DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE MONITORAMENTO DE ENCHENTES PARA O CANAL DO FRANGO EM PATOS – PB

Iuri Kauã Simão de Oliveira [1] ; Claudivan Cruz Lopes [2]

RESUMO – Transbordamentos viraram rotina no Canal do Frango, em Patos - PB, colocando moradores sob ameaça constante. Apesar das características climáticas típicas de regiões semiáridas, eventos extremos exigem respostas prontas em ambientes urbanos. Com isso, surgiu uma proposta prática: criar um modelo funcional capaz de observar o comportamento do curso d'água sem interrupções ao longo do tempo. Graças à aplicação da Internet das Coisas, os dados fluem automaticamente assim que coletados. Equipado com dispositivos HC-SR04, o aparato detecta alterações no volume líquido por meio de ondas sonoras inaudíveis. Junto disso, instrumentos DHT11 registram informações como temperatura ambiente e grau de umidade no ar. Assim, cada medição contribui para compreender melhor quando intervenções podem ser necessárias. O processamento inteiro roda dentro do microcontrolador ESP32, encaminhando os dados coletados até uma plataforma na nuvem chamada Firebase. Juntamente com o circuito físico, foi criado um algoritmo projetado para acionar alertas automáticos conforme a gravidade detectada. Confirmado por meio de testes, o funcionamento técnico mostrou-se viável, possibilitando monitoramento à distância junto ao envio antecipado de sinais de risco. Mesmo sob condições externas variadas, o modelo manteve estabilidade nas avaliações práticas, surgindo como alternativa acessível diante da necessidade de detecção rápida em regiões urbanas expostas.

ABSTRACT– Flooding has become a recurring issue in the Frango Canal, located in the city of Patos - PB, placing local residents under constant threat. Despite the climatic characteristics typically associated with semi-arid regions, extreme events require prompt responses in urban environments. In this context, a practical solution was proposed: the development of a functional model capable of continuously monitoring the behavior of the watercourse over time. Through the application of the Internet of Things (IoT), data are automatically transmitted as soon as they are collected. The system is equipped with HC-SR04 sensors, which detect changes in water volume through inaudible

IFPB – Patos[1]
IFPB – Patos[2]

ultrasonic waves. In addition, DHT11 sensors record environmental information such as air temperature and humidity levels. Each measurement contributes to a better understanding of when intervention may be necessary. All processing is carried out by an ESP32 microcontroller, which sends the collected data to a cloud-based platform known as Firebase. Alongside the physical system, an algorithm was developed to trigger automatic alerts according to the detected level of severity. Tests confirmed the technical feasibility of the system, enabling remote monitoring and the early transmission of risk warnings. Even under varying environmental conditions, the model maintained stability during practical evaluations, emerging as an accessible alternative for rapid flood detection in urban areas exposed to hydrological risks.

Palavras-Chave – Monitoramento de enchentes; Internet das Coisas; Sistemas de alerta.

1 - INTRODUÇÃO

Inundações nas zonas urbanas colocam em risco o abastecimento de água e a organização das cidades no Brasil, conforme destacado por Tucci (2007). Apesar do avanço irregular sobre o território, somado à cobertura do solo com materiais que impedem infiltração, chove cada vez mais forte, resultando em alagamentos que se tornaram comuns, conforme registrado em BRASIL (2023). Enquanto isso, danos financeiros aparecem lado a lado com impactos na rotina da população. A estrutura urbana fraqueja sob pressão, mesmo quando os bairros atingidos tentem manter alguma normalidade, um desafio discutido por Francisco *et al*. (2022). Em Patos, no sertão da Paraíba, corre o Canal do Frango, essencial para escoar a água da chuva. Mesmo assim, por mais que tenham sido realizadas obras nos últimos tempos, ainda há alagamentos frequentes, situação analisada por Sousa *et al*. (2025). Esses alagamentos trazem prejuízos grandes ao comércio e dificultam a vida de quem mora perto. O problema se agrava porque muitas pessoas vivem ali, além das ruas e casas não suportarem bem as enchentes constantes.

Usar tecnologia para acompanhar eventos em tempo real mostra-se útil quando autoridades precisam agir diante de emergências, como sugere Vasconcelos (2018). Embora pareça simples, conectar dispositivos por meio da Internet das Coisas traz vantagens reais nesses cenários, conforme Mansuit *et al*. (2026). Sensores espalhados capturam dados enquanto as redes transmitem informações essenciais sem grandes atrasos. Com isso, equipes responsáveis recebem alertas com detalhes sobre rios ou regiões próximas ao limite crítico. À medida que os números chegam, decisões

ganham base concreta, ainda que o ambiente externo permaneça imprevisível. Assim, mesmo sob pressão, ações seguem fluxos menos incertos graças à entrada contínua de medições. Resultados tendem a melhorar quando cada etapa considera condições reais do terreno, conforme Araújo *et al*. (2021). Em muitos casos, antecipar mudanças evita prejuízos maiores depois. Ainda assim, tudo depende da qualidade dos pontos instalados e da manutenção constante. Pouco adiantaria ter um sistema completo se falhas técnicas interromperem o ciclo. Por sorte, soluções atuais permitem correções remotas na maioria das vezes. Então, mesmo locais distantes podem ser ajustados sem deslocamento físico. Isso muda completamente a dinâmica de operação durante períodos tensos. Eventualmente, pequenos erros são corrigidos antes de gerarem confusão maior. Ao fim, quem está exposto ao risco recebe apoio mais alinhado com o que realmente acontece no solo.

Nesse contexto urgente, este estudo buscou criar e testar um sistema experimental para acompanhar alagamentos no Canal do Frango. Sensores acessíveis foram escolhidos como base da abordagem usada aqui. Embora simples, esses dispositivos se comunicam por redes sem fio com boa performance. Os dados coletados seguem para plataformas digitais distantes, onde são organizados e analisados. Assim, avisos antecipados sobre níveis elevados de água tornam-se possíveis. Em vez de reagir depois dos estragos, equipes podem agir antes. Isso muda a forma como perigos hídricos são administrados localmente. Com isso, moradores ganham tempo valioso diante de eventos extremos. O foco não está apenas na tecnologia, mas em como ela serve às pessoas. Resultados indicam que soluções menores, quando bem aplicadas, geram grande diferença.

2 - MATERIAL E MÉTODO

2.1 - ÁREA DE ESTUDO

No centro do foco está o Canal do Frango, parte essencial da rede de escoamento pluvial em Patos, na Paraíba. Embora muitos pontos da cidade deságuem nele, são as temporadas chuvosas que mais chamam atenção, momento em que transbordamentos se repetem com frequência, conforme Nabinejad e Schüttrumpf (2023). Graças a isso, o lugar ganhou destaque como espaço prático para testar uma ferramenta de vigilância contra inundação. Apesar disso tudo, não é apenas a função hídrica que pesou na decisão; também importaram os reflexos concretos nas pessoas e nos negócios da região ao redor, um aspecto explorado por França (2024). Por trás da seleção, há tanto critérios técnicos quanto preocupações voltadas à vida cotidiana dos moradores, como reforçado por Santana Neto (2025).

2.2 - ARQUITETURA DO SISTEMA

Começando pelo campo, sensores dispostos com precisão registram dados sobre água e meio ambiente. Em vez de um único bloco fixo, o projeto usa partes separadas que se conectam entre si, como unidades para pegar informações, trocar sinais sem fios, guardar registros na rede e mostrar resultados num painel simples. Graças a essa montagem em camadas, ajustes tornam-se mais ágeis, expansões acontecem conforme necessário, reparos não interrompem todo o funcionamento. Depois da captação inicial, os valores medidos viajam por uma ligação estável de internet sem cabo até alcançarem servidores remotos. Uma vez lá, ficam acessíveis imediatamente, prontos para serem examinados ou usados quando decisões urgentes surgirem.

2.3 - DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE

Começando pelo desenho geral, o sistema segue uma arquitetura espalhada e dividida em partes independentes. Cada componente atua de forma específica: captação de dados, transmissão sem fio, gravação remota e exibição clara das informações. Graças à separação entre os blocos, ajustar ou ampliar o conjunto torna-se mais simples ao longo do tempo. A operação tem início quando sensores posicionados com cuidado no ambiente registram condições ligadas à água e ao entorno natural. Depois disso, os valores medidos seguem para um servidor na internet usando sinal Wi-Fi estável, assegurando acesso contínuo e protegendo a qualidade das medições.

Na parte física, o modelo experimental foi montado com atenção detalhada, empregando circuitos baseados nos chips ESP32. Por oferecer alto desempenho com baixo consumo, o ESP32 se mostrou adequado para operar em locais distantes, conforme Mendanha e Gomes (2021). Conexões sem fio via Wi-Fi e Bluetooth foram fundamentais, uma vez que garantem transmissão constante dos dados coletados. Sensores diversos puderam ser conectados graças à flexibilidade na interface do dispositivo. Comunicação estável com servidores na nuvem tornou-se possível, mesmo sob condições adversas de sinal. Sua arquitetura permite processamento local, reduzindo dependência de redes externas durante falhas temporárias. No acompanhamento do nível d'água, usou-se o sensor ultrassônico HC-SR04, capaz de determinar com exatidão a separação entre ele próprio e a superfície do líquido, uma escolha técnica validada por Hasibuan et al. (2025). Optou-se por esse modelo graças à alta confiabilidade aliada ao baixo custo. Já na supervisão do ambiente, temperatura e umidade relativa do ar, atuou o sensor DHT11, entregando informações extras úteis para entender melhor os

níveis registrados, conforme Halubanza et al. (2025). Juntos, esses dispositivos geram uma interpretação mais completa sobre o estado do canal.

Caixas resistentes, lacradas com selantes específicos, abrigaram cada parte eletrônica, preparando o conjunto para enfrentar vento forte, umidade alta ou variações bruscas de temperatura no ambiente onde foi colocado. Desde o início, equipes seguiram etapas meticulosas: soldagens controladas evitaram falhas estruturais; suportes metálicos fixados com precisão mantiveram a forma física estável; a passagem dos cabos ocorreu por dispositivos que impedem a entrada de poeira ou água. Vazamentos foram testados exaustivamente e os resultados confirmaram estanqueidade total antes da ativação no terreno. O funcionamento contínuo se manteve graças a essas camadas extras de proteção, os sinais coletados vão diretamente para o monitoramento remoto, alimentando análises imediatas sem interrupção.

2.4 - DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE

O firmware embarcado foi desenvolvido especificamente para os microcontroladores ESP32, com uma estrutura otimizada para rotinas de aquisição, processamento e transmissão de dados. A eficiência do firmware é crucial para o desempenho do sistema. Para garantir a precisão das medições, foram implementados filtros digitais avançados para a redução de ruídos, minimizando interferências e garantindo a qualidade dos dados, seguindo abordagens como as de Barbosa et al. (2024). Além disso, rotinas de validação baseadas em limiares predefinidos foram incorporadas para identificar e corrigir possíveis anomalias nos dados coletados. A eficiência energética foi uma prioridade, e para isso, foram adotadas estratégias de economia de energia, alternando entre estados ativos e modos de baixo consumo, prolongando significativamente a autonomia do sistema e reduzindo a necessidade de manutenção frequente.

2.5 - PLATAFORMA EM NUVEM

Na plataforma Firebase, aconteceu o armazenamento e organização das informações obtidas. Optou-se por esse banco de dados NoSQL não apenas pela capacidade de manter os dados estruturados com liberdade, mas sobretudo por viabilizar atualizações instantâneas entre aparelhos e servidores remotos, funcionalidade essencial para alertas móveis, conforme Souza et al. (2025). Escalar o sistema posteriormente torna-se factível, graças à arquitetura adotada, ao passo que o acesso rápido às medições se mantém garantido fatores essenciais diante da necessidade de resposta ágil em

ambientes de monitoramento contínuo. Além disso, mecanismos avançados de verificação de identidade e proteção atuam diretamente na preservação dos registros relacionados aos níveis d'água, assegurando confiabilidade e sigilo nos processos envolvidos.

2.6 - ALGORITMO DE ALERTA

Um algoritmo híbrido foi desenvolvido em Python, combinando regras heurísticas com o processamento automatizado dos dados recebidos, uma técnica similar à proposta por Fernandes Jr et al. (2022). Este algoritmo é o cerne do sistema de alerta, configurado para operar com três níveis distintos de criticidade, permitindo uma resposta graduada e proporcional à ameaça:

- Atenção: Indica um aumento no nível da água que requer observação contínua e preparação para possíveis ações. Neste estágio, as autoridades locais são notificadas para monitoramento intensificado.
- Alerta: Sinaliza que o nível da água atingiu um patamar preocupante, exigindo ações preventivas imediatas, como a mobilização de equipes de emergência e a comunicação com a população em áreas de risco. A evacuação pode ser considerada neste nível.
- Emergência: Declara uma situação crítica de transbordamento iminente ou em curso, demandando evacuação urgente e intervenção imediata das equipes de resgate. A comunicação em massa é ativada para garantir a segurança de todos.

A classificação desses níveis considerou simultaneamente o nível da água medido pelo sensor HC-SR04, a velocidade de elevação do nível monitorado (taxa de variação) e informações meteorológicas complementares, como previsões de chuva intensa, utilizadas para antecipar eventos críticos e otimizar a emissão de alertas, tornando o sistema mais preditivo e menos reativo.

3 – RESULTADO E DISCURSSÃO

3.1 - DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O protótipo foi construído com sucesso, demonstrando a integração coesa de sensores, módulos de comunicação e infraestrutura computacional em uma plataforma funcional e robusta. Testes de bancada rigorosos confirmaram o correto funcionamento dos circuitos eletrônicos e a eficácia dos mecanismos de transmissão de dados, validando a integridade de cada componente. A utilização do ESP32 revelou-se particularmente adequada para aplicações de monitoramento

hidrológico, devido à sua estabilidade na comunicação *Wi-Fi* e à facilidade de integração com plataformas em nuvem, validando a escolha tecnológica inicial e demonstrando sua capacidade de operar em ambientes desafiadores.

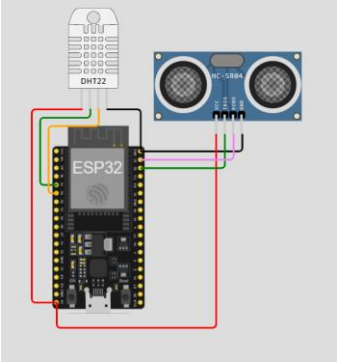


Figura 1 - Sistema de monitoramento

3.2 - PLATAFORMA DE MONITORAMENTO

A plataforma desenvolvida, utilizando o Firebase, apresentou alta disponibilidade e sincronização instantânea dos dados coletados. As informações foram organizadas em estruturas otimizadas para futuras análises temporais e a geração de relatórios detalhados, facilitando a compreensão dos padrões hidrológicos. A arquitetura adotada possibilitou o acesso remoto às informações em tempo real, tanto por meio de um dashboard web intuitivo quanto por um aplicativo móvel dedicado, oferecendo flexibilidade e acessibilidade aos usuários, permitindo que gestores e a população acompanhem a situação do canal de qualquer lugar. A interface foi projetada para ser clara e de fácil interpretação, mesmo para usuários sem conhecimento técnico aprofundado.

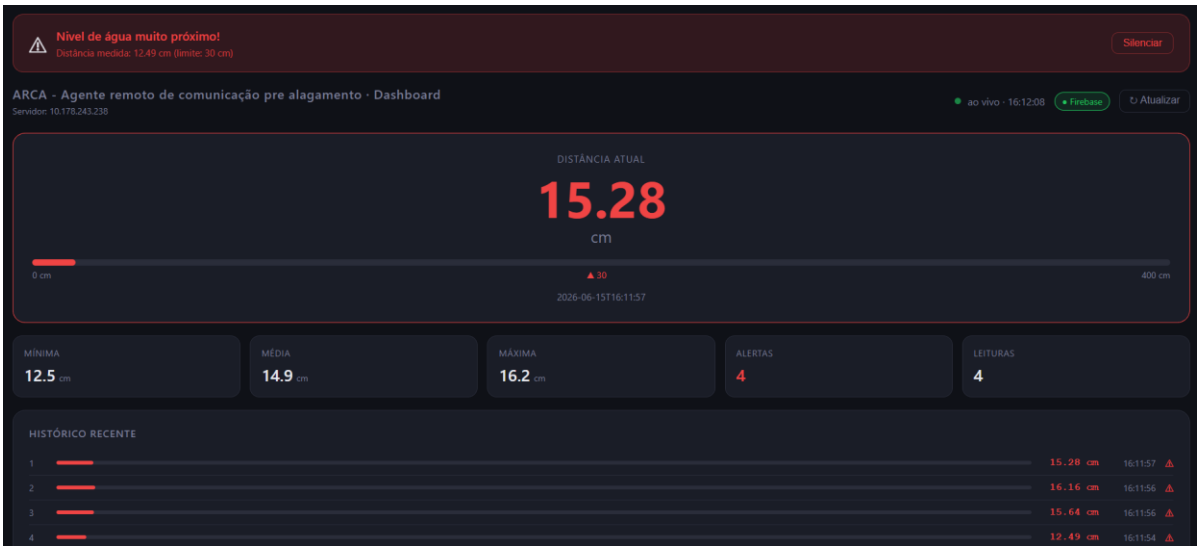


Figura 2 - Interface do sistema de monitoramento

4 - CONCLUSÃO

O desenvolvimento do protótipo demonstrou uma concretização bem-sucedida de um sistema funcional de monitoramento de enchentes, baseado em Internet das Coisas, especificamente adaptado para o Canal do Frango, em Patos-PB. A integração harmoniosa entre os sensores HC-SR04 e DHT11, os microcontroladores ESP32, a comunicação *Wi-Fi* e a robusta plataforma Firebase comprovou a viabilidade técnica para a aquisição e transmissão de dados hidrológicos em tempo real, estabelecendo um novo paradigma para a gestão de riscos hídricos urbanos.

Os testes exaustivos realizados indicaram um funcionamento satisfatório de todos os módulos do sistema: desde o monitoramento preciso dos níveis e condições ambientais, passando pela infraestrutura de armazenamento em nuvem com alta disponibilidade, até o sistema de geração automática de alertas, que se mostrou eficaz e confiável. Os resultados obtidos evidenciam o potencial transformador desta solução para auxiliar órgãos de Defesa Civil e gestores públicos na prevenção e mitigação de desastres associados a enchentes urbanas, protegendo vidas, patrimônios e promovendo a segurança hídrica da região.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a expansão da rede de sensores para cobrir uma área mais abrangente do canal e de seus afluentes, a integração com previsões meteorológicas em tempo real para aumentar a capacidade preditiva do sistema, e a incorporação de técnicas avançadas de aprendizado de máquina (*Machine Learning*) para aprimorar a análise de dados e a detecção de padrões complexos. Estas melhorias visam aprimorar ainda mais a acurácia e a proatividade do sistema, consolidando-o como uma ferramenta essencial e inteligente na gestão de riscos hídricos urbanos e na construção de cidades mais resilientes.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. V. N. et al. (2021). “Tidal flood area mapping in the face of climate change scenarios: case study in a tropical estuary in the Brazilian semi-arid region’. Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 21, n. 11, pp. 3353-3367.

BARBOSA, Lucas Barbosa e Silva et al. (2024). “Avaliação do fluxo e nível de água em nascentes” in Anais do SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA (SEGET), 2024.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. (2023). Atlas Digital de Desastres no Brasil. Brasília: MIDR.

FERNANDES JR, F. E.; NONATO, L. G.; UEYAMA, J. (2022). “A river flooding detection system based on deep learning and computer vision”. Multimedia Tools and Applications, v. 81, pp. 1-22.

FRANÇA, João Victor Bezerra de. (2024). “Análise dos mecanismos de instabilidade humana em inundações na bacia do Riacho do Frango na cidade de Patos – PB". Repositório Institucional do Unifip, v. 7, n. 1.
FRANCISCO, T. H. S. et al. (2022). “The main challenges for improving urban drainage systems from the perspective of Brazilian professionals”. Infrastructures, v. 8, n. 1, pp. 5.
HALUBANZA, B. et al. (2025). “Implementation of an IoT Prototype for Real-Time Flood Monitoring and Response Coordination” in Anais da INTERNATIONAL CONFERENCE FOR ICT FOR DEVELOPMENT (ICT4D), 2025.
HASIBUAN, A. et al. (2025). “Design of flood warning prototype using ESP32 module-based ultrasonic sensors”. International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems, v. 14, n. 1, pp. 1-8.
MANSUIT, S. et al. (2026). “Design of Web-Based Flood Monitoring System Using ESP32 Microcontroller: An Integrated IoT Solution for Early Warning”. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 1605, n. 1.
MENDANHA, Guilherme Bueno; GOMES, Leonardo Graciano Morbeck. (2021). “Sistema automático de prevenção de enchentes com a utilização do microcontrolador ESP32”. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) – Faculdade de Tecnologia de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto.
NABINEJAD, S.; SCHÜTTRUMPF, H. (2023). “Flood risk management in arid and semi-arid areas: A comprehensive review of challenges, needs, and opportunities”. Water, v. 15, n. 17, pp. 3113.
SANTANA NETO, Antônio. (2025). “A importância de geotecnologias em diagnósticos ambientais: um estudo teórico sobre o Canal do Frango na cidade de Patos – PB". Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
SOUSA, Allan Vitor de Oliveira et al. (2025). “Análise da eficiência da drenagem urbana no Município de Patos-PB: uma avaliação da infraestrutura e gestão das águas pluviais”. Contribuciones a las Ciencias Sociales, v. 18, n. 9.
SOUZA, L. C. P. et al. (2025). “Aplicativo móvel para monitoramento e alerta de enchentes: um estudo de caso”. Sustentabilidade e Responsabilidade Social, v. 9, pp. 78-90.
TUCCI, Carlos E. M. (2007). Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA.
VASCONCELOS, Yuri. (2018). Alerta contra inundações. Revista Pesquisa Fapesp, ed. 263, jan.