

ESTUDO NUMÉRICO DOS PADRÕES DE CIRCULAÇÃO NA CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA NA REGIÃO DE RESSURGÊNCIA COSTEIRA DE CABO FRIO

Flávia Noronha Dutra¹ e Jacyra Soares

1-Aluna de Doutorado do IAG-USP, Rua do Matão, 1226, São Paulo, SP, tel.: 3091-2851, fax: 3091-4714, fndutra @model.iag.usp.br.

INTRODUÇÃO

Na região de Cabo Frio (RJ – Brasil) frequentemente observamos o fenômeno de ressurgência costeira. Esse fenômeno é gerado por ventos de nordeste, produzidos por um centro atmosférico de alta pressão de larga escala semipermanente sobre o Oceano Atlântico Sul (Stech & Lorenzetti, 1992). Essa configuração é alterada na passagem de frentes frias, que mudam a direção dos ventos predominantes de nordeste para de sudoeste, e são desfavoráveis à ocorrência de ressurgência.

A ressurgência nessa região faz com que a temperatura da superfície do mar (TSM) diminua cerca de 10°C em relação à TSM nos períodos sem ressurgência (Franchito *et al.*, 1998). Essa diminuição da TSM aumenta o gradiente térmico entre o oceano e a terra e afeta a circulação local, principalmente a brisa marítima (Miller *et al.*, 2003). Estudos anteriores (Franchito *et al.*, 1998) indicam que há uma retroalimentação positiva entre a brisa marítima e a ressurgência na região de Cabo Frio, onde o maior gradiente térmico entre a terra e o oceano devido à ressurgência intensifica a brisa, e a brisa, devido à mudança brusca de direção da costa, intensifica a ressurgência.

O fenômeno da ressurgência na região de Cabo Frio tem sido bastante estudado do ponto de vista oceanográfico, mas poucos estudos foram feitos sobre sua influência na atmosfera (Franchito *et al.*, 1998; Dourado & Oliveira, 2000; Oda, 1997). A circulação da brisa marítima é um fator determinante do clima local em regiões costeiras, podendo afetar o regime de precipitação e provocar fortes tempestades, além de afetar a circulação atmosférica e o regime de dispersão de poluentes.

Esse trabalho objetiva, através da utilização de um modelo numérico atmosférico tridimensional de mesoescala, não hidrostático, o TVM-NH (Topographic Vorticity-mode Mesoscale – Non Hydrostatic), estudar os mecanismos físicos que determinam a interação entre a ressurgência costeira, a brisa marítima e a camada limite planetária (CLP), na região de Cabo Frio.

DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS

O TVM-NH é um modelo numérico de diferenças finitas que utiliza as equações da vorticidade, eliminando assim a necessidade de tratar a pressão (Thunis, 1995; Bornstein *et al.*, 1996; Schayes *et al.*, 1996). Foram realizados dois experimentos: um considerando uma situação com ressurgência, caracterizada por TSM mais baixa e ventos de nordeste, e o outro considerando uma situação sem ressurgência, caracterizada por TSM mais alta e ventos de sudoeste. Ambos os experimentos foram executados por 31h, começando às 0h do primeiro dia e terminando às 7h do dia seguinte, e o passo de tempo utilizado foi de 30s.

O domínio utilizado foi uma área de 99 km x 99 km, centralizado em 22,80°S e 42,05°W, com um espaçamento de 3 km x 3 km, que envolve parte da costa e parte do oceano da região de Cabo Frio. Para as fronteiras laterais, foram adicionados 8 pontos de grade, com espaçamento variando de 3,6 km a 12,9 km (PG de razão 1,2),

totalizando uma área de 218 km x 218 km, a fim de minimizar a influência das fronteiras sobre a área de interesse (Figura 1).

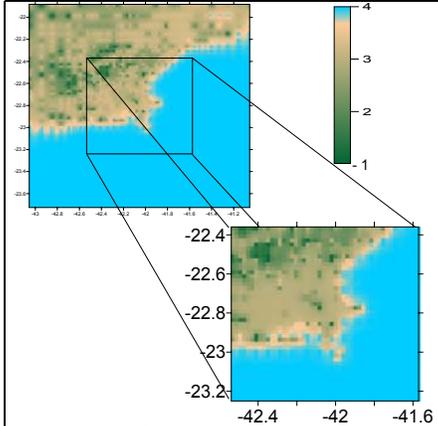


Figura 1: Área de estudo total, grade central e classes de ocupação do solo. 1-floresta; 2-cerrado; 3-cultura e 4-água.

Na direção vertical, o espaçamento varia de 30 m próximo à superfície até 1200 m no topo do modelo, permitindo uma maior resolução nos níveis inferiores do modelo.

Foram consideradas, no modelo, a topografia e a ocupação do solo (considerando 4 classes, conforme figura 1) a fim de prognosticar a temperatura e os fluxos turbulentos na superfície, segundo o método “*force restore*” (Deardorff, 1978). A temperatura da água é mantida constante, tanto espacial como temporalmente. Foram usadas TSM de 291K para a situação com ressurgência e de 297K para a situação sem, conforme médias sugeridas no trabalho de Oda (1997).

Oda (1997) realizou uma série de sondagens verticais em épocas com e sem ressurgência. Médias dessas sondagens foram calculadas e usadas neste trabalho como condições iniciais para os perfis verticais de vento e de temperatura potencial (Figuras 2 e 3).

O valor de temperatura potencial utilizado na região continental foi de 300K e o valor da razão de mistura à superfície foi de 15 g/Kg, em ambos os experimentos, médias também sugeridas pelo trabalho de Oda(1997).

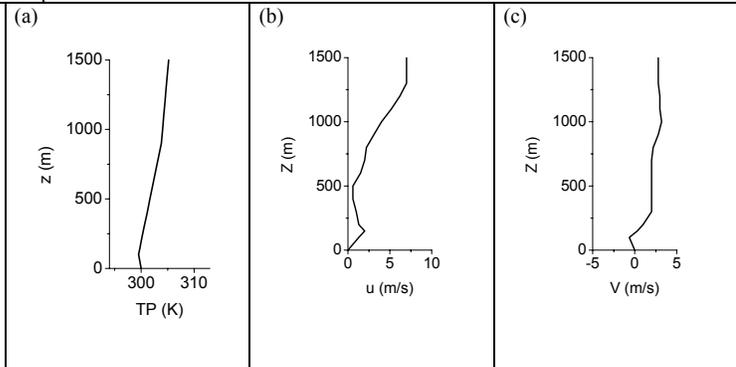


Figura 2: Perfis verticais de (a) temperatura potencial, (b) componente zonal (b) e (c) meridional do vento, usados como condições iniciais para o experimento **sem** ressurgência.

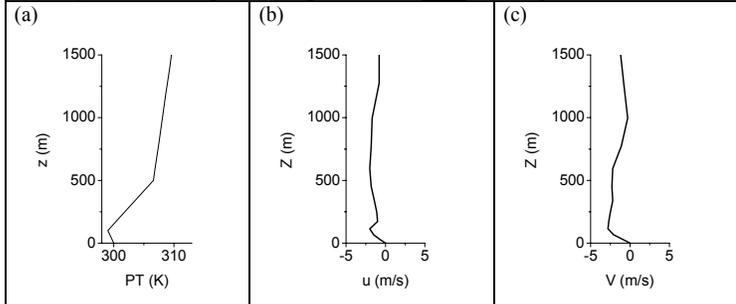


Figura 3: Perfis verticais de (a) temperatura potencial, (b) componente zonal e (c) meridional do vento, usados como condições iniciais para o experimento **com** ressurgência.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

A figura 4 apresenta os campos de temperatura do ar e vento a 30 m de altura às 15h com ressurgência (Fig. 4a) e sem ressurgência (Fig. 4b). Pode-se perceber que o gradiente térmico entre o oceano e a terra na situação com ressurgência é maior do que na situação sem ressurgência. Nota-se também que, com exceção da região em que a linha de costa tem direção leste-oeste, onde a brisa é influenciada pela circulação de larga escala, a brisa marítima é mais intensa na situação com ressurgência. Nessa situação, a brisa tem direção e sentido de modo a deixar a costa à direita, sendo

favorável à ressurgência, o que indica a existência da retroalimentação sugerida por Franchito (1998).

Uma observação importante é que a topografia (Figura 5) é fator determinante da circulação em superfície, principalmente na região superior à esquerda da área de estudo.

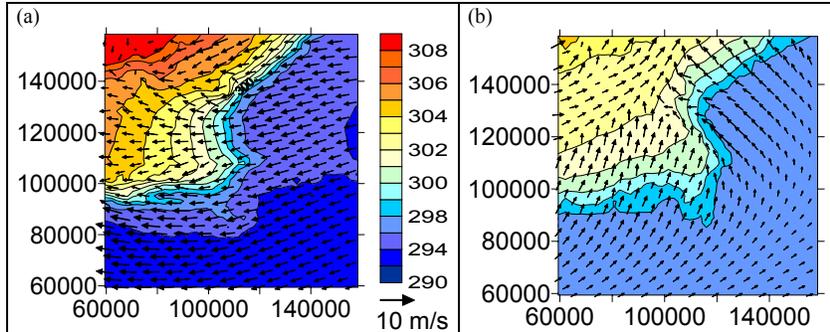


Figura 4: Campos de temperatura potencial e vento aos 30m de altura às 15h, (a) com ressurgência e (b) sem ressurgência.

Na figura 6 pode-se observar os campos de temperatura do ar e vento a 30m de altura às 21h, com ressurgência (Fig. 6a) e sem ressurgência (Fig. 6b).

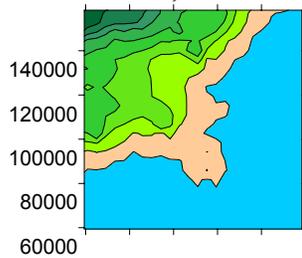


Figura 5: Topografia da região de estudo. Escala de altura em metros.

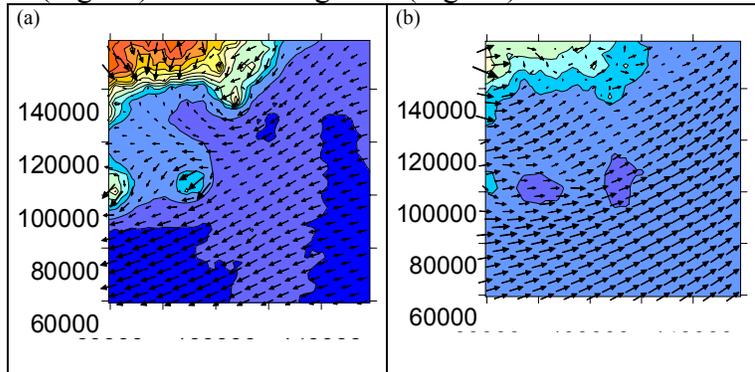


Figura 6: Campos de temperatura potencial e vento aos 30m de altura às 21h, (a) com ressurgência e (b) sem ressurgência.

O gradiente térmico às 21h entre o oceano e a terra na parte costeira quase não existe, e portanto não se percebe a ocorrência de brisa terrestre. Assim os ventos tornam-se mais de NE na situação com ressurgência e de SW na situação sem ressurgência, seguindo o padrão de larga escala. Pode-se perceber que a brisa marítima, na situação com ressurgência, faz com que o ar marítimo atinja uma maior extensão em direção à costa.

REFERÊNCIAS

- Bornstein, R. D., P. Thunis, P. Grossi and G. Schayes, 1996: Topographic Vorticity-Mode Mesoscale-B (TVM) Model. Part II: Evaluation, *J. of Appl. Meteor.*, 35, 1814-1834.
- Deardorff, J.W., 1978: Efficient prediction of ground surface temperature and moisture with inclusion of a layer of vegetation. *J. Geophys. Res.*, 83, C4, 1889-1903.
- Dourado, M. and Oliveira, A. P., 2001: *Observational description of the atmospheric and oceanic boundary layer over the Atlantic Ocean*. Rev. Bras. Oceanogr., 49(1/2), 49-59.
- Franchito, S. H., Rao, V.B., Stech, J. L. and Lorenzetti, J. A., 1998: The effect of coastal upwelling on the sea-breeze circulation at Cabo Frio, Brazil: a numerical experiment. *Ann. Geophysicae*, 16, 866-881.
- Miller, S. T. K., Keim, B. D., Talbot, R. W. and Mao, H., 2003: Sea breeze: structure, forecasting and impacts. *Reviews of geophysics*, 41(3), 1-31.
- Oda, T. O., 1997. "Influencia da ressurgência costeira sobre a circulação local em Cabo Frio (RJ). Dissertação de Mestrado em Meteorologia. INPE.
- Schayes, G, P. Thunis, R. Bornstein, 1996: Topographic Vorticity-Mode Mesoscale-B (TVM) Model. Part I: Formulation, *J. Appl. Meteor.*, 35, 1815-1823.
- Stech, J. L. and Lorenzetti, J. A., 1992: The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. *J. Geophys. Res.*, 97 (C6), 9957-9520.
- Thunis, P., 1995: Formulation and Evaluation of a Nonhydrostatic Vorticity Mesoscale Model, Ph.D Thesis, Institut d'Astronomie et de Géophysique G. Lemaître, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium, 151 pp.