

SISTEMA EMBARCADO E IOT PARA MONITORAMENTO REMOTO DE NÍVEL E TEMPERATURA DE ÁGUA EM MANANCIAIS

Ana Cristina Salgueiro, Wagner dos Santos Clementino de Jesus.

Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida ShishimaHifumi, 2911, Urbanova - 12244-000- São José dos Campos-SP, Brasil, anacristinas5762@gmail.com, wsantoscj@gmail.com.

Resumo

O monitoramento contínuo de mananciais é crucial para a gestão hídrica e a prevenção de desastres, como enchentes e secas, especialmente no contexto de crescente urbanização e mudanças climáticas. Este trabalho propõe e demonstra a viabilidade de um sistema embarcado de baixo custo para monitoramento de nível e temperatura da água, utilizando um microcontrolador ESP32 e sensores. A metodologia incluiu um levantamento bibliográfico, a seleção de componentes como o sensor ultrassônico e o DS18B20, e a programação em linguagem C para coleta e transmissão de dados via Wi-Fi. Os resultados da simulação na plataforma Tinkercad, embora simplificados, confirmaram a lógica de funcionamento do protótipo, incluindo a geração de alertas visuais e sonoros. A discussão ressalta a importância de soluções locais para complementar o sensoriamento remoto, destacando a futura adoção da tecnologia LoRaWAN para maior alcance e eficiência energética em campo. Conclui-se que o sistema desenvolvido tem potencial para contribuir significativamente para a gestão sustentável de recursos hídricos e a mitigação de impactos de desastres.

Palavras-chave: Ultrassônico; sistema embarcado; sensoriamento; ESP32.

Área do Conhecimento: Engenharia Elétrica / Engenharia Ambiental.

Introdução

Os mananciais são a principal fonte de abastecimento de água para consumo humano, agricultura e indústria, sendo fundamentais para o equilíbrio dos ecossistemas. Entretanto, a crescente urbanização, o aumento da demanda hídrica e as mudanças climáticas têm intensificado os riscos de escassez e de eventos extremos, como secas e enchentes.

Tecnologias de observação em larga escala permitem identificar áreas críticas para a gestão hídrica, mas ainda necessitam ser complementadas por medições locais para aumentar a precisão, reforçando a importância de soluções embarcadas em campo (OLIVEIRA, 2021; SANTOS, 2008).

O uso de microcontroladores e plataformas abertas pode viabilizar sistemas de monitoramento eficientes e economicamente acessíveis (LIMA, 2022; SOBRAL, 2020).

Projetos práticos também evidenciam o potencial do uso de IoT no monitoramento de recursos hídricos. A integração de sensores a sistemas com comunicação remota tem permitido acompanhar em tempo real parâmetros de qualidade e nível da água, mostrando que soluções de baixo custo podem ser aplicadas em diferentes contextos (SOBRAL, 2020).

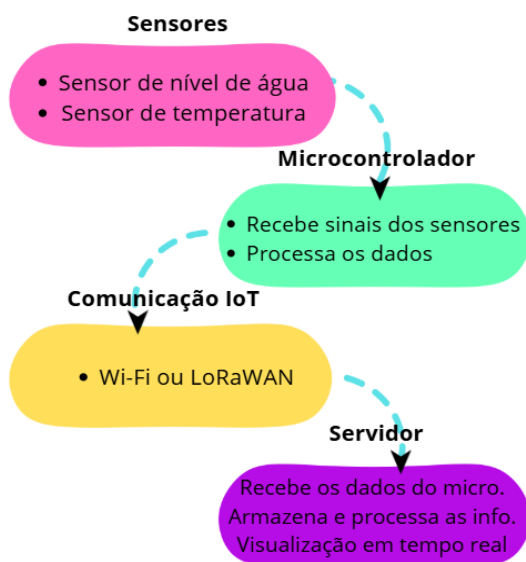
No contexto agrícola, a agricultura brasileira responde por aproximadamente 70% do consumo de água no país, e tecnologias baseadas em IoT (Internet das Coisas), especialmente com o uso da rede LoRaWAN, têm possibilitado otimizar a irrigação, reduzir desperdícios e promover a sustentabilidade (FIUSA, 2023). Esse cenário mostra que o emprego de sistemas de monitoramento inteligentes já é realidade em alguns setores e pode ser expandido para rios, lagos e reservatórios.

Dessa forma, observa-se que soluções embarcadas e conectadas podem contribuir não apenas para o uso racional da água, mas também para apoiar sistemas de alerta em casos de enchentes, como o ocorrido no Rio Grande do Sul em 2024, quando o transbordamento de rios e barragens afetou milhares de famílias. A rápida elevação do nível da água poderia ter gerado alertas em tempo real, permitindo que a população fosse evacuada com antecedência e mitigando os impactos (PEREIRA; ANDRADE, 2024).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema embarcado de baixo custo, com sensores de nível e temperatura de água conectados a um microcontrolador ESP32, alimentado por energia solar e integrado à IoT, com a finalidade de fornecer dados contínuos e confiáveis para a gestão de mananciais e prevenção de desastres hídricos.

Figura 1 – Diagrama de sequência de processos de funcionamento.



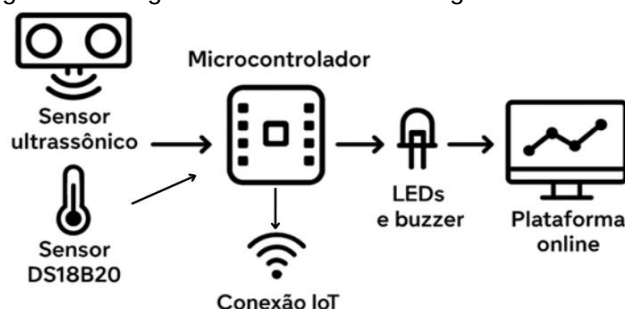
Metodologia

O desenvolvimento do sistema foi estruturado em diferentes etapas que se complementam entre si. Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico voltado ao estudo de tecnologias embarcadas e soluções de Internet das Coisas (IoT) aplicadas ao monitoramento de recursos hídricos, a fim de identificar abordagens já existentes e suas limitações. Em seguida, procedeu-se à seleção dos sensores mais adequados ao projeto, sendo escolhido o sensor ultrassônico para a medição do nível da água e o DS18B20, à prova d'água, para a medição de temperatura.

Na etapa seguinte, foi definida a arquitetura do sistema, que compreende a integração dos sensores ao microcontrolador ESP32, a utilização do módulo de comunicação Wi-Fi, já disponível na placa, para transmissão dos dados, e a implementação de um circuito de alimentação baseado em painel solar e bateria recarregável, garantindo autonomia energética. Ressalta-se que, embora o Wi-Fi seja adequado para a fase de simulação e testes, considera-se a adoção futura da tecnologia LoRaWAN, devido ao seu menor consumo de energia e maior alcance, o que a torna mais apropriada para aplicações em áreas remotas.

A programação foi desenvolvida em linguagem C, organizada em funções modulares responsáveis pela coleta, tratamento e envio das informações. Posteriormente, configurou-se uma plataforma IoT para receber e disponibilizar os dados coletados em tempo real, de forma acessível e visualmente compreensível.

Figura 2 – Diagrama de funcionamento geral do sistema.



A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Para validar a proposta, foram realizados testes em ambiente de laboratório, simulando variações de nível e temperatura da água em condições controladas, possibilitando ajustes no sistema. Por fim, foram definidos limites críticos de alerta, de modo que, quando ultrapassados, iniciam automaticamente notificações na plataforma online, permitindo resposta rápida a situações de risco.

Resultados

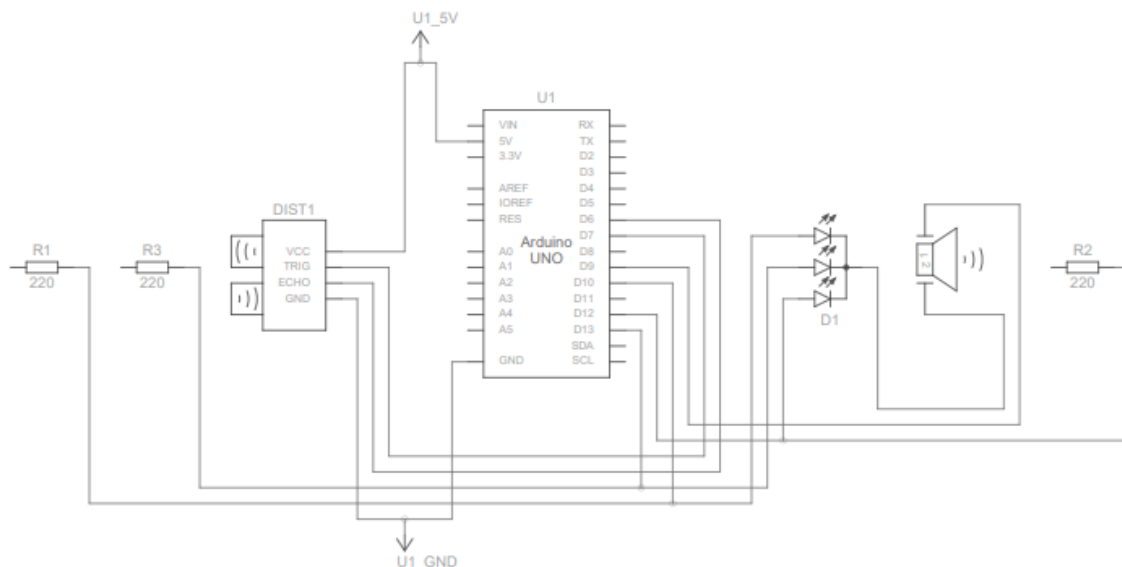
Para validar a proposta do sistema, foi realizada uma simulação online utilizando a plataforma Tinkercad Circuits (Shaun, 2018). O circuito desenvolvido integrou o Arduino Uno com o sensor ultrassônico HC-SR04, responsável pela medição do nível da água. Como atuador de saída visual, foi utilizado um LED RGB, configurado para emitir diferentes cores (verde, laranja, branco, azul e vermelho) a fim de representar os estágios de nível, além de um buzzer, empregado na sinalização sonora de condição crítica.

Durante os testes simulados, observou-se que o sistema foi capaz de realizar corretamente a leitura dos valores fornecidos pelo sensor ultrassônico e acionar o LED RGB conforme a variação do nível, bem como o buzzer em situações de alerta. Essa etapa confirmou o funcionamento da lógica implementada e a viabilidade da solução proposta.

Embora o sensor DS18B20 não esteja disponível na plataforma utilizada, sua inclusão foi prevista na arquitetura geral do sistema, de forma a complementar as medições com informações de temperatura durante a etapa de prototipagem física.

A Figura 3 apresenta o esquema elétrico do protótipo simulado, mostrando as conexões entre os componentes utilizados na simulação e o fluxo de sinais entre sensores e atuadores.

Figura 3 – Esquema elétrico do circuito.



Discussão

A literatura aponta que o monitoramento de mananciais por meio de tecnologias digitais é uma tendência crescente e necessária. Tecnologias de sensoriamento remoto permitem análises em escala regional, mas necessitam ser complementadas por medições locais para maior precisão (OLIVEIRA, 2021; SANTOS, 2008). Nesse sentido, soluções embarcadas como a aqui proposta tornam-se uma alternativa eficiente para fornecer dados contínuos em campo.

O uso de sensores de baixo custo amplia a viabilidade do monitoramento contínuo (LEAL, 2019), enquanto plataformas abertas e microcontroladores possibilitam o desenvolvimento de sistemas hidrológicos acessíveis e customizáveis (LIMA, 2022; SOBRAL, 2020). Essas características reforçam a importância de sistemas embarcados no contexto de gestão de recursos hídricos.

Estudos recentes já demonstram aplicações práticas do uso da Internet das Coisas (IoT) em saneamento e agricultura. A utilização da rede LoRaWAN, por exemplo, tem apresentado bons

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

resultados, oferecendo maior alcance e menor consumo energético em comparação ao Wi-Fi (SILVA; OLIVEIRA, 2022). Esse aspecto é relevante, pois enquanto o protótipo desenvolvido neste trabalho utilizou o Wi-Fi para validação em simulação, a implementação em campo poderá se beneficiar da adoção do LoRaWAN, tornando o sistema mais robusto e adequado para áreas remotas.

Na agricultura, setor responsável por cerca de 70% do consumo de água no Brasil, a integração de sensores a sistemas IoT já promove maior eficiência no uso dos recursos hídricos. O emprego da rede LoRaWAN em áreas agrícolas tem otimizado processos de irrigação e reduzido desperdícios, demonstrando que tecnologias semelhantes podem ser aplicadas ao monitoramento de mananciais superficiais e subterrâneos (FIUSA, 2023).

Dessa forma, observa-se que, embora o Wi-Fi seja suficiente para a fase de prototipagem e simulação, a evolução natural do sistema prevê a adoção do LoRaWAN como tecnologia de comunicação. Essa integração ampliaria a aplicabilidade do projeto e reforçaria seu potencial como ferramenta de apoio à gestão hídrica e à prevenção de enchentes, conforme demonstram pesquisas sobre sistemas de alerta antecipado em eventos hidrológicos extremos (PEREIRA; ANDRADE, 2024).

Conclusão

O trabalho desenvolvido demonstrou a viabilidade da utilização de sistemas embarcados como ferramenta de monitoramento de mananciais. A simulação realizada na plataforma Tinkercad, integrando Arduino Uno, sensor ultrassônico, LED RGB e buzzer, comprovou o correto funcionamento da lógica de coleta e tratamento dos dados de nível da água, além da geração de alertas visuais e sonoros em situações críticas.

Embora o sensor DS18B20 não estivesse disponível na simulação, sua inclusão no protótipo físico, juntamente com a substituição do Arduino pelo ESP32, ampliará as funcionalidades e permitirá a integração com redes IoT, tornando o sistema mais robusto e aplicável em cenários reais.

Os resultados apontam que esse tipo de sistema pode contribuir para a gestão sustentável dos recursos hídricos e para a prevenção de desastres, como enchentes. O episódio ocorrido no Rio Grande do Sul em 2024 evidencia a relevância de tecnologias de monitoramento em tempo real, que poderiam fornecer alertas antecipados e auxiliar na redução dos impactos socioambientais.

Referências

FIUSA, Davi Gaede. *IoT de baixo custo e longo alcance para gestão hídrica em irrigações: um estudo de caso em uma plantação de açaí e café em Novo Horizonte do Oeste, Rondônia*. 2023. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2023.

IDZIK, Shaun. *Tinkercad for dummies*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.

LEAL, Gesiane Ferreira. *Monitoramento da qualidade da água em mananciais utilizando sensores de baixo custo*. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019.

LIMA, Robson Pacífico Guimarães. *Sistema de monitoramento hidrológico com plataformas de baixo custo e código aberto*. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2022.

OLIVEIRA, Anderson de. *Aplicação de sensoriamento remoto no estudo de bacias hidrográficas*. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2021.

PEREIRA, C. S.; ANDRADE, J. L. Sistemas de alerta antecipado em eventos hidrológicos extremos: estudo de caso no Brasil. *Revista de Desastres Naturais*, v. 4, n. 1, p. 10-22, 2024.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

SANTOS, José. *Potencial de utilização do sensoriamento remoto para monitoramento da água*. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SILVA, R. F.; OLIVEIRA, P. A. Aplicações da rede LoRaWAN em saneamento básico. *Revista Brasileira de Engenharia Elétrica*, v. 15, n. 1, p. 77-86, 2022.

SOBRAL, André Luís Francisco. *Uso racional da água: consciência e automação*. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Universitário Internacional (UNINTER), Valparaíso de Goiás, 2020. Disponível em: <https://repositorio.uninter.com/handle/1/1295>. Acesso em: 8 set. 2025.

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus pais, Mauro e Elisete, que sempre me sustentaram com amor, dedicação e todo o apoio necessário para que eu chegasse até aqui. Sem a força e os ensinamentos deles, este trabalho não seria possível.

Agradeço também aos meus irmãos, que estiveram ao meu lado em todos os momentos, oferecendo incentivo e companheirismo ao longo dessa caminhada acadêmica.

De forma muito especial, agradeço ao meu noivo, Wagner, pelo carinho, paciência e apoio incondicional durante todo o processo de elaboração deste trabalho, sendo uma motivação constante para que eu persistisse e alcançasse meus objetivos.

Agradeço também o meu professor e orientador Dr. Wagner dos Santos Clementino de Jesus pela orientação acadêmica, disponibilidade e auxílio em todos os processos.