

# AVALIAÇÃO DE UM MODELO HIDRODINÂMICO PARA A BAÍA DE GUANABARA (RJ)

Carvalho, G. V. <sup>1</sup>; Assad, L. P. F. <sup>1</sup>; Landau, L. <sup>1</sup>; Santos, F. A. <sup>2</sup>; Cerrone, B. N. <sup>2</sup>; Fragoso, M. R. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Núcleo de Modelagem Ambiental – LAMCE/COPPE/UFRJ, Cidade Universitária, Centro de Tecnologia, Bloco I, sala 214.  
gabriel.ud@gmail.com

<sup>2</sup>PROOCEANO – Av. Rio Branco, 311, sala 1205, Centro.

## RESUMO

O presente trabalho consiste na avaliação de um modelo numérico hidrodinâmico implementado para a região da Baía de Guanabara, complexo estuarino de grande importância social, econômica e ambiental. O modelo numérico hidrodinâmico POM (Princeton Ocean Model), foi implementado em alta resolução espacial, em seu modo baroclínico (3D) e utiliza como forçantes a maré e o vento, sendo este último não uniforme espaço-temporalmente. A avaliação do modelo é realizada a partir de dados de derivadores e séries maregráficas reconstituídas. O modelo representa satisfatoriamente a fase e amplitude da onda de maré. Comparações estatísticas entre séries de elevação da superfície livre do modelo e séries maregráficas reconstituídas apresentaram erro médio menor que 0,01 para os pontos mais ao sul e da ordem de 0,1 para os pontos mais ao norte do domínio e coeficiente de correlação linear maiores que 0,75 para todas as estações. A avaliação do campo de corrente do modelo está em desenvolvimento.

**Palavras Chave:** Modelagem Numérica, Gerenciamento Ambiental, Oceanografia Física.

## INTRODUÇÃO

A Baía de Guanabara (BG) é um dos ambientes costeiros mais importantes do País do ponto de vista social, econômico e ambiental. Seu entorno abriga 80% da população do estado do Rio de Janeiro, assim como duas refinarias de petróleo, o segundo maior porto do país, dois aeroportos e diversas indústrias. Suas águas são utilizadas para pesca, aquicultura, tráfego de navios comerciais, navegação e abrigo da frota da Marinha do Brasil e para esportes náuticos (KJERFVE, 1997). Vale ressaltar que o Rio de Janeiro será a cidade sede das Olimpíadas de 2016 e a BG será utilizada como raia de competição de iatismo.

Sua grande importância e utilização pela sociedade demanda detalhado monitoramento ambiental, assim como desenvolvimento de projetos de pesquisa que ampliem continuamente o conhecimento da dinâmica ambiental, de forma que a gestão ambiental da BG seja o mais consciente possível. Nesse contexto, este trabalho é parte integrante de um projeto multidisciplinar que envolve uma ONG (Projeto Grael), uma empresa do setor de energia (BG-Brasil), uma empresa de Oceanografia (PROOCEANO) e um núcleo de pesquisa universitária (NUMA/UFRJ), o Projeto Baía de Guanabara (PBG - [www.projetobaiadeguanabara.com.br](http://www.projetobaiadeguanabara.com.br)). Neste projeto, as partes trabalham em sinergia para ampliar o conhecimento da hidrodinâmica da Baía de Guanabara. Derivadores são lançados semanalmente pela Ong Projeto Grael, os dados são tratados e disponibilizados pela PROOCEANO e utilizados pelo NUMA para avaliar e calibrar o modelo numérico desenvolvido e apresentado neste trabalho, que por sua vez pode auxiliar no planejamento da coleta de lixo flutuante realizada diariamente pelo Projeto Grael.

O presente trabalho possui como objetivo a avaliação de um modelo hidrodinâmico para a Baía de Guanabara a partir da utilização de dados de derivadores e séries maregráficas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O POM, modelo de equações primitivas, camadas sigma e que possui esquema de separação de modos interno e externo foi configurado em seu modo baroclínico, resolução espacial de 100 metros, passo de tempo interno de 3 segundos e externo de 0.3 segundos. O modelo utiliza batimetria confeccionada a partir de folhas de bordo cedidas pela Marinha do Brasil, série de maré reconstituída

sinteticamente imposta no contorno aberto e matriz de vento obtida com a técnica de aninhamento de grades aplicada ao modelo atmosférico regional e operacional MM5 (*Mesoscale Model 5th generation*) desenvolvido pelo Laboratório de Modelagem Matemática de Processos Marinhos e Atmosféricos (CARVALHO, 2010).

Para avaliar a capacidade de representação da amplitude e da fase da onda de maré pelo modelo são calculados o erro médio, “Em”, (Eq. 1) e o coeficiente de correlação linear, “ρ”, (Eq. 2) entre séries de elevação da superfície livre do modelo e séries maregráficas reconstituídas para quatro pontos no domínio (Fortaleza de Santa Cruz, Ilha Fiscal, Ilha do Boqueirão e Forte da Batalha). Foram utilizadas séries de dados de 30 dias, contemplando um ciclo mensal da maré.

(Equação 1) 
$$Em = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)$$

(Equação 2) 
$$\rho = \left( \sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{medio}})(y_i - y_{\text{medio}}) \right) / \left( \sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{medio}})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - y_{\text{medio}})^2 \right)^{0.5}$$

Onde “x” é a variável do modelo e “y” é a variável da série reconstituída, “ $x_{\text{medio}}$ ” é a média aritmética de “x” e “ $y_{\text{medio}}$ ” é a média aritmética de “y”. O erro médio (Em) e o coeficiente de correlação linear (ρ) aplicados à série de maré indicam o desvio da amplitude e o desvio de fase, respectivamente, entre a onda de maré modelada e a reconstituída.

A avaliação do campo de corrente do modelo é realizada do seguinte modo: selecionam-se lançamentos de derivadores de acordo com a qualidade e representatividade dos dados; Realizam-se *hindcasts* do modelo para os dias dos lançamentos escolhidos; Os resultados do modelo hidrodinâmico são utilizados para alimentar um modelo lagrangeano de dispersão de partículas; A velocidade e trajetória das partículas são comparadas estatisticamente com os derivadores pelo método de probabilidade de presença.

## RESULTADOS PRELIMINARES E DISCUSSÕES

As comparações com séries maregráficas reconstituídas demonstram que o modelo representa com coerência a fase e amplitude da onda de maré. De acordo com a tabela 1, ρ é maior que 0.75 para todas as estações, indicando grande correlação positiva. O Em é da ordem de  $10^{-1}$  para as estações ao norte e  $10^{-2}$  para as estações mais ao sul. Para as estações I. Fiscal, St. Cruz e I. Boqueirão, o Em é positivo e para a estação F. Batalha é negativo, o que indica que o modelo subestima a amplitude para as primeiras e superestima para a última. Ambos os índices são melhores para as estações mais ao sul, o que indica que o modelo perde em representatividade em regiões mais internas.

O método de comparação dos resultados do modelo com dados de derivadores aplicado neste trabalho permite que os dados sejam comparados em um mesmo sistema de coordenadas, o lagrangeano. Ressalta-se que não existe unanimidade na bibliografia a cerca de um método de comparação entre dados de modelos com dados de derivadores. Foram escolhidos quatro lançamentos (30/06/10, 04/11/10, 16/03/11 e 06/04/11, disponíveis para visualização e aquisição no site do PBG) e para cada um dos dias foi realizado um *hindcast* de cinco dias, sendo o dia do lançamento o último. Os próximos passos são: alimentar o modelo de dispersão de partículas (Fig. 1) e comparar os resultados com a trajetória e a velocidade dos derivadores.

Os dados dos derivadores serão usados também para ajuste da quantidade de movimento transferido do vento para as partículas no modelo de dispersão lagrangeano.

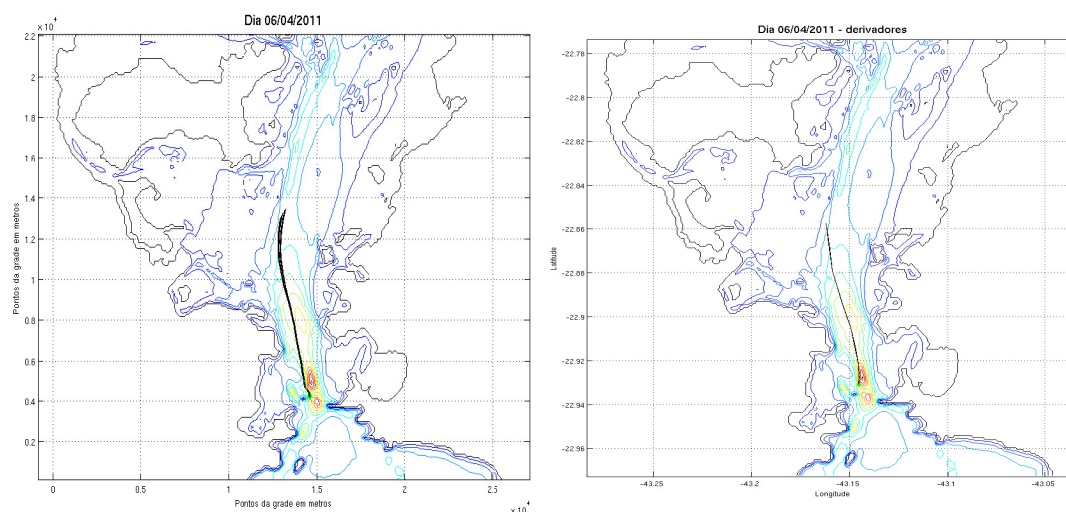


Figura 1: Resultados preliminares do modelo lagrangeano de dispersão de partículas (esquerda) e trajetória de dois derivadores (direita) no dia 06/04/2011.

Tabela 1: Índices estatísticos de erros para as quatro estações utilizadas.

Estações	Erro Médio	Coefficiente de Correlação Linear
Santa Cruz	0.0067 m	0.9843
Ilha Fiscal	0.0051 m	0.9125
Ilha do Boqueirao	0.1437 m	0.8836
Forte da Batalha	-0.2158 m	0.7569

## CONCLUSÕES

Devido à grande importância e utilização da BG pela sociedade, um sistema de previsão hidrodinâmico validado e operacional é de grande importância e serventia para diversos fins. O modelo implementado representa satisfatoriamente a amplitude e fase da onda de maré no domínio de integração. A avaliação da capacidade de representação do campo de corrente pelo modelo quanto à direção e magnitude está em fase de desenvolvimento. Ressalta-se que o projeto continua com a aquisição de dados de derivadores semanalmente e com o armazenamento dos resultados do modelo diariamente, o que permitirá maior acurácia e robustez na validação e calibração do modelo ao longo do tempo.

O projeto se mostrou uma ótima oportunidade de se desenvolver e aprimorar uma metodologia de avaliação e calibração do modelo com a utilização de dados de derivadores em um ambiente costeiro dominado pela maré, visto que tanto a modelagem numérica quanto o lançamento dos derivadores podem ser planejados em conjunto, havendo flexibilidade para testar novas estratégias de lançamento e comparação.

## BIBLIOGRAFIA

CARVALHO, G. V. 2010. Estudo de Caso: Influência do Vento na Hidrodinâmica da Baía de Guanabara (RJ), no dia 17 de junho de 2010. **Monografia** (Bacharel em Oceanografia), Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

KJERFVE, B.; RIBEIRO, C. H. A.; DIAS, G. T. M.; FILIPPO, A. M.; QUARESMA, V. S. 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 17, n. 13, p 1609-1643.