

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

DIRETORIA DE PESQUISA

PROJETOS DE PESQUISA/INOVAÇÃO

Edital nº 30/2024 PIBIC FAPESQ - Edital de Pesquisa

1 - UNIDADE PROPONENTE

Campus: CAMPUS-ES

2 - IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Título do projeto: Desenvolvimento de Sistema Web Integrado para Monitoramento e Controle de Volume de Água em Reservatórios com Tecnologia LoRa	
Grande área de conhecimento: ENGENHARIAS	Área de conhecimento: ENGENHARIA ELÉTRICA
Área temática: Engenharias e Automação Industrial	Tema: None
Período de execução: Ínicio: 01/10/2024 Término: 30/09/2025	

3 - CARACTERIZAÇÃO DOS BENEFICIÁRIOS

Público alvo	Quantidade

4 - EQUIPE PARTICIPANTE

PROFESSORES E/OU TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS DO IFPB			
Membro	Contatos	Vínculo	Titulação
Nome: Anne Karine de Queiroz Alves Matrícula: 2527942	Tel.: (83) 8888-2046 E-mail: anne.alves@ifpb.edu.br	Voluntário	MESTRE+RSC-III (LEI 12772/12 ART 18)
Nome: Arlindo Garcia de Sa Barreto Neto Matrícula: 1423043	Tel.: (83) 8898-0495 E-mail: arlindo@ifpb.edu.br	Voluntário	DOUTORADO

5 - DISCRIMINAÇÃO DO PROJETO

Resumo <p>Introdução</p> <p>A água é um recurso natural essencial para a existência de todas as formas de vida no planeta e cerca de 70% da superfície do planeta terra é composta por água. No entanto, apenas 2,6% dessa água doce, distribuída em sua maioria em geleiras nas calotas polares e em águas subterrâneas, resta uma parcela de 0,3% do total de água do planeta acessível ao ser humano (SOUZA; SARDIN, 2019). Contudo, atualmente com as mudanças climáticas em curso, fica cada vez mais visível correlações com os déficits pluviométricos nas séries históricas, ocasionando uma queda no nível dos reservatórios de água e, consequentemente, tendo impactos na produção agrícola, produção de energia elétrica e no próprio consumo humano e animal. Por outro lado, na indústria e na agricultura</p>
--

gestão eficiente de água é fundamental para garantir a sustentabilidade e a rentabilidade dos negócios. Assim, o monitoramento inteligente na distribuição e medição de água é uma aplicação tecnológica que pode contribuir para a redução do consumo de água, preservando este recurso valioso, gera impactos positivos economicamente e socialmente (YAMADA, 2001; CORREIA, 2019). Na literatura, já está consolidado a fragilidade dos atuais sistemas de distribuição de água relativas às perdas no sistema de abastecimento em suas diversas etapas: captação, adução, tratamento, preservação e distribuição, na última ocorrem as perdas de água em maior proporção devido aos vazamentos. No final, analisando pelo ponto de vista do consumidor, que é abastecido e tarifado por esse serviço, existem divergências quanto à veracidade das medições com hidrômetros analógicos. Os hidrômetros analógicos são ineficientes na medição de água, principalmente, quando há constantes manobras no sistema, podendo gerar quantidades expressivas de volumes de ar que são registrados pelos hidrômetros, resultando em sobremedição, além de não contribuírem para a identificação de vazamentos na unidade consumidora, gerando desperdícios, nesse caso. Pelo exposto, fica evidente que há um problema crítico no gerenciamento da água. Portanto, esse projeto busca uma solução automatizada de baixo custo utilizando um conjunto de sensores interligados por uma rede sem fio para medição contínua da vazão volumétrica e dos níveis dos reservatórios, fornecendo relatório mostrando o perfil de consumo de cada unidade consumidora. Assim, o desenvolvimento desse sistema integrado garante a eficiência das medições com um custo significativamente baixo, além de permitir o desenvolvimento de vários outros projetos de gestão de água interligados entre instituições educacionais ou residenciais, pois o sistema desenvolvido permitirá futuramente gerenciamento de água em outras áreas da instituição, a citar: reuso, controle de águas azuis, cinzas, negras e amarelas, captação da água da chuva, irrigação de hortas e pomares.

Nesse contexto, o desenvolvimento de um sistema web integrado para controle e monitoramento do volume de água em reservatórios utilizando a tecnologia LoRa, representa um avanço significativo na gestão de recursos hídricos. A tecnologia LoRa (Long Range) é ideal para aplicações de Internet das Coisas (IoT) devido à sua capacidade de transmissão de dados a longas distâncias com baixo consumo de energia, o que é especialmente útil em áreas remotas onde a infraestrutura de comunicação pode ser limitada. Ao integrar sensores de nível de água em reservatórios com módulos de comunicação LoRa, irá permitir a coleta contínua de dados sobre o volume de água, transmitindo essas informações para uma plataforma web. Dessa forma, possibilitará o monitoramento em tempo real e a análise de dados históricos para tomada de decisões informadas. O sistema web fornece uma interface amigável para que gestores possam visualizar os dados, configurar alertas para níveis críticos e gerar relatórios detalhados. Além disso, a implementação de algoritmos de previsão pode ajudar na antecipação de eventos, como secas ou enchentes, contribuindo para a segurança e a eficiência no uso da água. Este tipo de solução pode ser aplicado em diversas áreas, incluindo a agricultura, a gestão urbana de água, e em indústrias que dependem de grandes volumes de água. A utilização da tecnologia LoRa, com sua escalabilidade e robustez, garante a viabilidade do projeto, mesmo em cenários desafiadores. Dessa forma, a integração de sistemas de monitoramento de água com a comunicação LoRa e plataformas web se destaca como uma inovação crucial para a sustentabilidade e a otimização dos recursos hídricos, atendendo às necessidades crescentes de conservação e gestão eficiente.

Justificativa

Devido à crescente escassez de água potável, projetos focados em reduzir esse problema são essenciais, especialmente em áreas com recursos hídricos limitados. Alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, este projeto visa monitorar e controlar o consumo de água em reservatórios utilizando tecnologia LoRa, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos. A proposta envolve um sistema web integrado, acessível via web ou mobile, para identificar desperdícios e vazamentos, possibilitando a economia de água. Portanto, o projeto contribui para a gestão eficiente de recursos hídricos, alinhando-se aos ODS 6 (Água Potável e Saneamento), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima).

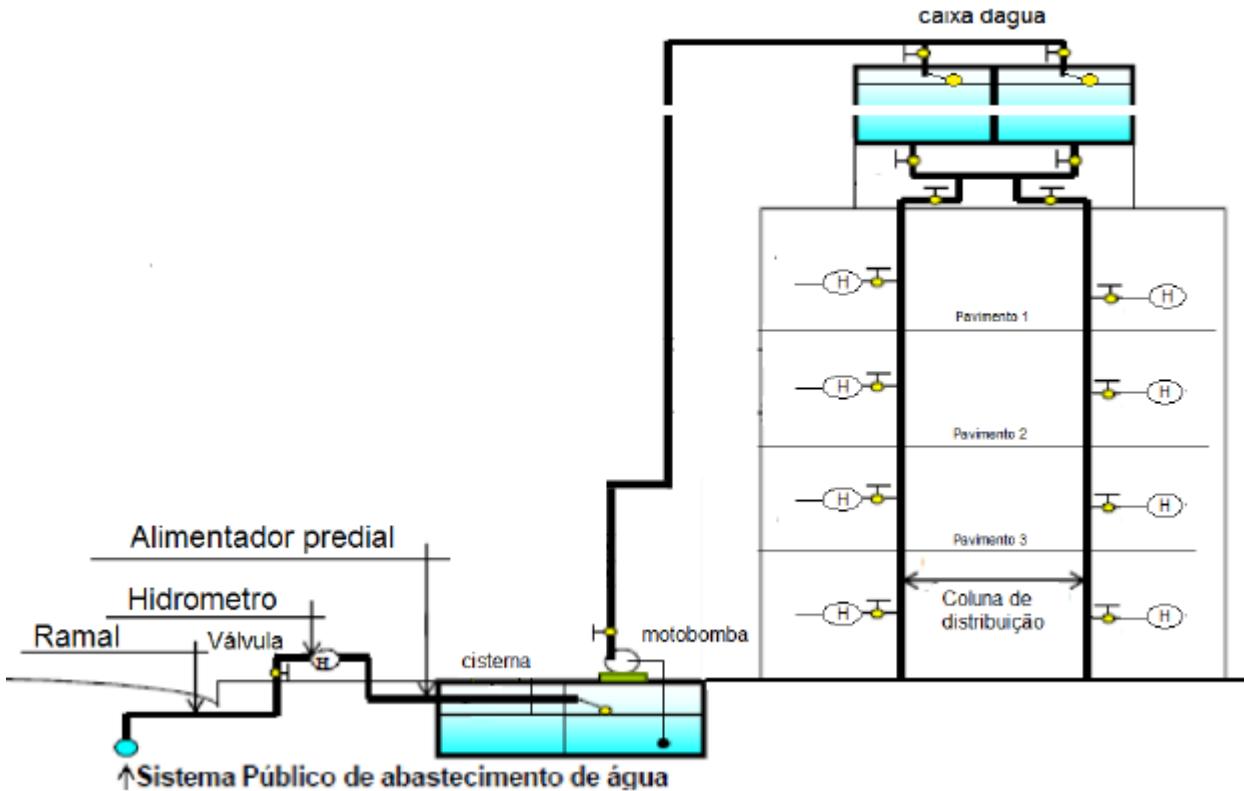
Fundamentação teórica

O Brasil é detentor de 12% de toda a água doce do planeta representando um dos países com maior disponibilidade de água. Porém, grande parte desse recurso está concentrada em regiões onde há menor quantidade de pessoas. Nos grandes centros urbanos há elevada densidade populacional e forte demanda pelos recursos hídricos, que, em muitos casos, são atingidos pela poluição e, consequentemente, há uma piora considerável na qualidade da água, tornando o abastecimento nas cidades

um grande desafio (ANA, 2021). A escassez da água potável é um desafio mundial. Essa situação agrava com o crescimento populacional, cada ano aumentam as necessidades hídricas no mundo, somente para consumo humano, mas também para agricultura e indústrias que são os setores mais consomem água respectivamente. (UN DESA, 2019). De acordo com o Trata-Brasil 2021 pandemia da Covid-19 evidenciou a fragilidade dos recursos hídricos em todo o país destacando acesso a água e à ineficiência por parte do setor de saneamento básico em relação aos índices perdas de água como fatores cruciais a serem eliminados. O atual estudo realizado pelo Trata Brasil 2021 divulga que as perdas na distribuição de água tratada no país equivalem a 7,5 mil piscinas olímpicas de água tratada desperdiçada diariamente.(TRATA-BRASIL,2021). Na literatura já é consolidado a fragilidade dos atuais sistemas de distribuição de água relativas as perdas no sistema abastecimento em suas diversas etapas: captação, adução, tratamento, reservação e distribuição. Última ocorrem as perdas de água em maior proporção devido aos vazamentos. Nas medições de água são utilizados hidrômetros analógicos infelizmente esses instrumentos não fazem distinção entre fluidos que passam por eles e medem conjuntamente eventuais volumes de ar. Além disso, a variação no sentido do fluxo de água pode existir outro erro de medição como fluxo de ar e fluxo bifásico (água/ar) que consequentemente geram grandes volumes significativos de ar que são registrados pelos hidrômetros gerando uma sobremedição (TAVARES et al., 2021). Os hidrômetros analógicos dispõem meios de monitoramento automático e emissão de alertas, impossibilitando a antecipação tomada de decisão em casos de sinistros facilitando o desperdício de água, pois só será possível detecção, no caso de vazamentos visíveis, após o usuário encontrar o local do defeito. Dessa forma a automatização do sistema torna-o eficiente, com o uso de sensores adequados. O sensor de nível de água por ultrassom é um dispositivo que tem a função de realizar a medição do nível da água armazenada em tanques, silos ou reservatórios; pode ser utilizado para medir o nível da água em tanques industriais e pode ser empregado em caixas d'água de empresas ou até mesmo residenciais. Seu funcionamento tem como princípio a reflexão de ondas mecânicas e o dispositivo é formado por um transmissor/receptor de ondas ultrassônicas, normalmente na faixa de 40 kHz, gerando sinal elétricos no envio e na recepção destas ondas (SIVIERO, 2017).

Sistema de Abastecimento em Unidades Habitacionais

De forma pontual, mas não menos importante, esse trabalho irá abordar as etapas da distribuição, armazenamento de água, também, em instituições educacionais e ambientes residenciais individuais e coletivos, conforme ilustrado na Figura 1, de modo a desenvolver um sistema para gerenciamento e controle da água em função do monitoramento contínuo da vazão volumétrica de entrada, do nível de reservatórios e do consumo, por partes dos clientes. Seu funcionamento será baseado num conjunto de sensores que irão enviar informações, via rede sem fio, para um sistema de controle central. As variáveis mensuradas serão a vazão volumétrica de entrada de água na cisterna, o nível de reservatórios, cisterna e caixa d'água, temperatura de operação da bomba, de modo que ao mensurar e ao comparar essas variáveis tomará as providências necessária de acordo com o protocolo desenvolvido.



Na **Figura 1:** Sistema distribuição, de água em edificações coletivas, composta por um conjunto válvulas, hidrômetros, tubulações e reservatórios (CARVALHO, 2010).

Nessa configuração, o nível máximo dos reservatórios é regulado por boias hidráulicas, que funcionam como uma chave analógica, "ON-OFF", de modo que ao baixar do nível máximo, a boia libera o fluxo de água para completar o nível máximo. Contudo, as boias podem apresentar defeitos, ocasionando uma queda da vazão volumétrica de entrada e, por consequência, a queda do nível dos reservatórios em função da taxa volumétrica de consumo ser maior que a taxa de entrada, controlada pelas boias. Outro fato, não muito raro de acontecer é o não fechamento do fluxo, por parte da boia, ao atingir o nível máximo, provocando seu transbordamento. O sistema é composto por reservatório inferior (cisterna), reservatório superior (caixa d'água), motobomba, tubulações, válvulas e hidrômetros. Isso fará com que haja bastante desperdício de água, aumento dos custos e prejuízo ambiental em virtude da escassez desse recurso. Ainda em relação à Figura 1, os hidrômetros, medidores velocimétricos, têm o princípio de funcionamento baseado nas revoluções de uma turbina, que é movimentada pela passagem do fluido (LEONEL, 2007). Esse sistema acarreta alguns problemas, pois é necessário vencer a inércia do sistema para que a medição seja iniciada. Esse tipo de hidrômetro é o mais difundido no Brasil, e possui como principais vantagens um menor custo e menor perda de carga comparado aos volumétricos (LEONEL, 2008), entretanto não consegue distinguir quando o fluido é ar ou água. Outro problema intrínseco, é o aumento do erro percentual à medida em que a vazão do fluido vai se aproximando do mínimo (Qmin), conforme ilustrado da Figura 2.

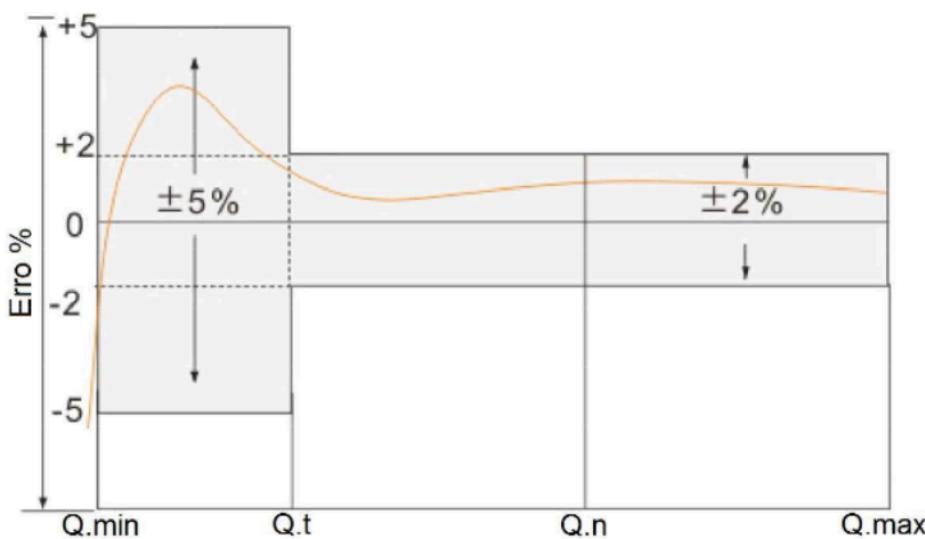


Figura.2 Curvas de erros de um hidrômetro do tipo velocimétrico (HIDROMETER, 2024).

Assim, esse tipo de hidrômetro apresenta as melhores faixas de medição à proporção em que a vazão aumentando do valor nominal (Q_n) até o valor máximo (Q_{max}). Portanto, como no Brasil não há uma norma que regulamente a vazão mínima a ser entregue ao consumidor, esse será tarifado indevidamente. Um fato agravante é que no Brasil a distribuição de água, na maioria dos casos, é bastante irregular em função de perdas por vazamentos, furtos e instrumentação precária, de modo que em boa parte das localidades habitacionais as vazões são baixas e descontínuas. Na Figura 2 ilustrado a curvas de erros de um hidrômetro do tipo velocimétrico (LEONEL, 2008), na qual a vazão interfere diretamente no erros, ficando mais crítico em vazões menores. Nesse trabalho, pretende-se aplicar a técnica calorimétrica para mensurar a vazão, substituindo-se desse modo o hidrômetro convencional. Assim, na aplicação dos sensores de vazão, é possível implementar sistemas de medição capazes de medir valores muito baixos de vazão, da ordem de 0,1l/h, sendo capaz de detectar o tipo de fluido, isto é, água ou ar (Barreto Neto, 2014).

Princípio Calorimétrico

O princípio calorimétrico utilizado para medição de vazão baseia-se na dispersão térmica, de modo que um sensor de temperatura aquecido RH é refrigerado a partir do escoamento do fluido (Figura 3). A transferência de calor depende da velocidade do fluido e da diferença de temperatura. Desse modo, quanto maior for a velocidade do fluido, maior será a refrigeração do sensor de temperatura RT. De forma, a vazão será mensurada de forma indireta através da variação de temperatura, que nesse caso será realizada através de um resistor variável RT. Utilizando esses tipos de sensores é possível distinguir o tipo de fluido, além de apresentar uma grande precisão na faixa de 1 ml/min até 10 l/s. Esses sensores possuem uma curva de calibração de modo que a vazão é calculada em função da temperatura, sendo fisicamente a temperatura, representada por um sinal analógico de tensão. Assim, um fato relevante é a possibilidade de integração desse medidor a um sistema wireless, uma vez que se tem acesso ao sinal analógico do sensor. Assim, uma possibilidade é a utilização da tecnologia LoRa ou ZigBee, sendo alternativas para atender as especificações do projeto, ou seja, criar uma rede de sensores sem fio-RSSF (Redes de Sensores Sem Fio) para o monitoramento do sistema de abastecimento d'água em edificações coletivas.

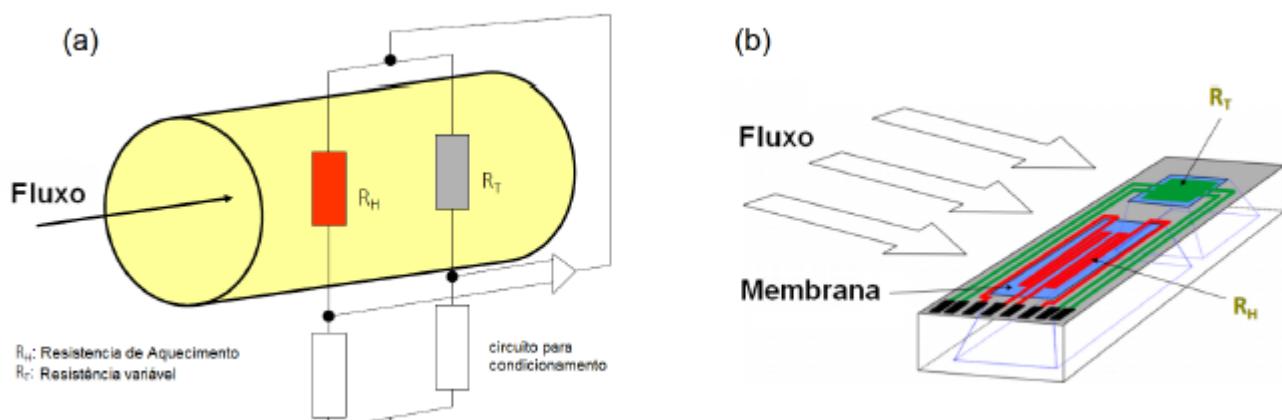


Figura.3 (a) Arcabouço do sensor de vazão; (b) Ilustração do perfil do sensor de vazão: (LAN 2010).

A Tecnologia ZigBee

ZigBee é um padrão de comunicação wireless que provê uma rede de curto alcance e boa relação custo-benefício. Foi desenvolvido com ênfase em aplicações de baixo custo alimentadas por baterias como automação predial, controle industrial e comercial, assistência médica pessoal entre outras (FERDINANDO, 2007; NENOKI, 2013). A tecnologia ZigBee possui um protocolo que suporta redes malha (*mesh*), estrela, e em árvore, possuindo assim mais de um caminho possível, fazendo com que um pacote de informações dificilmente deixe de ser entregue, pois por mais que uma rota de repasse de pacotes venha a sofrer algum problema na transmissão, o pacote possui mais de uma rota de repasse, funcionando de forma similar a um roteador. Essa capacidade de possibilitar muitos caminhos de conexão, atualizados dinamicamente e otimizados através de sofisticados algoritmos de roteamento interno é um grande diferencial dessa tecnologia (DIGI, 2023). Suponha uma situação na qual é requerido transmitir a informação de um ponto A para um ponto B, entretanto a distância é longa entre esses dois pontos, podendo ocasionar a perda de pacotes, assim, a informação poderia ser transmitida passando por outros pontos intermediários. No caso de algum ponto de envio e recepção de dados for removido ou desligado, uma nova rede será gerada automaticamente. Essa capacidade do ZigBee é chamada de Self-Healing. Se o ponto C for removido do sistema por alguma razão, um novo caminho seria utilizado para transmissor dados de A para B (TOSE, 2010). Outras vantagens do ZigBee, também podem ser citadas: baixo consumo de potência otimizado para operação com baterias; Taxa de dados de até 250 kbps; protocolo simples - pode ser implementado em microcontroladores de baixo custo; Centenas de dispositivos por rede; tamanho do hardware reduzido. No cenário real, dever-se-á avaliar a qualidade do sinal em função das distâncias entre os módulos, pacotes retransmitidos e perdas de pacotes.

Sensores Ultrassônicos

Sensores ultrassônicos são dispositivos de estado sólido autônomos projetados para detecção de contato de objetos sólidos ou líquidos. Para diversas aplicações, como monitoração do nível de água em um tanque, a tecnologia ultrassônica permite que um dispositivo realize uma tarefa que normalmente exigiria diversos sensores, como exemplo é ilustrado na Figura 4 o sensor ultrassônico HC-SR04.



Figura 4. sensor ultrassônico HC-SR04 (Cytron, 2023).

O sensor ultrassônico HC-SR04 funciona como um detector de objetos e permite medir distâncias mínimas de 2 centímetros podendo chegar a distâncias máximas de até 5 metros com uma precisão de 3 milímetros. Estes sensores emitem um sinal ultrassônico que reflete em um objeto e retorna ao sensor (eco). O sinal de retorno é captado, permitindo-se deduzir a distância (d) do objeto ao ser tomado o tempo de trânsito do sinal (t), conforme ilustrado na equação (1), em que v é a velocidade do som no ar (Cytron, 2023).

$$\text{velocidade} = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}} \Rightarrow v = \frac{2d}{t} \Rightarrow d = \frac{v \cdot t}{2} \Rightarrow d = 120 \cdot t \quad (1)$$

Portanto, usando esse tipo de sensor é possível identificar a altura "d" da lâmina de água no reservatório e, consequentemente, o nível e o volume de água armazenado. Nesse tipo de sensor também é possível usar a tecnologia ZigBee para fazer o fluxo de dados.

A Tecnologia LoRa

LoRa (Long Range) é uma proposta de redes de longo alcance e de baixa potência, focada em dispositivos controláveis seguindo o paradigma da Internet das Coisas (IoT) e aplicações em redes de sensores para monitoramentos remotos. Essa tecnologia está dividida em duas partes, a camada física LoRa que estabelece o link de comunicação e a camada de protocolo LoRaWAN, para o controle de acesso ao meio. Essa composição é a forma de garantir um longo alcance com baixa potência preservando a qualidade e segurança nas aplicações das redes. O alcance da rede LORA pode chegar até 10 km (SANCHEZ-IBORRA et al., 2018), apresentando interferências em razão do revestimento vegetação ou edificações, sendo necessários adaptações, como a utilização de estações repetidoras para melhorar o alcance do sinal (ORTIZ, 2019). A tecnologia LoRaWAN opera em faixas de frequência não licenciadas, no Brasil essa frequência é de 915MHz (ALLIANCE, 2015). Segundo a Semt (2015), a arquitetura LoRaWAN é escalável e permite a conexão de centenas de dispositivos a um único gateway (ponto de controle), o que torna essa tecnologia ideal para implantações em larga escala. Além disso, a segurança é uma prioridade, com criptografia de ponta a ponta garantindo a integridade e confidencialidade dos dados transmitidos. A rede Lora implementa taxa de transmissão variável utilizando fatores de espalhamento ortogonais, tornando possível projetar a taxa de transmissão por alcance ou potência, otimizando a performance da rede, considerando uma largura de banda constante (SEMTECH, 2015). Portanto, estas características fazem do LoRa uma excelente escolha ao se implementar soluções IoT e para a indústria 4.0, desde que não haja a necessidade de um alto fluxo de dados ou comunicação em tempo real.

Diante destas perspectivas, o uso de tecnologia usando redes de sensores para mensurar o consumo e desperdício de água torna-se uma ferramenta eficiente, cuja possibilidade de integração em redes possibilita, em tempo real, a busca de soluções para vazamentos, tanto em vias públicas quanto para o consumidor (GUEDES, 2021). Assim, de modo geral, a utilização de tecnologia com pontos de medição com sensores, supervisórios e softwares que integram um banco de dados, torna o sistema de medição mais eficiente, pois, o monitoramento do padrão de consumo possibilita detectar anomalias permitindo que o consumidor seja informado para fins de averiguação, de um possível vazamento interno na residência. Ekanayake et al. (2012), define que esses tipos de equipamentos para coletar dados de consumo de água e energia, processamento, armazenamento e envio das informações são chamados na literatura de *smart meter* ou *medidores inteligentes*, em configuração de um sistema embarcado.

Diante destas perspectivas, o uso de tecnologia usando redes de sensores para mensurar o consumo e desperdício de água torna-se uma ferramenta eficiente, cuja possibilidade de integração em redes possibilita, em tempo real, a busca de soluções para vazamentos, tanto em vias públicas quanto para o consumidor (GUEDES, 2021). Assim, de modo geral, a utilização de tecnologia com pontos de medição com sensores, supervisórios e softwares que integram um banco de dados, torna o sistema de medição mais eficiente, pois, o monitoramento do padrão de consumo possibilita detectar anomalias permitindo que o consumidor seja informado para fins de averiguação, de um possível vazamento interno na residência. Ekanayake et al. (2012), define que esses tipos de equipamentos para coletar dados de consumo de água e energia, processamento, armazenamento e envio das informações são chamados na literatura de *smart meter* ou *medidores inteligentes*, em configuração de um sistema embarcado.

Na Figura 5 é ilustrado o funcionamento da arquitetura LoRa, na qual é utilizado uma estrutura para transmitir e outra para receber as informações do sensor, estando as duas partes em até alguns quilômetros de distância, considerando um ambiente sem a disposição da internet wi-fi. Posteriormente, quando o ambiente do receptor tiver acesso a internet, outro dispositivo poderá ser acrescentado para fins de fazer a comunicação dos dados para um ambiente web.

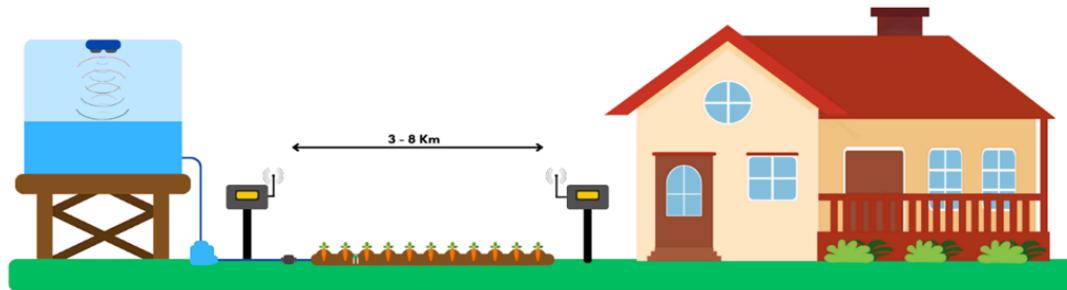
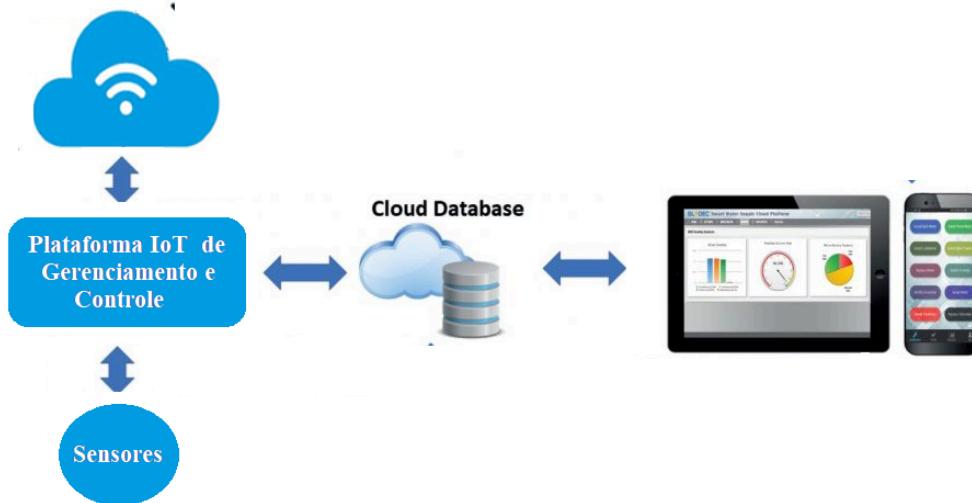


Figura 5: Ilustração de aplicação LoRa.

Plataforma IoT (Internet Of Things),

Assim, um típico diagrama de funcionamento IoT (Internet das Coisas, em tradução literal), para mensurar o consumo de água e informar ao usuário via *mobile* ou *web*, é ilustrado na Figura 6. Os dispositivos físicos que irão mensurar o consumo de água são os sensores, existem diferentes tipos, como sensor de fluxo magnéticos, sensor de fluxo ultrassônicos, sensor de vórtice, sensor tipo turbina, sensor de pressão diferencial, sensor capacitivo (Yang et. al, 2017). Cada tipo de sensor tem suas vantagens e desvantagens, e a escolha do sensor depende das necessidades específicas do sistema, das características da água que será medida. Além disso, é importante considerar a precisão, confiabilidade, facilidade de instalação e manutenção, custo e compatibilidade com outros componentes do sistema IoT.

Figura 6: Sistema IoT Padrão



Fonte: Autor.

A plataforma IoT de controle e gerenciamento, pode possuir módulos de comunicação para enviar os dados coletados pelos sensores ou dispositivos de medição de água, para a nuvem ou um servidor centralizado (RAAD et. al., 2021),

podem ser baseados em tecnologia *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *Zigbee*, entre outras tecnologias de comunicação sem fio. Nessa plataforma também, há o Gateway IoT, usado para coletar e agrupar os dados enviados pelos módulos de comunicação e encaminhá-los para a nuvem ou servidor central, podendo, também, executar outras funções, como processamento de dados ou armazenamento em *cache*. O *cloud database* (nuvem de dados), é ambiente onde os dados coletados são armazenados e processados, podendo, em alguns casos, fornecer ferramentas de análise, visualização e gerenciamento de dados, além de configuração remota de dispositivos e interface de usuário.

Pelo exposto, fica evidenciado que há um problema crítico no gerenciamento do consumo de água em unidades consumidoras (UCs). Assim, o desenvolvimento de um sistema de baixo custo, para monitoramento em tempo real do nível de reservatórios nas UCs, individuais ou coletivas, bem como

sua utilização em ambiente escolar, possibilitará uma melhor gestão da água dos reservatórios, a de permitir o desenvolvimento de vários outros projetos integrados de gestão de água, como, exemplo captação de água de chuva..

Objetivo geral

O projeto tem como objetivo geral o desenvolvimento de um sistema integrado de baixo custo utilizando uma tecnologia de comunicação com uma rede de sensores sem fio, para monitoramento do volume de água em reservatórios instalados em instituições educacionais, bem como, para ambientes residenciais individuais ou coletivos, contribuindo para uma gestão adequada do consumo de água fornecendo relatórios sobre o perfil de consumo dos clientes.

Metas

- 1 - Revisão bibliográfica: Sistemas de medição de fluxo e sensores.
- 2 - Estudo sobre integração entre Placa de Desenvolvimento e sensores
- 3 - Desenvolvimento da rede de sensores sem fio, como também, do sistema de aquisição e controle;
- 4 - Testar e validar o sistema em um reservatório real;

Metodologia da execução do projeto

Para a realização deste projeto de pesquisa, o mesmo será dividido nas seguintes tarefas:

- T1: Realizar um estudo da literatura sobre sistemas de monitoramento e controle de reservatórios;
- T2: Realizar um estudo da literatura sobre os sensores e sua integração em sistemas para mensuração de vazão e nível;
- T3: Identificar as principais variáveis que devem ser monitoradas em reservatórios;
- T4: Desenvolver uma arquitetura de sistema que permita a integração de diferentes sensores e dispositivos de monitoramento;
- T5: Implementar um sistema de aquisição de dados em tempo real;
- T6: Desenvolvimento da rede de sensores sem fio, como também, do sistema de aquisição e controle;
- T7: Desenvolvimento do protótipo;
- T8: Desenvolver um algoritmo para o controle automático do volume de água armazenado;
- 9: Testar e validar o sistema em um reservatório real;
- E10 Produção bibliográfica.

Disseminação dos resultados

Referências bibliográficas

- LLIANC, L. LoRaWAN What is it? 2015. Disponível em: <https://docs.wixstatic.com/llianc/1ea1cd969417493c74e4a13c55685.pdf>. Acesso em: 10 de março de 2020.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas águas**: segurança hídrica do abastecimento urbano. Brasília : ANA, 2021. 332 p.: il.
- BARRETO NETO, A. G. S. ; LIMA, A. M. N. ; NEFF, H. Design and theoretical analysis of a bidirectional calorimetric flow sensor. In: International Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2014, Montevideo. I2MTC 2014, 2014. v. 1. p. 542-545.
- CARVALHO, W.F. Medição individualizada de água em apartamentos. Monografia de Especialização em Construção Civil – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- CORREIA, S. Medição Individualizada no Uso Eficiente da Água – Estudo de Caso em duas Unidades Acadêmicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.
- CYTRON TECNOLOGIA. Manual do usuário. Disponível em, <<https://www.cytron.io/c-sensor/c-ultrasonic-sensor>>. Acessado em: 12/03/2023.
- DIGI, ZigBee Wireless Standard, 2012a. Disponível em <<https://www.digi.com/solutions/by-technology/zigbee-wireless-standard>>.. Acesso em: 01 de Março 2023.
- EKANAYAKE, Janaka; JENKINS, Nick; LIYANAGE, Kithsiri; WU, Jianzhong. Smart Grid Technology and Applications. 1. ed. Reino Unido: Wiley, 2012. 293p
- GUEDES, Eduardo José Cerreia; CABRAL, Rafael Hungaro. CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA E DETECÇÃO DE VAZAMENTOS COM REDE LORA. -, 2021.
- FERDINANDO MONSIGNORE. Sensoriamento de ambiente utilizando o padrão ZigBee. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da USP, 2007.
- HIDROMETER. Hidrômetros Unijato UJ-H. São Paulo: Hidrometer, 2019. Disponível em: https://www.hidrometer.com.br/_files/ugd/094ede_cbe9f602897e4ed79ce82c61c44babbe.pdf. Acesso em: 2 set. 2024.
- INSTITUTO TRATA BRASIL; GO ASSOCIADOS. Ranking do saneamento. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2021. 111 p.
- LANG W SOSNA, C. BUCHNER. A temperature compensation circuit for thermal flow sensors operated in constant-temperature-difference mode. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement,
- LEONEL G. PEREIRA. Avaliação da submedição de água em edificações residenciais unifamiliares: o caso das unidades de interesse social localizadas em campinas, no estado de São Paulo. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 8(2):7–21, 2009.
- NENOKI, EDUARDO. ZIGBEE: estudo da tecnologia e aplicação no sistema elétrico de potência. BS thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- OLIVEIRA, G.; MARCATO, F. S.; SCAZUFCA, P.; PIRES, R. C. Perdas de água 2018 (SNIS 2016): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico. 2018. Disponível em:
- ORTIZ, FERNANDO MOLANO, ET AL. "Caracterização de desempenho de uma rede lora em ambientes urbanos: Simulação vs. prática". Anais do III Workshop de Computação Urbana. SBC, 2019.
- SANCHEZ-IBORRA R, SANCHEZ-GOMEZ J, BALLESTA-VIÑAS J, CANO D, SKARMETA AF. Performance Evaluation of LoRa Considering Scenario Conditions. Sensors. 2018; 18(3):772.

- RAAD, AL-Madhrabi et al. An efficient IoT-based smart water meter system of smart city environment. International Journal of Adva Computer Science and Applications, v. 12, n. 8, 2021.
- SEMTECH. AN120.22 LoRa Modulation Basics, 2015.
- SOUSA, L. F. M.; SARDINHA, D. S. A importância da água doce para a humanidade. Revista Científica Multidisciplinar Núcle Conhecimento, v. 4, n. 8, p. 126-136, 2019.
- UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS (UN DESA). Sustainable Development Goal 6. 2019. Disponível <https://sdgs.un.org/goals/goal6>. Acesso em: 19 mar. 2023
- TAVALES, William Alves; NASCIMENTO, Elson Antonio do; NASCIMENTO, Gabriel de Carvalho. A influência da presença c namicromedição em redes de abastecimento. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, p. 351-358, 2021.
- TOSE, THOBIAS. Redes de Sensores sem fio aplicado a uma estação de tratamento de esgoto. Tese de Mestrado Universidade Fe do Espírito Santo, 2010.
- TRATA - BRASIL, DISPONIBILIDADE, PERDAS DE ÁGUA 2018 (SNIS 2016): DESAFIOS PARA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E AVA DA EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO. Disponível <https://www.erambiental.com.br/var/userfiles/arquivos69/documentos/12753/PerdasAgua2020.pdf>
- YAMADA, Eduardo Seiji. Os impactos da medição individualizada do consumo da água em edifícios residências multifamiliares. Trat de conclusão de curso – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- Yang, Z., Xie, P., Ma, H., & Wei, H. (2017). Internet of Things for Smart Water Management: Architectures, Technologies, and Applications. IEEE Access, 5, 25559-25579.

6 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Meta	Atividade	Especificação	Indicador(es) qualitativo(s)	Indicador físico		Período de execução	
				Unid.de Medida	Qtd.	Inicio	Término
1	1	Técnicas de Medição de vazão, medição de nível e tipos de sensores.	Análise do estado da arte, definindo as principais técnicas e tecnologias utilizadas.		0	01/01/2025	30/04/2025
1	2	Planejamento do sistema de medição e os insumos necessários	Definição dos componentes e da técnica a ser desenvolvida.		0	01/11/2024	30/11/2024
2	1	Aquisição de componentes para estudo da plataforma idealizada.	Compra dos componentes necessários ao projeto.		0	01/01/2025	28/03/2025
2	2	Programação Básica do Hardware	Conhecimento sobre a estrutura física (ligações elétricas) e a programação das placas e sensores		0	01/04/2025	30/06/2025
2	3	Desenvolvimento da estrutura de comunicação entre sensores e placa controladora.	Entendimento dos protocolos de comunicação I2C e SPI.		0	01/07/2025	01/09/2025
2	4	Integração com a Internet das Coisas (IoT).	Wi-Fi e MQTT: Estude a integração de sua placa de desenvolvimento com a Internet usando Wi-Fi (ESP8266/ESP32) e o protocolo MQTT.		0	01/09/2025	01/12/2025
3	1	Desenvolvimento da rede de sensores sem fio, como também, do sistema de aquisição e controle; Desenvolver um aplicativo WEB e Mobile para visualização dos dados.	Conjunto de sensores em comunicação, com dados sendo armazenados no servidor Web configurado para a aplicação.		0	01/01/2026	30/04/2026
3	2	Testes de funcionalidade em condições de laboratório.	Validação dos protocolos de do programa desenvolvido e montagem do protótipo.		0	01/05/2026	30/06/2026
4	1	Testar o dispositivos em reservatórios acima de 10 mil litros, em escolas e residências com este tipo de reservatórios.	Teste de funcionalidade em condições reais executado com sucesso.		0	01/07/2026	31/10/2026
4	2	Escrita do relatório técnico do projeto e artigos científicos.	Publicação dos resultados e finalização do projeto.		0	01/10/2025	31/10/2026

7 - PLANO DE APLICAÇÃO

Classificação da despesa	Especificação	PROEX (R\$)	DIGAE (R\$)	Campus proponente (R\$)	Total (R\$)
339018	Auxílio Financeiro a Estudantes	0	0	0	0
	TOTAIS	0	0	0	0

8 - CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Despesa	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	700.00	1400.00	1400.00

Anexo A

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CLASSIFICAÇÃO DE DESPESA	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANT.	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	ATIVO
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	Bolsa para aluno	mes	12	700.00	8400.00	Sim
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	12 MESES DE BOLSA	MES	12	700.00	8400.00	Sim
TOTAL GERAL						16.800,00