

EVENTOS DE INTRUSÃO DE ÁGUAS QUENTES DURANTE CONDIÇÕES FAVORÁVEIS À RESSURGÊNCIA COSTEIRA EM CABO FRIO, RJ

Couto, P¹ and Soutelino, R.^{1,2}

¹Universidade Estadual do Rio de Janeiro - Programa de pós graduação em Oceanografia
(PPGOCN-UERJ), Rio de Janeiro - CEP: 20550-013

phellipe.couto@gmail.com

²MetOcean Solution LTD. - New Plymouth 4340, New Zealand

rsoutelino@gmail.com

Resumo

Episódios atípicos de atenuação do sinal térmico da ressurgência costeira em Cabo Frio têm sido observados frequentemente em condições de vento favoráveis a sua ocorrência e algumas elucidacões a este respeito serão aqui apresentadas de forma ainda não abordada em estudos anteriores. Investigamos os efeitos da variabilidade temporal e espacial do vento sobre o campo de *momentum* e massa oceânico através de experimentos numéricos semi-idealizados usando o modelo regional oceânico ROMS. Foi possível observar o desenvolvimento de um escoamento que flui nas porções internas da plataforma e com sentido contrário ao vento predominante, provocando advecção de águas mais quentes para a região foco da ressurgência.

Palavras-chave: *Ressurgência costeira de Cabo Frio, atenuação do sinal térmico da ressurgência, modelagem hidrodinâmica, ROMS.*

1 Introdução

A ressurgência costeira de Cabo Frio têm sido foco de diversos estudos devido sua magnitude e recorrência ao longo do ano, principalmente durante a primavera e verão, quando os ventos de E e NE são predominantes. Um evento atípico de temperatura de superfície do mar (TSM) ao longo da costa central do estado do Rio de Janeiro foi descrita por *Saturato* (2011) e motivou a realização deste estudo. O autor mostrou anomalias positivas da TSM e presença de águas acima dos 28°C em toda a plataforma interna ao largo de Cabo Frio no longo do mês de janeiro, enquanto as condições de ventos observadas favoreciam a ressurgência costeira.

No mês de Janeiro deste ano, um evento semelhante foi observado e registrado a partir de medições *in situ* e remota. A Figura 1 mostra a presença de águas quentes na porção E-W do litoral central do Rio de Janeiro, inibindo o processo de ressurgência ao longo da costa até Cabo Frio. Um fundeio a aproximadamente 15 km ao largo de Arraial do Cabo registrou valores médios da TSM acima de 24°C e direção da circulação em toda a coluna de água bem diferentes daqueles esperados para as condições de vento observadas (Figura 2).

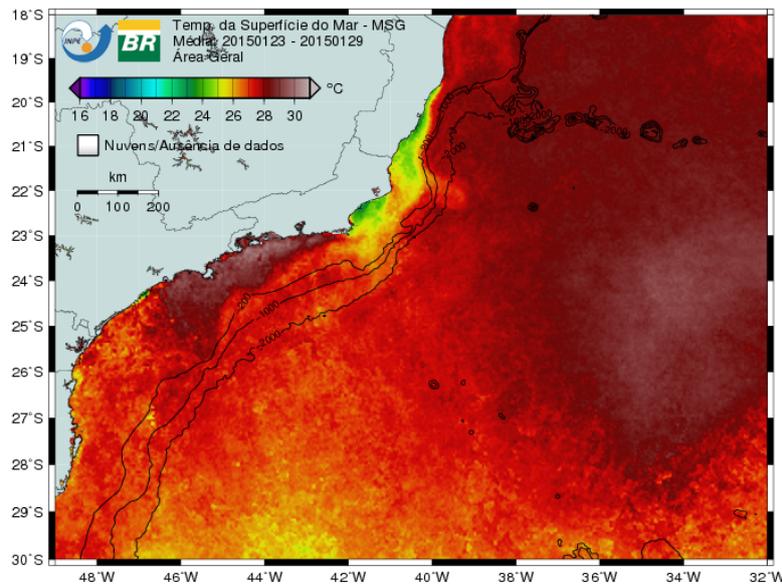


Figure 1: Mapa com valores representando o estado médio da TSM entre os dias 23 e 29 de janeiro deste ano medidos remotamente pelo satélite NOAA-12. Imagem obtida no endereço eletrônico do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Ambientais) - <http://satelite.cptec.inpe.br/oceano/>

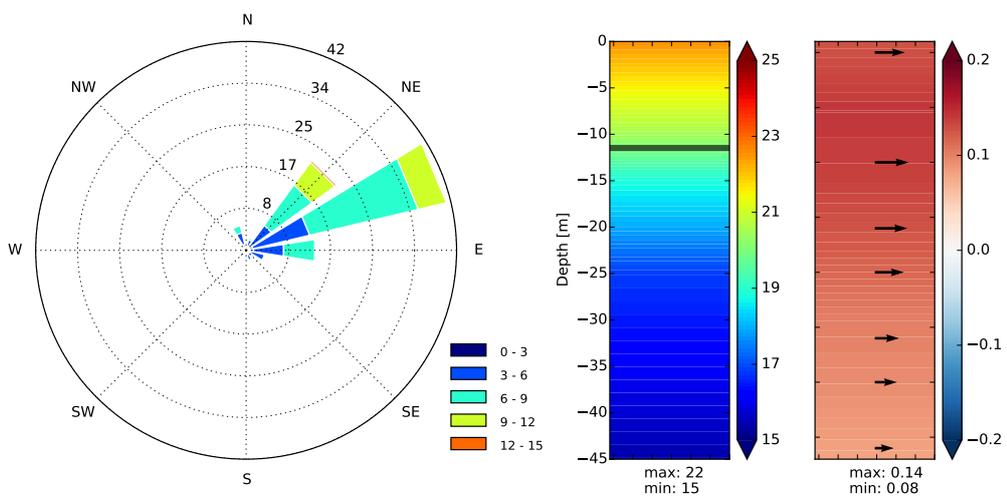


Figure 2: Medições de variáveis meteoceanográficas registradas pelo fundeio (Projeto SIODOC - PNBOIA) situado sob a isóbata de 50m a 15km ao largo de Cabo Frio, durante o mês de janeiro de 2015. São apresentados a rosa de distribuição dos ventos (painel à esquerda), média mensal da temperatura da água em toda a coluna de água (painel central) - a linha preta indica a isoterma de 20°C, assinatura térmica traçadora da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na plataforma e indicadora da ocorrência da ressurgência costeira. No painel a direita é apresentado valores médios mensais da intensidade e direção média da componente zonal da corrente em 7 níveis da coluna de água.

Diversos trabalhos investigaram os mecanismos responsáveis pelo desencadeamento e desenvolvimento da ressurgência costeira na região, apontando inúmeros fatores que afetam e/ou contribuem para sua ocorrência [Castelão, 2012; Campos *et al.*, 1995; Palma and Matano, 1989]. No entanto, pouca atenção foi dada aos estados transientes de fluxo e massa forçados essencialmente pela variabilidade em direção e intensidade dos ventos ao longo da plataforma continental adjacente.

2 Objetivos

O objetivo deste estudo é investigar a resposta do campo de massa e *momentum* oceânico forçado por um campo de vento idealizado na presença de variabilidade temporal e espacial.

3 Metodologia

Na ausência de dados observacionais suficientemente abrangentes para as escalas dos processos a serem estudados, recorreremos à ferramenta da modelagem numérica para alcançarmos os objetivos deste trabalho.

Experimentos semi-idealizados foram conduzidos utilizando-se o modelo regional oceânico ROMS (*Regional Ocean Modeling System*) para um cenário hipotético similar as características físicas do ambiente oceânico ao largo da costa do estado do Rio de Janeiro. Os campos iniciais oceânicos e meteorológico foram construídos a partir de valores climatológicos referentes a meses de verão. No entanto, a variação temporal e distribuição espacial destes campos são idealizadas, com o propósito de se isolar os processos hidrodinâmicos à resposta do campo de vento forçante apenas.

A simulação foi integrada por um período total de 40 dias. O domínio idealizado conta com uma linha de costa retilínea e orientação E-W, com perfil topográfico retilíneo com inclinação de 45°. As profundidades variam entre 5 e 200 m, conforme os limites da plataforma continental. A única forçante consiste de um vento senoidal paralelo à costa com frequência aproximada de 6 dias, representando eventos de passagem de sistemas sinóticos. O vento possui variações temporais de intensidade e sentido distintas para ambas as porções oeste e leste do domínio.

4 Resultados

Durante toda a simulação foi possível observar a mudança intermitente no sentido do escoamento nas porções mais rasas do domínio (<50 m). O escoamento atuou como uma contracorrente, propagando uma pluma de águas mais quentes para porções a leste do domínio, por uma distância de até 30 km.

Na Figura 3 é possível observar os instantes de geração, aceleração e propagação da contracorrente. Este escoamento é possivelmente forçado em resposta balanço induzido pelo vento prescrito para a porção oeste do domínio. A elevação da superfície livre próxima à costa estabelece uma força de gradiente de pressão em direção ao largo que por sua vez é balanceado pelo estresse do vento, reproduzindo então a aceleração do escoamento e advecção de águas com maiores temperaturas ao longo de todo o domínio à leste.

5 Conclusões

Através de experimentos numéricos semi-idealizados, investigamos os efeitos da variabilidade temporal e zonal do vento sobre os campos de *momentum* e massa oceânicos. As condições forçantes impostas mostraram que a perturbação e variação de altura de superfície livre forçou o balanço e geração de um escoamento geostrófico nas porções mais rasas do domínio. Tal arranjo foi responsável pela advecção de águas mais quentes para regiões remotas do domínio, provocando diminuição do sinal térmico da ressurgência costeiras na porção leste do domínio. A partir breve análise de mapas sinóticos do campo de vento ao longo da costa central do estado, sugerimos que tais eventos atípicos observado possam estar associados presença de forte

atividade do sistema de alta pressão do Atlântico subtropical e a aproximação de sistemas frontais vindas de sul. Este estado atmosférico parece ser responsável pela indução simultânea de diferentes respostas do transporte de Ekman ao longo da costa, estabelecendo assim padrões de circulação que se opõem.

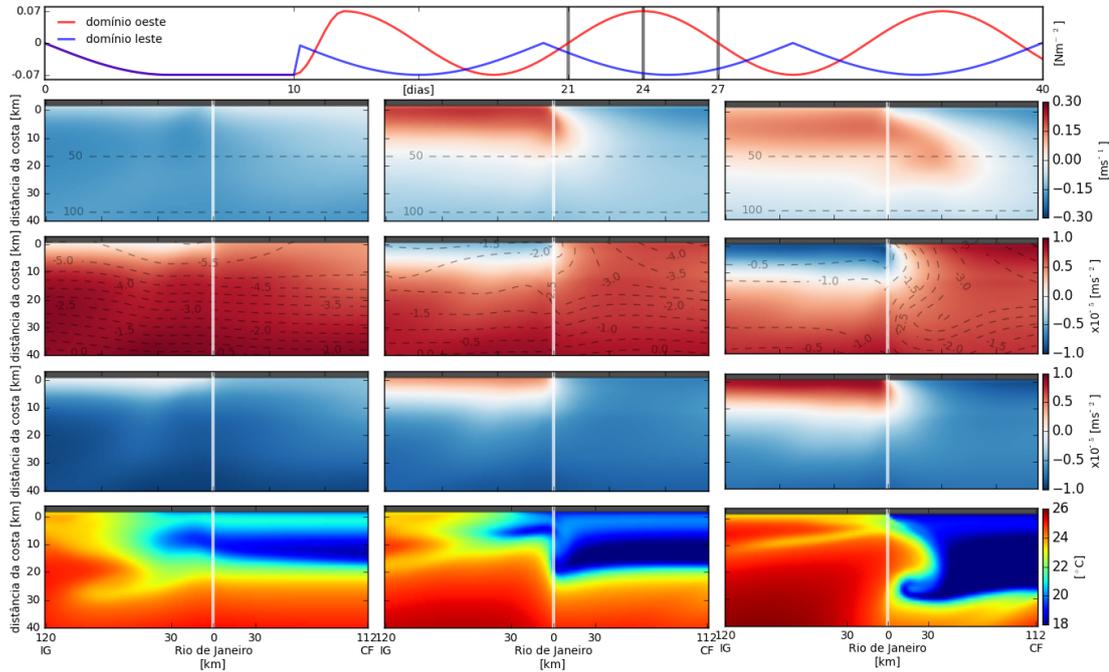


Figure 3: Soluções obtidas para os dias 21, 24, e 27 da simulação do primeiro experimento idealizado. No painel superior o vento senoidal prescrito para toda a simulação (faixas pretas indicam a condição para os instantes selecionados). De cima para baixo, os campos da componente zonal da velocidade barotrópica (sobreposto por isóbatas [m]), componente meridional da força do gradiente de pressão (sobreposto por isolinhas de elevação da superfície livre), a componente meridional da força de coriolis e a temperatura em superfície. Os painéis estão alinhados da esquerda para a direita conforme a sequência de dias apresentados. As linhas brancas dividem virtualmente o domínio mantendo a escala de distância real entre Ilha Grande (IG) e Cabo Frio (CF).

Referências

- [1] Campos, E. J. D., D. Velhote, and I. da Silveira (2000), Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders, *Geophys. Res. Lett.*, 27(6), 751-754.
- [2] Castelão, R. M. (2012), Sea surface temperature and wind stress curl variability near a cape, *J. Phys. Oceanogr.*, 42, 2073-2087.
- [3] Saturato, L. Estudo da variabilidade interanual da TSM no estado do Rio de Janeiro. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Oceanografia) - Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2011.