

# IMPLEMENTAÇÃO DA IOT EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS POR TELEMETRIA UTILIZANDO MICROCONTROLADOR

Ana Beatriz das Neves Conceição<sup>1</sup>  
Jossylyn Dayanny Casseb Campos<sup>2</sup>  
Denis Carlos Lima Costa<sup>3</sup>  
Verônica Scarpini Candido<sup>4</sup>

## Resumo

A implementação da Internet das Coisas (IoT) em uma estação de tratamento de água (ETA) permite a coleta de dados e a detecção de anomalias que indiquem possíveis vazamentos, promovendo a utilização de equipamentos de baixo custo em um sistema de engenharia de controle e automação utilizando microcontroladores. No presente trabalho iremos utilizar sensores conectados à rede wi-fi que coletam informações sobre o nível de água, transmitindo esses dados para um sistema central, o software processa essas informações e, com algoritmos adequados, identifica padrões que apontem vazamentos. Isso permite uma resposta rápida e eficaz, minimizando desperdícios e danos ao sistema de distribuição de água. O sistema de automação baseado em IoT e telemetria foi implementado na ETA de uma empresa, e seus dados serviram de base para o desenvolvimento do artigo.

**Palavras-chave:** Automação; Objetivo de Desenvolvimento Sustentável; Microcontrolador; Telemetria.

## IMPLEMENTATION OF IOT IN WATER TREATMENT PLANT FOR LEAK DETECTION BY TELEMETRY USING MICROCONTROLLER

### Abstract

The implementation of the Internet of Things (IoT) in a water treatment plant (WTP) enables the collection of data and the detection of anomalies that indicate potential leaks, promoting the use of low-cost equipment in a control and automation engineering system using microcontrollers. In this study, we will use sensors connected to the Wi-Fi network to collect information about the water level and transmit this data to a central system. The software processes this information and, using appropriate algorithms, identifies patterns that indicate leaks. This allows for a quick and effective response, minimizing waste and damage to the water distribution system. The IoT and telemetry-based automation system was implemented in the WTP of a company, and its data served as the basis for the development of this article.

**Keywords:** Automation; Sustainable Development Goal; Microcontroller; Telemetry.

<sup>1</sup> *Ciência e Tecnologia, Graduanda, Bolsista, Programa Regional para Inserção de pesquisadores nas Empresas, IFPA, Ananindeua, Pará e Brasil.*

<sup>2</sup> *Ciência da Computação, Graduanda, Estagiária, SETEC, IFPA, Ananindeua, Pará e Brasil.*

<sup>3</sup> *Ciências e Matemática, Professor Titular IFPA, Doutor em Sistemas de Energia, Coordenador do Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Líder do grupo GM<sup>2</sup>SC, Ananindeua – Pará – Brasil.*

<sup>4</sup> *Bióloga, Doutora em Ciência dos Materiais, Vice-coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais, Ananindeua, Pará e Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas baseados em telemetria e Internet das Coisas (IoT) permite ao usuário conectar o mundo físico ao digital, disponibilizando ferramentas de coleta de dados, armazenamento e análise dos dados gerados, além de permitir mediante a telemetria o monitoramento em tempo real, realizando a otimização e automação de sistemas [1].

A Internet das Coisas (IoT) revolucionou a maneira como interagimos com o mundo ao nosso redor, permitindo a conexão e comunicação entre dispositivos físicos por meio da internet [2]. Uma aplicação significativa da IoT e a telemetria é na gestão e monitoramento de recursos naturais, como em Sistemas de Tratamento e Abastecimento de Água. Estações de tratamento de água (ETA) desempenham um papel crucial na garantia do fornecimento de água limpa e segura para comunidades. A implementação de dispositivos IoT nessas instalações pode melhorar significativamente a eficiência operacional e a detecção precoce de problemas, como vazamentos, garantindo um uso mais sustentável e seguro dos recursos hídricos [3]. Sistemas de distribuição de água enfrentam vários desafios, incluindo a detecção e reparo de vazamentos. Vazamentos não detectados podem resultar em desperdício significativo de água, danos à infraestrutura e aumento nos custos de operação [4]. Tradicionalmente, a detecção de vazamentos tem sido realizada por inspeções visuais periódicas ou através de sistemas de monitoramento caros e complexos. No entanto, esses métodos muitas vezes são ineficientes, imprecisos ou exigem investimentos financeiros substanciais.

O objetivo deste trabalho é oferecer uma proposta de automação de baixo custo, utilizando dispositivos eletrônicos de fácil acesso e baixa complexidade [5], utilizando software livre para o monitoramento da ETA e obtendo uma automação completa com microcontrolador, IoT e telemetria. Essa proposta converge com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável – ODS 6 [6], que tem como premissa a importância de alcançar água potável e saneamento para todos.

A integração dessas tecnologias em uma estação de tratamento de água oferece uma solução eficaz para a detecção de vazamentos, possibilitando a troca de dados entre equipamentos [7]. Um exemplo prático dessa implementação é o uso de dispositivos Arduino, conhecidos por sua versatilidade e acessibilidade [3].

A Companhia de Saneamento do Pará (Cosanpa), atua na Região Metropolitana de Belém e também no interior do Estado com estratégias para melhorar os serviços de abastecimento de água e saneamento, um dos mais recentes investimentos está sendo voltado para o desenvolvimento de ciência e tecnologia aplicado no monitoramento do sistema de distribuição de água, utilizando a telemetria e equipamentos integrados [1].

Um sistema básico de detecção de vazamentos utilizando o princípio da telemetria e da IoT, consiste em sensores de umidade, pressão ou fluxo, conectados a um microcontrolador que transmite os dados coletados para uma plataforma de nuvem via Wi-Fi ou outra tecnologia de comunicação sem fio que irá realizar o monitoramento remoto do sistema. Essa tecnologia já é usada em projetos residenciais, e possui resultados animadores, com equipamentos de baixo custo e alto desempenho [8].

## 2. DESENVOLVIMENTO

A empresa em questão, concordou em compartilhar com a comunidade acadêmica, os dados gerados, códigos, dispositivos utilizados, fotos e fluxogramas da estrutura de instalação da ETA, fomentando assim a colaboração e o avanço tecnológico nas práticas de gestão da água<sup>1</sup>.

### 2.1 ESTRUTURA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)

A Figura 01 mostra a estrutura da ETA, na qual realizamos a implementação da IoT e dos microcontroladores, onde contém o poço que é retirado toda água utilizada no prédio, em seguida, a bomba do poço envia a água para uma fileira de três reservatórios, no primeiro reservatório é realizado o tratamento da água, os outros dois reservatórios possuem a função de armazenar a água, com capacidade de 5 kl (quilolitros) cada. O reservatório apenas libera o fluxo de água quando a bomba de sucção é ligada, abastecendo a caixa inferior (cisterna), que por sua vez, enche a caixa superior quando a bomba de recalque é ativada, ambas as caixas possuem capacidade de 35 kl, sendo a caixa superior responsável por distribuir a água para o prédio, ao qual está sendo monitorada pelo sensor.

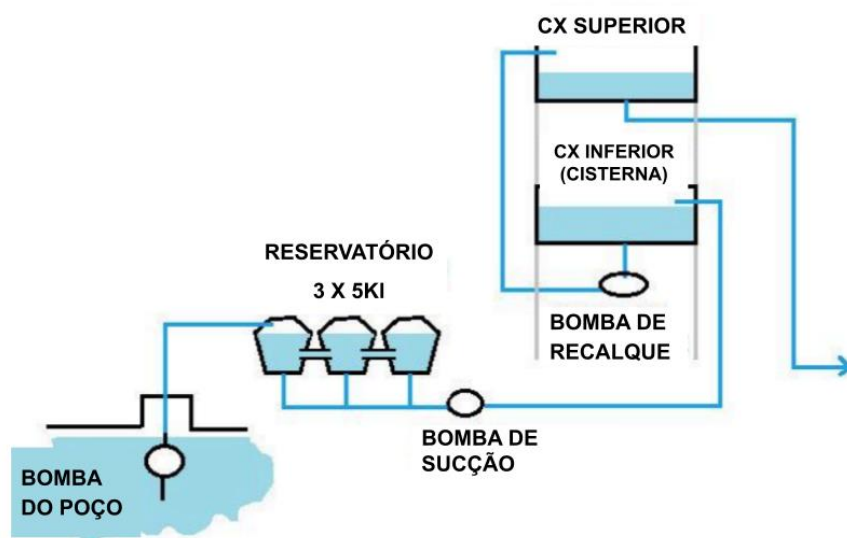
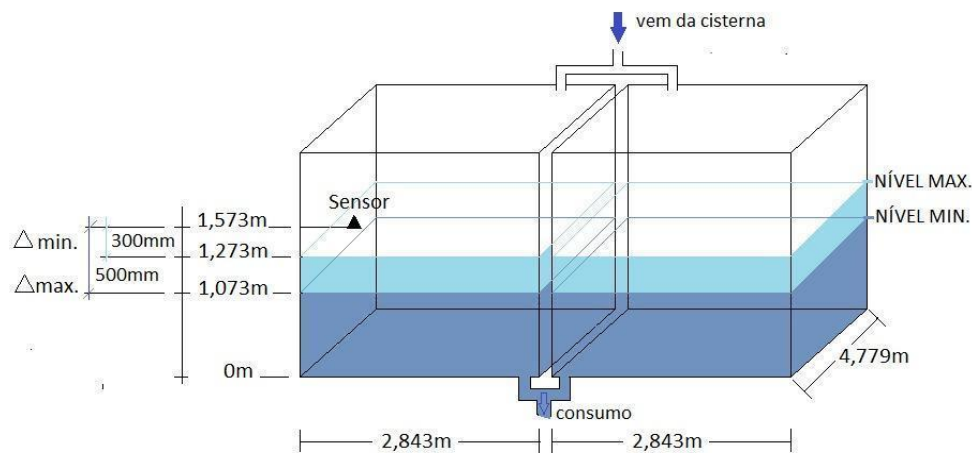


Figura 01: Estrutura da ETA

Atualmente a caixa superior possui capacidade de 35 kl, podendo ser alterada para mais ou para menos dependendo da posição da boia, e o sensor está posicionado na altura de aproximadamente 1,5 m tendo como referencial a borda de uma pequena janela que vem da cisterna, onde fica preso o suporte com o sensor. A altura mínima programada para o desligamento da bomba de recalque é de 300mm e para ligar é de 500mm de acordo como mostra a Figura 2.

<sup>1</sup> Por motivos de confidencialidade, não citaremos o nome da instituição.



**Figura 2:** Caixa Superior

## 2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os sensores de níveis são ideais para medidas de líquido e sólido em ambientes abertos ou fechados [8]. O sensor JSN-SR04T 2.0 realiza a coleta dos dados através de seus sinais ultrassônicos que são refletidos e capturados pelo módulo, possuindo a capacidade de medir entre 25cm a 4,5m com alta precisão e são resistentes à umidade. Para que o modo de impressão seja ativado, foi realizado um jumper no resistor R19 do módulo do sensor, para que operasse de forma autônoma (processamento interno), ou seja, sem a necessidade de um host. A imagem (a) é referente ao sensor ultrassônico e ao módulo utilizado no projeto, e a imagem (b) mostra a instalação já realizada com o sensor e a boia que auxilia na coleta de dados e no desligamento automático da bomba de recalque.

a)



b)



**Figura 3:** a) Sensor Ultrassônico JSN-SR04T 2.0 e Módulo para Arduino [9]. b) Instalação do sensor na Caixa Superior.

O Arduino pode ser encontrado em diversas marcas e modelos diferentes, apresentando características próprias, que facilitam o desenvolvimento de sistemas embarcados [5]. Foi utilizado no projeto o Arduino nano V3.0, que possui sua linguagem de programação baseada em C/C++ ao qual pode escrever, compilar e transmitir o código para a placa Arduino, possuindo um conector para cabos Mini-USB, 14 pinos de I/O, em que seis podem ser utilizados como portas analógicas, conforme indica a Figura 4.



Figura 04: Arduino nano V3.0 [10]

A Figura 5 apresenta a programação do Arduino nano V3.0 [9], que realiza a conexão serial com o Conversor RS232 TTL para RS485, e envia os dados coletados para o ESP-01, através do código em loop que emite um disparo em intervalos de 15 segundos.

A screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Arduino\_WebServer | Arduino 1.8.13". The menu bar includes "Arquivo", "Editar", "Sketch", "Ferramentas", and "Ajuda". The toolbar shows icons for saving, undo, redo, and uploading. The code editor displays the following C++ code:

```
Arduino_WebServer$  builtinfiles.h  secrets.h
#include <SoftwareSerial.h>
#define rxPin 12
#define txPin 14

SoftwareSerial jsnSerial(rxPin, txPin);

void setup() {

  jsnSerial.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  jsnSerial.write(0x01);
  delay(15);
  if(jsnSerial.available()){
    Serial.println(jsnSerial.readString());
  }
}
```

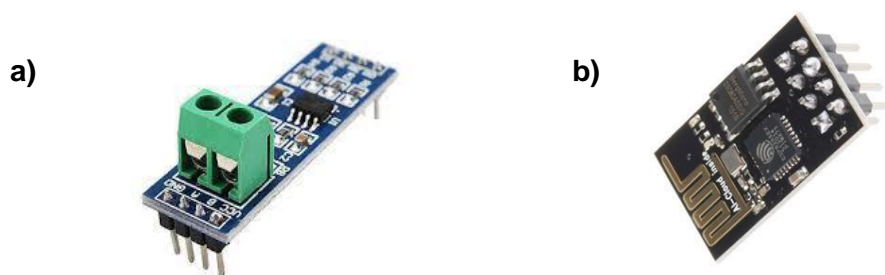
Figura 05: Código fonte do Arduino nano V3.0 [9].

O Módulo conversor utilizado foi o RS232 TTL para RS485, suas características de tensão de alimentação é de 5V, usa o chip MAX485 que converte os padrões RS232 para RS485 e vice-versa, fazendo sua comunicação ser bidimensional, podendo assim enviar e receber dados entre diferentes protocolos de comunicação, sua velocidade de transmissão e recepção e de 2.5Mbps, possui um pino TX e outro RX, no qual, pode ser conectada diretamente ao microcontrolador, sendo um conversor

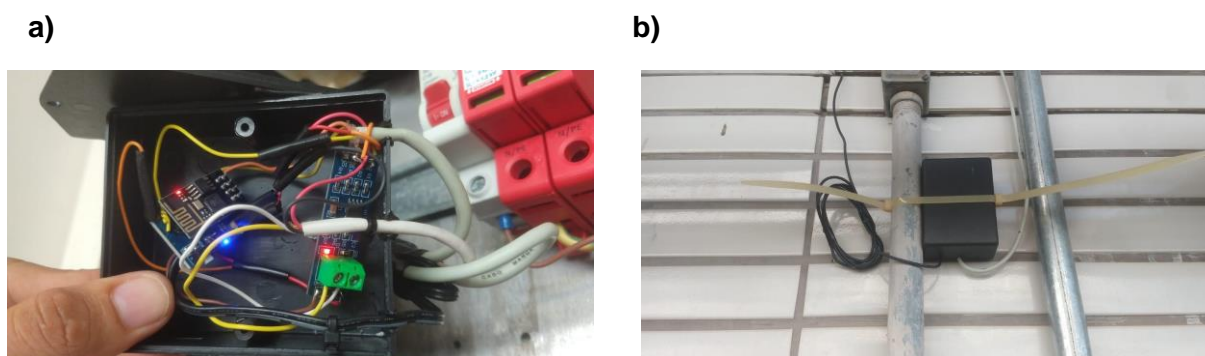
eficiente para longas distâncias, podendo alcançar 1.200m sem afetar seu desempenho.

O ESP8266-01 (ESP-01) foi escolhido pelas suas vantagens que incluem acesso wi-fi, compatibilidade com placas Arduino e possui um microcontrolador isolado, que permite a programação de dispositivos eletrônicos, facilitando a coleta dos dados e o envio para a plataforma em nuvem MQTT (versão 1.5.7), onde podem ser acessados e analisados remotamente pelo software Zabbix (versão 6.4.12).

O Zabbix é responsável pelo monitoramento do sistema, qualquer desvio dos parâmetros esperados é registrado em tempo real, permitindo que os operadores ou analistas abordem rapidamente potenciais problemas, como vazamentos ou mau funcionamento de equipamentos, como mostram as Figuras 6 e 7.



**Figura 6:** a) Módulo conversor Rs232 Ttl para Rs485 [11] b) ESP8266 ESP-01 [12]



**Figura 7:** a) Conexão do módulo conversor e o ESP-01 b) Instalação da caixa com os dispositivos

A Figura 8 apresenta a programação do ESP-01 [13], que tem a função de coletar os dados e enviá-los para a nuvem via wi-fi, ao qual está inscrito no Transporte de Telemetria de Enfileiramento de Mensagens (MQTT). O código utilizado foi adaptado pelos autores para atender aos requisitos do projeto de automação.



```

1 import os
2 import paho.mqtt.client as mqtt
3
4 def on_connect(client, userdata, flags, rc):
5     print("Connected with result code {}".format(str(rc)))
6
7 def on_message(client, userdata, msg):
8     ncx1 = str(msg.payload)
9     if "Gap=" and "mm" in ncx1:
10        ncx2 = ncx1.split("=")
11        ncx3 = ncx2[1].split("mm")
12        msg1 = 'zabbix_sender -z IP-DO-ZABBIX -s "ETA" -k "nvcx1" -o '+ncx3[0]
13        os.system(msg1)
14 client = mqtt.Client("digi_mqtt_test")
15 client.on_connect = on_connect
16 client.on_message = on_message
17 client.connect('127.0.0.1', 1883)
18 client.subscribe("outTopic")
19 client.loop_forever()
20

```

Figura 9: Script em Python da conexão do MQTT ao Zabbix [14].

O software Zabbix foi criado em 2001 por Alexei Vladishev, ele oferece o monitoramento de TI em tempo real, além de ser de código aberto e gratuito. A utilização do Zabbix se mostrou essencial para a coleta de dados, já que o MQTT não armazena os dados e somente são visualizados em tempo real.

Por intermédio do software Zabbix, apresentado na Figura 10, é possível: guardar os dados, gerar alertas, criar gráficos, definir quem terá acesso e filtrar quais são as informações recebidas, tudo isso via web por uma interface ágil que poderá ser acessada de qualquer lugar por dispositivos que tenham acesso à internet.



Figura 10: Interface do Zabbix

Poderia ser realizadas as conexões diretas entre o módulo para Arduino e o ESP-01, no entanto, o local onde está o sensor não possui sinal wi-fi, fazendo necessário o conversor Rs232 Ttl para Rs485, que fará a ponte entre o Arduino nano e o ESP-01. No servidor da empresa encontra-se armazenado o MQTT e o código de ligação, que estão conectados e enviando os dados para serem processados pelo Zabbix.



Reitera-se que haveria a possibilidade de estabelecer a ligação direta entre o MQTT e o Zabbix, mas no projeto em questão houve problemas de compatibilidade, sendo necessário adicionar o código. A Figura 11 mostra o passo a passo das conexões entre os microcontroladores e os softwares utilizados.

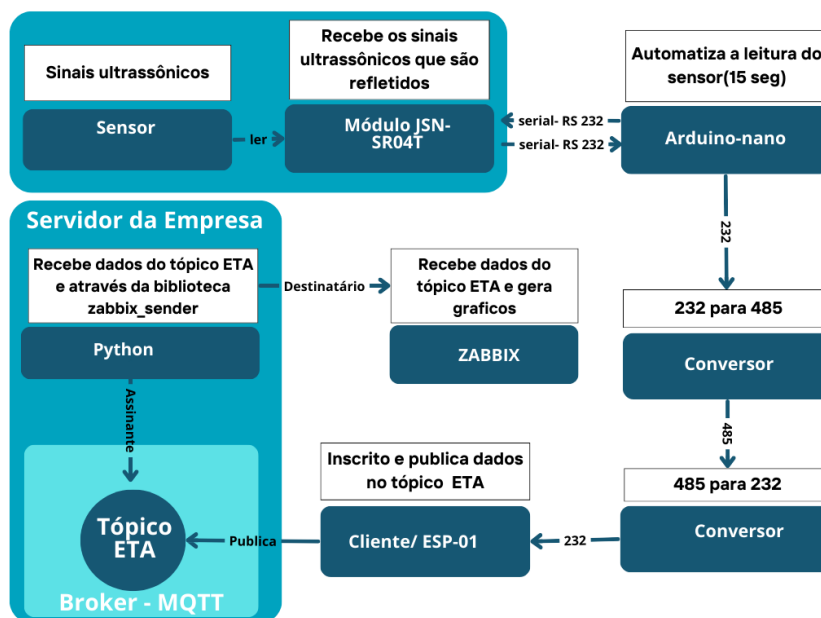


Figura 11: Fluxograma da automação

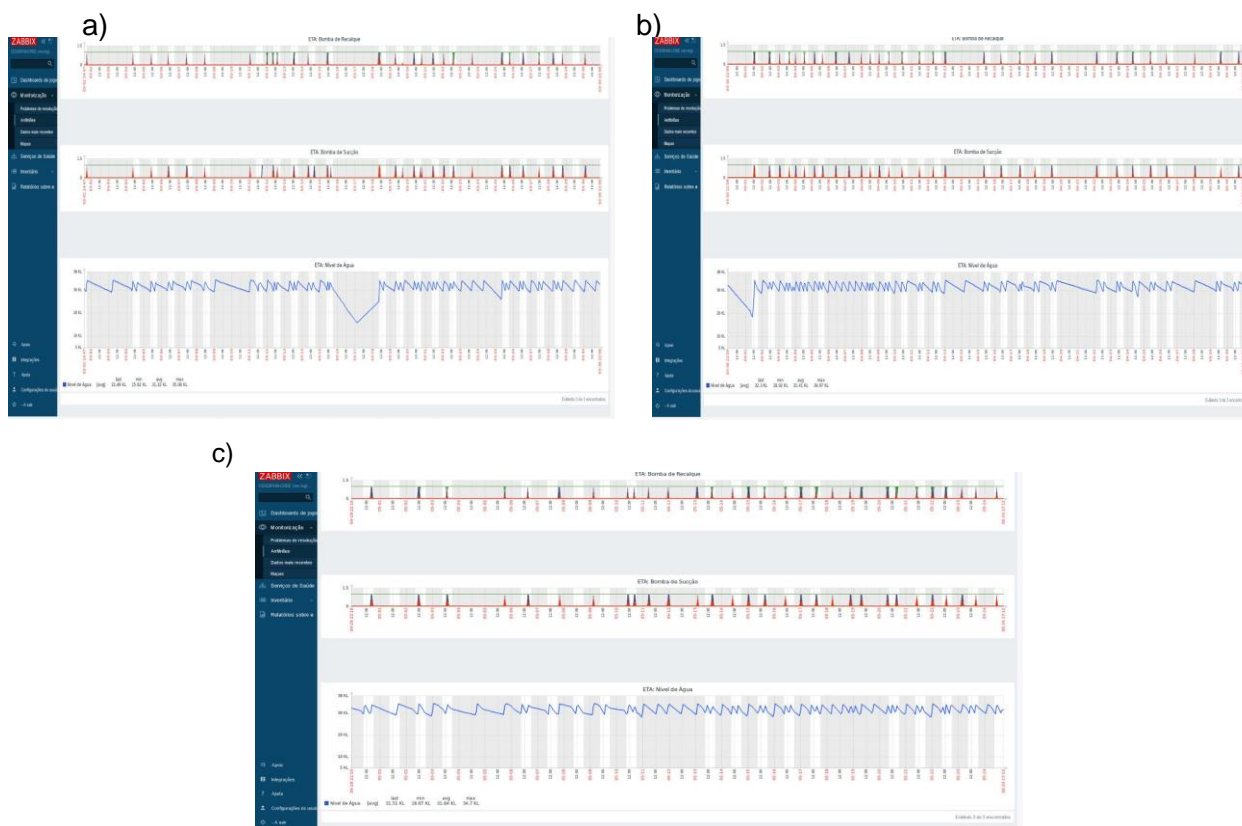
## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A ETA da empresa funciona com sistema de abastecimento automático, as bombas eram ativadas e os reservatórios abastecidos sem qualquer monitoramento ou registro de quantas vezes as bombas eram ligadas, ou qual eram as datas e horários de abastecimento do prédio, o que dificultava processos de tomadas de decisão relacionados à manutenção.

A implementação da tecnologia IoT na ETA começou com a seleção de sensores e microcontroladores de baixo custo capazes de se integrar perfeitamente à infraestrutura existente. Esses dispositivos foram estrategicamente posicionados em toda a planta para monitorar possíveis vazamentos utilizando a telemetria. Os microcontroladores surgiram como a escolha preferida devido à sua versatilidade e compatibilidade com protocolos IoT. Vale ressaltar que o esquema de automação apresentado é eficiente tanto para locais próximos à empresa quanto para locais de difícil acesso, que apresentam distâncias consideráveis, já que ao utilizar o conversor Rs232 Ttl para Rs485 pode-se montar o equipamento a cerca de 1500m do local onde está o sensor.

A Figura 12 destaca os gráficos gerados pelo Zabbix referente ao mês de março, abril e maio respectivamente. As imagens mostram quantas vezes a bomba de recalque e a bomba de sucção foram ligadas (picos em vermelho) e o fluxo de consumo de água no prédio (linhas em azul). Analisando seus dados constatou-se que no mês de março (03/03 à 24/03) o nível de água no reservatório atingiu máxima de 35.08 kl, mínima de 15.62 kl e média de 31.2 kl, ambas as bombas foram ligadas 26 vezes. Em abril (03/04 a 24/04) o gráfico apontou a máxima de 34.65 kl, mínima de 18.51 kl e sua média registrada foi de 31.68 kl, tanto a bomba de recalque quanto a de sucção foram ligadas 23 vezes.

No mês de maio (03/05 a 24/05) a máxima foi de 34.7 kl, mínima 18.67 kl e a média foi de 31.65 kl, a bomba de recalque foi ligada 27 vezes e a bomba de sucção foi ligada 28 vezes.



**Figura 12:** a) Gráfico do mês de março. b) Gráfico do mês de abril. c) Gráfico do mês de maio.

No gráfico pode ser observado que a bomba ligava em finais de semana e em horários sem grande consumo, como às 3h da manhã, quando não havia fluxo de pessoas no prédio, sendo que a empresa funciona das 8h às 18h, de segunda-feira a sexta-feira. No mês de março foi registrado que a bomba de recalque ligou cinco vezes e a de sucção quatro vezes entre 19h13 e 02h02. Durante o mês de abril, ambas as bombas foram ligadas cinco vezes, entre 00h43 e 04h33. Nos fins de semana do mês de abril, os sensores registraram a ativação das bombas no dia 06/04 (sábado) das 10h40 às 11h22 e duas vezes no dia 07/04 (domingo), a primeira ativação foi das 10h40 a 11h22 e a segunda das 23h31 a 00h10. No dia 13/04 (sábado) as bombas ligaram duas vezes, entre 00h39 às 00h56 e 01h01 às 01h02.

Já no mês de maio as bombas foram ligadas seis vezes no horário das 19h57 à 03h55. Nos fins de semana foi registrado que elas ligaram seis vezes, uma no dia 05/05 (domingo) das 18h18 à 18h57, outra no dia 11/05 (sábado) das 05h35 às 06h06, outra no dia 12/05 (domingo) das 23h24 às 00h01, e no dia 18/05 (sábado), houve dois registros, uma às 05h02 a 05h41 e outra das 21h24 a 22h03. No dia 19/05 (domingo) foram ativadas no horário de 07h51 à 08h31.

No feriado do dia 30/05 (quinta-feira) a bomba ativou duas vezes, uma no horário de 00h38 a 01h24 e outra às 19h25 às 20h, no dia seguinte 31/05 (sexta-feira) não houve expediente, porém, as bombas ligaram das 16h29 a 17h08, no fim de semana 01/06 (sábado) foram ligadas das 14h04 a 14h40 e por fim no 02/06 (domingo), na qual a bomba de recalque apresentou uma peculiaridade ligando duas vezes, uma das

08h28 às 08h45 e 08h51 às 08h52 e a de sucção ligou das 08h31 às 09h07, ressaltando que nesses quatro dias consecutivos não houve expediente na empresa. Mediante esses dados, constatou-se anomalias no nível da água, sendo necessário analisar os possíveis motivos das bombas estarem sendo ativadas em feriados, finais de semana e períodos noturnos quando não possuem fluxo de pessoas na empresa.

### 3. CONCLUSÃO

Em inferência, a integração da tecnologia Internet das Coisas e a telemetria possuem um grande potencial para otimizar processos de tratamento de água e garantir a distribuição sustentável de água. Ao aproveitar dados e automação em tempo real, as estações de tratamento de água podem minimizar desperdícios, mitigar riscos e aprimorar a eficiência geral. A bem-sucedida implementação da automação baseada na Internet das Coisas e telemetria na estação de tratamento de água, resultou em benefícios tangíveis em termos de eficiência operacional, mitigando o desperdício de água e a conservação de recursos. A empresa ao qual foi realizada a instalação do sistema, após monitorar os dados do Zabbix, constatou a necessidade de manutenção na infraestrutura do prédio e na estação de tratamento de água. O estudo de caso apresentado neste trabalho serve como testemunho do potencial transformador da Ciência e Tecnologia na gestão da água e destaca a importância da colaboração entre indústria e academia no impulsionamento da inovação. Para futuros trabalhos estima-se aplicar um sistema inteligente capaz de controlar o fluxo de água onde há vazamentos, dessa forma, será possível obter um abastecimento de água justo, desenvolvido e sustentável.

### Agradecimentos

Ao grupo de pesquisa Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional – GM<sup>2</sup>SC, no desenvolvimento dos projetos do Bacharelado em Ciência e Tecnologia e Ciência da Computação do IFPA Campus Ananindeua e ao grupo de pesquisa em Materiais Compósitos – GPMCOMP, UFPA Campus Ananindeua, pelo apoio na produção e divulgação do presente trabalho.

### REFERÊNCIAS

- 1 Companhia de Saneamento do Pará. Cosanpa Aposta Em Tecnologia Para A Gestão Do Abastecimento De Água. 2024 [acesso em 2 mai. 2024];. Disponível: <<https://www.cosanpa.pa.gov.br/noticias/cosanpa-aposta-em-tecnologia-para-a-gestao-do-abastecimento-de-agua/>>.
- 2 Gokhale P, Bhat O, Bhat S. Introduction to IOT. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, Vol. 5, Issue 1, 2018 [acesso em 20 mai. 2024]. DOI 10.17148/IARJSET.2018.517. Disponível: <[https://www.researchgate.net/publication/330114646\\_Introduction\\_to\\_IOT](https://www.researchgate.net/publication/330114646_Introduction_to_IOT)>.
- 3 Silva CDH. Controle De Caixa D'água Computadorizado. Monografia. Centro Universitário De Brasília. Brasília, Distrito Federal. 2013 [acesso em 18 mai. 2024]. Disponível: <[https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/3856/1/Carolina%20Holanda%20Monografia%201\\_2013.pdf](https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/3856/1/Carolina%20Holanda%20Monografia%201_2013.pdf)>.
- 4 Santos MP, Oliveira JKC. Automação De Baixo Custo Para Reservatórios De Água. Revista Principia, Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, Paraíba.

- 2014 [acesso em 5 mai. 2024]. N° 25. Disponível: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/download/173/142>>.
- 5 Garibalde HRR. Automatização E Monitoramento De Sistema De Abastecimento De Água. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação), Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, Ouro Preto. 2021 [acesso em 5 mai. 2024]. Disponível: <<https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/3197>>.
- 6 By Climate Champions. Fair Water Footprints: A pivotal event at World Water Week 2023. 2023 [acesso em 27 mai. 2024]. United Nations Framework Convention on Climate Change secretariat (UNFCCC). Disponível: <<https://climatechampions.unfccc.int/fair-water-footprints-a-pivotal-event-at-world-water-week-2023/>>.
- 7 Souza RMO, Santos JR, Amici TT, Camusso D. Monitoramento De Caixa D'água Com Realidade Aumentada E Iot. Revista Brasileira De Mecatrônica, v4, n2, 56–67, ISSN: 2596-1233. 2021 [acesso em 10 mai. 2024]. Disponível: <<https://revistabrmecatronica.sp.senai.br/ojs/index.php/revistabrmecatronica/article/view/138>>.
- 8 Bento BR. Automação Aplicada À Redução Do Desperdício De Água Em Instalações Prediais. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação), Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, Ouro Preto. 2016 [acesso em 6 mai. 2024]. Disponível: <[https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1025/1/MONOGRAFIA\\_Automa%c3%a7%c3%a3oAplicadaRedu%c3%a7%c3%a3o.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1025/1/MONOGRAFIA_Automa%c3%a7%c3%a3oAplicadaRedu%c3%a7%c3%a3o.pdf)>.
- 9 Usina Info. Projeto Sensor JSN-SR04T 2.0/AJ-SR04M Comunicação Arduino. Blog Usinainfo Eletrônica e Robótica. 2022 [acesso em 20 mai. 2024]. Disponível: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-sensor-jsn-sr04t-2-0-aj-sr04m-comunicacao-com-Arduino/>>.
- 10 Guse R. Comparativo de Placas Arduino Nano: Qual Comprar?. 2023 [acesso em 20 maio 2024]. Maker Hero. Disponível: <<https://www.makehero.com/blog/comparativo-de-placas-Arduino-nano-qual-comprar>>.
- 11 Smart Projects Brasil. Módulo Conversor TTL para RS485. [acesso em 20 mai. 2024]. Disponível: <<https://www.smartprojectsbrasil.com.br/modulo-conversor-ttl-para-rs485>>.
- 12 Cordeiro G. O Guia Completo do ESP-01 — Primeiros Passos. Medium; 2023 [acesso em 21 mai. 2024]. Disponível: <<https://gui-cordeiro.medium.com/o-guia-completo-do-esp-01-primeiros-passos-fdb37c874df5>>.
- 13 Ferreira TG. MQTT com ESP32. Crescer Indústria e Automação. 2023 [acesso em 24 mai. 2024]. Disponível: <<https://www.crescerengenharia.com/post/mqtt-esp32>>.
- 14 Digi. Example: receive messages (subscribe) with MQTT. Digi International Inc. 2023 [acesso em 15 mai. 2024]. Disponível: <[https://www.digi.com/resources/documentation/Digidocs/90001541/Default.htm#reference/r\\_example\\_subscribe\\_mqtt.htm](https://www.digi.com/resources/documentation/Digidocs/90001541/Default.htm#reference/r_example_subscribe_mqtt.htm)>.