

Simulação Numérica dos Efeitos da Ressurgência Costeira na Circulação Local na Região de Cabo Frio

Sergio H. Franchito
V. Brahmananda-Rao
José L. Stech
João A. Lorenzetti

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE CP 515, 12201-970, São José dos Campos, SP

Abstract

A non-linear, three-dimensional primitive equation model is employed to study the effect of coastal upwelling on sea-breeze circulation in the region of Cabo Frio (RJ). In order to investigate the seasonal variations of the circulation, numerical experiments considering three-month means were conducted: January-February-March (JFM), April-May-June (AMJ), July-August-September (JAS) and October-November-December (OND). The results show that the sea-breeze is most intense near the coast in all the seasons. The circulation is stronger in OND and JFM, when the upwelling occurs, and weaker in AMJ and JAS, when there is no upwelling. Observations show similar behaviour.

1 Introdução

O fenômeno da ressurgência é caracterizado pela subida de águas mais frias de sub-superfície do oceano, induzida pelo vento de superfície. A ressurgência ocorre por efeito da divergência positiva do transporte de Ekman na camada superficial do oceano, que por continuidade resulta em uma velocidade vertical positiva em sub-superfície. O vento de superfície na região de Cabo Frio (RJ) é predominantemente de nordeste. Como a direção da costa é na direção leste-oeste e sudoeste-nordeste, o vento é favorável ao desenvolvimento da ressurgência, pois o transporte de Ekman se dá à esquerda da direção do vento, da costa para o talude continental. A ressurgência em Cabo Frio ocorre durante a primavera e verão, e durante o outono e inverno há um relaxamento da mesma (Stech et al., 1995). A região de Cabo Frio sofre os efeitos da brisa marítima. Como a ressurgência altera o contraste térmico oceano-continente deve influenciar, também, a circulação da brisa, com consequências não bem conhecidas, uma vez que o tipo de ressurgência em Cabo Frio é peculiar devido ocorrer do lado leste do continente e à orientação da linha da costa. O objetivo deste trabalho é simular os efeitos da ressurgência na circulação da brisa em Cabo Frio, dando-se atenção às variações sazonais da mesma.

2 Metodologia e Dados

Para este estudo foi utilizado um modelo tri-dimensional, não-linear, de equações primitivas em coordenada sigma. O modelo é uma versão em três dimensões do modelo bi-dimensional desenvolvido por Franchito e Kousky (1982). O modelo é aplicado à região de Cabo Frio. Próximo a Cabo Frio a linha da costa possui uma direção norte-sul (NS) e leste-oeste(LO), como se fosse um L invertido.

Os dados de temperatura das superfícies do mar e da terra na região de estudo foram obtidos, respectivamente, da Diretoria de Hidrografia e Navegação e do Departamento Nacional de Meteorologia (Tabela 1).

3 Resultados

Com a finalidade de estudar a variação sazonal da brisa, modulada pela ressurgência, foram realizados experimentos numéricos considerando condições médias de três meses: JFM, AMJ, JAS e OND.

As Tabelas 2 e 3 apresentam a variação sazonal do vento (nível de 990 hPa) simulada pelo modelo ao longo das costas LO e NS, respectivamente. Como se nota, a brisa máxima, que ocorre as 15:00 horas tempo local (LT), acontece próximo às costas em todos os períodos. Ainda, pode-se verificar que a brisa é mais intensa em OND e JFM, situação de ressurgência, onde o contraste térmico oceano-continente é maior (ver Tabela 1). Os ventos locais são mais fracos em AMJ e JAS, caso de não ressurgência.

Dados observados referentes a 15:00 e 21:00 LT indicam que a brisa é mais forte em OND e JFM. Análise destes dois períodos revelam que durante o dia os vetores velocidade horizontal são inclinados na direção zonal, indicando brisa marítima mais forte. À noite, a circulação enfraquece-se e o vento observado sopra de nordeste. Assim, há uma boa concordância entre os resultados do modelo e as observações.

4 Sumário e Conclusões

Um modelo numérico foi utilizado para a simulação dos efeitos da ressurgência na circulação da brisa na região de Cabo Frio. Os resultados mostram que a brisa é mais intensa durante o verão e primavera, quando há ressurgência, e mais fraca no inverno e outono, quando não ocorre ressurgência, concordando com as observações.

Agradecimentos: Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo suporte financeiro do projeto: "Processos de circulação oceânica e de interação oceano-atmosfera em escala local e regional na costa sul/sudeste do Brasil" (COINT), do qual o presente estudo faz parte.

Referências Bibliográficas

Franchito, S. H.; Kousky, V. E., 1982: Um modelo numérico para simulação das circulações locais, aplicado à região costeira do nordeste do Brasil, *Ciência e Cultura*, 34, 1484-1498.

Stech, J. L.; Lorenzetti, J. A.; Silva Jr., C. L., 1995: Observação por satélite da ressurgência de Cabo Frio. *Memórias do VII Simpósio latino-americano de Percepção Remota*, Puerto Vallarta, México, pág. 269-275, 1995.

	TSC(°C)	TSM(°C)	ΔT (°C)
JFM	25,1	23,6	+1,5
AMJ	22,5	22,9	-0,4
JAS	20,9	20,5	+0,4
OND	23,0	18,9	+4,1

Tabela 1: Valores das temperaturas das superfícies do continente (TSC) e do mar (TSM) utilizados como dados de entrada do modelo e a diferença entre TSC e TSM (ΔT) para os períodos JFM, AMJ, JAS e OND.

	40 km	30 km	20 km	10 km	costa
JFM	0,1	0,2	0,9	3,0	5,6
AMJ	0,1	0,1	0,7	2,6	5,1
JAS	0,1	0,1	0,7	2,7	5,2
OND	0,4	0,8	1,6	4,0	6,5

Tabela 2: Valores simulados do vento meridional v ao longo da costa LO para os períodos JFM, AMJ, JAS e OND. Unidade: m s⁻¹.

	50 km	40 km	30 km	20 km	10 km	costa
JFM	-1,0	-1,1	-1,3	-1,9	-3,8	-6,6
AMJ	-0,8	-0,9	-1,1	-1,6	-3,3	-5,8
JAS	-0,9	-1,0	-1,2	-1,7	-3,4	-6,0
OND	-1,2	-1,3	-1,7	-2,7	-4,7	-7,5

Tabela 3: Valores simulados do vento zonal u ao longo da costa NS para os períodos JFM, AMJ, JAS e OND. Unidade: m s⁻¹.