

## Arquitetura de Sistema de Monitoramento de Nível de Água em Cisternas com ESP32 e Comunicação LoRa

José Jefferson Pires Gonçalves (IFPB, Campus João Pessoa), Victor Czarnobay (IFPB, Campus João Pessoa), Luciana Pereira Oliveira (Centro de Educação, UFPA)

E-mails: pires.jefferson@academico.ifpb.edu.br, victor.czarnobay@academico.ifpb.edu.br, luciana.oliveira@ifpb.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.04.02-9 Arquitetura de Sistemas de Computação.

Palavras-chave: internet das coisas(iot), esp32, lora, cisternas, sistemas distribuídos

### 1. Introdução

A escassez de recursos hídricos, especialmente em regiões semiáridas, tem motivado o desenvolvimento de soluções tecnológicas que promovam uma gestão mais eficiente da água. Nesse contexto, o monitoramento de cisternas desempenha um papel crucial ao permitir o controle e a análise precisa dos níveis de armazenamento, favorecendo a tomada de decisões mais assertivas por parte dos usuários e gestores.

O avanço da Internet das Coisas (IoT) tem possibilitado a criação de sistemas de monitoramento remotos e de baixo custo, utilizando dispositivos embarcados como o ESP32, combinados com tecnologias de comunicação sem fio como a LoRa (Long Range). A utilização do protocolo LoRaWAN proporciona uma comunicação de longo alcance, baixo consumo de energia e alta robustez, sendo ideal para ambientes rurais ou de difícil acesso à infraestrutura tradicional de rede.

Este trabalho apresenta a arquitetura de um sistema distribuído para monitoramento do nível de água em cisternas, baseado na plataforma ESP32 e na comunicação LoRa. A proposta contempla a implementação de módulos emissores responsáveis pela leitura dos sensores de nível e a transmissão dos dados, bem como módulos receptores encarregados de processar e repassar essas informações para um servidor local. A solução visa atender critérios de escalabilidade, portabilidade e eficiência energética, com potencial de integração futura a plataformas de nuvem e dashboards de visualização.

### 2. Materiais e métodos

O sistema proposto foi desenvolvido utilizando os seguintes componentes:

- **ESP32 WiFi LoRa 32 (v3)** – microcontrolador com conectividade Wi-Fi, Bluetooth e LoRa, equipado com o transceptor SX1276, display OLED de 0,96" e suporte para bateria de lítio.
- **Sensores de nível de água:**
  - **HC-SR04** – sensor ultrassônico com alcance de até 4 metros.
  - **VL53L0X** – sensor a laser infravermelho com alcance de até 2 metros.
- **Cabos, protoboards e fontes de alimentação** para montagem dos circuitos.
- **Computador** com interface USB e conexão Wi-Fi para integração com o módulo receptor.
- **Ambiente de desenvolvimento:** Arduino IDE, bibliotecas LoRa e sensor específicas, além de software adicional para visualização e armazenamento dos dados (como Python com Flask e SQLite).

### Metodologia

#### Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema foi dividida em dois módulos principais: **Emissor e Receptor**.

- **Módulo Emissor:** é responsável pela leitura dos dados dos sensores de nível de água e envio periódico das medições via rede LoRa. Os dados são empacotados de forma padronizada antes da transmissão.

- **Módulo Receptor:** recebe as informações do módulo emissor, armazena localmente e disponibiliza os dados para visualização via conexão serial (USB) ou rede Wi-Fi.

### Comunicação LoRa

Foi empregada a tecnologia LoRa operando na frequência de 915 MHz, com topologia em estrela, permitindo comunicação de longo alcance e baixo consumo energético. O protocolo LoRaWAN define a estrutura da rede, possibilitando o envio confiável dos dados.

### Integração com Computador

O módulo receptor pode se comunicar com um computador ou servidor local para:

- Visualização em tempo real dos dados recebidos;
- Armazenamento em banco de dados local (ex.: SQLite);
- Interface web simples para monitoramento, utilizando Flask em Python;
- Possibilidade de integração futura com sistemas em nuvem ou APIs externas.

### Testes dos Sensores

Ambos os sensores (ultrassônico e infravermelho) foram testados em campo para avaliar desempenho, precisão e adequação à aplicação. O sensor mais eficaz foi selecionado para compor a versão final do protótipo.

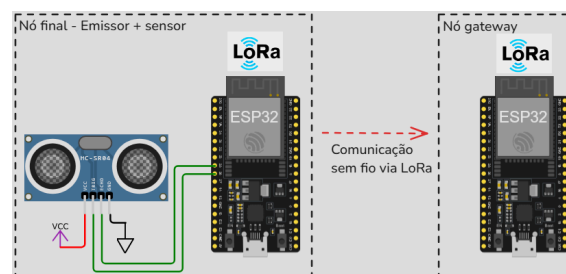
## 3. Resultados e discussão

Os testes realizados demonstraram que o sensor **HC-SR04** apresentou melhor desempenho na medição do nível de água, sendo mais estável e preciso que o VL53L0X em distâncias maiores. A comunicação via **LoRa** mostrou-se eficiente, com alcance de até **1 km em campo aberto** e cerca de **200–300 metros em ambientes urbanos** com obstáculos, confirmando sua viabilidade para uso em áreas rurais.

A integração com o computador, por **USB ou Wi-Fi**, permitiu o monitoramento em tempo real e o armazenamento dos dados em banco local, utilizando um painel web com **Flask**. A arquitetura distribuída, de baixo custo e consumo energético, mostrou-se escalável e adequada para aplicações em regiões com infraestrutura limitada, sendo compatível com futuras integrações em nuvem.

### 3.1 Figura 1

Figura 1 (Arquitetura do Sistema simplificado).



Fonte: Próprio Autor (2025)

## 5. Considerações finais

O sistema proposto revela sólida viabilidade técnica e se mostra especialmente promissor para aplicação em regiões com infraestrutura tecnológica limitada. Sua concepção atende a uma necessidade real de monitoramento eficiente dos recursos hídricos, contribuindo para a gestão sustentável da água, especialmente em áreas do semiárido. A utilização de tecnologias acessíveis e de baixo consumo, como o microcontrolador ESP32 e a comunicação via LoRa, garante baixo custo e amplo alcance na transmissão dos dados.

A arquitetura modular adotada no projeto permite a adaptação a diferentes contextos e necessidades. Foram realizados testes com múltiplos tipos de sensores, demonstrando a flexibilidade do sistema em relação aos componentes de medição. Além disso, a robustez do protocolo de comunicação LoRa assegura confiabilidade e estabilidade na troca de informações, mesmo em locais de difícil acesso ou com infraestrutura precária.

Outro ponto de destaque é a possibilidade de integração do sistema com plataformas locais ou com soluções em nuvem. Essa característica o torna compatível com os princípios das cidades inteligentes e da agricultura de precisão, permitindo, por exemplo, o acompanhamento remoto e a automação de processos relacionados à captação e uso da água. Dessa forma, o sistema desenvolvido contribui não apenas para a eficiência operacional, mas também para a inclusão digital e a sustentabilidade em comunidades vulneráveis.

## Referências

**WATER LEVEL MONITORING SYSTEM based on 429 MHz LoRa with Packet Level Index Modulation.** IEEE Conference Publication, 2024.

**MANO, R.; KUMAR, P. S.; KRISHNA, M. P. S.; VIJAY, R.; LAKSHMI, C.** Wireless Liquid Level Indicator Using LORA and ESP32. *Tuijin Jishu – Journal of Propulsion Technology*, v. 45, n. 1, 2024.

**SMART Water Quality Monitoring and Metering Using LoRa for Smart Villages.** IEEE Conference Publication, 2019.

**LoRaWan: What is it? A technical overview of LoRa and LoRaWAN.** LoRa Alliance, 2015. Disponível em: [https://lora-alliance.org/resource\\_hub/what-is-lorawan/](https://lora-alliance.org/resource_hub/what-is-lorawan/). Acesso em: 21 abr. 2025.

**GONÇALVES, J. J. P.** Proposta de Sistema de Gerenciamento de Cisternas Utilizando Sensoriamento e Internet das Coisas. 2023. Monografia (Bacharelado em Computação) - Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, UEPB, Patos-PB. Disponível em <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/29718>. Acesso em 13 jun 2025.