

DISPERSÃO DE MATERIAIS NA COSTA DE FORTALEZA, CE - BRASIL

Thiago Franca Parente¹, F.; Teixeira¹, C.

*¹Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR
Av. da Abolição, 3207 – Meireles - Fortaleza - CE CEP 60165-081
labdir@ufc.br*

RESUMO

O conhecimento da circulação costeira é importante para o estudo do transporte e dispersão de matéria em uma região. Neste trabalho, o modelo numérico Delft3D é empregado para estudar a circulação costeira do estado do Ceará, com foco no efeito do vento, marés e ondas na dispersão de materiais e substâncias. Foram realizados diferentes cenários, com ênfase na sazonalidade verão e inverno. Como resultado, determinou-se a maré como o principal forçante para a variabilidade total da circulação costeira de Fortaleza, o vento como o mais importante para os padrões de dispersão de materiais e as ondas com pouca influência no campo de velocidade local. Quanto à sazonalidade, o campo de velocidade local e os padrões de dispersão de materiais são mais intensos no inverno. O estudo mostrou que o modelo Delft 3D é capaz de reproduzir a circulação na região e, portanto, é uma importante ferramenta para estudos Lagrangeanos na região costeira de Fortaleza.

Palavras chave: circulação costeira, delft3D, plataforma continental do Ceará

INTRODUÇÃO

A Plataforma Continental Cearense (PCCE) está localizada na margem equatorial Atlântica, entre 037° e 041° 20' de longitude oeste e 02° a 05° de latitude sul, com variação de profundidade entre 10 - 100 m e declividade média em torno de 2 m/km (DIAS, 2011). Segundo Moraes (1980), as marés características da costa cearense são representadas por ondas semidiurnas e amplitude máxima e mínima, em média, de 3 m e 0, 5 m, respectivamente.

Dias (2011) caracterizou os principais constituintes harmônicos de maré da PCCE: o M2 é dominante, seguido pelas constituintes S2, K1 e O1. Ainda, observou que a tensão de cisalhamento do vento é o principal agente na transferência de momento para as águas da PCCE e que a dinâmica local é dominada pelo modo barotrópico. Segundo Maia (1998), os ventos possuem um forte ciclo sazonal em um período anual na PCCE, controlado pela oscilação meridional da zona de convergência intertropical (ZCIT).

De acordo com Silva e Façanha (2011), as ondas que ocorrem no estado do Ceará possuem grande relação com o regime de ventos local. Há predominância do quadrante de 40-60° durante os meses de janeiro a abril e no quadrante de 100-120° durante os meses de junho a novembro.

O presente trabalho utilizou modelagem numérica para avaliar a dispersão de materiais em parte da PCCE. A porção da PCCE explorada neste trabalho está entre 038° 26' e 038° 51' de longitude oeste e 03° 27' e 03° 48' de latitude sul, englobando o litoral da região metropolitana de Fortaleza e municípios vizinhos.

OBJETIVOS

Este trabalho visou avaliar, por meio de modelagem numérica, a ação da maré, dos ventos e das ondas no transporte e na dispersão de materiais na costa de Fortaleza. Investigou-se, também, a influência de obras costeiras nestes processos.

METODOLOGIA

O modelo numérico utilizado foi o Delft3D, desenvolvido pela WLjDelft Hydraulics em conjunto com a Delft University of Technology. Trata-se de um modelo de superfície livre com base em diferenças finitas que possui diversos módulos acoplados (HYDRAULICS, 1999). Os módulos utilizados neste trabalho foram: Delft3D-FLOW (Df) e Delft3D-WAVE (Dw).

O módulo Df é responsável por resolver as equações hidrodinâmicas para a aproximação de águas rasas. Para este trabalho, utilizou-se o modo 2D (barotrópico), pois se refere ao modo que prevalece na dinâmica da região (DIAS, 2011). Esta aproximação foi adotada com o intuito de otimizar o tempo de programação. No módulo Dw, tem-se o modelo de onda SWAN, capaz de simular a propagação e dissipação de ondas superficiais geradas pelo vento (HYDRAULICS, 1999).

Foram realizadas 5 simulações:

- verão:

- maré - somente maré;

- vento 1 - maré e vento (estacionário de leste com 5 m/s);

- onda 1 - maré, vento e ondas superficiais (altura de 1 m, período de 15 seg e direção norte).

- inverno:

- vento 2 - maré e vento (estacionário de sudeste com 7 m/s);

- onda 2 - maré, vento e ondas superficiais (altura de 1 m, período de 7,5 seg e direção leste).

Para todas as simulações, foi realizado o descarte de um traçador passivo, 15 dias após início da simulação, com descarga ininterrupta de 500 m³/s por um período de 2 dias com concentração de 100 Kg/m³. O ponto escolhido para a descarga foi próximo ao Porto do Mucuripe, visto que se trata de uma região com alto interesse socioeconômico e ambiental e local da ocorrência de um vazamento de óleo combustível do Navio *Seawind* no ano de 2012.

O modelo foi validado através da comparação entre os dados de elevação da maré encontrados nas simulações e dados de nível do mar *in situ* provenientes da estação maregráfica do Porto do Mucuripe, fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram comparados os harmônicos (amplitude) dos principais componentes de maré da região. Também foram comparados os valores de correntes simuladas com valores encontrados na literatura.

A grade utilizada neste trabalho foi de conformação ortogonal, com resolução de aproximadamente 200 m, onde foram incluídas as principais obras costeiras (molhes e espigões) da região metropolitana de Fortaleza. Ao longo do contorno fechado, foi considerada a condição de *free-slip* e para os contornos abertos foi determinado uma forçante harmônica oriunda do modelo global de maré TPXO 7.2.

RESULTADOS

Constatou-se que as simulações reproduziram de forma adequada as elevações de nível do mar produzidas pelas marés na região, pois foram encontrados valores inferiores a 7% de erro ao comparar os dados de saída do modelo com os dados fornecidos pelo IBGE. Vale ressaltar que o trabalho se trata de uma idealização, em virtude da ausência de dados observacionais dos campos de velocidade e de ondas na região, o que impossibilitou a validação dos cenários forçados por ventos e ondas.

Ao avaliar as elipses de maré referente a cada uma das componentes harmônicas, foi possível caracterizar as representantes semidiurnas M2, S2 e N2 como as componentes mais energéticas, assim como encontrado por Dias (2011) e Maia (1998). Dentre elas, a componente M2 representou a maior parte da amplitude das correntes de maré da região e, com base na sua estrutura, pode-se caracterizar a maré local como de co-oscilação.

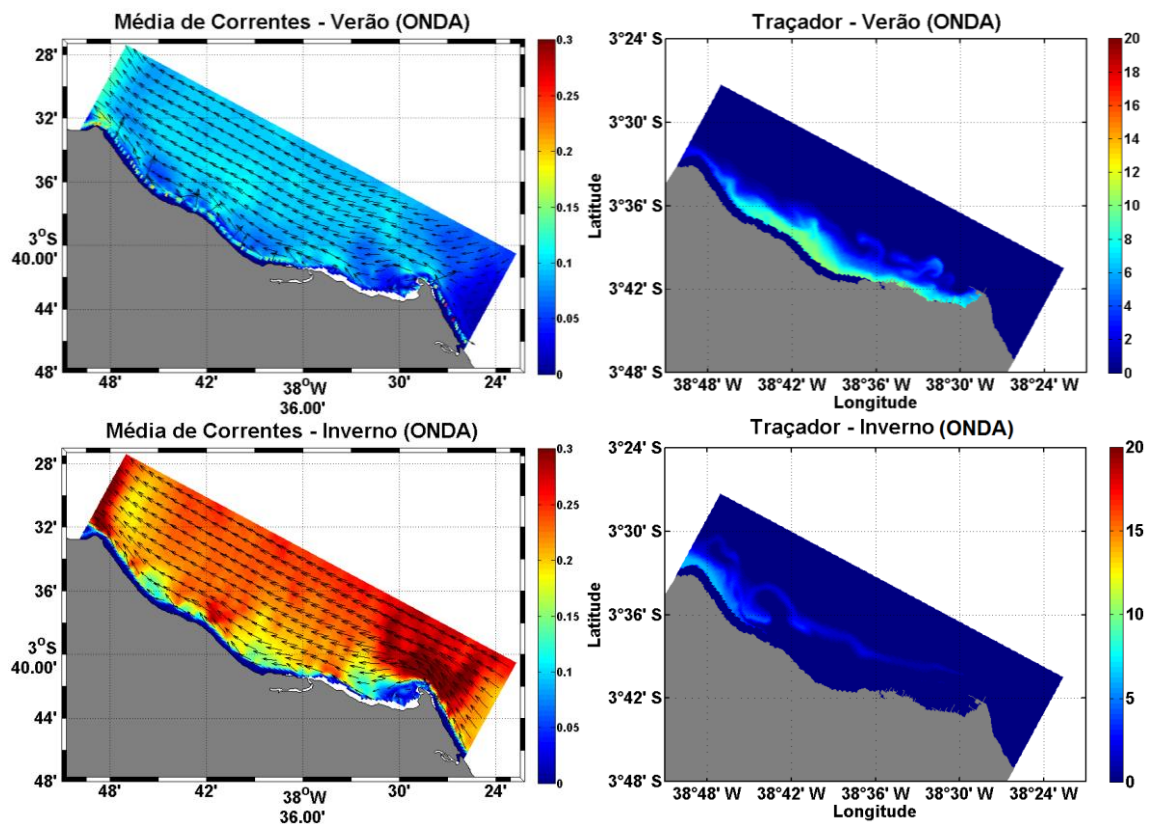


Figura 1: Do lado esquerdo estão os campos de velocidade para as simulações onda 1 (acima) e onda 2 (abaixo) e do lado direito estão as representações da dispersão do traçador para as simulações onda 1 (acima), 5 dias após descarte, e onda 2 (abaixo), 4 dias após o descarte.

Os valores de velocidade e direção obtidos pelas simulações onda 1 e onda 2 foram próximos dos valores encontrados por Maia (1998) e Signorini e Miranda (1983). Apesar da maré ser a principal responsável pela variabilidade total da circulação da região, o campo médio de velocidade residual na simulação maré foi menos intenso comparado aos demais, o que demonstra o menor papel da circulação de maré no transporte de materiais na região. Ao comparar os resultados das simulações vento 1 e 2 e onda 1 e 2, observa-se que não há influência significativa das ondas no campo de velocidade. Portanto, pode-se classificar o vento como forçante dominante na dinâmica da circulação costeira residual. Os valores encontrados para os campos de velocidade durante o verão foram consideravelmente menores comparados aos valores encontrados no inverno.

Quanto à dispersão do traçador, obteve-se uma menor dispersão na simulação maré, mesmo esta sendo a principal forçante da variabilidade total da circulação da região. Na simulação vento 1, o traçador se dispersou por toda grade (~ 40 Km) em 10 dias após o descarte, ao passo que na onda 1 o padrão de dispersão não apresentou diferenças significativas (Figura 1).

No inverno, o traçador apresentou um padrão de dispersão mais intenso (Figura 1), devido à ação dos ventos de maior intensidade. O traçador percorreu toda a grade em 5 dias após o início do descarte. Vale ressaltar que nas simulações de inverno, o traçador não chegou a se aproximar da costa da região metropolitana de Fortaleza. Em relação às obras costeiras, observou-se que, em cenários onde o traçador se aproximou da costa (verão), este se acumulou nas regiões próximas à estas estruturas.

CONCLUSÕES

Neste estudo, definiu-se a maré como o principal forçante da variabilidade total da circulação de Fortaleza, porém o vento é mais importante para os padrões de dispersão de materiais e substâncias. Observou-se que no inverno o campo de velocidade local e os padrões de dispersão de materiais na região costeira de Fortaleza são mais intensos. Ainda, constatou-se áreas susceptíveis ao acúmulo de materiais em virtude da influência de obras de engenharia costeira no campo de velocidade na região.

O estudo mostra que o modelo Delft 3D é capaz de reproduzir a circulação na região e que o mesmo pode ser usado em estudos de transporte langrageano, sendo uma importante ferramenta para a determinação do efeito de obras costeiras ao longo da orla de Fortaleza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIAS, F. J. S. 2011. Circulação e massas de água na plataforma continental leste do Ceará: modelagem numérica e observações. **Tese (Doutorado)** — Universidade de São Paulo.
- HYDRAULICS, W. D. 1999. *User manual delft3d-flow*. WLjDelft Hydraulics, The Netherlands.
- MAIA, L. 1998. *Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza NE-Brasil—implicaciones para una gestión costera ordenada*. **Tese (Doutorado)**. Universidad de Barcelona. 268p.
- MORAIS, J. O. 1980. Aspectos da geologia ambiental costeira do município de Fortaleza (Estado do Ceará). **Tese (Doutorado)**. Departamento de Geologia. Universidade Federal do Ceará - UFC.
- SIGNORINI, S. R.; MIRANDA, L. B. 1983. *Tidal and low-frequency currents near the shelfbreak: Northeastern coast of brazil*. **Journal Physics Oceanography**, v. 13, p. 2107 – 2115.
- SILVA, A. C.; FAÇANHA, P. 2011. Características das ondas “sea” and “swell” observadas no litoral do ceará-brasil: Variabilidade anual e inter-anual. **Tropical Oceanography online**.