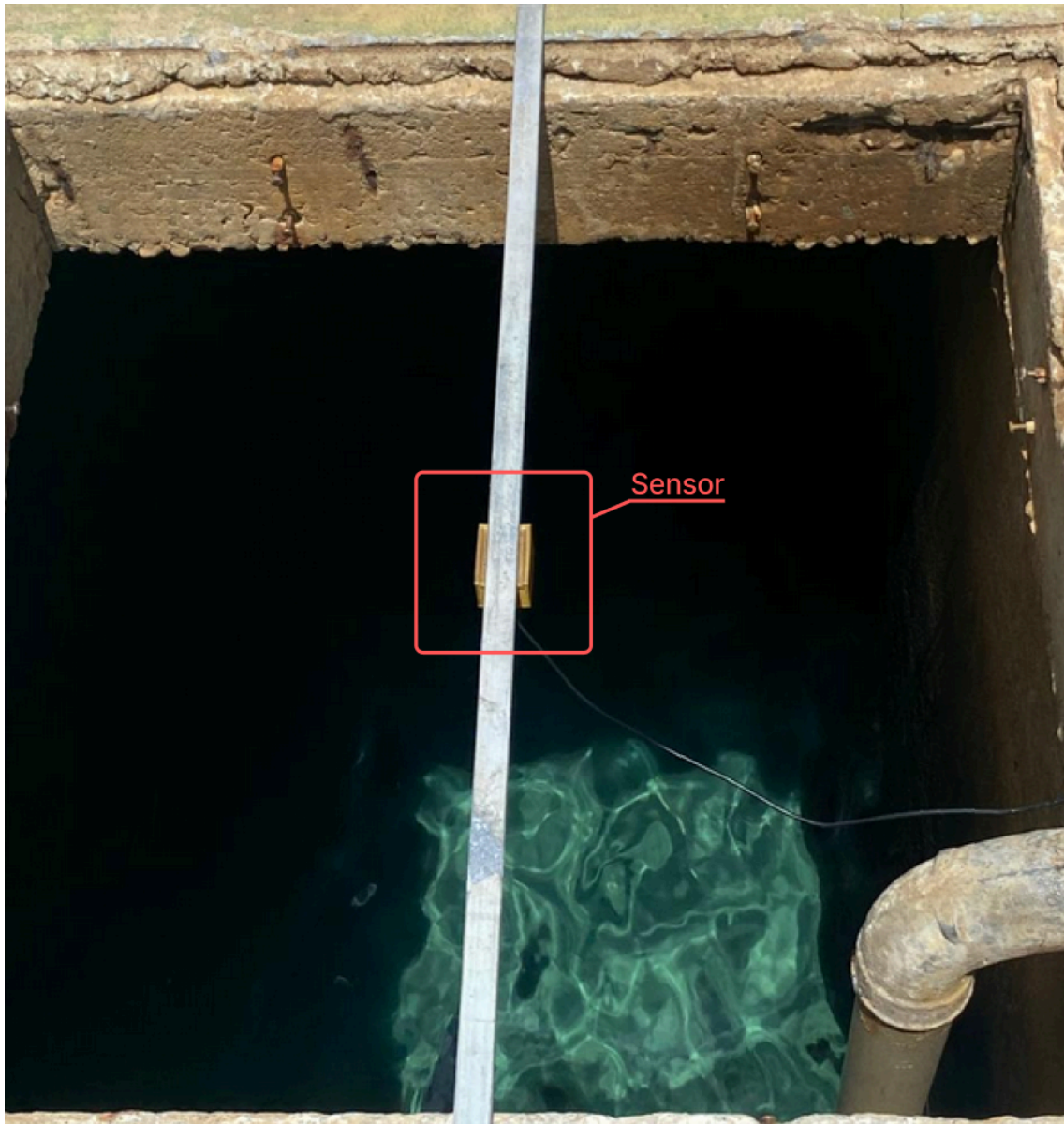
Figura 5 - Diagrama de conexões do sensor JSN-SR04T



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O transdutor foi fixado na parte superior da cisterna, voltado para o espelho d'água, enquanto a caixa com o ESP8266 e a fiação permaneceu na parte externa da cisterna, protegida da umidade. Essa montagem garantiu medições estáveis de nível e integração confiável com o sistema.

Figura 6 - Sensor ultrassônico instalado na cisterna

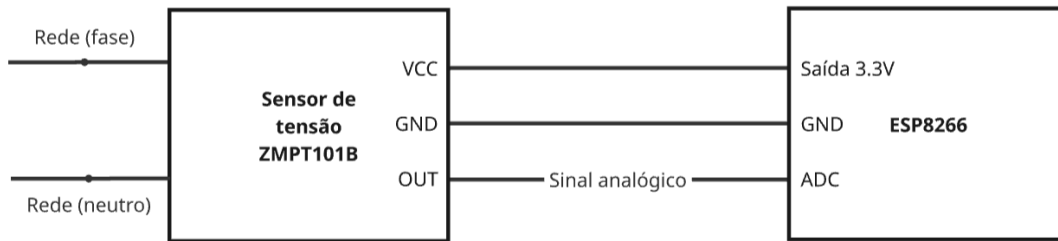


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A amostragem do sensor ocorre continuamente, mas o processamento e a publicação via MQTT são realizados a cada 500ms. Para aumentar a precisão, os dados brutos passam por um filtro de média móvel de 5 amostras antes de serem validados.

O monitoramento da tensão elétrica é realizado pelo módulo ZMPT101B, baseado em um transformador de potencial de alta sensibilidade. Esse sensor fornece isolamento elétrico, estabilidade nas leituras e é apropriado para medições de tensão em corrente alternada.

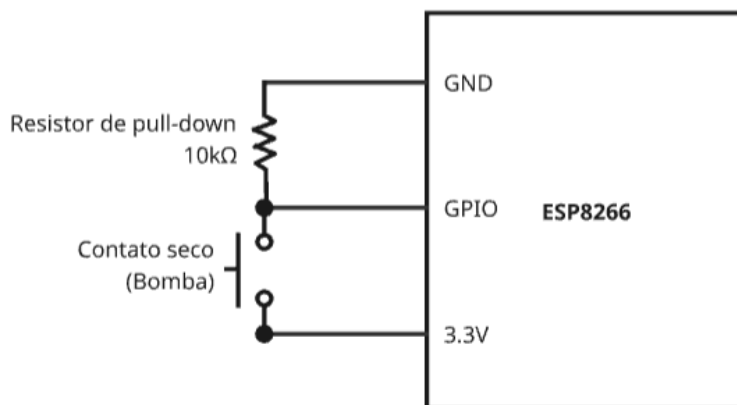
Figura 7 - Diagrama de conexões do sensor ZMPT101B



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Além disso, foram acrescentados contatos secos auxiliares no quadro elétrico da chave de partida, os quais não conduzem tensão própria e atuam exclusivamente como elementos de comutação permitindo a detecção confiável do estado operacional da bomba hidráulica. Por meio desses contatos, é possível identificar se a bomba está ligada ou desligada, bem como verificar o modo de operação do sistema, manual ou automático, ampliando a supervisão sobre o processo. A publicação destes dados via MQTT só é disparada quando ocorre uma alteração no estado operacional ou no modo de funcionamento de uma das bombas. Essa lógica, baseada na comparação entre o estado atual e o anterior, evita o envio redundante de mensagens idênticas ao broker.

Figura 8 - Esquema dos contatos secos

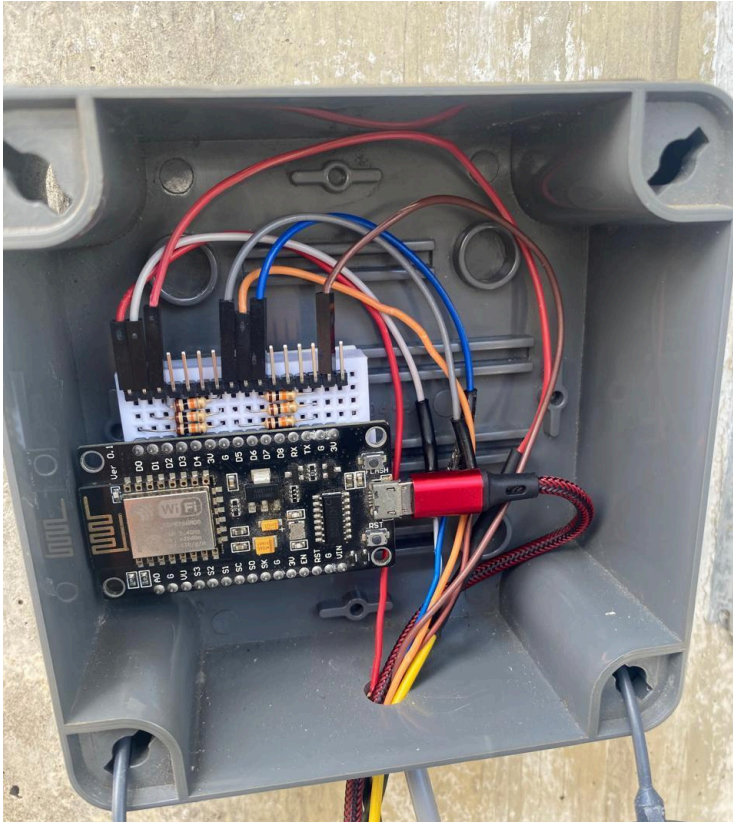


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A implementação física do sistema foi realizada a partir do diagrama elétrico apresentado na Figura 8, que serviu como base para a montagem do bloco auxiliar, conexões de sinal e interfaces com o quadro elétrico. Esse diagrama orientou toda a infraestrutura necessária, incluindo a alimentação do microcontrolador, a ligação dos contatos secos

provenientes dos contatores das bombas. A partir dele, foi possível garantir que todas as conexões fossem executadas de forma organizada, segura e compatível com o ambiente industrial, permitindo que o sistema operasse continuamente sem interferir nos circuitos de potência existentes.

Figura 9 - Instalação da ESP8266



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Portanto, com o armazenamento contínuo dos dados enviados pelos microcontroladores, tornou-se possível ampliar significativamente os recursos de visualização e análise do sistema.

Foi implementado no supervisório um histórico de acionamento das bombas (Figura 10), que mostra em um gráfico de barras horizontais os períodos em que as bombas permaneceram ligadas (barras verdes) ou desligadas (barras vermelhas).

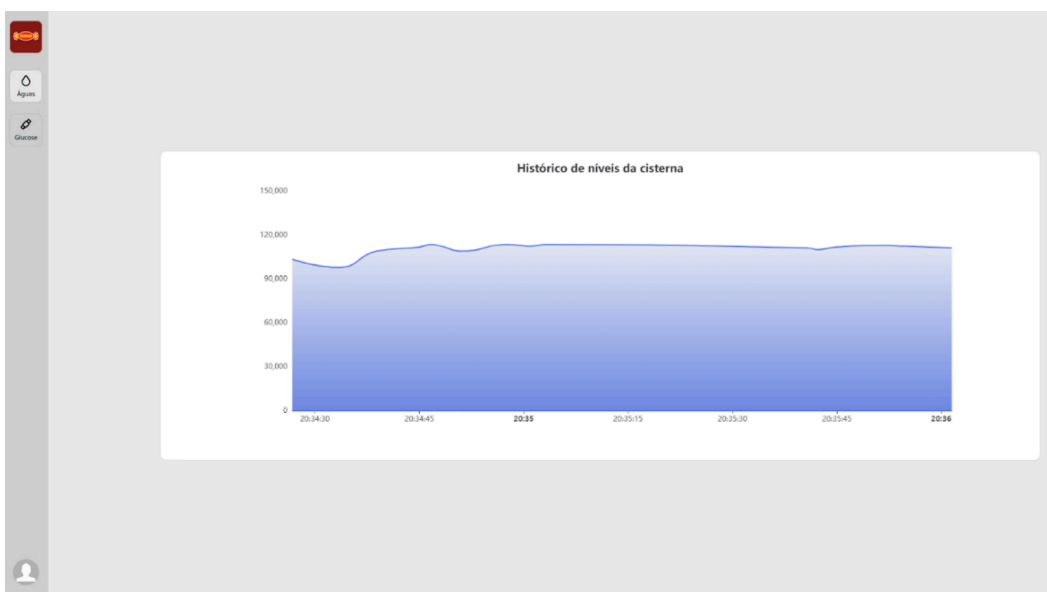
Figura 10 - Tela de gráficos de funcionamento das bombas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Além disso, foi implementado um gráfico específico para o nível de água da cisterna (Figura 11), construído a partir das leituras do sensor ultrassônico JSN-SR04T. Esse gráfico apresenta de forma temporal a variação do nível hídrico, possibilitando a identificação de padrões de consumo, ciclos de enchimento e eventuais comportamentos anômalos do reservatório.

Figura 11 - Tela de gráficos do nível da água da cisterna



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Por fim, foi desenvolvido um módulo de geração de relatórios em formato PDF (Figura 12), acessível por meio do menu do sistema no caminho *menu > bombas > relatório*. Esse relatório consolida métricas gerais e diárias de funcionamento das bombas, como tempo total de operação, frequência de acionamentos, duty cycle (calculado pela porcentagem de tempo que a bomba permanece ligada em relação ao tempo total do dia) e organização cronológica dos dados. A geração automática do documento elimina a necessidade de extração manual de informações e padroniza a apresentação dos dados para fins de acompanhamento técnico, auditoria e suporte à tomada de decisão.

Figura 12 - Relatório gerado em PDF

Relatório Geral de Bombas

Gerado em: 14/01/2026 20:35
Período: 07/01/2026 00:00 até 13/01/2026 00:00

Observação técnica:
As métricas do **resumo do período** são calculadas considerando exatamente o intervalo selecionado (data e hora inicial até data e hora final), incluindo dias parciais.
A tabela de **métricas diárias** apresenta apenas dias completos já finalizados, pois esses valores são consolidados automaticamente ao final de cada dia.
Por esse motivo, o tempo total do período pode não corresponder à soma direta dos valores exibidos na tabela diária.

Bomba: B-R01

Vazão: 20,0 L/h
ESP: Não vinculada

Resumo do Período
Tempo ligado no período: 34:28
Acionamentos no período: 77
Tempo médio por acionamento: 00:26
Duty Cycle do período: 23,94%

Métricas Diárias

Data	Tempo Ligado	Acionamentos	Tempo médio por ciclo	Duty Cycle
08/01/2026	01:02	3	00:20	4.32 %
09/01/2026	10:28	10	01:02	43.66 %
10/01/2026	04:15	16	00:15	17.77 %
11/01/2026	07:03	25	00:16	29.41 %
12/01/2026	11:38	23	00:30	48.49 %

Bomba: B-R02

Vazão: 20,0 L/h
ESP: Não vinculada

Resumo do Período
Tempo ligado no período: 87:57
Acionamentos no período: 3
Tempo médio por acionamento: 29:19
Duty Cycle do período: 61,09%

Métricas Diárias

Data	Tempo Ligado	Acionamentos	Tempo médio por ciclo	Duty Cycle
08/01/2026	04:59	2	02:29	20.77 %
09/01/2026	10:58	1	10:58	45.75 %
10/01/2026	24:00	0	00:00	100.00 %
11/01/2026	24:00	0	00:00	100.00 %
12/01/2026	24:00	0	00:00	100.00 %

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Essas implementações evidenciam o avanço do sistema de um simples painel de monitoramento em tempo real para uma plataforma de supervisão industrial com capacidade analítica e documental, alinhada às práticas modernas de gestão baseada em dados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema desenvolvido demonstrou desempenho eficiente e confiável, atendendo plenamente aos requisitos de monitoramento em tempo real propostos no início do projeto. A adoção de uma arquitetura baseada em contêineres Docker garantiu estabilidade ao servidor, enquanto o uso de WebSockets e do protocolo MQTT possibilitou comunicação contínua e de baixa latência entre os dispositivos de campo, o back-end e o supervisor. Os resultados obtidos na etapa de validação confirmam a acurácia das leituras de nível e tensão, com desvios mínimos em relação aos instrumentos manuais, assegurando a confiabilidade da solução para a tomada de decisões operacionais no ambiente industrial.

Atualmente, o projeto encontra-se com aproximadamente 70% de conclusão, tendo sua fundação tecnológica devidamente consolidada. As implementações recentes, como a visualização de gráficos históricos do nível da cisterna e o módulo de geração automática de relatórios em PDF, elevaram o sistema a um patamar mais maduro, ampliando seu valor prático ao permitir análises retroativas, rastreabilidade operacional e suporte às decisões gerenciais e estratégicas.

Como principal limitação identificada, destaca-se a escalabilidade do hardware empregado. O microcontrolador ESP8266, apesar do excelente custo-benefício, apresenta restrições quanto à quantidade de portas GPIO, o que pode se tornar um gargalo diante da futura expansão do sistema, como a inclusão de sensores de vazão e o monitoramento das bombas dos poços artesianos distantes. Dessa forma, para as próximas etapas, será necessária a avaliação de alternativas de hardware com maior capacidade de entradas e saídas, garantindo a continuidade e a expansão da solução.

Mesmo diante dessas limitações, o impacto da implementação é imediato e significativo. A automação do monitoramento reduz a dependência de rondas manuais, minimiza riscos de transbordamento e desabastecimento e introduz uma cultura de gestão orientada por dados. O armazenamento histórico das informações de operação das bombas não apenas otimiza a rotina da equipe de manutenção, como também cria bases sólidas para futuras aplicações voltadas à eficiência energética, à economia de recursos hídricos e à manutenções preditivas.

Por fim, as perspectivas de evolução do projeto incluem o desenvolvimento de um aplicativo móvel nativo, visando melhorar a experiência do usuário e possibilitar recursos como notificações push para alertas críticos, além da implementação da telemetria em poços artesianos distantes. Essas extensões permitirão alcançar o objetivo de um monitoramento hídrico integral da indústria, consolidando a solução como uma ferramenta estratégica e moderna para o setor.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. *Arduino Uno R3 – Technical specifications*. Ivrea: Arduino, 2024. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>. Acesso em: 18 de jan. 2026.

CASA DA ROBÓTICA. **Sensor de Tensão AC 0 a 250V Voltímetro ZMPT101B**. Disponível em: <https://www.casadarobotica.com/sensores-modulos/sensores/tensao/sensor-de-tensao-ac-0-a-250v-voltmetro-zmpt101b>>. Acesso em: 8 dez. 2025.

ELETROGATE. **Sensor de Distância Ultrassônico JSN-SR04T Resistente a Água**. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/sensor-de-distancia-ultrassonico-jsn-sr04t-a-prova-dagua-modulo>>. Acesso em: 8 dez. 2025.

ELETROLICO. **Contato auxiliar 1NA+1NF**. Disponível em: <https://www.eletrolico.com.br/acionamento/contatores-auxiliares/contato-auxiliar-1na-1nf-contator-lc1d-lc1f-ladn11-schneider>>. Acesso em: 8 dez. 2025.

ESPRESSIF SYSTEMS. *ESP8266EX Datasheet*. Shanghai: Espressif Systems, 2023. Disponível em: https://documentation.espressif.com/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf. Acesso em: 18 de jan. 2026.

IBM. **O que é IoT (internet das coisas)?** Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/internet-of-things>>. Acesso em: 8 dez. 2025.

PAESSLER. **MQTT**. Paessler, 2019. Disponível em: <https://www.paessler.com/br/it-explained/mqtt>>. Acesso em: 8 dez. 2025.

ZÉFIRO. **5 protocolos IoT para integração com dispositivos**. Disponível em: <https://zefiro.com.br/5-protocolos-iot-para-integracao-com-dispositivos/>>. Acesso em: 8 dez. 2025.