RESILIÊNCIA HÍDRICA: PROPOSTA DE GESTÃO POR MEIO DA ANÁLISE DE DADOS GEOESPACIAIS

Mônica Regina da Silva Passos[(1)]
Especialista em geoprocessamento e ciência de dados geoespaciais. Atua como formador na Escola Nacional do Saneamento e como técnica em Geoprocessamento na Companhia Espírito Santense de Saneamento.
Roger Puziol Amaral[(2)]
Engenheiro Elétrico pela Universidade Federal do Espírito Santo. Atualmente é Gerente Gerência de Manutenção da Automação e Eletromecânica da Companhia Espírito Santense de Saneamento.
Vanderlei Silva de Andrade[(3)]
Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo. Atualmente é Analista de Sistemas de Saneamento da Companhia Espírito Santense de Saneamento. Tem experiência na área de Modelagem hidráulica com ênfase em melhoria de processos.

Endereço[(1)]**:** Av. Marataízes, 394.- Valparaiso - Serra – Espírito Santo - CEP: 29165-827 - Brasil - Tel: +55 (27) 99204-5350 - e-mail: monica.regina@cesan.com.br

RESUMO

Gerenciar os recursos hídricos é uma tarefa importante para a construção de cidades mais resilientes. Nesse sentido, o objetivo principal desta pesquisa foi fornecer uma plataforma interativa e colaborativa de inteligência de dados, denominada SANGEO. O procedimento metodológico envolveu o levantamento de bibliografias que abordam a temática gestão de recursos hídricos, as geotecnologias, o Geoespacial Big Data e técnicas de machine learning; a coleta, a caracterização e o processamento dos dados e o desenvolvimento de uma aplicação WebGIS. Os resultados apresentam uma ferramenta que inova a gestão territorial dos recursos hídricos e evidencia o cidadão como parte do processo de produção de dados. A pretensão deste estudo é servir como um instrumento de auxílio às ações de monitoramento dos padrões de ocorrências de falta de água, do padrão de consumo dos clientes, da temperatura e da precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: análise geoespacial, redução de perdas, externalidades climáticas.

Introdução

A Gestão dos Recursos Hídricos constitui um dos temas importantes na Agenda 2030 das políticas globais para o desenvolvimento sustentável e impõe impactos substanciais na capacidade das empresas de saneamento, diante dos desafios impostos pelas externalidades climáticas. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 aponta a gestão da água como prioridade global que impacta a saúde publica, a segurança alimentar, a energia e a preservação ambiental (GOV, 2025). Enquanto as secas severas reduzem a disponibilidade de água, limitam o acesso aos serviços de saneamento básico e aumentam o risco de transmissão de doenças, “as chuvas intensas sobrecarregam os sistemas de drenagem e tratamento de esgoto, provocando alagamentos, rompimento de tubulações e contaminação de fontes de água potável” (TRATA BRASIL, P.7, 2024).

A necessidade de monitoramento do crescimento populacional e do padrão de variabilidade climática é de fundamental importância, pois ao conhecer a têmporo espacial do uso e ocupação da terra e compreender a variabilidade climática dos padrões de temperatura e precipitação é possível fornecer informações baseadas na analise de dados para fins de planejamento, infraestrutura e gestão.

Diante do exposto, uma das grandes preocupações da atualidade encontra-se no uso racional dos recursos hídricos. Há uma crescente necessidade em prevenir, monitorar e mitigar as perdas de água em sistemas de saneamento, bem como em levar saúde e qualidade de vida para a população. Esta tarefa requer urgência e possui extrema importância para a construção de “*cidades mais resilientes e com sustentabilidade*”, frente à gestão operacional dos sistemas de abastecimento e a escassez dos recursos hídricos. Neste sentido, as tecnologias de IoT (Internet of Things), o Geoespacial Big Data (GBD) e sensores de telemetria, em conjunto com ferramentas computacionais de mineração de dados e inteligência artificial permitem construir modelos e arranjos matemáticos, capazes de simular e prever padrões e falhas em tempo real.

De acordo com Lee e Kang (2015, p. 74), o termo GBD refere-se tipicamente a conjuntos de dados espaciais que excedem a capacidade dos sistemas de computação atuais. O GBD é um tipo específico de big data que contém informações de localização e possibilita o avanço de descobertas na gestão dos recursos hídricos.
As abordagens de GBD são capazes de encontrar padrões, tendências e relacionamentos em conjuntos de dados geográficos que podem não ser visíveis mediante técnicas convencionais de análise (Tamiminia et al., 2020). A compilação de diferentes tipos de dados vetoriais e matriciais dispostos em mapas, por exemplo, são fontes importantes que permitem, por vezes, análises descritivas, exploratórias, preditivas e prescritivas. Segundo Li et al. (2020), a coleta, o processamento, o gerenciamento, o armazenamento e a análise eficientes de fluxos de GBD oferecem oportunidades para as empresas de saneamento, para novos negócios e para a engenharia.
Sabe-se que a quarta Revolução Industrial, denominada como a transformação digital, também conhecida como Indústria 4.0 ganhou impulso nos últimos anos. Neste sentido, a manutenção preditiva baseada e orientada pela análise de dados pode antecipar problemas e falhas nos sistemas de distribuição, além de contribuir na proposição de cenários em situações emergenciais, como eventos de secas e inundações.

Objetivo(s)

Fornecer um instrumento de análise espacial colaborativo e interativo, utilizando técnicas de geoprocessamento voltado às pesquisas e processos operacionais, denominado SANGEO – Saneamento e analises geoespaciais.
Como objetivos específicos, propõe-se:
- Desenvolver rotinas para monitorar em tempo real as informações dos municípios afetados ou em situação de alerta;
- Desenvolver rotinas para acompanhar a série temporal das ocorrências e impactos gerados;
- Desenvolver rotinas de inteligência artificial para identificar correlações, áreas de crescimento urbano por meio de imagens de sensoriamento remoto, como o sentinel e o Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS).
- Contribuir para o planejamento de ações na esfera governamental com o intuito de minimizar os impactos negativos das paralisações emergenciais nos sistemas de distribuição de água.

Metodologia

Esta pesquisa é constituída de três etapas principais. A primeira delas teve como premissa o levantamento de bibliografias que abordam a temática gestão de recursos hídricos, as geotecnologias, o Geoespacial Big Data, técnicas de machine learning vinculadas à plataforma do Google Earth Engine, o desenvolvimento de uma aplicação Webmap e o mapeamento participativo.
A coleta, a caracterização e o processamento dos dados residem no banco de ocorrências na distribuição coletados de forma participativa pelo portal “115”. A integração desses dados com as informações dos clientes permite mapear as áreas com maior criticidade no abastecimento. O passo seguinte foi elaborar o mapa de temperatura e intensidade de precipitação com dados oriundos do produto Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) processados no utilizou-se o Google Colaboratory, ambiente de desenvolvimento baseado na nuvem, que fornece acesso gratuito a recursos de computação e desenvolvimento de aplicações com mapas, adequado para o aprendizado de máquina e a análise de dados (COLAB, 2024). O passo seguinte foi o desenvolvimento da interface SANGEO no POWER BI.

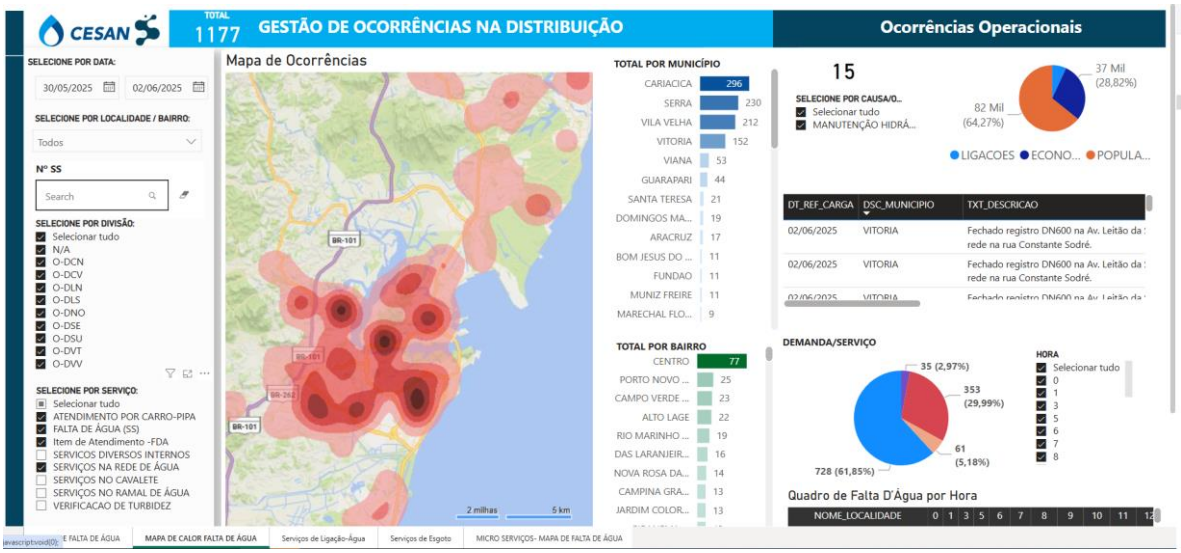
Análise e Discussão dos Resultados

O Portal SANGEO é uma ferramenta que oferece acesso em tempo real às informações coletadas pela rede de telemetria, ocorrências de vazamento e faltas de água, reunindo dados de níveis dos reservatórios, vazões, mapas de concentração e cenários críticos de alerta.
Abaixo algumas funcionalidades.
- Criação de mapas de manchas de abastecimento;
- Mapeamento de falta de água em tempo real com flags de horário e tipo;
- Visualização de polígonos de abastecimento de áreas contendo informações de Mapas de pressões e vazões em tempo real;
- Histórico de vazamentos em redes, ramais e cavaletes;
- Diagnóstico de ocorrências por unidade operacional e/ou cliente;
- Representação espacial do padrão de consumo dos clientes;

- Representação espacial da media mensal de precipitação e da temperatura;
- Integração com dados de cadastro comercial (consumo micromedido), economias.

Com base na aplicação desenvolvida novas perspectivas para a gestão compartilhada e para a tomada de decisão são percebidas, seja por meio da análise e da disseminação da informação geoespacial, seja por meio do acesso e do compartilhamento público de informações geográficas aos gestores, analistas e operadores via web ou desktop.
A compilação de diferentes tipos de dados vetoriais e matriciais dispostos em mapas, por exemplo, são fontes importantes que permitem, por vezes, análises descritivas, exploratórias, preditivas e prescritivas. Segundo Li et al. (2020), a coleta, o processamento, o gerenciamento, o armazenamento e a análise eficientes de fluxos de GBD oferecem oportunidades para a gestão dos recursos hídricos, para a sustentabilidade e para a engenharia.
O painel de ocorrências na distribuição contribui para a eficiência operacional, permitindo que as empresas de saneamento otimizem a alocação de recursos, a logística de manutenções e a redução de perdas (Figura 01 e Figura 02). Por meio de análise de dados e modelagem preditiva, esses painéis podem prever a demanda, identificar áreas de alto risco de escassez e priorizar atividades de expansão e obras.

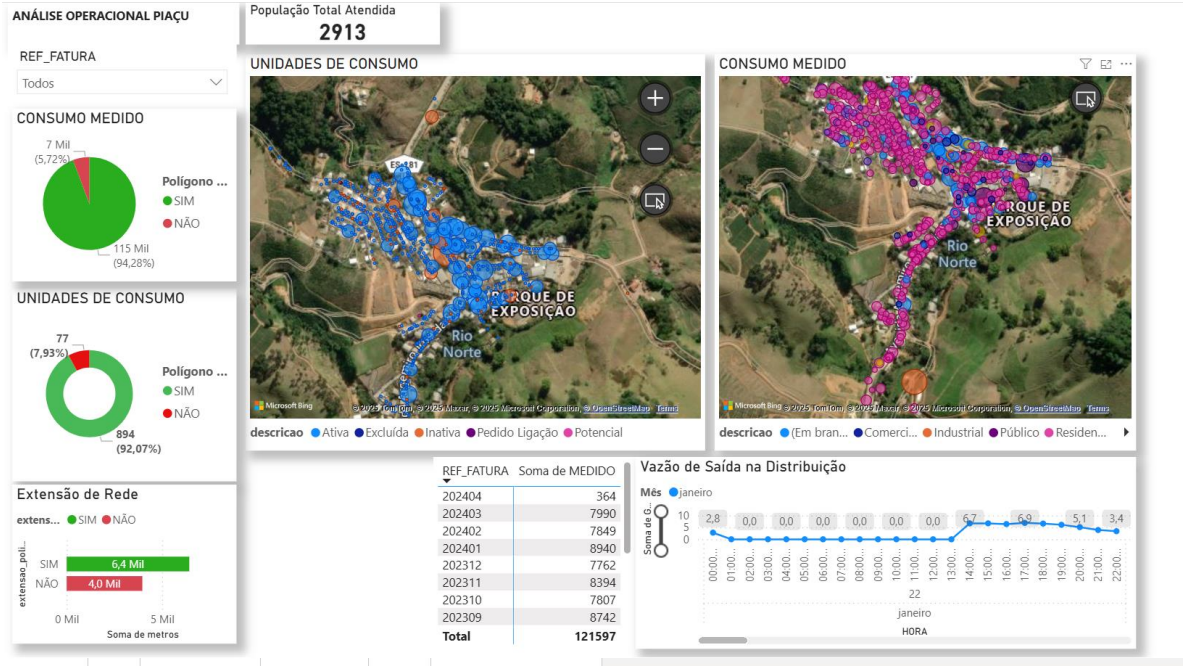
Figura 1 – Mapa de Calor de Ocorrências na Distribuição



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os mapas não são mais uma visão estática e 2D do mundo, eles são visuais dinâmicos, interativos e participativos, que permitem comunicar informações essenciais para a compreensão dos padrões de consumo dos clientes (Figura 3) e identificar pontos de consumos e áreas com maior potencial de perdas em caso de vazamentos. Ao correlacionar variáveis como ocorrências, consumo, economias e faturamento é possível programar modelos de gestão e tomar decisões de forma mais assertivas, baseadas em informações que refletem a realidade dos sistemas de abastecimento.

Figura 3 – Padrão de consumo x economias

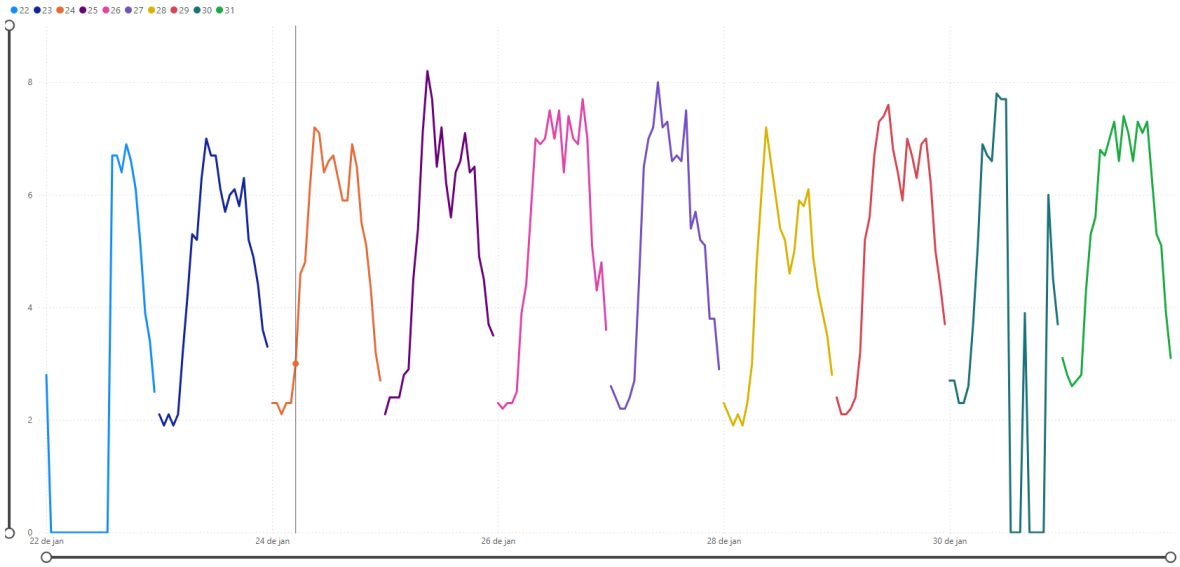


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Paralelamente ao desenvolvimento tecnológico, surgiram no último século novas fontes de dados e diferentes tipos de dados de natureza geográfica (Li et al., 2020).

O SANGEO possibilita melhorar a análise de ocorrências no sistema de abastecimento (com base nas reclamações e telemedição), permiti ao operador programar soluções rápidas e assertivas, além de contribuir com as atividades em apoio à gestão de pressões, vazões e ocorrências de vazamentos no sistema de distribuição de água por meio do monitoramento hidráulico em tempo real (Figura 4).

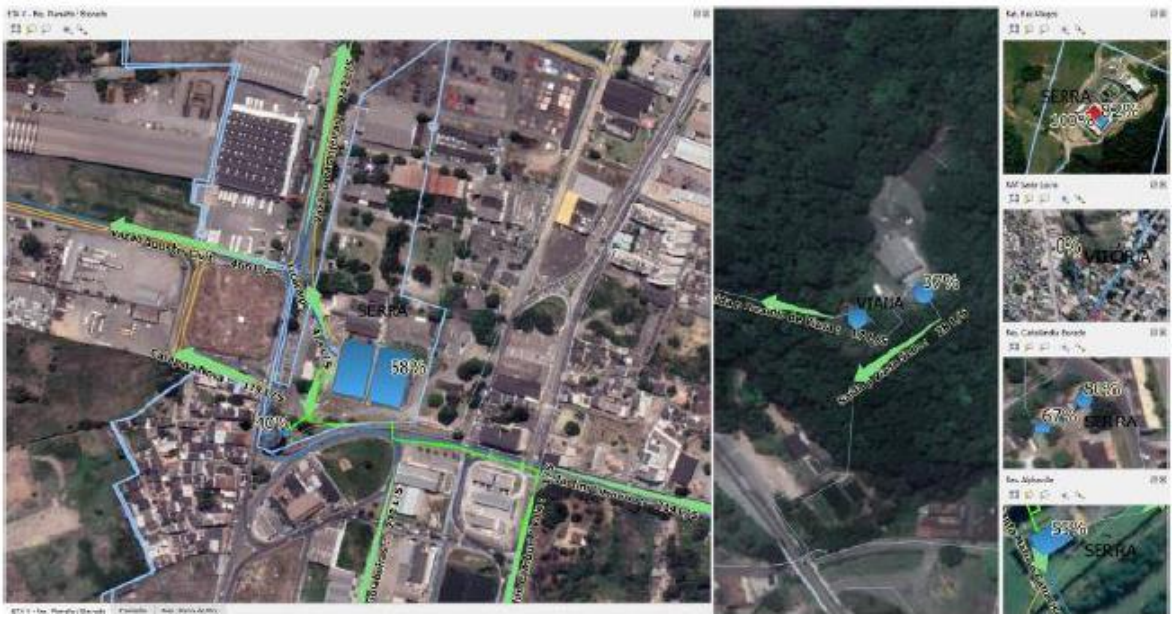
Figura 4 – Vazão de Saída na Distribuição



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Por meio dessa ferramenta, pode-se, ainda, acompanhar a ocorrência de cenários considerados críticos e planejar medidas de mitigação e controle dos impactos decorrente desses eventos para sociedade, como emitir avisos de paralisação do abastecimento de água (Figura 05).

Figura 5 – Sistema Integrado - Vazões e Níveis dos Reservatórios na Distribuição



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O monitoramento dos registros diários das ocorrências operacionais fomenta a eficiência operacional e desenvolve nos profissionais níveis de maturidade, agregando agilidade aos processos de controle operacional, eficiência e gestão de perdas.

Conclusões/Recomendações

Explorar dados geoespaciais em mapas interativos fornece detalhes e permite cruzar dados e obter novas informações, além de contribuir com o planejamento de ações de em eventos extremos. A ferramenta SANGEO permite diferentes análises acerca do inventário de ocorrências na distribuição, dos padrões de consumo e precipitação, como apoio à gestão dos recursos hídricos em eventos de externalidades climáticas.
As técnicas de sensoriamento remoto para a coleta de dados de precipitação se tornaram cada vez mais frequentes, devido aos avanços e inovações nos satélites, que ampliaram a disponibilidade de informações de extrema importância, como os dados de precipitação do satélite CHIRPS.
A ferramenta apresentada encontra-se em fase de melhorias que permitem a integração do cadastro técnico a modelos hidráulicos e contribui tanto para a gestão da infraestrutura, quanto para as ações das políticas públicas de estruturação e ordenamento territorial no espaço de "Cidades Resilientes" por meio de melhorias nos sistemas de distribuição. O uso mapas dinâmicos e em tempo real auxiliam o gestor na tomada de decisões, redução de custos, controle de pressão, simulação de condições adversas aos padrões de consumo e operação do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COLAB. *Olá, este é o Colaboratory*. 2024. Disponível em: https://colab.research.google.com/. Acesso em: 25 marc. 2025. 2025.
2. LEE, J.; KANG, M. *Geospatial Big Data: Challenges and Opportunities.* Big Data Research, v. 2, p. 74-81, 2015.
3. LI, Z. et al. *Introduction to Big Data Computing for Geospatial Applications*. International Journal of Geo-Information. 2020, v. 9, n. 487, p. 1-7, 2020.
4. GOV.br. (2025). *Recursos Hídricos na Agenda Multilateral — Ministério das Relações Exteriores*. https://www.gov.br/mrept-br/pt-br/assuntos/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/meio-ambiente-e-mudanca-do-clima/recursos-hidricos-na-agenda-multilateral
5. TAMIMINIA, H. et al. *Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review*. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 164, p. 152-170, 2020.

6. TRATA BRASIL. *As Mudanças Climáticas no Setor de Saneamento Como secas, tempestades e ondas de calor impactam o consumo de água?* Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/11/Estudo-Completo.pdf. Acesso em: 11/04/2025