



II-075 - SMART SEWERS - ESGOTO INTELIGENTE: UTILIZANDO REDES *IoT* PARA A MONITORAÇÃO DE ELEVATÓRIAS DE ESGOTO PARA A OTIMIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA CIDADE DE SENHOR DO BONFIM -BA

Javan Oliveira de Almeida ⁽¹⁾

Graduado em Licenciatura em Ciências da Computação pelo IFBaiano (2018), Especialização em Engenharia de *IoT* (2020) pela Faculdade Unyleya (2022). Agente Operacional da EMBASA-BA na Divisão Regional de Operação de Água da Unidade Regional de Senhor do Bonfim/Ba.

Ananda Criado de Andrade ⁽²⁾

Graduada em Engenharia Civil pela UNIVASF (2016), Especialização em Engenharia de Saneamento Básico e Ambiental pela INBEC (2021). Engenheira Civil da EMBASA-BA e Gerente da Divisão Regional de Esgoto da Unidade Regional de Senhor do Bonfim/Ba.

Jair Costa Lopes Júnior ⁽³⁾

Graduado em Processamento de Dados (1995) na Faculdade Ruy Barbosa, especialização em Banco de Dados (2001), Engenharia de *IoT* (2020) e Ciência de Dados (2022). Analista de Tecnologia da Informação da EMBASA-BA na Unidade Gestão Patrimonial e Documental.

Endereço⁽¹⁾: Av. da Embasa, 89-65 - Bonfim II, Sr. do Bonfim - BA, 48970-000, Brasil- Tel: (74) 3541-8400 - e-mail: javan.almeida@embasa.ba.gov.br.

RESUMO

Segundo Marcelo Texeira (2017, p. 177), atualmente vive-se uma transformação digital na indústria, que está sendo referenciada como uma nova revolução e conhecida como a quarta revolução industrial (indústria 4.0) que se apoia fortemente nas tecnologias habilitadoras, tais como: *Internet das Coisas (IoT)*, *big data analytics*, *machine-to-machine (M2M)*, *cloud computing* e Inteligência Artificial (IA). Nos últimos anos, estes avanços tecnológicos tornaram os processos de produção mais eficientes, autônomos e customizáveis. A inovação permitiu que tudo seja devidamente metrificado e monitorado. No setor de saneamento, esta transformação digital traz soluções inovadoras para os desafios enfrentados no processo de esgotamento sanitário, otimizando os processos de coleta, tratamento e destinação correta do efluente. Este artigo tem o enfoque no contexto do saneamento básico, tendo a proposta inicial a coleta, transmissão, armazenamento, alerta de serviços e análises de dados de nível de efluente doméstico nos poços de sucção de estações elevatórias de esgoto (EEEs). Para isso, desenvolveu-se uma solução integrada que utiliza sensores, conectividades *IoT* e um *middleware-IoT*, com elevado grau de interoperabilidade tecnológica para fazer o monitoramento operacional de estações elevatórias de esgoto, com o objetivo de fazer uma gestão mais eficiente dos equipamentos e da coleta, tratamento e destinação correta do efluente. Para isso, desenvolveu-se uma solução integrada chamada *Smart Sewers* (Esgoto Inteligente), na qual utiliza sensores, conectividades *IoT* (LoRaWAN) e um *middleware-IoT*, com elevado grau de interoperabilidade tecnológica para fazer o monitoramento de estações elevatória de esgoto, com o objetivo de fazer uma gestão mais eficiente dos equipamentos e no extravasamento de esgoto. Foi utilizada nesta inovação metodologia ágeis de prototipação, testes em campo, além de pesquisa bibliográfica. Os estudos realizados nesta elevatória resultaram na melhoria do monitoramento do controle de extravasamento de esgoto em tempo real como também possibilitou a eficiência da transmissão dos dados pela rede *IoT* LoRaWAN.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0, *IoT*, análise de dados, elevatórias de esgoto, LoRaWAN.



INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0, segundo Sacomano (2018), é uma revolução industrial que tem como objetivo aperfeiçoar a eficiência e a flexibilidade dos processos industriais, através da utilização de tecnologias avançadas, como *IoT*, inteligência artificial, computação em nuvem e robótica. Ela representa uma nova era na produção, em que a integração de sistemas digitais e físicos permite a otimização da cadeia de produção e a customização dos produtos ao gosto do cliente. Traz consigo uma série de oportunidades para aumentar a eficiência e a competitividade das empresas, mas também apresenta desafios, como a necessidade de reestruturação dos processos produtivos e a adaptação da mão de obra.

Esta revolução é um fenômeno que está mudando a forma como as empresas se relacionam com seus clientes, fornecedores e colaboradores. A tecnologia tem um papel fundamental nesse processo, permitindo a automatização de tarefas, a análise de dados em tempo real e a interação digital com as partes interessadas denominados como stakeholders. Esta transformação é essencial para que as empresas possam se manterem competitivas em um mercado cada vez mais exigente e em constante mudança.

A Indústria 4.0 também tem aplicação no setor de saneamento básico, trazendo soluções inovadoras para os desafios enfrentados pela área. O uso de tecnologias avançadas, *Internet das Coisas (IoT)*, *big data analytics*, *machine-to-machine (M2M)*, computação em nuvem (*cloud computing*) e Inteligência Artificial (IA), permite a otimização dos processos de coleta, tratamento e destino final do esgoto, garantindo maior eficiência e qualidade do serviço prestado à população. Além disso, a Indústria 4.0 no saneamento também pode contribuir para a eficiência operacional das estações elevatórias de esgoto através do monitoramento em tempo real das condições da rede de esgoto, possibilitando a identificação precoce de problemas e a tomada de decisões mais eficientes e com isso, é possível diagnosticar um problema antecipadamente.

Neste contexto, as redes *IoT (Internet das Coisas)* são fundamentais para a coleta de dados e a monitoração de dispositivos e sistemas interconectados. A *IoT* permite que dispositivos sejam equipados com sensores e outros recursos para coletar, transmitir e armazenar dados sobre o seu funcionamento e ambiente. Esses dados podem ser analisados para fornecer informações valiosas sobre o desempenho da rede de esgoto, tendências de uso e necessidades de manutenção, entre outras coisas. As empresas de saneamento básico estão buscando o que chamamos de saneamento 4.0 cujos conceitos visam a entrega de melhores serviços à população por meio de novas tecnologias (ex: *IoT*, *cloud computing*, *big data analytics* e IA) e dispositivos digitais. Além do desenvolvimento urbano, podemos obter outros benefícios. Veja alguns deles:

- Automação de processos: rapidez na resolução de problemas, além de prever comportamentos da rede de esgoto para oferecer melhor serviço à sociedade;
- Automação e otimização do sistema: com gerenciamento de dados, IA (Inteligência Artificial) e/ou *Big Data* poderá diminuir a burocracia, visto que o acesso às informações será mais rápido e de forma remota por meio de aplicativos;
- Monitoramento contínuo e produtividade: ao implementar sensores na rede é possível monitorar os processos de modo a aumentar a produtividade da equipe para focar em atividades estratégicas;
- Sustentabilidade: o uso dessas tecnologias é focado em sustentabilidade, ou seja, é possível prever onde terá extravasamentos na rede de esgoto, como detectar lançamentos irregulares.

OBJETIVOS

O presente estudo propõe avaliar uma solução de coleta de dados utilizando redes *IoT LoRaWAN* e análises de dados em nuvem nas estações elevatórias de esgoto para uma melhor gestão operacional de maneira eficiente, otimizando a operação e na redução dos extravasamentos. Esta proposta de solução, tem como objetivo, utilizar sensores inteligentes para realizar as leituras das grandezas de esgoto (volume, vazão e nível) em tempo real nas elevatórias e transmitir os dados automaticamente usando arquitetura *IoT* de baixo custo chamada *LoRaWAN* e Computação em Nuvem, que esteja preparada para realizar as análises necessárias para um controle mais eficiente com o objetivo de reduzir o índice de extravasamento atendendo às seguintes necessidades operacionais (veja Figura 1 a seguir):

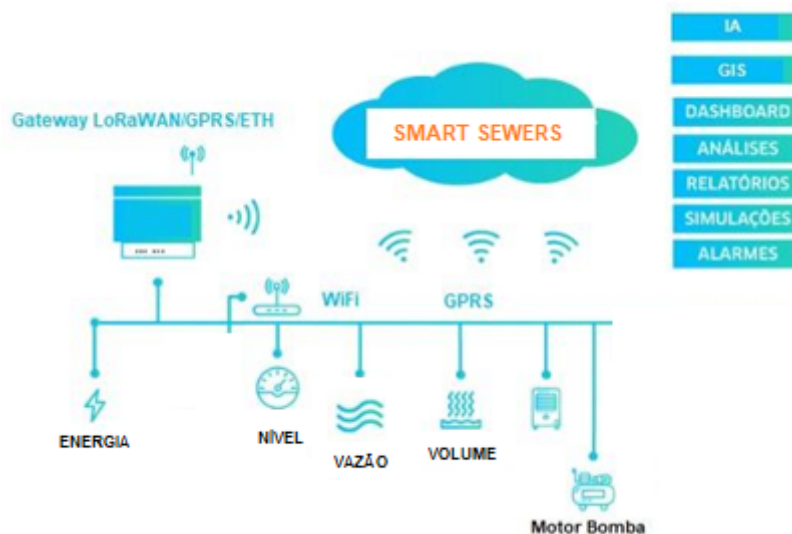


Figura 1 - Desenho da solução proposta.

- Apoiar no gerenciamento das estações elevatórias de esgoto (EEE);
- Alarmar vazamentos, falhas de operação, falhas de equipamentos, intrusões, valores anormais de níveis, volume e vazões;
- Controle de extravasamentos, monitoramento de reparo no conjunto motobombas, monitoração de nível, volumes e vazão;
- Incorporar uma plataforma de inteligência de negócios para a monitoração contínua de desempenho e conformidade regulamentar.

METODOLOGIA UTILIZADA

O presente estudo tem como metodologia uma pesquisa bibliográfica, baseada em artigos científicos, revistas, *design thinking* (desenvolvimento de soluções eficientes), estudos realizados dentro de uma estação elevatória de esgoto na cidade de Senhor do Bonfim/Ba utilizando redes *IoT/LoRaWAN*, Computação em Nuvem e livros. Segundo Gil (2002, p. 44) a pesquisa bibliográfica se desenvolve baseada em materiais já elaborados constituídos principalmente de livros e artigos científicos. Para Cervo e Bervian (1983, p. 55), ela explica um problema a partir de referenciais teóricos publicados em documento. Com essa afirmação podemos concluir então que quando o pesquisador se dispõe a realizar uma pesquisa bibliográfica, está seguro de que deverá explicar ou apresentar uma determinada situação baseado nessa pesquisa, que será a sua contribuição para a ciência ou sua área de atuação.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste estudo, foram feitos testes de propagação de radiofrequência realizados na região urbana da cidade de Senhor do Bonfim, conforme Figura 2. Este foi o município escolhido para o projeto, pois já existia uma rede LPWAN, utilizando a tecnologia LoRaWAN para a gestão de distribuição de água e foi reaproveitada para resolver problemas na coleta dos dados e no controle de extravasamento nas estações elevatórias de esgoto. Esta solução foi composta por: sensores (vazão, volume e nível), transmissores LoRa, *gateway* LoRaWAN, Computação em Nuvem, aplicações web e *Mobile/Android*; responsáveis por exibir informações das vazões, nível e volumes em tempo real, conforme Figura 3.

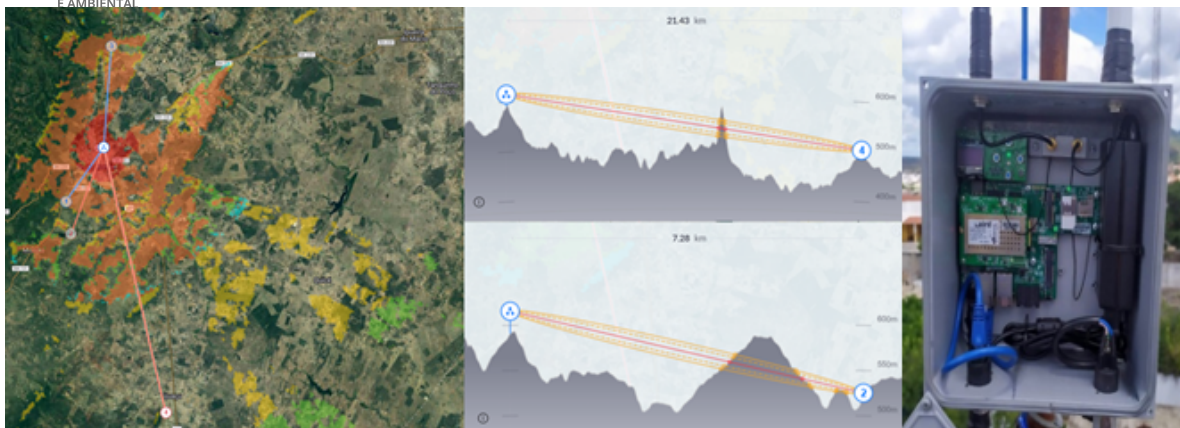


Figura 2: Cobertura de sinal da rede LoRa na cidade de Senhor do Bonfim e equipamento de transmissão LoRaWAN.

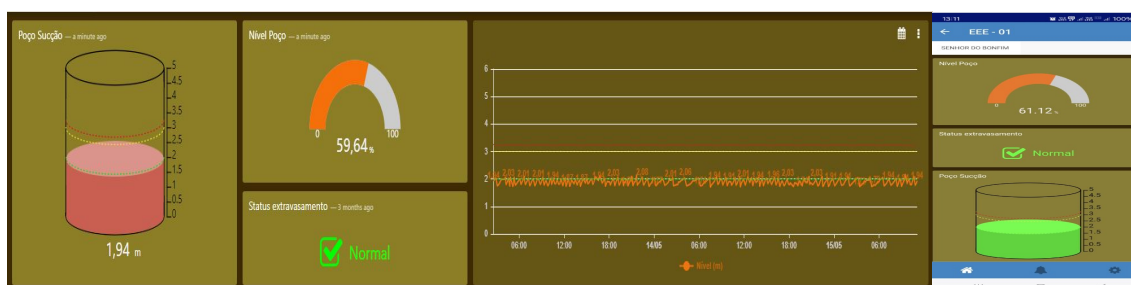


Figura 3: Painel gerado pelos dados da rede *IoT* nas plataformas *Web* e *Mobile*, trazendo informações em tempo real da elevatória de esgoto da cidade Senhor do Bonfim, Bahia, 2024.

A Estação Elevatória de Esgoto (EEE) é um equipamento de suma importância para intermediar a passagem dos efluentes entre o ponto de geração e a Estação de Tratamento de Esgoto ou a rede de coleta de esgoto. Ela exerce a função de transportar um líquido do ponto mais baixo para o mais alto, e compreende um conjunto de equipamentos como bombas, válvulas, reservatório, equipamentos elétricos etc. O controle de nível nas EEE é importante para o acionamento, proteção e conservação das bombas submersíveis, evitando eventos de transbordos, contaminações e poluição ambiental. Haverá situações em que o controle por chaves de nível será o suficiente e, por outro lado, situações em que os transmissores de nível serão mais apropriados. Chaves de nível são dispositivos utilizados para atuar em determinados pontos fixos de nível (baixo, alto etc.). Tal ponto, uma vez alcançado, exige o desencadeamento de alguma ação necessária à boa operação ou segurança do sistema a qual pertence o equipamento: ligar uma bomba, acionar um alarme etc. Já os transmissores de nível realizam uma medição contínua, transmitindo em tempo real informações de alarme, segurança e nível através de redes *IoT*.

Os testes destes equipamentos (Figura 4), foram realizados numa estação elevatória de esgoto na cidade de Senhor do Bonfim/Ba (Figura 5), medindo inicialmente o nível, temperatura e umidade do ambiente dos equipamentos seguindo o seguinte fluxo:



Figura 4: Equipamentos utilizados para a coleta e transmissão de dados realizados pela rede *IoT/LoRa*.



Figura 5: Foto da Estação Elevatória de Esgoto na Cidade de Senhor do Bonfim/Ba.

- Os sensores e equipamentos com as seguintes saídas/entradas, conforme tabela 1, capturam os dados dos dispositivos, por conexão aos dispositivos operacionais, tais como bombas, nível de reservatório, temperatura e muitos outros, desde que possuam a sinalização elétrica nos padrões de vazão, volume, nível e energia;
- Os módulos (Figura 4) que leem os dados dos sensores e os transmitem para as estações base (*gateway*) a quilômetros de distância;
- Os concentradores recebem os dados de todos os sensores da região e os encaminham para a plataforma *IoT* segura no servidor de rede dentro da empresa ou na nuvem;
- O servidor de rede *IoT* coleta os dados de todas as estações base;
- O processo da plataforma *IoT* tem a possibilidade de transformar sinais brutos em leituras significativas do sensor, com: nível medido em metros, volume medido em litros ou m³, energia em kwh, corrente ou voltagem, e vazão l/s ou m³/h;
- Os sistemas corporativos da EMBASA que dão apoio operacional e integram com a Nuvem *IoT* através de interfaces (APIs) no servidor de aplicação ou processos de cargas;



- Os portais, Supervisório, GIS, soluções analíticas (BI) e aplicativos diversos disponibilizam dados com essas novas informações utilizáveis, dando suporte para a tomada de decisão nas estações elevatórias de esgoto.

Tabela 1: Tipo de saídas usadas nos sensores dos equipamentos. Estações elevatórias de esgoto da cidade Senhor do Bonfim, Bahia, 2024.

| Vazão | Volume | Nível | Energia |
|--------------|--------|--------|---------------------------|
| RS485 Pulso | 4-20mA | 4-20mA | Tensão (V) e Corrente (A) |

RESULTADOS DOS SENSORES DE NÍVEL DO POÇO DE SUCÇÃO

Foi instalado na estação elevatória de esgoto um dispositivo de transmissão *IoT/LoRa*, com a finalidade de monitorar o nível e controle de extravasamento do mesmo. Este ponto está localizado a uma distância de aproximadamente 4 km da rede LoRaWAN e numa área com barreiras geográficas. Por estas peculiaridades o sistema de alimentação adotado foi de alimentação por energia elétrica. Os dispositivos adotados nesta configuração foram: um sensor ultrassônico, um device LoRa, e alimentado a uma rede elétrica. Este equipamento é de suma importância por conta da dificuldade extrema de acesso e a não visualização, caso haja algum extravasamento. Neste cenário, antes da instalação deste equipamento, era necessário tomar o máximo de cuidado ao fechar uma válvula mais à frente. A válvula é usada para abastecer algumas residências derivadas desta linha. Pelo fato da não facilidade de checar o nível neste local, mesmo com os cuidados para não extravasar, era verificado que em algum momento o reservatório extravasava. Ao instalar esta verificação do nível do reservatório, pode-se perceber que o nível subia rapidamente e ao verificar que estava próximo para atingir o nível máximo, o operador em campo liberava o fluxo da válvula para que o extravasamento não ocorresse. Vale ressaltar a importância deste reservatório, pois fornece um volume grande de esgoto diário nesta elevatória.

RESULTADOS DA PLATAFORMA NA NUVEM DE VISUALIZAÇÃO DOS DADOS

A plataforma para o setor de supervisão foi desenvolvida na nuvem que pudesse receber os dados via protocolo HTTP ou MQTT dos dispositivos e implementasse uma solução integrada com a *Internet das Coisas* - tecnologia "*IoT*", para um controle mais eficiente nesta elevatória. A plataforma de nuvem, Figura 6, é um sistema baseado em tecnologia da nuvem que permite aos usuários armazenarem, processar e acessar dados a partir de qualquer lugar e dispositivo com conexão à internet. Essa tecnologia revolucionou a maneira como as empresas e indivíduos gerenciam e compartilham informações, pois oferece flexibilidade, escalabilidade e segurança.

A plataforma de *IoT (Internet of Things)* permite aos usuários criarem aplicativos de maneira rápida e fácil de acordo com Muniz Pereira (2022). A plataforma oferece uma ampla variedade de recursos, incluindo conexão a dispositivos *IoT*, processamento de dados em tempo real, análise de dados e visualização de dados. Além disso, ela oferece integrações com outras plataformas, como o *Google Cloud Platform*, o *Amazon Web Services* e o *Microsoft Azure*, o que permite aos usuários aproveitarem ao máximo a tecnologia da nuvem.



Figura 6: Plataforma na Nuvem utilizada para análises dos dados coletados.

SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Por entender-se que toda a pesquisa não se limita aos resultados nela apresentados e, levando-se em consideração as limitações do presente trabalho, podem-se realizar algumas sugestões para trabalhos futuros de estudo controle em elevatórias e estações de tratamento de esgoto implementando as tecnologias propostas, tais como:

- Coletar os dados do volume passado e da vazão instantânea da(s) elevatórias e estações de tratamento de esgoto para verificação dos índices de esgoto tratado por localidade;
- Aumentar os pontos de nível para envio das informações para análises de extravasamento na rede de esgoto para um melhor acompanhamento dos indicadores de extravasamento na localidade;
- Desenvolver um modelo de aprendizado de máquina para auxiliar na detecção de rompimento da rede de esgoto e obstruções com os dados coletados;
- Estabelecer regras das anomalias geradas dos dados dos principais ativos, por exemplo: conjunto motor bomba (vibração e energia) para controles e ações;
- Estabelecer indicadores dos dados extraídos das plataformas em nuvem, sistemas operacionais para o sistema Business Intelligence (BI) para acompanhamento dos índices estabelecidos.

CONCLUSÕES

Com base nos testes realizados nesta elevatória e na "experiência utilizando experimentação anteriores na rede de distribuição"(LOPES; OLIVEIRA; ARAGÃO, 2023), é possível concluir que:

A utilização da tecnologia de *Internet* das coisas e computação em nuvem traz ganhos para o processo de análise de parâmetros de esgoto, com um baixo custo de implementação.;

A implementação da tecnologia *IoT - Internet* das coisas, combinada com a computação em nuvem, possibilita uma grande melhoria no processo de operação da estação elevatória. A disponibilidade de resultados imediatos e a segurança da informação foram pontos de destaque dos testes realizados, permitindo uma supervisão eficiente sobre a estação elevatória, possibilitando a facilidade da tomada de decisão em virtude dos alertas prévios dos extravasamentos;



Com a integração de sistemas, os resultados passaram a estar disponíveis de forma imediata, com uma segurança reforçada da informação. A supervisão sobre a realização das análises foi intensificada e a interação com o processo, permitindo uma melhor facilitação da tomada de decisão. Além disso, a implementação da tecnologia se mostrou com baixo custo e, assim, tornou-se acessível;

Que a arquitetura *IoT* LoRaWAN se mostrou satisfatória tanto no alcance da transmissão como na coleta dos dados para serem utilizados no processo de Saneamento Básico (Esgoto);

Os custos dos equipamentos *IoT* para que pudesse fazer a coleta e a transmissão dos dados na estação elevatória foram pequenos se comparados ao preço das soluções atuais de telemetria.

Na época em que foram realizados os estudos a prioridade básica era validar a solução *IoT* nas elevatórias de esgoto e não nas Estação de Tratamento, para facilitar nas análises dos testes realizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MUNIZ PEREIRA, Giovani. Princípios de telemetria aplicados ao monitoramento hardware via interface web. 2022.
2. SACOMANO, José Benedito et al. Indústria 4.0. Editora Blucher, 2018.
3. GIL, Antônio Carlos. Como Elaborar Projetos de Pesquisa, 4ª Edição. Editora Atlas. 2002.
4. CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. Metodologia Científica Para Uso Dos Estudantes Universitários. Editora: McGraw-Hill. 1983.
5. AZEVEDO, MARCELO. Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e a Rede de Água Inteligente no Brasil. São Paulo, 2017. Dissertação de Doutorado-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2017.
6. LOPES, Jair; OLIVEIRA, Javan; ARAGÃO, Helder: SMART WATER, uma Solução Integrada que Implementa Tecnologias Inovadoras da Indústria 4.0 com o Objetivo de melhoria da Eficiência e Produtividade dos Processos para Diferentes Módulos na Gestão Inteligente do Ciclo da Água, 2023, COBESA VII.