

SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO PARA EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS EM SANEAMENTO BÁSICO: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE MAQUINÉ (RS)

Renata Maria Marin¹, Maria Cristina de Almeida Silva²

RESUMO

O projeto insere-se na linha de pesquisa Ferramentas Aplicadas aos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos, com foco no saneamento básico em contextos de vulnerabilidade climática. Os eventos extremos de 2024 no Rio Grande do Sul evidenciaram a fragilidade dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário em municípios de pequeno porte, como Maquiné, demonstrando a necessidade de instrumentos de apoio à tomada de decisão em situações de crise. O objetivo do estudo é desenvolver um Sistema de Suporte à Decisão (SSD) que auxilie gestores municipais na seleção de tecnologias e estratégias emergenciais de saneamento, considerando critérios técnicos e sociais. A metodologia combina análise documental do Plano Municipal de Saneamento Básico, coleta de dados primários por meio de entrevistas e questionários com população e aplicação de métodos multicritério para estruturar o SSD. Espera-se identificar lacunas do plano vigente, compreender práticas comunitárias adotadas durante enchentes e propor um modelo de SSD em formato de protótipo funcional, capaz de simular cenários e recomendar alternativas adequadas. Como resultado, pretende-se contribuir para a atualização do planejamento municipal e para o fortalecimento da resiliência local. O trabalho dialoga diretamente com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (Água potável e saneamento).

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento. Resiliência. Clima.

ABSTRACT

The project falls within the research line Tools Applied to Water Resources Management Instruments, with a focus on basic sanitation in contexts of climate vulnerability. The extreme events of 2024 in Rio Grande do Sul highlighted the fragility of water supply and sanitation systems in small municipalities, such as Maquiné, demonstrating the need for decision-support tools in crisis situations. The objective of this study is to develop a Decision Support System (DSS) to assist municipal managers in selecting emergency sanitation technologies and strategies, considering both technical and social criteria. The methodology combines documentary analysis of the Municipal Basic Sanitation Plan, primary data collection through interviews and questionnaires with the population, and the application of multi-criteria methods to structure the DSS. The study is expected to identify gaps in the current plan, understand community practices adopted during floods, and propose a DSS model in the form of a functional prototype capable of simulating scenarios and recommending appropriate alternatives. As a result, the research aims to contribute to the update of municipal planning and to strengthen local resilience. The work is directly aligned with Sustainable Development Goal 6 (Clean water and sanitation).

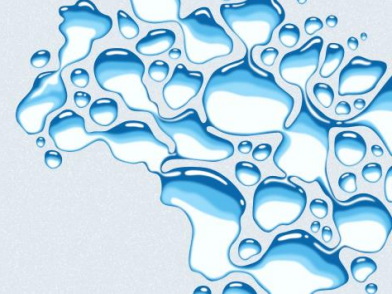
KEYWORDS: Sanitation. Resilience. Climate.

INTRODUÇÃO

Os eventos extremos associados às mudanças climáticas vêm se intensificando em frequência e severidade ao redor do mundo, impondo desafios crescentes aos sistemas de infraestrutura urbana, especialmente os de saneamento básico (PILLAR; OVERBECK, 2024). No Brasil, as enchentes que atingiram o estado do Rio Grande do Sul em 2024 mostraram a fragilidade dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário diante de situações de emergência (CALAZANS, 2024). Cidades de pequeno e médio porte, como Maquiné (RS), sofreram

¹ Aluna da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Ferramentas Aplicadas aos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: marinmrenata94@gmail.com.

² Docente no Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: maria.almeida@ufrgs.br.



impactos significativos, com interrupções prolongadas no fornecimento de água potável, colapso de redes de esgoto e falta de alternativas seguras para a gestão de resíduos em áreas alagadas (OBSERVATÓRIO DE CLIMA E SAÚDE, 2024).

Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de instrumentos de planejamento e gestão capazes de antecipar, mitigar e responder a desastres climáticos com agilidade. O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), documento norteador da política local de saneamento, deveria contemplar ações robustas de contingência e protocolos de resposta rápida (BRASIL, 2007). No entanto, na prática, muitos PMSBs carecem de diretrizes específicas, atualizadas ou alinhadas com os riscos reais de cada território (BRASIL, 2016).

Diante dessa lacuna, a proposta deste trabalho é desenvolver um Sistema de Suporte à Decisão (SSD) voltado à gestão de emergências climáticas no saneamento, tomando como base o município de Maquiné. Um SSD é uma ferramenta computacional ou conceitual que auxilia gestores públicos na escolha de alternativas técnicas e operacionais, considerando múltiplos critérios – como eficiência, custo, tempo de implementação e impacto ambiental (ZAKARIA et al., 2015). Quando adaptado a contextos de crise, o SSD pode contribuir significativamente para decisões mais rápidas, eficazes e baseadas em evidências (JU et al., 2020).

A escolha de Maquiné como estudo de caso se justifica por sua recente exposição a eventos extremos – notadamente as enchentes de maio de 2024 – que causaram grandes prejuízos às estruturas de saneamento e à qualidade de vida da população local (CALAZANS, 2024). A partir desse cenário, o presente projeto buscará compreender as vulnerabilidades do PMSB vigente e levantar dados sobre soluções emergenciais utilizadas pela população (MWAMBU, 2013).

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Maquiné (Figura 1) localiza-se no Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul, a cerca de 120 km de Porto Alegre, e integra a Região Hidrográfica do Litoral (RIO GRANDE DO SUL, 2021). Possui área territorial de aproximadamente 629 km² e população estimada em 7.186 habitantes, com predominância de ocupação rural e distribuição demográfica dispersa (IBGE, 2022).

Figura 1 - Localização do município de Maquiné (RS).

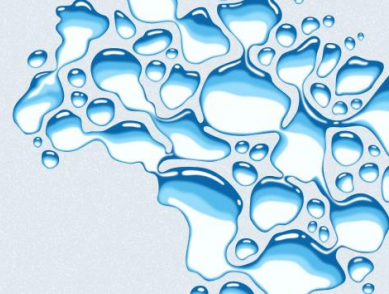


Fonte: Google Earth Pro (2025). Elaboração própria.

O desenvolvimento deste estudo será conduzido por meio de uma abordagem qualitativa e aplicada, com forte base em coleta de dados primários e análise documental. A metodologia está estruturada em três etapas principais: (a) análise do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), (b) coleta de dados com a comunidade e atores institucionais e (c) desenvolvimento do Sistema de Suporte à Decisão (SSD).

a. Análise do PMSB:

A primeira etapa prevê a avaliação detalhada do PMSB de Maquiné por meio de uma matriz adaptada da literatura, contemplando diagnóstico da cobertura dos serviços de água e esgoto, análise de metas e estratégias para emergências, verificação de planos de contingência e



identificação de lacunas que comprometam a resposta a desastres. O modelo integra metodologias de Nogueira (2019) e Pereira et al. (2021) e será ajustado ao contexto local, avaliando quatro eixos principais: robustez técnica, participação social, integração com políticas ambientais e existência de diretrizes específicas para eventos extremos.

b. Coleta de dados primários:

Esta fase buscará compreender a experiência da população durante a enchente de 2024 e as práticas adotadas para manter os serviços de saneamento. Para isso, serão realizadas entrevistas semiestruturadas com técnicos municipais, Defesa Civil, agentes de saúde e lideranças comunitárias (8 a 12 participantes) e aplicado questionário a, no mínimo, 30 moradores das áreas mais afetadas, abordando interrupções no abastecimento, soluções improvisadas, percepção de riscos e confiança institucional. Os dados serão analisados por codificação temática e estatísticas descritivas simples.

c. Desenvolvimento do Sistema de Suporte à Decisão (SSD):

Com base nas etapas anteriores, será desenvolvido um Sistema de Suporte à Decisão (SSD) voltado a emergências em saneamento. O processo incluirá a seleção de tecnologias adequadas para situações de inundações, descritas quanto a custo, instalação, tempo de resposta, impacto ambiental e aceitação social. Os critérios de avaliação técnicos e sociais serão definidos por revisão bibliográfica e consulta a especialistas, aplicando o método multicritério Simple Additive Weighting (SAW). As alternativas receberão pontuações ponderadas, resultando em índices que indicarão as opções mais adequadas a diferentes cenários. O SSD será apresentado em fluxograma e tabela operacional, com protótipo inicial desenvolvido em Microsoft Excel, utilizando funções condicionais, tabelas dinâmicas e macros em VBA para simulações e recomendações automáticas.

RESULTADOS ESPERADOS E DISCUSSÕES

Um dos resultados esperados é a identificação clara das limitações do Plano Municipal de Saneamento Básico frente aos desafios impostos por eventos hidrológicos extremos. Durante a coleta de dados com a população afetada, espera-se identificar um conjunto relevante de práticas e soluções alternativas utilizadas durante o evento de maio de 2024.

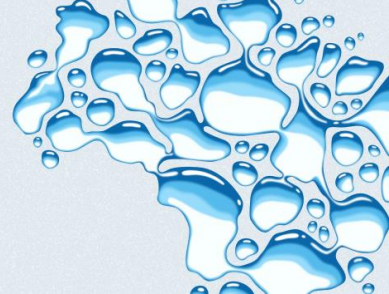
O principal produto do estudo será um Sistema de Suporte à Decisão (SSD) para auxiliar na escolha de tecnologias e estratégias de saneamento em enchentes, permitindo identificar soluções rápidas, comparar alternativas por critérios técnicos e sociais, apoiar gestores em contextos de incerteza e integrar dados geográficos, populacionais e infraestruturais na simulação de cenários.

CONCLUSÃO

O estudo pretende contribuir para a resiliência do saneamento em Maquiné por meio da análise do PMSB, da coleta de dados locais e do desenvolvimento de um Sistema de Suporte à Decisão (SSD). Espera-se que o SSD auxilie gestores na escolha de alternativas técnicas e sociais diante de enchentes, favorecendo respostas mais rápidas e eficazes. Os resultados poderão subsidiar a atualização do PMSB e servir de referência para outros municípios expostos a eventos climáticos extremos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento.



REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 2007.
- BRASIL. **Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.** Plano Nacional de Saneamento Básico – PLAN SAB. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016.
- CALAZANS, A. **Eventos hidrológicos extremos no Rio Grande do Sul: impactos sobre a infraestrutura de saneamento.** Porto Alegre: UFRGS, 2024.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Censo Demográfico 2022: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- JU, Y.; ZHANG, S.; ZHU, Q. **Decision support systems for emergency management: a review.** Safety Science, v. 127, p. 104–708, 2020.
- LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The Delphi Method: techniques and applications.** Reading, MA: Addison-Wesley, 2002.
- MWAMBU, G. **Community-based responses to water and sanitation challenges in flood-prone areas.** Nairobi: UNEP, 2013.
- NOGUEIRA, L. C. **Metodologia para avaliação de Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB).** São Paulo: USP, 2019.
- OBSERVATÓRIO DE CLIMA E SAÚDE. **Relatório de impactos das enchentes no saneamento básico do RS em 2024.** Porto Alegre: Fiocruz, 2024.
- PEREIRA, M. C.; ALMEIDA, R. J.; SANTOS, F. S. **Aplicação de métodos multicritério na avaliação de planos municipais de saneamento.** Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 10, n. 2, p. 45–63, 2021.
- PILLAR, V. D.; OVERBECK, G. E. **Mudanças climáticas e vulnerabilidade socioambiental no sul do Brasil.** Porto Alegre: UFRGS, 2024.
- RIO GRANDE DO SUL. **Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA.** Relatório da Região Hidrográfica do Litoral. Porto Alegre: Governo do Estado, 2021.
- TAHERDOOST, H. **Decision-making models and techniques for multi-criteria analysis: a comparative study.** Applied Research and Innovation Journal, v. 7, n. 1, p. 12–22, 2023.
- HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple attribute decision making: methods and applications.** Berlin: Springer, 1981.
- ZAKARIA, Z.; ABDULLAH, S.; YUSOF, N. **Decision support systems in water resources and environmental management: a review.** Environmental Modelling & Software, v. 67, p. 139–159, 2015.