

SOLUÇÕES DIGITAIS

NO MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS:

Aplicações em Cisternas,
Qualidade da Água e
Saneamento no Brasil



Andréa Carvalho Pires
Miriam Cleide Cavalcante de Amorim
Antonio dos Santos Filho
João Pedro de Brito Matias
Thyago Torres de Castro Gama



SOLUÇÕES DIGITAIS NO MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

APLICAÇÕES EM CISTERNAS, QUALIDADE DA ÁGUA E SANEAMENTO NO BRASIL



ANDRÉA CARVALHO PIRES
MIRIAM CLEIDE CAVALCANTE DE AMORIM
(ORGANIZADORES)

SOLUÇÕES DIGITAIS NO MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

APLICAÇÕES EM CISTERNAS, QUALIDADE DA ÁGUA E SANEAMENTO NO BRASIL

1ª Edição

Quipá Editora
2026

Copyright © dos autores e autoras. Todos os direitos reservados.

Esta obra é publicada em acesso aberto. O conteúdo dos capítulos, os dados apresentados, bem como a revisão ortográfica e gramatical são de responsabilidade de seus autores, detentores de todos os Direitos Autorais, que permitem o download e o compartilhamento, com a devida atribuição de crédito, mas sem que seja possível alterar a obra, de nenhuma forma, ou utilizá-la para fins comerciais.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P667s Soluções digitais no monitoramento de recursos hídricos
aplicações em cisternas, qualidade da água e saneamento no
brasil. / Organizado por Andréa Carvalho Pires e Miriam Cleide
Cavalcante de Amorim.— Iguatu, CE : Quipá Editora, 2026.

74 p. : il.

ISBN 978-65-5376-547-4

I. Monitoramento técnico e qualidade. II. Título.

CDD 628.161

Obra publicada pela Quipá Editora em março de 2026.

Quipá Editora
www.quipaeditora.com.br
@quipaeditora

AGRADECIMENTO

Os autores e organizadores agradecem ao PET- MEC, FNDE pelo incentivo financeiro e à UNIVASF pelo apoio institucional.

PREFÁCIO

O acesso à água de qualidade constitui um dos principais desafios para a promoção da saúde pública, da sustentabilidade ambiental e do desenvolvimento social, especialmente em regiões onde o abastecimento hídrico depende de soluções alternativas, como a captação de água de chuva em cisternas.

Esta Obra é um dos muitos frutos de mais de 15 anos de árduo, incansável e diligente trabalho da Profa.Miriam Cleide Cavalcante de Amorim, conduzindo e preparando vários jovens dentro do Programa de Educação Tutorial da Universidade Federal do Vale do São Francisco, mais conhecido como PET-Saneamento Ambiental (<https://petsaneamento.univasf.edu.br>). Essa profissional, juntamente com esses jovens inovadores, nos presenteia, através dessa Obra, com o desenvolvimento e aplicação de ferramentas importantíssimas e impactantes para análise e a gestão da qualidade da água, ampliando a capacidade de acompanhamento e tomada de decisão em vários contextos de saneamento, inclusive o rural.

Os autores tiveram um olhar atento, inovador, criativo, e comprometido com as principais problemáticas do monitoramento da qualidade da água, integrando recursos como aplicativos móveis, sistemas baseados em Internet das Coisas (IoT) e plataformas digitais de análise. Ao articular inovação tecnológica e gestão ambiental, os capítulos apresentados demonstram o

potencial dessas soluções para fortalecer as práticas de monitoramento, tornando-as mais acessíveis, eficientes e adaptadas às realidades locais.

O primeiro capítulo versa sobre o desenvolvimento do aplicativo **RIOPAR**, baseado em protocolo de avaliação rápida, que busca apoiar a análise de condições ambientais relacionadas aos recursos hídricos. O segundo capítulo aborda a construção de um **sistema IoT integrado a uma aplicação web** para monitoramento em tempo real da qualidade da água de chuva em cisternas, evidenciando o potencial do uso de sensores e conectividade digital para o acompanhamento contínuo de parâmetros ambientais.

No terceiro capítulo, os autores apresentam o aplicativo “**CalcuLEAdora**”, e aqui não poderia deixar de destacar a criatividade do nome e a forma de escrita do *App*, pois **LEA** (Laboratório de **E**ngenharia **A**mbiental) é o impactante ambiente de geração de conhecimento e inovação, aonde os alunos têm a oportunidade de expressarem seu potencial através do desenvolvimento e validação de ferramentas como esta. Este *App* fornece suporte para cálculos de importantes indicadores de qualidade da água, como IQA, IQAR e IET, contribuindo para facilitar análises frequentemente utilizadas em estudos ambientais. Por fim, o quarto capítulo faz uma **prospecção tecnológica** das aplicações das tecnologias digitais no

monitoramento da água e no saneamento rural, destacando o papel da IoT em sistemas de cisternas no Brasil, contribuindo para ampliar a discussão e apontar novas oportunidades sobre o tema.

Ao reunir experiências de desenvolvimento tecnológico, validação de ferramentas e aplicações práticas, este livro contribui para o avanço do conhecimento científico e para a disseminação de soluções inovadoras voltadas ao monitoramento da qualidade da água. Tenho certeza de que esta Obra vai inspirar pesquisadores, estudantes e profissionais das áreas de meio ambiente, engenharia, tecnologia e saúde pública, incentivando novas iniciativas de pesquisa e inovação voltadas à segurança hídrica e à sustentabilidade.

Michely Correia Diniz

Coordenadora do Mestrado Profissional em Propriedade
Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação
PROFNIT (2025 -2027) - Ponto Focal UNIVASF

APRESENTAÇÃO

Este e-book reúne estudos e experiências voltadas ao desenvolvimento e à aplicação de soluções digitais no monitoramento de recursos hídricos, com foco em tecnologias acessíveis e aplicáveis ao contexto do saneamento ambiental. A obra apresenta ferramentas e sistemas desenvolvidos no âmbito do Programa de Educação Tutorial (PET) Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco, integrando conhecimentos das áreas de tecnologia, engenharia e meio ambiente.

Espera-se que os conteúdos aqui apresentados contribuam para ampliar o debate sobre inovação tecnológica no monitoramento da água e inspirem novas iniciativas voltadas à gestão sustentável dos recursos hídricos.

SUMÁRIO

PREFÁCIO APRESENTAÇÃO

CAPÍTULO 1 **11**

RIOPAR: DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO
BASEADO EM PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA.

*Andréa Carvalho Pires
João Pedro de Brito Matias
Antonio dos Santos Filho
Miriam Cleide Cavalcante de Amorim*

CAPÍTULO 2 **20**

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA IOT COM
APLICAÇÃO WEB PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA
ÁGUA DE CHUVA EM CISTERNAS.

*Antonio dos Santos Filho
Thyago Torres de Castro Gama
Miriam Cleide Cavalcante de Amorim*

CAPÍTULO 3 **35**

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DO APLICATIVO
“CALCULEADORA” COMO SUPORTE PARA
CÁLCULOS DE IQA, IQAR E IET.

*Antonio dos Santos Filho
Andréa Carvalho Pires
Miriam Cleide Cavalcante de Amorim*

CAPÍTULO 4

55

APLICAÇÕES DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO MONITORAMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO RURAL: A INTEGRAÇÃO DA IoT EM CISTERNAS NO BRASIL

João Pedro de Brito Matias

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

SOBRE OS AUTORES

73

SOBRE OS ORGANIZADORES

75

CAPÍTULO 1

RIOPAR: DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO BASEADO EM PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA

*Andréa Carvalho Pires
João Pedro de Brito Matias
Antonio dos Santos Filho
Miriam Cleide Cavalcante de Amorim*

RESUMO

Este trabalho apresenta o aplicativo RioPar, uma ferramenta digital baseada nos Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) para análise de ecossistemas aquáticos. Desenvolvido em Flutter/Dart por bolsistas do PET Saneamento Ambiental, o sistema automatiza a coleta e análise de dados ambientais, alinhando-se à Indústria 4.0. Com interface intuitiva, permite avaliar parâmetros da água e margens, gerando classificações automáticas a respeito dos pontos avaliados.

Palavras-Chaves: Monitoramento; Diagnóstico ambiental; Android

INTRODUÇÃO

Para Bizzo *et al.* (2014) “Os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR) são ferramentas desenvolvidas com o objetivo de avaliar qualitativamente os sistemas hídricos superficiais, de modo que sejam diagnosticadas informações qualitativas do meio em que se encontra o rio.”

Tais protocolos demandam intervenções manuais para a coleta e avaliação dos dados, o que pode tornar esses procedimentos demorados e limitados em questão de aplicabilidade.

Com o avanço da Indústria 4.0, a qual se caracteriza pelas tecnologias digitais, automação e sistemas inteligentes, além da implementação de mudanças nos processos produtivos para aumentar a eficiência. A partir disso novas soluções têm sido desenvolvidas para aumentar a eficiência de processos em diversas áreas do conhecimento. Segundo Luthra & Mangla (2018) Essas transformações não apenas abrangem tecnologias resilientes, mas também envolvem novas formas de trabalho e uma redefinição do papel das pessoas na indústria.

Diante desse contexto de inovações tecnológicas e automações, este trabalho apresenta o desenvolvimento do aplicativo RioPar baseado na metodologia do PAR, com o objetivo de automatizar suas etapas e facilitar a obtenção dos resultados. A proposta é analisar a eficiência dessa ferramenta no contexto da avaliação ambiental, com ênfase na sua aplicação para a análise de rios e riachos

METODOLOGIA

O aplicativo foi desenvolvido pelos bolsistas do PET Saneamento Ambiental utilizando a linguagem Flutter/Dart, o que

permite sua utilização em dispositivos com sistema Android e em navegadores Web. O processo de desenvolvimento seguiu uma abordagem incremental, contemplando as etapas de levantamento de requisitos, prototipação e implementação. Os requisitos funcionais foram definidos com base no Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) proposto por Lemos *et al.* (2014), adaptado ao contexto local.

A estrutura do aplicativo foi organizada em módulos que incluem o cadastro de pontos de coleta, o preenchimento dos critérios ambientais, o cálculo automático da pontuação final e a geração de históricos. A modelagem da interface priorizou a usabilidade em campo, facilitando a inserção e visualização dos dados diretamente pelo usuário.

A metodologia aplicada no aplicativo se baseia no estudo “Qualidade ambiental do Riacho das Porteiras, Petrolina, PE” utilizando Protocolo de Avaliação Rápida, realizado por bolsistas do grupo. Nesse estudo, a avaliação ambiental foi feita a partir da observação de aspectos visuais da água (cor, odor, presença de resíduos sólidos (margens e leito), materiais em suspensão e presença de óleos e graxas) e das margens (trecho retificado, erosão, vegetação ciliar, elementos externos, obstrução à fluidez e interconexão com esgoto), conforme orientações do protocolo de Lemos *et al.* (2014).

Para a validação do aplicativo, foi utilizado o Riacho das

Porteiras como estudo de caso. Foram coletadas amostras em cinco pontos distintos do riacho, cujos dados foram inseridos e analisados diretamente pela ferramenta. Com isso, foi possível verificar a eficácia do aplicativo na organização das informações e na precisão dos resultados, contribuindo para a avaliação rápida da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos urbanos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo RioPar foi desenvolvido com um layout simples e intuitivo, proporcionando aos usuários facilidade no manuseio em campo. Na tela inicial, o nome "RioPar Diagnóstico" é exibido em destaque, acompanhado por um menu com quatro opções principais: Nova Avaliação, Histórico, Informações sobre o PAR e Mapa. Há ainda uma seção de Créditos, que reconhece os trabalhos científicos que fundamentaram o desenvolvimento da aplicação.

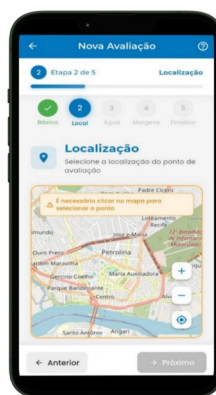
Ao selecionar "Nova Avaliação", o usuário é direcionado para a tela de informações básicas (nome do ponto, data da avaliação), conforme ilustrado na Figura 1. Após esse preenchimento, passa-se à marcação do ponto geográfico no mapa, como mostrado na Figura 2.

Figura 1 – Tela das informações básicas.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores

Figura 2 – Tela da localização no mapa.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores

A etapa seguinte consiste na avaliação dos parâmetros ambientais da água, com pontuação de 0 (condição ruim), 5 (intermediária) ou 10 (condição boa), como mostrado na Figura 3. Os critérios incluem cor, odor, resíduos sólidos, materiais em suspensão e presença de óleos/graxas. Na sequência, procede-se à avaliação das condições das margens, com critérios como presença de vegetação ciliar, erosão, trecho retificado, obstruções ao fluxo e interconexão com esgoto. A pontuação segue a mesma lógica de 0, 5 ou 10, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 3 – Tela de avaliação das características da água.



Figura 4 – Tela de avaliação das características das margens.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores Fonte: Elaborada pelos próprios autores

Concluída a avaliação, uma tela de resumo apresenta todas as informações coletadas e a pontuação atribuída, permitindo a revisão antes da finalização (Figura 5). Por fim, o resultado é gerado com base na pontuação final, classificada em três categorias: Fortemente Impactado (0–31), Alterado (32–78) e Bom Estado (79–110), conforme mostrado na Figura 6.

Figura 5 – Tela do resumo da avaliação. Figura 6 – Tela do resultado de avaliação.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores. Fonte: Elaborada pelos próprios autores

Para testar a funcionalidade do aplicativo em situação real, foi realizada uma avaliação no Ponto 1 do Riacho das Porteiras (S: 09° 18.675', W: 40° 33.309', altitude: 395 m). Os dados foram inseridos diretamente no aplicativo durante a coleta em campo. O ponto obteve 70 pontos, sendo classificado como “Alterado” conforme os critérios do protocolo. A água apresentou boas condições, com pontuação máxima (50/50), indicando ausência de impactos visuais relevantes nos critérios de cor, odor, resíduos, materiais em suspensão e óleos/graxas. Já as margens obtiveram 20/60, revelando impactos como erosão, ausência de vegetação ciliar e obstruções ao fluxo. A Figura 6, apresentada anteriormente, ilustra a tela de resultado gerada pelo aplicativo para este ponto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aplicativo RioPar representa um avanço significativo na modernização dos Protocolos de Avaliação Rápida, ao integrar tecnologias digitais à prática ambiental. Sua interface acessível, aliada à automação dos processos de coleta utilizando mapa para localização e histórico com os pontos avaliados, torna o monitoramento de ecossistemas aquáticos mais eficiente no contexto da análise de rios e riachos.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, Raylane Silva de; MACEDO, Fernanda da Silva; BRAGA FILHO, Leonardo José Paiva; AMORIM, Miriam Cleide Cavalcante de. **Qualidade ambiental do Riacho das Porteiras, Petrolina, PE - utilizando Protocolo de Avaliação Rápida.** Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável, [S. l.], v. 2, n. 5, 2023. DOI: 10.17271/rtgs.v2i5.3714. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/rtgs/article/view/3714>. Acesso em: 7 maio. 2025.

BIZZO, Myrella Rodrigues de Oliveira; MENEZES, Juliana; DE ANDRADE, Sandra Fernandes. **Protocolos de avaliação rápida de rios (par). Caderno de estudos geoambientais-cadegeo,** 2014.

LEMO, R. S.; CARVALHO, V. L. M.; MAGALHÃES, A.P. J.; POLIGNANO, M. V. **Elaboração de um protocolo de avaliação rápida de cursos d'água e aplicação em sub-bacias hidrográficas do Ribeirão Pampulha, bacia do rio das Velhas,**

Minas Gerais –Brasil. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE TRATAMENTO DE APP EM ÁREAS URBANAS, 3., 2014, Belém. 2014. Anais [...]. Minas Gerais: UFPA, 2014, [...].

LUTHRA, Sunil; MANGLA, Sachin. **Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies.** Process Safety and Environmental Protection, v. 117, p. 158-169, 2018. DOI: 10.1016/j.psep.2018.04.018.

CAPÍTULO 2

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA IOT COM APLICAÇÃO WEB PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA EM CISTERNAS.

Antonio dos Santos Filho

Thyago Torres de Castro Gama

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

RESUMO

O monitoramento da qualidade da água é fundamental para garantir a segurança no consumo, especialmente em sistemas de captação de água de chuva como cisternas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma plataforma IoT para o monitoramento em tempo real de parâmetros físico-químicos da água em um reservatório de 1000 litros. O sistema utiliza sensores específicos (temperatura, pH, turbidez, condutividade, sólidos suspensos e nível) conectados a um microcontrolador ESP32, com transmissão dos dados via comunicação LoRa para um banco de dados MySQL. A interface web, desenvolvida com React, Vite e TailwindCSS, permite visualização gráfica e análise dos dados coletados. Os resultados incluem a oferta de uma solução eficiente, de baixo custo e escalável para o controle da qualidade da água em cisternas, potencialmente aplicável em ambientes rurais e residenciais. A plataforma contribui para a automação no monitoramento hídrico, podendo apoiar decisões para o uso sustentável desse recurso.

Palavras-chave: Internet das Coisas (IoT), Cisterna Inteligente, Sistema Web, ESP32, Comunicação LoRa

INTRODUÇÃO

A qualidade da água em sistemas rurais de captação, como cisternas, é essencial para garantir a saúde das populações e a sustentabilidade do recurso hídrico, principalmente em regiões semiáridas do Brasil, onde a água de chuva é amplamente utilizada (Barros, 2025). O monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água em tempo real pode evitar riscos relacionados ao consumo e facilitar a gestão do recurso hídrico (Silva, 2020). Entretanto, como observam Conceição *et al.* (2024), os métodos tradicionais de detecção de vazamentos apresentam custos elevados e baixa eficiência, o que limita sua aplicabilidade em diferentes contextos e reforça a necessidade de soluções mais acessíveis e inovadoras.

Nesse cenário, a Internet das Coisas (IoT) surge como uma solução promissora e de baixo custo para o saneamento rural, permitindo a automação da coleta de dados e controle da qualidade da água (Kubota 2023). Sistemas IoT com sensores integrados e comunicação sem fio, como LoRa e Wi-Fi, possibilitam a transmissão dos dados a plataformas web para visualização e análise dinâmica, o que é fundamental para a gestão eficiente dos recursos hídricos em comunidades rurais (Medeiros, 2023; Xavier, 2021). A implementação tecnológica associada a interfaces intuitivas e acessíveis amplia o impacto

social dessas soluções, alinhando ciência, tecnologia e inclusão social (Silva e Espejo 2024).

O presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema IoT de baixo custo, com uma aplicação web integrada, para o monitoramento da qualidade da água de chuva armazenada em cisternas residenciais e rurais. O sistema utiliza sensores físico-químicos conectados a um microcontrolador ESP32, comunicando-se via LoRa a um banco de dados *MySQL*, cuja visualização se dá por meio de uma interface web desenvolvida com *React*, *Vite* e *TailwindCSS*. Essa abordagem visa oferecer uma solução escalável, acessível e eficiente, alinhada às demandas atuais por sustentabilidade e inovação tecnológica no saneamento básico rural.

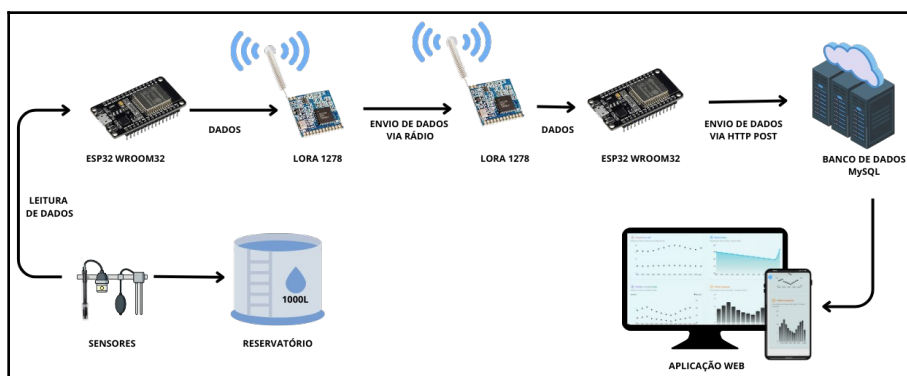
MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do sistema foi dividido em etapas integradas: seleção e montagem dos sensores físicos, configuração do microcontrolador, implementação da comunicação sem fio, estruturação do banco de dados e construção da interface *web* para visualização dos dados coletados .

Foram utilizados sensores para monitoramento dos principais parâmetros físico-químicos da água: temperatura, pH,

turbidez, condutividade elétrica, sólidos suspensos totais (TSS) e nível de água. Cada sensor foi instalado em um reservatório (1000L) e conectado ao microcontrolador ESP32, responsável pela leitura e tratamento inicial dos sinais, usando conversores analógico-digital quando necessário. A transmissão dos dados coletados ocorre via módulo LoRa SX1278, operando em 433 MHz, permitindo comunicação peer-to-peer entre o ESP32 embarcado na cisterna e um *gateway* conectado à internet. Os dados recebidos pelo *gateway* são enviados para um banco de dados *MySQL*, possibilitando o armazenamento histórico e a análise dos parâmetros monitorados. A Figura 1 apresenta o diagrama esquemático do sistema de monitoramento, destacando o fluxo dos dados desde a leitura pelos sensores no reservatório de 1000L até a visualização na aplicação web

Figura 1. Arquitetura do Sistema IoT para Qualidade da Água

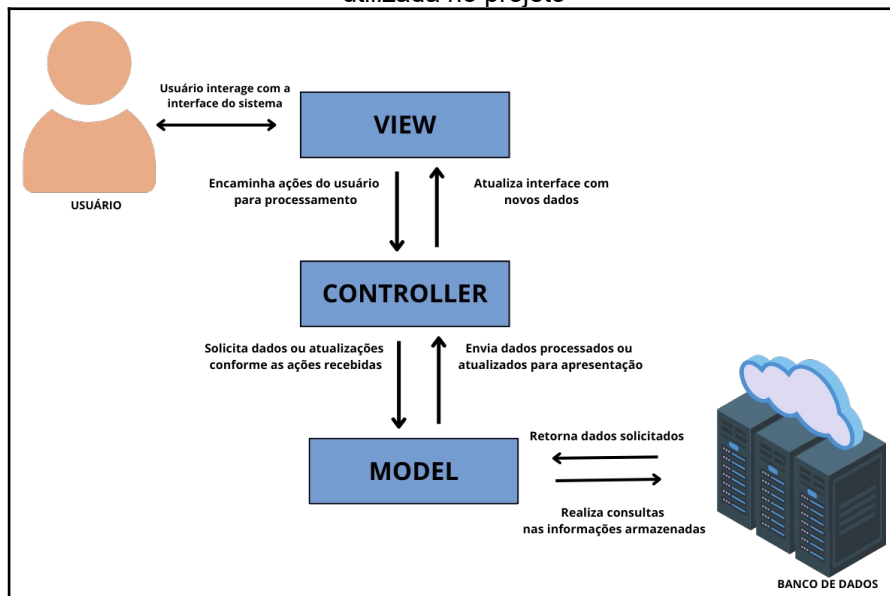


Fonte: Elaboração própria, 2025.

A interface web foi desenvolvida utilizando ferramentas especializadas que facilitam a construção e otimização do sistema. A biblioteca *React* foi empregada para a estruturação dos componentes visuais, enquanto o *Vite* proporcionou otimizações no ambiente de desenvolvimento. Para a estilização responsiva e adequada a diferentes dispositivos, foi utilizado o *framework TailwindCSS*.

O projeto adotou o padrão arquitetural *Model-View-Controller (MVC)*, que divide a aplicação em três camadas distintas: o *Model*, responsável pela lógica e manipulação dos dados; a *View*, encarregada da apresentação visual ao usuário; e o *Controller*, que atua como intermediário comunicando as ações entre *Model* e *View*, como mostrado na Figura 2. Essa separação promove uma melhor organização do código, facilita a manutenção e a escalabilidade da aplicação (Sommerville, 2011; Reenskaug, 1979).

Figura 2. Diagrama da arquitetura MVC (Model-View-Controller) utilizada no projeto



Fonte: Elaboração própria, 2025.

A camada de apresentação, também denominada frontend, realiza a comunicação com o banco de dados através de uma API (*Application Programming Interface*), que serve como intermediária para o acesso e transporte dos dados. Esta arquitetura promove um desacoplamento entre interface e backend, facilitando a manutenção e evolução do sistema.

O desenvolvimento da aplicação seguiu uma abordagem iterativa e incremental, permitindo ajustes contínuos conforme testes e validações eram realizados. Inicialmente, foram definidos os requisitos funcionais e não funcionais, seguidos pela

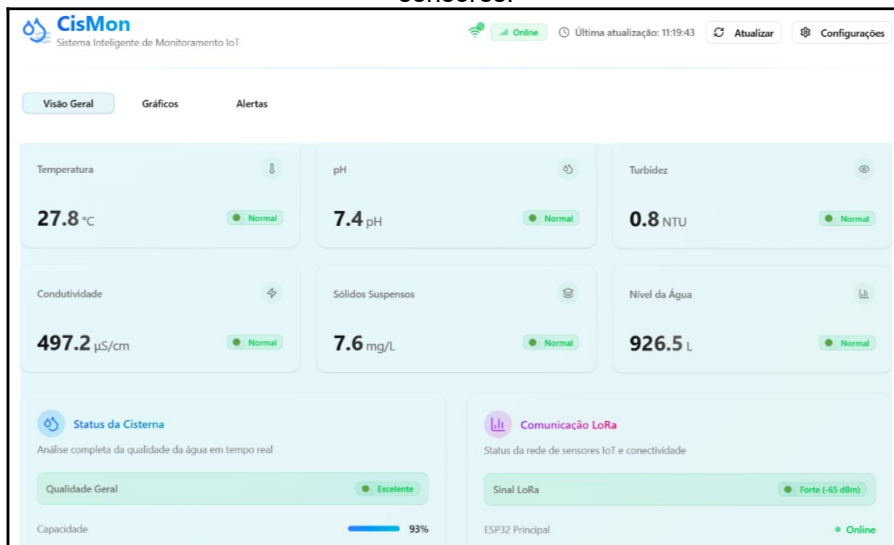
elaboração do protótipo da interface e da arquitetura de comunicação. Em cada ciclo, funcionalidades foram implementadas e submetidas a testes unitários e de integração, garantindo a confiabilidade das operações.

As validações foram realizadas em ambiente controlado, comparando leituras dos sensores com padrões de referência e simulando diferentes condições de qualidade da água no reservatório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados pelo sistema IoT demonstraram a eficácia na leitura em tempo real dos parâmetros físico-químicos essenciais para a avaliação da qualidade da água de chuva armazenada na cisterna. A Figura 3 apresenta a interface inicial do sistema, onde as leituras instantâneas de temperatura, pH, turbidez, condutividade, sólidos suspensos totais e nível de água são exibidas de forma clara e acessível, facilitando o monitoramento remoto pelos usuários. A resposta rápida dos sensores aliada à transmissão estável dos dados via comunicação LoRa comprova a viabilidade técnica da solução para ambientes rurais.

Figura 3. Interface inicial do sistema IoT com leituras em tempo real dos sensores.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

A visualização gráfica dos parâmetros, mostrada na Figura 4, permite uma análise temporal e comparativa dos dados monitorados, destacando padrões e eventuais variações de qualidade ao longo do período de observação.

Figura 4. Visualização gráfica dos parâmetros de qualidade da água no sistema IoT.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Os sensores empregados foram calibrados e validados em ambiente controlado, apresentando leituras condizentes com os valores esperados. A comunicação LoRa, por sua vez, mostrou-se estável mesmo em meio às possíveis interferências ambientais típicas de áreas rurais, permitindo a transmissão contínua dos dados para o banco MySQL.

A seguir, a Tabela 1 apresenta um resumo das leituras médias obtidas em três repetições, dos valores esperados e das faixas de erro dos principais parâmetros monitorados pelo sistema IoT durante os testes em ambiente controlado, facilitando

a avaliação da precisão dos sensores empregados.

Tabela 1 – Leituras médias dos parâmetros monitorados pelo sistema IoT em ambiente controlado.

Parâmetro	Sensor	Leitura Esperada	Leitura Média	Erro do sensor
Temperatura (°C)	DS18B20	25.0	25	±0.5 °C
pH	PH4502C	7.00	7.02	±0.05 pH
Turbidez (NTU)	ST100	7.0	17.3	±0.5 NTU
Condutividade (µS/cm)	TDS Meter	500	495	±20 µS/cm
Sólidos Suspensos (mg/L)	TDS Meter	200	195	±15 mg/L
Nível de água (L)	Sensor de Bóia	950	949	±20 L

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A análise dos dados apresentados evidencia que, para a maioria dos parâmetros monitorados, as leituras simuladas se mantiveram próximas dos valores esperados e dentro da margem de erro estabelecida pelos fabricantes dos sensores. Isso ressalta a confiabilidade do sistema proposto na medição dos parâmetros físico-químicos da água em condições controladas. Além da confiabilidade das medições, o monitoramento contínuo possibilitou a observação de variações nos parâmetros físico-

químicos durante diferentes períodos do dia, evidenciando influências ambientais, como variações de temperatura e incidência solar, que afetam diretamente a qualidade da água armazenada. O sensor de turbidez apresentou menor precisão durante os testes, possivelmente devido ao ambiente aberto da cisterna, onde a incidência direta de luz interfere na medição óptica do sensor. A luz ambiente pode causar dispersão e reflexos que prejudicam a detecção correta das partículas em suspensão, afetando a exatidão dos resultados. Essa limitação é comum em sensores de turbidez utilizados em reservatórios não fechados, conforme observado em estudos sobre a aplicação prática desses dispositivos em ambientes externos.

Para a medição da temperatura, utilizou-se o sensor DS18B20 à prova d'água, conhecido pela sua precisão na faixa de -55 °C a 125 °C e pela robustez adequada para ambientes úmidos, garantindo leituras confiáveis mesmo em contato direto com a água. Já para a avaliação do pH da água, foi empregado o sensor acoplado ao módulo de leitura BNC PH4502C, cuja função é essencial para identificar possíveis contaminações e desequilíbrios químicos por meio da medição da acidez ou alcalinidade. Durante as operações, constatou-se que o sensor de pH é sensível às variações ambientais, principalmente da temperatura da água, o que evidencia a necessidade da compensação térmica para garantir que as leituras obtidas sejam

precisas e representem com fidelidade as condições reais do reservatório. Além disso, a calibração periódica do sensor mostrou-se indispensável para manter a confiabilidade das medições ao longo do tempo, uma vez que a exposição constante ao meio aquoso pode causar desgaste do eletrodo e influenciar os resultados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema integrado demonstrou ser eficiente na coleta, transmissão e armazenamento dos dados dos sensores, permitindo acompanhamento remoto e análise contínua dos parâmetros físico-químicos da água, o que reforça a viabilidade e aplicabilidade da solução para ambientes residenciais e rurais. A confiabilidade dos dados foi ratificada pelos testes realizados, que evidenciaram a precisão das medições e a estabilidade da comunicação via LoRa, além da usabilidade da plataforma.

A utilização de tecnologias como *React*, *Vite* e *TailwindCSS* garantiu uma experiência responsiva e intuitiva para o usuário, permitindo a visualização clara dos dados coletados pelos sensores. A comunicação com o banco de dados via *API* demonstrou-se estável, assegurando a integridade e atualização contínua das informações na aplicação *web*.

No entanto, surgem questionamentos quanto à

necessidade de ampliar os testes para diferentes contextos ambientais e operacionais, bem como a inclusão de um maior número e variedade de sensores para uma avaliação mais abrangente da qualidade da água. O sistema atual pode ser aperfeiçoado com a implementação de alertas automáticos em email, SMS ou até mesmo *whatsapp* para situações críticas e a integração com outras plataformas IoT, potencializando o monitoramento e a resposta a eventuais problemas.

Sugere-se, como continuidade, a exploração de melhorias na interface de usuário, visando maior intuitividade e personalização dos relatórios, além de estudos para otimização do consumo energético dos dispositivos embarcados. A integração com técnicas de análise preditiva e inteligência artificial também pode ser investigada, ampliando a capacidade de antecipação e mitigação de riscos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barros, N. N. 2025. "Monitoramento por IoT para avaliação de consumo de água em sistemas rurais." **Revista de Tecnologia Sanitária (RTS)**. <https://www.scielo.br/j/ac/a/WSys4Tp7brX7w83Yvt39YgP/>.

Conceição, Ana Beatriz das Neves, Jossylyn Dayanny Casseb Campos, Denis Carlos Lima Costa, e Verônica Scarpini Candido. 2024. **"Implementação da IoT em estação de tratamento de água para detecção de vazamentos por telemetria utilizando microcontrolador."** Documento apresentado em São Paulo, SP,

Brasil. https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/868854/2/Automacao_ABM.pdf.

Kubota, L. C. 2023. **"Internet das Coisas e conectividade no campo: potencialidades e desafios."** IPEA. <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/98ae2d92-0cfc-44d0-a4ae-544f452678dc/content>.

Medeiros, A. S. 2023. **"Monitoramento e medição de água em um campus inteligente baseado em IoT."** Repositório IFPB. <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/2834>.

Reenskaug, Trygve. 1979. **"Model-View-Controller (MVC): Conceptual Original."** Xerox PARC.

Silva, W. B. L. Junior. 2020. "Monitoramento da qualidade da água utilizando IoT: desenvolvimento prático de sistema automatizado." **Humanidades e Inovação** 10 (2). <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadesinovacao/article/view/2185/1655>.

Silva, Eduardo Corneto, e Márcia Maria dos Santos Bortolucci Espejo. 2024. "Adoção da Internet das Coisas (IoT) na agropecuária: uma revisão sistemática no contexto rural brasileiro." **INTER - Revista de Comunicação, Informação e Cultura** 25, no. 4. <https://www.scielo.br/j/inter/a/78rJKPRVQmQBm6tzGQNBcZz/>.

Sommerville, Ian. 2011. **Software Engineering**. 9th ed. São Paulo: Pearson.

Xavier, Felipe. 2021. **"Desenvolvimento de dispositivo IoT de baixo custo para monitoramento da qualidade da água."** Trabalho de conclusão de curso (TCC), UTFPR. https://tsi.td.utfpr.edu.br/~edson/TCCs/Felipe_Xavier_TCC2_REV01.pdf.

CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DO APLICATIVO “CALCULEADORA” COMO SUPORTE PARA CÁLCULOS DE IQA, IQAR E IET.

Antonio dos Santos Filho

Andréa Carvalho Pires

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento e a validação do aplicativo móvel “CalcuLEAdora”, projetado para auxiliar no cálculo automatizado de três indicadores amplamente utilizados na análise ambiental: Índice de Qualidade da Água (IQA), Índice de Qualidade do Ar (IQAR) e Índice de Estado Trófico (IET). O aplicativo foi desenvolvido com a linguagem Dart utilizando o framework Flutter, adotando práticas da engenharia de software, incluindo levantamento de requisitos, prototipação, implementação e testes iterativos. O estudo seguiu uma abordagem metodológica em três etapas: definição e estruturação dos conteúdos técnico-científicos, desenvolvimento da aplicação com foco na usabilidade e validação do conteúdo por especialistas das áreas de meio ambiente e tecnologia da informação. A avaliação da consistência e pertinência dos conteúdos foi realizada por meio do Índice de Validade de Conteúdo (IVC), alcançando valores superiores a 0,90, o que indica forte concordância entre os avaliadores. Os resultados demonstram que o “CalcuLEAdora” é uma ferramenta eficaz, acessível e de fácil utilização para estudantes, docentes, pesquisadores e profissionais envolvidos com a gestão e monitoramento ambiental. A interface amigável permite a

inserção rápida de dados e gera interpretações automáticas baseadas em normativas técnicas, promovendo maior precisão e padronização na análise da qualidade da água. O aplicativo se destaca como uma tecnologia de apoio à sustentabilidade e à democratização da informação ambiental.

Palavras chave: Engenharia de software, Indicadores ambientais, IVC, Saneamento Ambiental.

INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade ambiental constitui um elemento fundamental para a proteção dos recursos naturais e a promoção da saúde pública. A avaliação sistemática das condições ambientais por meio de indicadores específicos permite identificar alterações nos ecossistemas, subsidiar a tomada de decisões e orientar políticas públicas voltadas à sustentabilidade (BRASIL, 2020).

Entre os principais instrumentos utilizados para essa avaliação, destacam-se o Índice de Qualidade da Água (IQA), desenvolvido para avaliar a qualidade dos recursos hídricos através da análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos; o Índice de Estado Trófico (IET), que mensura o grau de eutrofização dos corpos d'água indicando seu nível de enriquecimento por nutrientes; e o Índice de Qualidade do Ar (IQA_r), ferramenta que traduz as concentrações de poluentes atmosféricos em valores dimensionais relacionados aos potenciais efeitos à saúde humana (ANA, 2021; BRASIL, 2021).

No contexto brasileiro, esses indicadores assumem particular relevância diante dos desafios ambientais contemporâneos e das demandas por melhorias na qualidade de vida da população. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) e a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) estabelecem a necessidade de sistemas de monitoramento que permitam acompanhar a evolução da qualidade ambiental e a efetividade das medidas de controle implementadas (BRASIL, 1997; BRASIL, 1981).

No entanto, a complexidade técnica envolvida no cálculo desses indicadores representa um desafio significativo para gestores públicos, técnicos e pesquisadores, especialmente considerando as limitações de recursos humanos especializados e a necessidade de cálculos precisos que envolvem múltiplas variáveis e parâmetros específicos. Essa demanda por ferramentas mais acessíveis e confiáveis para o cálculo desses indicadores torna-se ainda mais relevante no contexto atual, onde o monitoramento contínuo da qualidade ambiental é essencial para verificar a eficácia das políticas ambientais implementadas.

Diante do cenário identificado, é importante destacar que os aplicativos móveis se configuram como ferramentas valiosas também na área ambiental, uma vez que possibilitam acesso rápido e simplificado a conhecimentos técnico-científicos e metodologias de cálculo, favorecendo a adoção de práticas mais

consistentes e confiáveis. Com a ampla disseminação dos smartphones e a possibilidade de disponibilização de conteúdos atualizados em tempo real, essas soluções tornam-se recursos relevantes tanto para fins educacionais quanto para apoio em atividades de monitoramento.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo descrever o processo de desenvolvimento e validação de conteúdo de um aplicativo voltado ao cálculo de indicadores ambientais, contemplando o Índice de Qualidade da Água (IQA), o Índice de Estado Trófico (IET) e o Índice de Qualidade do Ar (IQAr).

METODOLOGIA

Inicialmente, realizou-se uma busca exploratória nas plataformas Google Play Store e App Store nos meses de junho e julho de 2025, com o objetivo de identificar aplicativos com funcionalidades semelhantes à proposta da “CalcuLEAdora”. Foram empregadas combinações de termos em português e inglês, associadas por operadores booleanos, contemplando palavras-chave como “índice de qualidade da água”, “índice de qualidade do ar” e “índice de estado trófico” e suas correspondentes em inglês.

Optou-se pela inclusão de termos no idioma inglês, mesmo tratando-se de um estudo voltado ao público brasileiro, pois

verificou-se que muitos aplicativos relacionados apresentavam descrição ou título exclusivamente em inglês, apesar de possuírem interface em português. Essa estratégia permitiu ampliar o alcance e obter resultados mais diversificados, abrangendo aplicativos nacionais e internacionais.

O desenvolvimento da “CalcuLEAdora” seguiu as práticas recomendadas de engenharia de software, contemplando as etapas de levantamento de requisitos¹, prototipação, implementação e testes iterativos. O levantamento de requisitos foi realizado em conjunto com professores, estudantes e especialistas do Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) na UNIVASF, com foco na identificação das funcionalidades necessárias para o cálculo dos índices: Índice de Qualidade da Água (IQA), Índice de Qualidade do Ar (IQAr) e Índice de Estado Trófico (IET). A fase de prototipação envolveu a criação de interfaces navegáveis, permitindo a avaliação prévia da experiência do usuário e ajustes no design antes da implementação definitiva.

A implementação foi conduzida utilizando o framework Flutter² e a linguagem Dart³, o que permitiu a criação de uma aplicação multiplataforma, disponível no formato .apk⁴ para

¹Levantamento de requisitos: etapa da engenharia de software dedicada à identificação das necessidades e expectativas do usuário para o desenvolvimento do sistema.

²Flutter: Framework UI open-source do Google.

³Dart: Linguagem de programação orientada a objetos, criada pelo Google.

⁴apk: pacote de instalação de aplicativos usado pelo sistema operacional Android

dispositivos Android e como aplicação web. O aplicativo foi estruturado em módulos independentes, cada um responsável por um cálculo específico (IQA, IET para rios e reservatórios, e IQAr), além de uma seção informativa contendo descrições detalhadas de cada índice, parâmetros utilizados e interpretação dos resultados.

Durante o desenvolvimento, foram aplicados testes iterativos para verificação da consistência dos cálculos, desempenho da aplicação e responsividade da interface em diferentes dispositivos e tamanhos de tela. O feedback obtido nos testes foi incorporado nas revisões, garantindo maior estabilidade e usabilidade no produto final.

O aplicativo passou por validação de conteúdo por meio de avaliação eletrônica realizada por especialistas, docentes e alunos da área ambiental, com experiência em qualidade da água, qualidade do ar e indicadores ambientais. Os avaliadores receberam um convite com a apresentação do estudo e, após aceitarem, tiveram acesso à versão de teste da aplicação e ao formulário estruturado para validação. Como não houve coleta de informações pessoais ou sensíveis, nem registro identificável dos participantes, não se fez necessário o uso de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

A participação ocorreu de forma voluntária e anônima, restrita à apreciação técnica do aplicativo e preenchimento do questionário de avaliação. A coleta ocorreu entre janeiro e março de 2025, utilizando instrumento adaptado da Mobile App Rating Scale (MARS), contemplando dimensões como clareza das informações, funcionalidade, estética, usabilidade e aplicabilidade acadêmica. A validação de conteúdo da “CalcuLEAdora” foi conduzida com base no Índice de Validade de Conteúdo (IVC), que quantifica a proporção de concordância entre avaliadores quanto à clareza, relevância e adequação dos itens analisados. Para isso, empregou-se uma escala Likert de quatro pontos (1 – concordo fortemente; 2 – concordo; 3 – discordo; 4 – discordo fortemente), permitindo mensurar o grau de aceitação de cada aspecto avaliado.

De acordo com Alexandre e Coluci(11), para que uma ferramenta seja validada, seu IVC global deve ser de 0,90 ou mais. A fórmula para avaliar cada item individualmente fica assim:

$$IVC = \frac{\text{número de respostas "3" ou "4"}}{\text{número total de respostas}}$$

Participaram do processo 18 avaliadores, sendo 6 especialistas e 12 estudantes das áreas de Engenharia da Computação e Engenharia Agrícola e Ambiental. Esse número de

juízes está em consonância com as recomendações metodológicas da literatura, que apontam a faixa entre 6 e 20 participantes como adequada para assegurar representatividade e confiabilidade na análise de validação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

LEVANTAMENTO DE APLICATIVOS SEMELHANTES

A busca realizada nas lojas Google Play Store e App Store resultou em um número reduzido de aplicativos diretamente relacionados às palavras-chave utilizadas, conforme apresentado na Tabela 1. Observa-se que, apesar de algumas combinações retornarem resultados na Google Play Store, não foram encontrados aplicativos correspondentes na App Store.

Tabela 1. Aplicativos encontrados por palavra-chave nas lojas Google Play Store e App Store

Palavras Chave e Estratégias	Lojas Virtual	
	Google Play Store	App Store
("water quality index" OR WQI) AND (calculator OR app OR application)	3	0
("trophic state index" OR TSI) AND (calculator OR app)	9	0
("air quality index" OR AQI) AND (calculator OR app)	30	0
("environmental monitoring" AND (application OR tool OR app))	28	0
("environmental indicators" AND (calculator OR app))	10	0
Total	80	0

Fonte: os Autores

A prospecção realizada nas lojas resultou na identificação de 80 aplicativos relacionados a indicadores ambientais, distribuídos de acordo com as estratégias de busca. Observa-se que a maior parte das ocorrências está concentrada em termos mais amplos, como “*air quality index*” (n=30) e “*environmental monitoring*” (n=28). Por outro lado, a busca por aplicativos diretamente associados a “*water quality index*” e “*trophic state index*” resultou em números consideravelmente menores (n=3 e n=9, respectivamente), revelando uma oferta ainda limitada de

ferramentas digitais específicas para esses cálculos.

Apesar dessa quantidade de aplicativos identificados, é importante ressaltar que a maioria não realiza de fato a função de cálculo dos indicadores, restringindo-se a apresentar dados de monitoramento gerados por outros sistemas, notícias ambientais ou informações descritivas. Essa limitação evidencia uma lacuna no mercado, pois não foram encontrados aplicativos que integrem de forma didática e automatizada os três indicadores ambientais selecionados neste estudo: IQA, IET e IQAr.

CONSTRUÇÃO DO APLICATIVO

A etapa de seleção e elaboração do material que compõe o conteúdo da “CalcuLEAdora” foi realizada por meio de pesquisa na literatura científica e normativa, utilizando metodologias consolidadas para o cálculo dos indicadores ambientais.

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi estruturado a partir da metodologia proposta pela CETESB (2021), enquanto o Índice de Estado Trófico (IET) seguiu as fórmulas e critérios estabelecidos por Lamparelli (2004). Para o Índice de Qualidade do Ar (IQAr), adotaram-se os parâmetros definidos na Resolução nº 491/2018 do CONAMA⁵ (2018). Além disso, os conceitos de

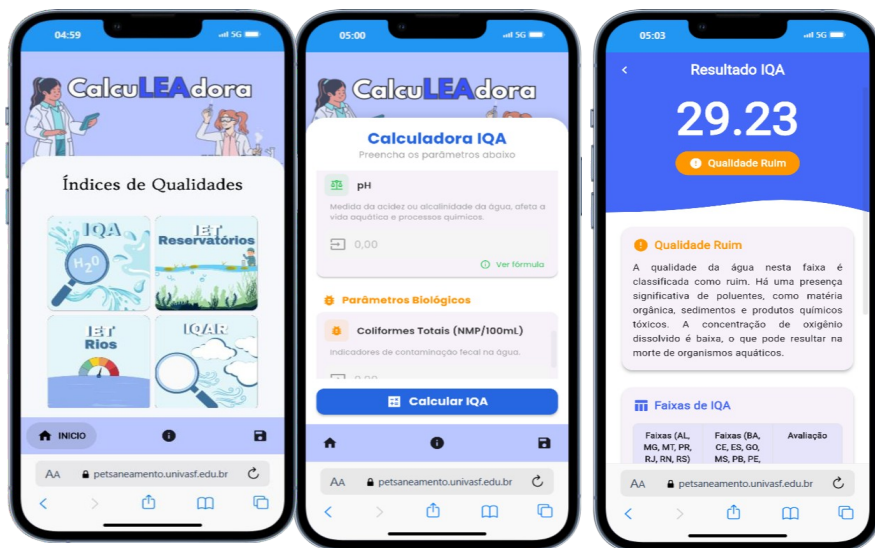
⁵CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente, órgão de regulamentação ambiental no Brasil.

qualidade da água utilizados como referência foram fundamentados em Von Sperling (2007), que apresenta modelagens e aplicações práticas reconhecidas na área de engenharia ambiental.

Após a seleção e identificação de temas pertinentes, com bases teóricas consistentes, foi iniciado o processo de elaboração do conteúdo, que culminou na criação do protótipo.

O aplicativo desenvolvido recebeu o nome “CalcuLEAdora”, uma junção de “calculadora” com a sigla LEA, em referência ao Laboratório de Engenharia Ambiental, onde foi desenvolvido. Seu público-alvo abrange estudantes, docentes e profissionais da área ambiental. O app é organizado em menus e submenus (Figura 1), que dão acesso a duas funcionalidades principais: (1) uma seção informativa com descrições detalhadas sobre os três indicadores contemplados – Índice de Qualidade da Água (IQA), Índice de Estado Trófico (IET) e Índice de Qualidade do Ar (IQAr) – e (2) módulos interativos para o cálculo automatizado desses índices. A interface apresenta campos de inserção de dados e botões de cálculo, que retornam os resultados acompanhados de sua respectiva classificação e interpretação conforme metodologias oficiais (Figura 1). Além disso, cada módulo é complementado por conteúdos explicativos sobre parâmetros, fórmulas e critérios de avaliação, favorecendo o aprendizado do usuário (Figura 1).

Figura 1. Tela principal do aplicativo, tela do cálculo do IQA e tela resultado do IQA



Fonte: os Autores

Participaram da validação de conteúdo 18 usuários, sendo 6 especialistas e 12 estudantes da área. Apresenta-se a seguir tabela com a avaliação acerca do conteúdo do aplicativo (Tabela 2).

Tabela 2. Tela principal do aplicativo

Critério Avaliado	Escala			
	1 - Concordo fortemente	2 - Concordo	3 -Discordo	4 - Discordo fortemente
O conteúdo do aplicativo é claro e compreensível.	14	4	-	-
O aplicativo apresenta informações relevantes para o público- alvo.	16	2	-	-
O conteúdo está atualizado e cientificamente embasado.	18	-	-	-
A navegação é intuitiva e fácil de usar.	10	8	-	-
Os botões, menus e interações são bem posicionados e funcionam corretamente.	10	8		-
O aplicativo é responsivo (funciona bem em diferentes dispositivos).	13	3	2	-
A interface é visualmente agradável e consistente.	16	2	-	-
As cores, fontes e gráficos são adequados ao público-alvo.	16	2	-	-
Não há excesso de informações visuais que prejudiquem o uso.	16	2	-	-
Todas as funções principais do aplicativo estão operando conforme esperado.	17	2	-	-
O tempo de resposta do aplicativo é satisfatório.	14	4	-	-

Não foram detectados erros ou falhas técnicas.	14	4	-	-
O aplicativo atende às necessidades específicas do público-alvo.	16	2	-	-
O conteúdo abordado sobre IQA, IQAr e IET é pertinente e relevante.	18	-	-	-
É uma solução prática para o problema que se propõe a resolver.	18	-	-	-

Fonte: os Autores

Dos 18 avaliadores participantes (6 especialistas e 12 estudantes), cada um respondeu a um questionário composto por 15 itens. Assim, obtiveram-se 270 respostas no total (18×15 itens). Destas, 226 (83,7%) foram classificadas como “concordo fortemente”, 43 (15,9%) como “concordo” e apenas 2 (0,7%) como “discordo”. Nenhum avaliador selecionou a opção “discordo fortemente”. Esses resultados resultaram em um IVC global de 0,997, valor considerado excelente e indicativo de forte consenso entre os avaliadores. Dessa forma, o aplicativo “CalcuLEAdora” pode ser considerado validado quanto à clareza, relevância e adequação de seu conteúdo, não sendo necessárias novas rodadas de questionário.

Foi realizada uma análise das sugestões apresentadas pelos avaliadores e, conforme a pertinência ao objetivo do estudo e a viabilidade de implementação, algumas foram incorporadas

ao aplicativo, enquanto outras foram descartadas. As alterações realizadas tiveram como foco a melhoria da clareza, da usabilidade e da organização das informações, resultando na versão final da “CalcuLEAdora” disponibilizada para uso. Entre as modificações acatadas destacam-se ajustes na apresentação dos parâmetros de entrada, com a inclusão de explicações adicionais sobre variáveis críticas dos indicadores, bem como melhorias na disposição dos botões de cálculo e feedback visual dos resultados, visando tornar a interação mais intuitiva. Também foi incorporado conteúdo complementar sobre a interpretação dos índices IQA, IQAr e IET.

Além disso, a “CalcuLEAdora” contribui positivamente para a sustentabilidade ao disponibilizar de forma digital conteúdos que antes dependiam de planilhas impressas ou materiais físicos. Essa abordagem não apenas reduz o uso de papel, tinta e energia, mas também diminui a ocorrência de erros de cálculo, comuns em procedimentos manuais, e reduz a possibilidade de perda das informações, já que os resultados ficam centralizados e podem ser facilmente acessados dentro do próprio aplicativo.

O aplicativo apresenta potencial de utilização em diferentes contextos, incluindo atividades de ensino, pesquisas acadêmicas, monitoramento em campo e apoio à tomada de decisão em órgãos de gestão ambiental. Sua aplicabilidade é

reforçada pelo fato de reunir, em uma única plataforma, tanto os cálculos automatizados quanto informações técnicas essenciais para a interpretação dos indicadores.

Este estudo apresentou algumas restrições que precisam ser consideradas. Em primeiro lugar, a validação da “CalcuLEAdora” foi realizada de forma localizada, no contexto do Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA), com dados oriundos de análises conduzidas em uma única região. Isso pode limitar a generalização dos resultados, já que diferentes contextos geográficos apresentam variações significativas na qualidade da água, do ar e nos fatores que influenciam o estado trófico dos corpos hídricos. Ensaios em diferentes bacias hidrográficas, regiões urbanas ou áreas com características ambientais distintas poderiam contribuir para confirmar a robustez e a aplicabilidade do aplicativo em diferentes cenários.

Além disso, o escopo dos indicadores incluídos restringiu-se ao IQA, IET e IQAr. Apesar de serem métricas amplamente utilizadas, a expansão para outros índices, como os relacionados a resíduos sólidos, qualidade do solo ou saúde ambiental, poderia ampliar a utilidade da ferramenta, tornando-a mais abrangente no apoio à gestão ambiental.

Outro ponto é a ausência, nesta versão, de funcionalidades de integração com bancos de dados e armazenamento em nuvem, aspectos que poderiam facilitar o

compartilhamento de resultados em tempo real entre diferentes usuários e instituições. Essa limitação restringe o uso do aplicativo em abordagens colaborativas e também a formação de séries históricas de dados ambientais.

Por fim, a validação contou apenas com especialistas e estudantes da área ambiental, o que representa um recorte relativamente homogêneo de público. A aplicação de testes com gestores públicos, profissionais não técnicos e cidadãos interessados poderia contribuir para refinar aspectos de usabilidade, acessibilidade e comunicação dos resultados, tornando o aplicativo ainda mais inclusivo e didático.

CONCLUSÃO

A prospecção inicial de aplicativos evidenciou uma lacuna no mercado, já que não foram encontrados apps específicos para cálculo de indicadores ambientais como IQA, IET e IQAr. Esse achado reforçou a pertinência do desenvolvimento da “CalcuLEAdora”.

O processo de validação de conteúdo resultou em um Índice de Validade de Conteúdo (IVC) global de 0,93, demonstrando alto grau de concordância entre especialistas e estudantes quanto à clareza, relevância e aplicabilidade do aplicativo. Esse resultado confirma a qualidade técnica e

pedagógica da ferramenta. Além de automatizar cálculos e fornecer classificações confiáveis, a “CalcuLEAdora” agrega valor ao disponibilizar conteúdos explicativos, reduzindo erros manuais e ampliando o potencial de aprendizado. Dessa forma, o aplicativo se configura como uma solução prática para apoiar atividades de ensino e monitoramento ambiental, respondendo a uma necessidade até então não atendida.

Os resultados obtidos indicam que a “CalcuLEAdora” preenche uma lacuna tecnológica na área de engenharia ambiental, oferecendo uma solução prática e validada para apoiar tomadas de decisão, ações de monitoramento e atividades de ensino. Recomenda-se a continuidade do seu desenvolvimento, incorporando novos indicadores ambientais, recursos offline e integração com bases de dados, de forma a ampliar seu alcance e potencial de aplicação.

REFERÊNCIAS

BRASIL, IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de qualidade do meio ambiente**. [recurso eletrônico]: RQMA Brasil 2020 / Hanry Alves Coelho, Andrea Alimandro Corrêa (coordenação). Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/rqma-brasil2020.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2025.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de

formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 16 jul. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: 16 jul. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 10 ago. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente de Mudança do Clima. **Orientação Técnica**. Índice de Qualidade do Ar (2025). Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambienteurbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/qualidade-do-ar/indice-de-qualidade-do-ar-iqar/orientacao-tecnica-indice-de-qualidade-do-ar-jan-25.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2025.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de qualidade das águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das-%C3%81guas-%28iqa%29>. Acesso em: 17 jun. 2025.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índices de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2021. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 10 ago. 2025.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 nov. 2018.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

CAPÍTULO 4

APLICAÇÕES DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO MONITORAMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO RURAL: A INTEGRAÇÃO DA IoT EM CISTERNAS NO BRASIL

*João Pedro de Brito Matias
Miriam Cleide Cavalcante de Amorim*

RESUMO

Este artigo realiza uma prospecção tecnológica sobre o uso de tecnologias digitais no monitoramento de água e saneamento rural no Brasil, com ênfase em cisternas de captação de água de chuva. A partir da combinação de palavras-chave em bases de dados científicas e de patentes (SciELO, CAPES, INPI, SPB), buscou-se identificar softwares com tendências emergentes na integração da Internet das Coisas (IoT) para melhorar o acesso, a qualidade e a gestão da água em comunidades rurais. Os resultados revelam baixo registro de patentes e ainda pouca produção acadêmica diretamente articulada ao tema, apontando oportunidade para inovação tecnológica e social neste setor.

Palavras-chave: Saneamento rural, Tecnologias digitais, Internet das Coisas, Monitoramento de água, Cisternas

INTRODUÇÃO

O acesso à água potável nas áreas rurais brasileiras ainda é um obstáculo relevante, especialmente em regiões do semiárido, onde a escassez hídrica prejudica diretamente a

saúde e o desenvolvimento comunitário. Tecnologias sociais como as cisternas de placa têm representado uma solução eficaz para o abastecimento de água nesses contextos, sendo reconhecidas, entre outros autores, por Tucci (2008), Sepúlveda *et al.* (2025) e De Marque *et al.* (2021) como alternativas que promovem inclusão, participação comunitária e sustentabilidade ambiental. O Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) , com mais de um milhão de reservatórios instalados, evidencia o potencial de políticas públicas voltadas ao saneamento rural e à convivência produtiva com o semiárido, conforme Tavares (2024) e Albuquerque dos Santos *et al.* (2023).

Apesar dos avanços, desafios na manutenção e na qualidade da água armazenada persistem. Estudos recentes apontam com preocupação para o descumprimento dos padrões de potabilidade em boa parte das cisternas avaliadas, sugerindo a adoção de medidas educativas e programas de monitoramento mais eficientes. Batista *et al.* (2024) destaca a importância do engajamento comunitário e da capacitação técnica para garantir o uso seguro da água e aumentar a efetividade das tecnologias sociais em diversos territórios.

Nesse contexto, o uso de tecnologias digitais passa a ser uma tendência promissora. O monitoramento automatizado, baseado na Internet das Coisas (IoT), tem sido testado para controle do volume e dos parâmetros físico-químicos da água em

reservatórios rurais, com resultados positivos tanto no Brasil quanto internacionalmente. Renzcherchen *et al.* (2025) aponta para o papel disruptivo da IoT no ambiente rural, sobretudo da internet 5G, permitindo o desenvolvimento de fazendas inteligentes e sistemas autônomos de gestão da água. No Brasil, essa integração ainda é prematura, mas tem um enorme potencial para modernizar regiões vulneráveis e ajudar o país a cumprir suas metas de desenvolvimento sustentável (ODS).

Portanto, este artigo revê as abordagens de tecnologias sociais para o acesso à água em áreas rurais, ampliando o debate para o papel das tecnologias digitais no monitoramento e gestão de cisternas, e fundamenta sua análise na literatura nacional e internacional recente, visando contribuir para a construção de políticas públicas inovadoras e inclusivas no saneamento rural brasileiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido a partir de uma abordagem exploratória e descritiva, empregando uma prospecção tecnológica sobre o uso de tecnologias digitais no monitoramento de água e saneamento rural, com foco na integração da Internet das Coisas (IoT) em cisternas. O levantamento ocorreu entre janeiro de 2015 e setembro de 2025, abrangendo pesquisas

bibliográficas, análise documental e cruzamento de dados em bancos de patentes, bases acadêmicas e softwares públicos.

Definição das Palavras-Chave

Para esta prospecção tecnológica, foram definidas palavras-chave que refletem aspectos centrais do tema. As palavras foram selecionadas visando cobrir os conceitos de água para consumo, monitoramento da água a partir da IoT, gestão digital de cisternas e tecnologias sociais aplicadas no meio rural. As palavras-chave, bem como seus objetivos estão dispostos a seguir:

Tabela 1 – Palavras-Chave da Prospecção Tecnológica

Palavra-Chave	Objetivo na Pesquisa
Água para consumo	Mapear tecnologias e pesquisas voltadas à água potável
Monitoramento de água	Identificar dispositivos voltados ao monitoramento
Software para gestão de cisternas	Avaliar soluções digitais para gestão de cisternas
Acesso à água	Mapear tecnologias e políticas para ampliar acesso
Qualidade da água	Verificar estudos e patentes sobre métodos de controle
Internet das Coisas (IoT)	Investigar aplicações IoT em cisternas e água
Cisternas rurais	Avaliar tecnologias sociais e tradicionais
Captação de água de chuva	Mapear soluções inovadoras de captação
Reservatórios	Analisar métodos e softwares de controle
Tecnologias sociais	Identificar inovações aplicáveis a comunidades

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Combinação das Palavras-Chave e Bases de Dados

Para estruturar a prospecção, as palavras-chave foram combinadas em dois níveis, que aumentam o grau de especificidade e foco da busca:

Tabela 2 – Combinação das Palavras-Chave

Nível	Descrição da Combinação
Nível 1 — Combinações Fundamentais	Combinações de 2 termos para mapear áreas amplas e conexões iniciais entre os conceitos.
Nível 2 — Combinações Específicas	Combinações de 3 termos para aproximar o foco do tema de interesse tecnológico e social.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A pesquisa foi realizada nas seguintes bases, contemplando tanto produção acadêmica quanto inovação tecnológica (patentes e software):

Bases acadêmicas: SciELO, CAPES

Base de patentes: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), Software Público Brasileiro (SPB)

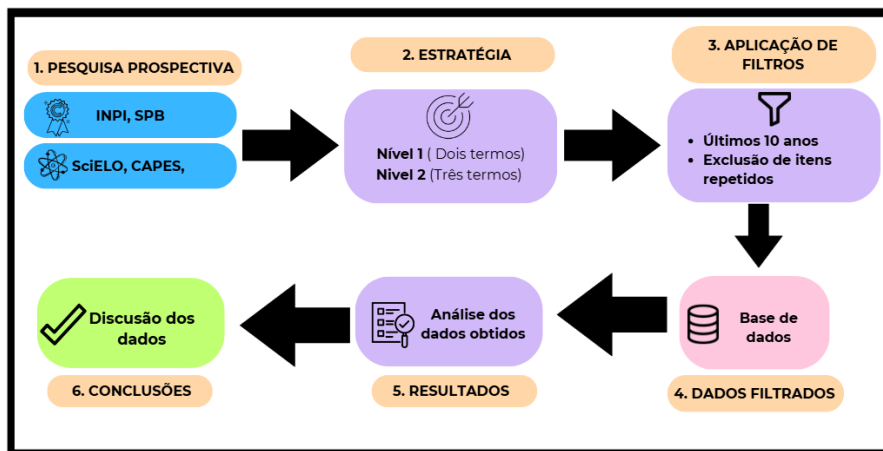
Procedimentos para a Prospecção

Conforme mostra a Figura 1, o processo iniciou-se com a (1) Pesquisa Prospectiva, na qual foram selecionadas bases de dados estratégicas, incluindo o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e o Software Público Brasileiro (SPB) para o levantamento de patentes e softwares, e as plataformas SciELO e CAPES para a prospecção de produções científicas. Em seguida, foi definida a (2) Estratégia de busca, utilizando combinações de palavras-chave em dois níveis de complexidade

(Nível 1 com dois termos e Nível 2 com três termos), a fim de garantir uma varredura ampla e, ao mesmo tempo, específica do campo de estudo.

Posteriormente, procedeu-se à (3) Aplicação de Filtros, uma etapa de triagem essencial para refinar os resultados. Foram estabelecidos dois critérios principais: o recorte temporal dos últimos dez anos, para focar nas tecnologias mais recentes, e a exclusão de itens duplicados, para assegurar a unicidade dos registros. Os dados selecionados após essa filtragem foram então organizados e consolidados em uma base de dados própria para a pesquisa (4) Dados Filtrados.

Com a base de dados estruturada, a pesquisa avançou para a fase de (5) Resultados, centrada na análise pormenorizada dos dados obtidos. Finalmente, na etapa de (6) Conclusões, foi realizada a discussão aprofundada dos achados, interpretando as informações levantadas para identificar os principais avanços, desafios e oportunidades tecnológicas no setor.

Figura 1. Fluxograma das etapas da prospecção tecnológica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise inicial contemplou a prospecção tecnológica com combinações tanto fundamentais (nível 1, duas palavras-chave) quanto específicas (nível 2, três palavras-chave) sendo esta a (Etapa 2) da Figura 1.

Foi notado que as combinações específicas de três termos agrupam condições mais restritas e, portanto, refletem melhor as tendências reais, lacunas e possibilidades de inovação pertinentes ao contexto proposto. As combinações mais específicas, as de quatro ou mais termos, não foram incluídas neste trabalho por não apresentarem resultados no levantamento dos dados.

Concluída a etapa de busca, procedeu-se à filtragem dos dados (Etapa 3), na qual os resultados foram refinados a partir da exclusão de duplicatas e da delimitação do período de análise aos últimos dez anos.

Resultados – Combinações Fundamentais

Após a consolidação dos dados filtrados (Etapa 4), a análise dos resultados (Etapa 5) revelou que, entre as combinações de dois termos, apenas buscas relacionadas a temas “clássicos” apresentaram alguma densidade de produção científica ou patentária. Por exemplo, observando a Tabela 3, percebe-se que a combinação das palavras-chave “Água para consumo + Monitoramento de água” retornou 121 publicações no CAPES, 18 na SciELO, um registro no INPI e dois registros no SPB. “Tecnologias sociais + reservatórios” mostrou 13 publicações no CAPES, enquanto as demais combinações, sobretudo aquelas que incluem IoT, cisternas rurais ou software para gestão de cisternas, resultaram em total ausência de registros nas bases consultadas. Isto demonstra que, do ponto de vista de pesquisa aplicada, inovação tecnológica e desenvolvimento de softwares públicos, ainda são áreas pouco exploradas.

Tabela 3 – Combinações Fundamentais de Palavras-chave

Combinação de termos	INPI	SPB	SciELO	CAPES
IoT + Cisternas Rurais	0	0	0	0
Água para consumo + Monitoramento de água	1	2	18	121
Tecnologias sociais + Reservatórios	0	0	0	13
Captação de água de chuva + IoT	0	0	0	0
Software para gestão de cisternas + Cisternas Rurais	0	0	0	0
Qualidade da água + IoT	0	0	1	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Das duas soluções encontradas no banco de dados do Software Público Brasileiro, o I3GEO e o GSAN, nota-se que, embora relevantes para o setor de saneamento em um contexto amplo, seus escopos não se alinham aos objetivos do presente estudo. O I3GEO é uma plataforma de geoprocessamento em macroescala, enquanto o GSAN é um sistema de gestão para grandes companhias de saneamento. Nenhuma das ferramentas é projetada para o monitoramento pontual e em tempo real de sistemas descentralizados, como cisternas rurais com tecnologia IoT, foco desta pesquisa.

Enquanto a única patente identificada no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) vinculada ao tema, refere-se a um “Sistema de Informações (SI) no âmbito do monitoramento da qualidade da água para consumo humano”, aplicado especificamente em um campus universitário. Embora

essa tecnologia contemple o monitoramento digital da água, seu âmbito de aplicação não é focado inteiramente no meio rural.

Mesmo assim, essa patente reforça a viabilidade técnica do monitoramento automatizado e digital que pode ser adaptado para o contexto das cisternas rurais, demonstrando o potencial e a necessidade de projetos que adaptem essas soluções para o ambiente rural de forma acessível e sustentável. A inexistência de outras patentes e desenvolvimentos registrados indica que o campo ainda é emergente e oportuno para pesquisa, inovação e implementação no Brasil.

Resultados – Combinações Específicas

Na análise das combinações de três termos, a ausência de dados é crítica. Não há registro algum de patentes (INPI), softwares públicos (SPB) ou produção acadêmica nacional significativa envolvendo diretamente a integração de IoT com cisternas rurais e acesso à água. Mesmo nas bases científicas como CAPES e SciELO, os resultados encontrados em geral não somam mais de oito, e as temáticas são frequentemente periféricas ao foco deste estudo.

Tabela 4 – Combinações Específicas de Palavras-chave

Combinação de termos	INPI	SPB	SciELO	CAPES
IoT + Cisternas Rurais + Acesso à água	0	0	0	0
Água para consumo + Monitoramento de água + Cisternas rurais	0	0	0	2
Tecnologias sociais + Reservatórios + Captação de água de chuva	0	0	0	1
Captação de água de chuva + IoT + Software para gestão de cisternas	0	0	0	0
Software para gestão de cisternas + Cisternas Rurais + Água para consumo	0	0	0	0
Qualidade da água + IoT + Monitoramento de água	0	0	1	4

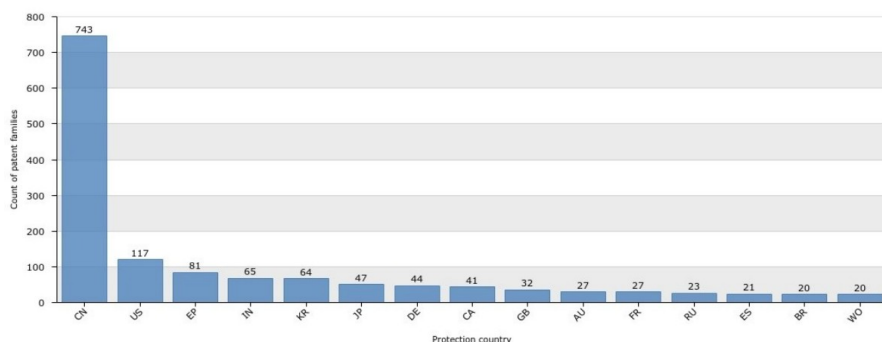
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Ainda, a busca realizada na base CAPES utilizando a combinação “Qualidade da água + IoT + Monitoramento de água” revelou um artigo que, embora aborde aspectos próximos à temática, trata da aplicação dessas tecnologias em piscicultura e não no contexto rural propriamente dito. Outros estudos encontrados com essas palavras-chave se limitam ao monitoramento e qualidade da água no âmbito urbano, ou seja, fora do âmbito rural que é o foco deste estudo, reforçando assim a lacuna que este projeto procura contribuir para preencher.

Contudo, um dos títulos chamado “Mapeamento Tecnológico de sensores e sistemas IoT para monitoramento da qualidade de água e efluentes no setor de saneamento: Análise de patentes” levanta um questionamento a respeito do cenário global no qual o Brasil se encontra, no tocante a pesquisa e desenvolvimento de produtos tecnológicos voltados ao setor de saneamento, especificamente a sistemas para monitoramento da qualidade da água; águas residuais e esgotos, em base de dados Internacionais como o Orbit.

Conforme observado na Figura 1, o Brasil se encontra na 14^o posição no ranking global de patentes relacionadas ao monitoramento de qualidade da água (ANDRÉ, AMORIM e SILVA, 2023).

Figura 1. Famílias de Patentes encontradas com a temática relacionada a monitoramento de qualidade da água utilizando sensores.



Fonte: André, A. C. L., M. C. C. de Amorim, e K. C. Dantas da Silva, 2023.

Dessa forma, avançando para a discussão dos dados (Etapa 6), a investigação enfatiza a necessidade de promover pesquisas aplicadas e inovações específicas para o monitoramento digital no Brasil, não apenas no meio urbano como também em cisternas rurais, com potencial para ampliar a segurança hídrica e a eficiência da gestão das águas.

Principais Lacunas Encontradas

- A integração de sensores digitais e IoT em cisternas rurais no Brasil permanece uma fronteira pouco explorada e carece de atuação tanto de pesquisadores quanto de empresas de software público e fabricantes de sensores.
- As poucas publicações localizadas nas bases acadêmicas concentram-se em temas amplos, como qualidade da água, acesso à água e ações governamentais, não abordando de modo prático ou experimental a implementação de sistemas embarcados ou automação de dados nas cisternas.
- A inexistência de patentes específicas reforça o desconhecimento técnico e o baixo estímulo à inovação no campo do saneamento rural descentralizado brasileiro.

Potenciais de Inovação

Apesar do cenário descrito, a ausência de soluções

tecnológicas registradas e de pesquisas aplicadas revela uma janela de oportunidades. O ambiente rural brasileiro, especialmente o semiárido (que concentra o Programa um Milhão de Cisternas), pode se tornar campo de experimentação para:

- Desenvolvimento de sistemas de monitoramento de nível e qualidade da água das cisternas utilizando sensores digitais de baixo custo, integrando hardware e software livre de domínio público.
- Parcerias entre universidades, startups, órgãos governamentais e comunidades rurais visando transferência real de tecnologia e automação de processos de gestão da água para fins potáveis e produtivos.
- Possibilidade de submissão e registro de inovações no INPI, estimulando tanto a proteção intelectual quanto a difusão de conhecimento prático e acessível ao setor público através do SPB.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo de prospecção tecnológica evidenciou que, apesar da crescente relevância das tecnologias digitais para o monitoramento de recursos hídricos, o uso específico da Internet das Coisas (IoT) integrada a cisternas rurais e urbanas ainda é um campo amplamente inexplorado no Brasil. A análise das

combinações de palavras-chave em bases acadêmicas, registros de patentes e softwares públicos brasileiros revelou uma carência significativa de estudos, inovações e soluções dedicadas ao monitoramento digital e à gestão automatizada da água em âmbito rural, sobretudo em sistemas de captação e armazenamento como as cisternas.

A ausência quase total de registros em patentes e softwares públicos voltados para essa temática indica que o potencial de inovação permanece largamente indisponível e pouco aproveitado pelas comunidades e políticas públicas brasileiras, indicando um espaço fértil para pesquisas multidisciplinares, desenvolvimento tecnológico e implementação de projetos pilotos que possam promover avanços reais no saneamento rural brasileiro.

A constatação de que os poucos artigos encontrados nas bases SciELO e CAPES, tratam da aplicação de IoT em contextos diferenciados, como a piscicultura, e não diretamente em zonas rurais, reforça a necessidade urgente de direcionar esforços científicos e tecnológicos para solucionar as especificidades do monitoramento da água em cisternas rurais, com sensoriamento acessível, softwares livres e integração comunitária.

Portanto, este artigo serve como um chamamento para que os campos da ciência, inovação, tecnologia e políticas públicas priorizem a construção de soluções digitais abertas,

acessíveis e adaptáveis à realidade rural brasileira, fortalecendo o acesso à água de qualidade com transparência e autonomia para as comunidades. A integração efetiva da IoT na gestão das cisternas poderá transformar a segurança hídrica, reduzir a vulnerabilidade e potencializar os ganhos socioambientais das tecnologias sociais históricas no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque dos Santos, J., P. A. D. C. Pereira, e J. I. A. D. O. Lacerda. 2023. "Programa cisternas (P1MC): uma análise sobre as transformações no rural do semiárido alagoano." **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação** 9 (7): 2084–97. <https://doi.org/10.51891/rease.v9i7.10650>.

André, A. C. L., M. C. C. de Amorim, e K. C. Dantas da Silva. 2023. "Mapeamento tecnológico de sensores e sistemas IoT para monitoramento da qualidade de água e efluentes no setor de saneamento: análise de patentes." **Revista Tecnologia e Sociedade** 19 (57): 114–24. <https://doi.org/10.3895/rts.v19n57.15701>.

Batista, Lucas Mota, e Vania Neu. 2024. "Olhares Para O Sanear: As percepções De Ribeirinhos Sobre Uma Experiência Com Tecnologias Sociais Na Amazônia Oriental". **Revista Brasileira De Estudos Urbanos E Regionais** 26 (1). <https://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202411>.

De Marque, Mario, Marcel Fantin, João Fontes Lopes Neto, Julia Maria dos Santos Silva, e Kevin Yukihiro Goia. 2022. "Tecnologia Social De Saneamento básico: Reflexões a Partir De Uma ação

Extensionista No Assentamento Nova São Carlos". **Retratos De Assentamentos** 24 (1):136-57. <https://doi.org/10.25059/2527-2594/retratosdeassentamentos/2021.v24i1.464>.

Renzcherchen, Simone Kucznir, Myller Augusto Santos Gomes, Aldo Siatkowski, and Hérica Góes. 2025. "IoT in Agriculture 4.0 and the Challenge of Connectivity in Rural Areas: A Bibliometric Study". **International Journal of Innovation** 13 (2):e27573. <https://doi.org/10.5585/2025.27573>.

Sepúlveda, Philipe Werner, Hygor Aristides Victor Rossoni, Emerson Fonseca Silva, Vinícius Costa Guimarães, e Summer Cândido Silva. 2025. "Tecnologias coletivas e participativas para o saneamento rural: uma revisão sistemática de literatura." **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade** 12 (30): 241–66. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2025\)123016](https://doi.org/10.21438/rbgas(2025)123016).

Tavares, Selma Cavalcanti Cruz de Holanda, Wilson Tadeu Lopes da Silva, e Davi Ferreira da Silva. 2024. "Integração de Tecnologias Sociais no Manejo Ambiental da Agricultura Familiar no Suporte Hídrico e Alimentar no Semiárido Brasileiro – INTECS." **Revista ENCI BIO**, 30 de dezembro. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2024D11.

Tucci, Carlos E. M. 2008. "Águas urbanas." **Estudos Avançados** 22 (63): 97-112. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>.

SOBRE OS AUTORES

Andréa Carvalho Pires: Técnica em Informática pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE) e graduanda no curso de Engenharia da Computação pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Atua no desenvolvimento de sistemas voltados ao saneamento e sustentabilidade, além de fazer parte do Programa de Educação Tutorial, PET Saneamento Ambiental, desempenhando atividades de ensino, pesquisa e extensão no que tange a computação e o saneamento.

Antonio dos Santos Filho: Graduando em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), desenvolvedor full stack e empreendedor, fundador da HexFlow Tecnologias e Inovações. Atua no desenvolvimento de sistemas, aplicações web e soluções digitais, com experiência em pesquisa, inovação e registro de software junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Seus principais projetos concentram-se no setor de saneamento e sustentabilidade, integrando tecnologia, análise de dados e impacto socioambiental.

João Pedro Brito Matias: Graduando em Engenharia da Computação pela Universidade Federal do Vale do Vale do São Francisco (UNIVASF). Atua como bolsista no PET Saneamento Ambiental, onde desenvolve aplicativos e soluções digitais voltadas à área de saneamento e sustentabilidade. É membro fundador do grupo Guaraci-Opará, focado no desenvolvimento de softwares para cálculo estrutural. Possui experiência prática no desenvolvimento de sistemas embarcados, aplicações mobile, web e desktop , além de atuação em inovação e prospecção

tecnológica, com experiência em registro de software junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Seus principais projetos e pesquisas concentram-se na integração de tecnologia, sistemas inteligentes e impacto socioambiental.

Thyago Torres de Castro Gama: Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). É membro bolsista do PET-Saneamento Ambiental, onde atua no desenvolvimento de sistemas embarcados e soluções baseadas em Internet das Coisas (IoT) aplicadas às áreas de saneamento e sustentabilidade. Possui experiência técnica em automação industrial, sendo vencedor da competição MECA Brasil (Mitsubishi Electric) e usuário de softwares como GX Works3, GT Designer e AutoCAD/Revit para projetos elétricos. Possui, também, histórico em projetos de extensão voltados ao ensino de química experimental e tem como principais interesses a instrumentação eletrônica, sistemas inteligentes e tecnologias sustentáveis.

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim: Professora Associada da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Engenheira Química pela Universidade Católica de Pernambuco. Gestor Público em Arranjos Produtivos Locais, e Especialista em Gestão Ambiental. Doutora e Mestre em Engenharia Química UFPE. Tutora do Programa de Educação Tutorial Saneamento Ambiental (MEC) e Vice Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT). Atuando em pesquisas para valorização de resíduos agrícolas e agroindustriais a partir de tratamentos biológicos; Reuso de biossólidos; Tratamento e Qualidade de água; Tecnologias sócio ambientais apropriadas para a convivência no Semiárido. Líder do Grupo de Pesquisas Saneamento Ambiental em Meios Rural e Urbano no Vale do São Francisco (CNPq). CEO da Startup SANTECBIO.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Andréa Carvalho Pires: Formada em Técnico em Informática pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSPE) e graduanda no curso de Engenharia da Computação pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Atua no desenvolvimento de sistemas voltados ao saneamento e sustentabilidade, além de fazer parte do Programa de Educação Tutorial, PET Saneamento Ambiental, desempenhando atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão no que tange a computação e o saneamento.

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim: Professora Associada da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Engenheira Química pela Universidade Católica de Pernambuco. Gestor Público em Arranjos Produtivos Locais, e Especialista em Gestão Ambiental. Doutora e Mestre em Engenharia Química UFPE. Tutora do Programa de Educação Tutorial Saneamento Ambiental (MEC) e Vice Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT). Atuando em pesquisas para valorização de resíduos agrícolas e agroindustriais a partir de tratamentos biológicos; Reuso de biossólidos; Tratamento e Qualidade de água; Tecnologias sócio ambientais apropriadas para a convivência no Semiárido. Líder do Grupo de Pesquisas Saneamento Ambiental em Meios Rural e Urbano no Vale do São Francisco (CNPq). CEO da Startup SANTECBIO.

ISBN 978-655376547-4



9

786553

765474