SIMULAÇÃO HIDRÁULICA E OTIMIZAÇÃO DAS COMPORTAS NO CANAL 4 DE SANTOS PARA CONTROLE DE ENCHENTES

HYDRAULIC SIMULATION AND GATE OPTIMIZATION IN SANTOS CHANNEL 4 FOR FLOOD CONTROL

Mariana Marques Schermack de Lima, Ademilson Correa da Silva Junior, João Victor Machado, Thiago Santana dos Santos, Murilo Santos Muniz, Alexandra Franciscatto Penteado Sampaio, João Guedes Neto, Matheus Souza Ruiz.

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Civil
E-mail para contato: marianamarquesschermack@gmail.com

RESUMO – Este trabalho aborda os alagamentos causados por águas pluviais e a contaminação marinha e em áreas urbanas costeiras, com foco em um dos canais de macrodrenagem urbana na cidade de Santos, SP, Brasil. O objetivo é avaliar a eficácia de estratégias para otimizar o sistema de macrodrenagem do Canal 4 de Santos, SP, Brasil, através de um modelo hidráulico. Foi utilizado o software SWMM para simular o comportamento do sistema de drenagem a partir de dados hidrológicos e hidrodinâmicos, identificando gargalos e avaliando a eficácia das soluções propostas. Os resultados mostram que as medidas podem reduzir riscos de inundações e melhorar a qualidade da água, servindo como referência para outras cidades costeiras enfrentando desafios semelhantes. Entretanto, é importante ressaltar que este estudo apresenta limitações. Como limitações deste estudo, o sistema simulou apenas a macrodrenagem urbana, desconsiderando o sistema de microdrenagem. Além disso, foi simulado apenas um evento de precipitação; períodos maiores de simulação devem ser executados para a avaliação de diferentes condições de precipitação e nível do mar.

Palavras-chave: SWMM; Macrodrenagem; Comportas; Alagamentos; Gestão Hídrica.

ABSTRACT – This study addresses flooding caused by stormwater and marine contamination in coastal urban areas, focusing on one of the urban macrodrenage channels in the city of Santos, SP, Brazil. The objective is to evaluate the effectiveness of strategies to optimize the macrodrenage system of Canal 4 in Santos, SP, Brazil, through a hydraulic model. The SWMM software was used to simulate the drainage system's behavior based on hydrological and hydrodynamic data, identifying bottlenecks and assessing the effectiveness of the proposed solutions. The results show that the measures can reduce flood risks and improve water quality, serving as a reference for other coastal cities facing similar challenges. However, it is important to note that this study has limitations. The system simulated only urban macrodrenage, disregarding the microdrainage system. Additionally, only one precipitation event was simulated; longer simulation periods should be conducted to evaluate different precipitation and sea level conditions.

Keywords: SWMM; Macrodrenage; Gates; Flooding; Water Management.

Tipo do trabalho: (X) Iniciação científica ( ) Iniciação tecnológica ( ) Extensão

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano em cidades costeiras gera preocupações ambientais, especialmente relacionadas à contaminação marinha e aos impactos nos ecossistemas locais. O equilíbrio entre crescimento econômico e preservação ambiental é essencial para o desenvolvimento sustentável dessas regiões. As cidades costeiras são particularmente vulneráveis a alagamentos devido ao aumento do nível do mar, o que afeta diretamente a economia e comunidades vulneráveis. Santos, localizada no litoral de São Paulo, destaca-se pela sua importância econômica, abrigando o maior porto da América Latina e atraindo turistas para suas praias, conforme destacado por Harari et al. (1998).

O estudo tem como objetivo avaliar a eficácia de estratégias para otimizar o sistema de macrodrenagem do Canal 4 de Santos, São Paulo, visando mitigar os impactos de alagamentos e melhorar a balneabilidade das praias durante eventos extremos de precipitação e variações no nível do mar. Foram analisadas as condições hidráulico-hidrológicas do Canal 4, o desempenho das estratégias de abertura e fechamento das comportas existentes e intermediárias, divididas em trechos escolhidos pela distância além de uma estrutura prévia existente (Figura 1).

Figura 1 - Trechos do Canal 4 considerados para as simulações hidráulico-hidrológicas.



2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, utilizou-se o software SWMM para modelar o sistema hidráulico-hidrológico do Canal 4 de Santos, com o objetivo de melhorar a gestão das comportas durante eventos extremos. O modelo, validado por Ribeiro et al. (2019a) e utilizado por Muniz et al. (2023), foi aplicado utilizando dados de precipitação fornecidos pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e simulações de nível do mar fornecidas pelo Núcleo de Pesquisas Hidrodinâmicas da Universidade Santa Cecília (NPH-UNISANTA) (Ribeiro et al., 2019b; Ruiz et al., 2021), considerando as condições do evento extremo de 19 de janeiro de 2024. O Canal 4, com 3,5 km de extensão, foi escolhido como área de estudo. Este canal urbano, que se estende da praia do Embaré ao Estuário de Santos, desempenha um papel crucial na drenagem da região, abrangendo uma área de 2,42 km², dividida em duas sub-bacias. O canal varia em profundidade entre 3 e 4 metros e possui uma largura de até 5 metros. Sua infraestrutura inclui passagens para trânsito e pessoas, sendo essencial para o controle das águas pluviais na cidade.

Foram simulados três cenários distintos: o primeiro representou a gestão atual das comportas; o segundo cenário otimizou os horários de abertura e fechamento das comportas; e o terceiro cenário introduziu novas comportas intermediárias, além de otimizar a gestão das comportas já existentes. No primeiro cenário, o sistema de abertura e fechamento das comportas foi reproduzido conforme a gestão atual, com base em relatórios da Prefeitura Municipal de Santos. Nos cenários seguintes, o controle das comportas foi ajustado para evitar inundações, priorizando a drenagem para a Estação de Pré-Condicionamento (EPC) e o Estuário. No terceiro cenário, duas novas comportas intermediárias foram simuladas, dividindo o canal em três trechos. O sistema foi ajustado para otimizar o armazenamento de água e minimizar o deságue na praia, priorizando a drenagem para a EPC e o Estuário.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise foram focados na região próxima ao Estuário (Nó 25 do modelo SWMM), identificada como a mais crítica devido aos frequentes alagamentos em dias de chuva intensa e maré alta. A simulação de diferentes cenários de gestão hídrica no Canal 4 de Santos destacou a importância do controle das comportas existentes e da implantação de novas comportas intermediárias. Essas intervenções influenciam diretamente a gestão dos recursos hídricos e a mitigação de riscos. Uma limitação do estudo é que as simulações consideraram

apenas a macrodrenagem urbana do Canal 4, sem incluir a macrodrenagem das tubulações das sub-bacias. Ao comparar o cenário atual com um hipotético onde as comportas existentes na Praia e no Estuário fossem otimizadas, houve uma redução de 0,04 m no nível d'água do canal, representando uma diminuição de 3% na coluna d'água e um volume de 500 m³.

No cenário 2, a simulação mostrou uma redução de 0,08 m (8,60%) no nível d'água em comparação com o cenário 1, confirmando a eficácia da gestão otimizada das comportas no controle de enchentes. Em contrapartida, a comparação entre os cenários 1 e 3, que inclui a implantação das comportas intermediárias, mostrou um aumento de 0,37 m (27,40%) no nível d'água devido ao represamento nos trechos analisados. A simulação do cenário ideal, com a implantação das comportas intermediárias e o controle otimizado de todas as comportas, demonstrou melhores resultados para o manejo de volumes menores de água. Neste cenário, houve um maior represamento e um aumento no nível médio do canal, além de uma redução de 0,05 m (5,37%) nas menores cotas, indicando maior controle sobre a variação do nível d'água ao longo do tempo, o que favorece o direcionamento da água para a Estação de Pré-Condicionamento (EPC) ou para o Estuário conforme necessário.

A análise comparativa dos cenários simulados revelou os seguintes resultados: o cenário 1 (gestão atual) apresentou cotas máxima e mínima de 1,31 m e 0,93 m, respectivamente. O cenário 2 (gestão otimizada das comportas existentes) resultou em 1,35 m e 0,85 m, enquanto o cenário 3 (implantação das comportas intermediárias) mostrou 1,72 m e 0,88 m. apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Cota do nível d'água no Canal 4 no dia 19 de fevereiro de 2024

Cenários	Cota Máxima (m)	Cota Mínima(m)
1	1,35	0,93
2	1,31	0,85
3	1,72	0,88

4 CONCLUSÃO

Este estudo evidencia a importância da gestão integrada dos recursos hídricos urbanos, especialmente em áreas costeiras vulneráveis a eventos extremos. A implementação de medidas de controle e gerenciamento das comportas, em conjunto com outras ações de drenagem urbana, pode contribuir significativamente para a mitigação dos riscos de inundações e a melhoria da qualidade de vida da população local. Recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados para avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação das comportas intermediárias,

considerando as particularidades da região. Este trabalho serve como base para futuras pesquisas e projetos na área de gestão de recursos hídricos em ambientes urbanos costeiros, podendo contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficientes e sustentáveis no manejo de águas pluviais e prevenção de inundações.

5 REFERÊNCIAS

HARARI, J.; FERREIRA, F. R.; DEGASPARI, F. A.; SARTOR, S. M. Modelagem Numérica da Hidrodinâmica e da Dispersão de Esgoto na Baía de Santos, SP. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, p. 205-214, 2013.

MUNIZ, M. S.; FRANÇA, K. T.; ABITE, V. A. Análise hidrológica e hidráulica das sub-bacias do canal 4 em Santos (SP) com o software SWMM. *Congresso Brasileiro de Iniciação Científica* - COBRIC. Santos, 2023.

RIBEIRO, R. B., CHERBAKIAN, E., SAMPAIO, A. F. P., RAMOS JÚNIOR, F. C., RUIZ, M. S. 2019. Modelagem como ferramenta de gestão visando a qualidade da água balnear. In: 30º Encontro Técnico AESabesp - Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente.

RIBEIRO, R.B.; SAMPAIO, A.F.P.; RUIZ, M.S.; LEITÃO, J.C.; LEITÃO, P.C.; First Approach of a Storm Surge Early Warning System for Santos Region. Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options. 2019 Nov 24;135–57.

RUIZ, M.S.; HARARI, J.; RIBEIRO, R.B.; SAMPAIO, A. F. P. Numerical modelling of storm tides in the Estuarine System of Santos, São Vicente and Bertioga (SP, Brazil). *Regional Studies in Marine Science*. 2021;44:101791.