



# **MODELAGEM NUMÉRICA DA HIDRODINÂMICA NO PORTO DE SUAPE-PE: PROPOSTA DE MITIGAÇÃO AMBIENTAL SOB A LUZ DA OCEANOGRAFIA**

Anna Carolina Felipe DA SILVA<sup>1\*</sup>; Núbia Chaves GUERRA<sup>1</sup>; Paulo Estevão Lemos de OLIVEIRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, Laboratório de Oceanografia Geológica, Av. Arquitetura S/N, 50740-550, Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil. E-mail: [anna.felipe@ufpe.br](mailto:anna.felipe@ufpe.br), [nubia.guerra@ufpe.br](mailto:nubia.guerra@ufpe.br).

\*Autor correspondente

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Produção, Av. Arquitetura S/N, 50740-550, Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil. E-mail: [paulo.estevao@ufpe.br](mailto:paulo.estevao@ufpe.br)

**Palavras-Chave:** modelagem numérica, porto de Suape, mitigação ambiental, SisBaHia, Pernambuco.

## **INTRODUÇÃO**

O Porto de SUAPE, localizado no litoral sul do Estado de Pernambuco, corresponde a uma região estuarina e costeira com grande diversidade de ecossistemas e biodiversidade e significativas áreas de manguezais, recifes e mata atlântica. Devido a situação geográfica e a localização estratégica em relação às principais rotas de navegação, calado favorável, quebra-mares naturais e pela extensa área disponível, a cerca de km de Recife, levou a implementação de um Complexo Industrial Portuário (CIP SUAPE), um dos maiores projetos de desenvolvimento da economia do País, além de ser um dos portos mais importantes do continente sul-americano, interligado a mais de 160 portos em todos os continentes. Dentre outras importantes operações de embarque e desembarque, ocorre os de petróleo e seus derivados, que possuem alto risco potencial de contaminação que podem causar severos acidentes ecológicos aos ecossistemas da região (TPF Engenharia Ltda, 2021).

Diante disso, é fortemente recomendado o estudo e o monitoramento da circulação hidrodinâmica já que a mesma influencia diretamente sobre as concentrações e dispersões de constituintes danosos aos ecossistemas associados, onde é possível montar cenários que levem ao entendimento do comportamento hidrodinâmico da área portuária que auxiliarão na tomada de ações mitigadoras de acidentes (Baptistelli, 2008), além da indicação de medidas que auxiliem no gerenciamento do porto, como por exemplo, correção de assoreamento e diminuição de custos de dragagens, tornando-se assim, uma ferramenta importantíssima para nortear a operação, fiscalização e planejamento de atividades e de gerenciamento ambiental.

Diante dessa problemática real e muito comum nas regiões portuárias, uma das mais avançadas tecnologias utilizadas na atualidade é a simulação matemática usando softwares computacionais com interface gráfica (Paiva, 2012), base cartográfica georreferenciada e dados oceanográficos criando cenários de possibilidade de dispersão de óleo a partir de pontos controlados, dados oceanográficos (correntes, direção de ondas), além de parâmetros de vento, densidade da água entre outros, e desse modo, estabelecer ações com medidas de mitigação, limitando a área de contaminação de plumas contaminantes e de sedimentos contaminados associado as correntes e as ondas, com equipamento de segurança náutica (Pessoli, 2006).

O objetivo geral desse estudo é elaborar esse sistema de modelagem numérica para o Porto de Suape já que no CIP SUAPE há a Refinaria Abreu e Lima, potencial fonte poluidora por óleo e seus derivados, com a preparação da base cartográfica da área portuária de influência direta e indireta e aplicação das ferramentas computacionais de modelagem numérica para a determinação da circulação hidrodinâmica a fim de verificar a dispersão de constituintes poluentes, utilizando-se um software, nesse caso o SisBahia.

A modelagem e simulação hidrodinâmica das condições e comportamento oceanográfico na zona de influência do Porto de Suape, afetará positivamente a segurança operacional portuária, além de possibilitar o estabelecimento de novos protocolos e parâmetros com a finalidade de diminuir ou eliminar os efeitos dos impactos ambientais decorrentes de acidentes ou desvios de qualidade das operações de descarga de petróleo e seus derivados e até mesmo do descarte de água de lastro que é um outro grave problema ecológico associado a portos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Entende-se que a dispersão de um efluente no oceano é extremamente complexa e, para compreender seu comportamento, deve-se levar em consideração no mínimo, fatores como o tipo de efluente, os pontos de descarga dos mesmos, a hidrodinâmica das correntes marinhas, os efeitos das marés, os efeitos meteorológicos, a batimetria e os contornos terrestres. Além disso, sabe-se que os sistemas atmosféricos e oceânicos interagem de forma muito complexa (Goulart Peclly *et al.*, 2020). A combinação de efeitos meteorológicos e oceânicos exerce forte influência sobre áreas litorâneas, visto que ventos fortes e temporais podem causar elevações ou descidas do nível do mar e, até mesmo, afetar o comportamento das correntes costeiras, numa extensão de centenas de quilômetros.

Assim, como afirmado, as interações envolvidas no transporte destes efluentes possuem alto nível de complexidade e teoricamente sofrem influência de forçantes geradoras, que são: as marés, a diferença de salinidade e temperatura, o vento, as descargas de água doce e o movimento das ondas. Por outro lado, têm-se que o comportamento de um dado componente no ambiente marinho ou fluvial pode ser estudado, através de métodos de modelagem numérica

e/ou modelo físico, a partir de uma adequada fundamentação em base de dados para calibrar e validar os modelos (Harari, 1989). Por isso, e a partir de uma análise aprofundada, a ferramenta de modelagem numérica escolhida para aplicar no estio da CIP SUAPE é o software SisBaHiA – Sistema de Base Hidrodinâmica Ambiental. Essa escolha teve como principal fator decisivo a acessibilidade financeira, pois é gratuito, haja vista que existem diversas outras ferramentas de modelagem (Delft, Mike, MCBrazil, Mook entre outros) não gratuitos; bem como a interface comum aos diversos sistemas operacionais dos computadores usados no Brasil.

O SisBaHiA é um sistema profissional de modelos computacionais que faz parte da área de Engenharia Costeira do Programa de Engenharia Oceânica da COPPE/UFRJ - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Esse software contém diversas funções de interesse a esse estudo como a Modelagem Digital do Terreno (permite o entendimento de gestão territorial) e por apresentar o Modelo Hidrodinâmicos que permite a análise da circulação hidrodinâmica em corpos de águas, possibilitando assim, atender os objetivos do estudo ora apresentado (Fundação COPPETEC- COPPE/UERJ).

Para alimentar o banco de dados, haverá a contribuição do setor de Meio Ambiente do CIP SUAPE que fornecerá dados oceanográficos da plataforma marinha adjacente ao porto de Suape e do seu entorno, dados de ondas do banco de dados públicos do NOAA, dados de maré do banco de dados da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil. Outros dados pertinentes como temperatura do ar, vento etc., serão pesquisados nos bancos de dados públicos do Instituto Nacional de Pesquisas (INPE), Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), Agência de Águas e Clima de Pernambuco (APAC) e demais órgãos que permitirem o acesso através da rede mundial de internet ou que atendam a solicitação através de e-mail. Ressalta-se que os principais elementos hidrográficos que serão analisados usando a modelagem incluem a morfologia, a hidrologia, a dinâmica de marés e das correntes que estão sendo disponibilizadas pelo setor de Meio Ambiente do CIP SUAPE, como citado, e se possível, levantada em campo com equipamentos específicos. Diante das atividades portuárias existentes no CIP SUAPE que se caracteriza pela presença de riscos ambientais (Cappello *et al.*, 2012), destacarem-se a importância do gerenciamento desses ecossistemas através da aplicação de uma técnica indireta, preliminar, de fácil acesso e custo, que permite identificar as características hidrodinâmicas, e prever as consequências decorrentes de vazamentos acidentais ou não através de modelagem numérica. Com isso, pretende-se montar o ambiente de simulação que fiará, após sua conclusão, disponível para o CIP SUAPE, como acordado entre a UFPE e o CIP SUAPE no âmbito do PRH-38.1.

Assim sendo, a ferramenta de modelagem numérica permitirá monitorar e avaliar o comportamento hidrodinâmico para que seja possível o gerenciamento e previsão das atividades, como base para tomadas de decisões de mitigações e controle no caso de acidentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo ora apresentado está na fase inicial (bolsa PRH38.1 iniciada em novembro de 2021), e até esse momento, encontra-se no instante de levantamento bibliográfico e de dados junto aos órgãos acima citados, na preparação da base cartográfica em escalas regional e local, e na montagem do ambiente de simulação no SisBaHia e por isso serão apresentados resultados preliminares em momento oportuno, futuro.

## REFERÊNCIAS

- Baptistelli, S. (2008), *Análise crítica da utilização de modelagem matemática na avaliação da dispersão de efluentes leves no litoral da baixada santista (Estado de São Paulo)*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 314p.
- Cappello, S., Genovese, M., Della Torre, C., Crisari, A., Hassanshahian, M., Santisi, S., Calogero, R. e Yakimova, M.M. (2012), Effect of bioemulsificant exopolysaccharide (EPS2003) on microbial community dynamics during assays of oil spill bioremediation: A microcosm study, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 64, No. 12, pp. 2820-2828, doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.07.046.
- Fundação COPPETEC- COPPE/UERJ. SisBahia- Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental, Disponível em: <http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/>.
- Goulart Peclý, J.O., Colonna Rosman, P.C. e Parente Ribeiro, C.E. (2020), Sampling Methods for Metocean Data Aiming at Hydrodynamic Modeling of Estuarine and Coastal Areas, *Sensors*, Vol. 20, No. 6, p.1732, doi: 10.3390/s20061732.
- Harari, J. (1989), *Modelos numéricos aplicados a processos costeiros e estuarinos*, apostila (IOF814) póa IO/USP.
- Paiva, A. (2012), *Solução Numérica de Equações Diferenciais Ordinárias*, ICMC-USP, Disponível em: <https://sites.icmc.usp.br/apneto/cursos/material/EDO.pdf>.
- Pessoli, L. (2006), *Modelagem da dispersão de poluentes leves em ambientes complexos*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, 113p.
- TPF Engenharia Ltda (2021), *Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário de Suape, Ipojuca*, PDZ Suape-Ipojuca, PE, 2015-2035, 139p.