

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS DURANTE OCORRÊNCIA DO VENTO ZONDA – O FOEHN DA AMÉRICA DO SUL

Sin Chan Chou
CPTEC/INPE
Cachoeira Paulista, SP, 12630-000

Abstract

The Andes Cordillera, with its heights that often exceed 4000m, causes a strong barrier effect to the westerlies. In the some situations, the subtropical air moving over the mountains, can descend strongly on the lee side, causing a local warming and drying of the air, and resulting in the zonda winds. This is a foehn type of wind. The characteristics of the environment during zonda wind events are described using the 40km regional Eta model outputs. Isentropic surfaces show that the parcels of air transposing the Andes can dive from about 600hPa to 850hPa to the lee side, in a hydraulic jump resemblance. Strong decelerations to the upper level jet is verified. A winter case is chosen to illustrate the phenomenon in South America.

1. Introdução

A Cordilheira dos Andes, com a orientação norte-sul e altitudes acima de 4000m, apresenta características ideais para perturbar e bloquear o escoamento do vento predominante de oeste e gerar ondas atmosféricas de grande amplitude nas suas vizinhanças. Nas latitudes subtropicais, em determinadas situações, o ar consegue transpor as montanhas e desce abruptamente a sotavento, causando ventos fortes, quentes e secos nas cidades localizadas ao norte da Argentina. Estes ventos conhecidos localmente como zonda, são ventos do tipo foehn. Em situações extremas estes ventos podem adquirir grande intensidade e provocar tempestades graves como o caso de Boulder ocorrido nos Estados Unidos em 1972 (Lilly e Zipser, 1972).

Norte (1989) descreveu a estrutura vertical da atmosfera durante a ocorrência do vento zonda, utilizando observações das 12UTC de duas estações de radiossondagens, uma em cada lado dos Andes. A escassez de dados de altitude na América do Sul é grande, e o problema se torna ainda mais grave próximo de montanhas onde a heterogeneidade da superfície requer maior representatividade das observações. O objetivo deste trabalho é caracterizar a atmosfera mais detalhadamente, no espaço e no tempo, durante a ocorrência do zonda, através do uso do modelo regional Eta de 40km de resolução horizontal.

2. O modelo numérico e o caso

O modelo Eta é um modelo em ponto de grade com o domínio cobrindo a maior parte da América do Sul, estendendo-se ao sul até aproximadamente 45°S. A resolução utilizada foi de 40km na horizontal e 38 camadas na vertical. É um modelo de equações primitivas contendo as principais parametrizações físicas. Uma das características principais do modelo é a coordenada vertical η definida por:

$$\eta = \left(\frac{p - p_T}{p_s - p_T} \right) \left[\frac{p_r(z_s) - p_T}{p_r(0) - p_T} \right]$$

onde p e z são a pressão e altura, respectivamente, e os índices s , T e r , se referem a superfície, topo e uma atmosfera de referência. As superfícies da coordenada são praticamente horizontais, portanto os erros resultantes de cálculos de derivadas horizontais são reduzidos. Esta característica torna a coordenada adequada para estudos em região próxima à topografia íngreme como os Andes. Nesta coordenada, a topografia é representada em forma de degraus, cujos topos coincidem com a interface das camadas do modelo. Maiores detalhes das características do modelo podem ser encontradas em Black (1994) e Climanálise (1996).

O modelo utiliza análise do NCEP como condições iniciais e previsões do modelo global do CPTEC como condições de contorno laterais atualizadas a cada 6 horas. Ambas condições são fornecidas na resolução T62L28. As previsões se estenderam para o período de 60 horas.

3. O estudo de caso

O caso escolhido teve início no dia 11 de junho de 1996, 12 UTC. A previsão de 24h (T+24h) mostra um sistema frontal frio cruzando os Andes, em torno da latitude de 30°S. Esta frente se deslocava na direção nordeste. O campo de pressão ao nível médio do mar mostrava valores de alta pressão do lado Chileno e baixa do lado Argentino, e forte gradiente horizontal na direção leste-oeste sobre os Andes.

A seção transversal da velocidade vertical, tomada ao longo da latitude de 30°S (Figura 1), mostra movimento ascendente do lado leste dos Andes, e movimento descendente do lado oeste, a sotavento. Este movimento descendente ocorria em uma coluna estreita em quase toda troposfera e de forma intensa com velocidades que chegavam a 3Pa/s. A sequência mostra que o fenômeno persistiu durante quase todo o período de integração do modelo.

A Figura 2.a mostra as superfícies isentrópicas tomadas na mesma seção em T+24h. Seguindo uma parcela sobre a superfície isentrópica de 312K diretamente acima do topo dos Andes, em aproximadamente 500hPa, esta parcela mergulha a sotavento para um nível próximo de 800hPa, o que equivale a uma profundidade de quase 4000m. O escoamento parece tentar voltar ao seu nível originário

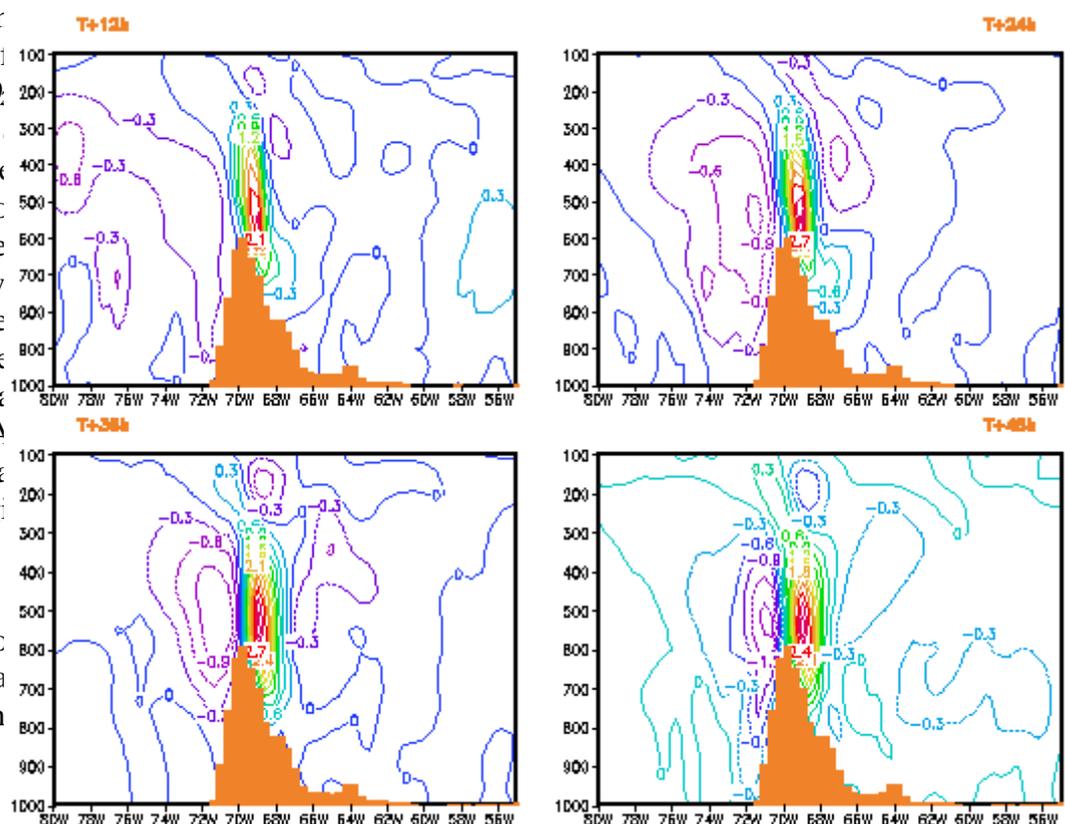
abaixo. O quadrado da $N^2 = (g/\theta_0)\partial\theta/\partial z$ apresentava duas regiões em níveis médios correntes e outra em baixos níveis, com uma terceira região em níveis médios e frontal que tentava atravessar a segunda região se referindo à observada próxima a superfície. A forte subsidência que se observa na zonda. A sotavento dos Andes, nota-se uma mínima de N^2 , esta região produzindo $\partial\theta/\partial z \approx 0$.

A componente zonal do vento mostra o jato posicionado diretamente acima dos Andes

da montanha, as velocidades estão em torno de 20 a 25m/s. A desaceleração do jato ao atravessar os Andes é evidente. Após dois dias de integração a parte mais intensa do jato ainda se encontrava a oeste dos Andes. Pode-se notar a penetração de parte do jato em direção aos baixos níveis, o que revela um intenso transporte de momentum para baixo provocado pela presença das montanhas. Desaceleração do vento também foi observada na componente meridional, embora não tão intensamente. Os campos de vento e temperatura previstos pelo modelo regional concorrem com as análises do NCEP, o que permite uma certa confiança nos resultados obtidos.

O perfil vertical no tempo obtida da previsão do modelo para a cidade de Mendonça, localizada próxima a base dos Andes, em torno de 69°W, 32°S, mostra o aquecimento e a queda na umidade ocorrendo na baixa troposfera acima de 900hPa. Uma característica interessante revelada por estes perfis foi a ocorrência de um máximo na velocidade vertical nos períodos: T+13h, T+25h, T+37h, o que equivale a um intervalo de 12h (Figura 3). Após T+37h, o movimento descendente enfraquece repentinamente, e só pode ser notado em níveis médios, em T+49h. Esta periodicidade sugere a presença de ondas de gravidade-inerciais atuando com o fenômeno.

4. Discussão e Conclusões



momentum para baixo. A presença das ondas de gravidade-inerciais e sua importância no fenômeno merecem ser investigadas com cuidado. Trabalhos anteriores (Norte, 1988) não mencionam esta periodicidade, entretanto, as observações disponíveis, uma vez por dia, também não a permitem ser observada. A interação entre as frentes e os Andes, e o papel do vento zonda nesta interação são vários aspectos do tempo da América do Sul ainda pouco explorados.

5. Referências bibliográficas

BLACK, T.L. 1994: The new NMC mesoscale Eta model: description and forecast examples. *Wea.Forecasting*, **9**,. 265-278.

Climanálise, 1996: Modelo Regional Eta. *Edição Comemorativa de 10 anos*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Cachoeira Paulista, SP. Brasil.

Lilly, D. K. and E. J. Zipser, 1972: The front range windstorm of 11 January 1972 – a meteorological narrative. *Weatherwise*, **25**(2), 56-63.

Norte, F. A., 1989: Vertical Structure of the Atmosphere when Zonda Wind occurs. *3rd International Conference on Southern Hemisphere. Meteorology and Oceanography*. November, 1989. Buenos Aires, Argentina, American Meteorological Society

Figura 1 – Seção vertical da velocidade vertical ao longo de 30°S. Previsão de cada 12 horas. Movimento descendente está indicado por linhas sólidas. Intervalo dos contornos: 0.3Pas⁻¹ Topografia indicada em cor laranja.

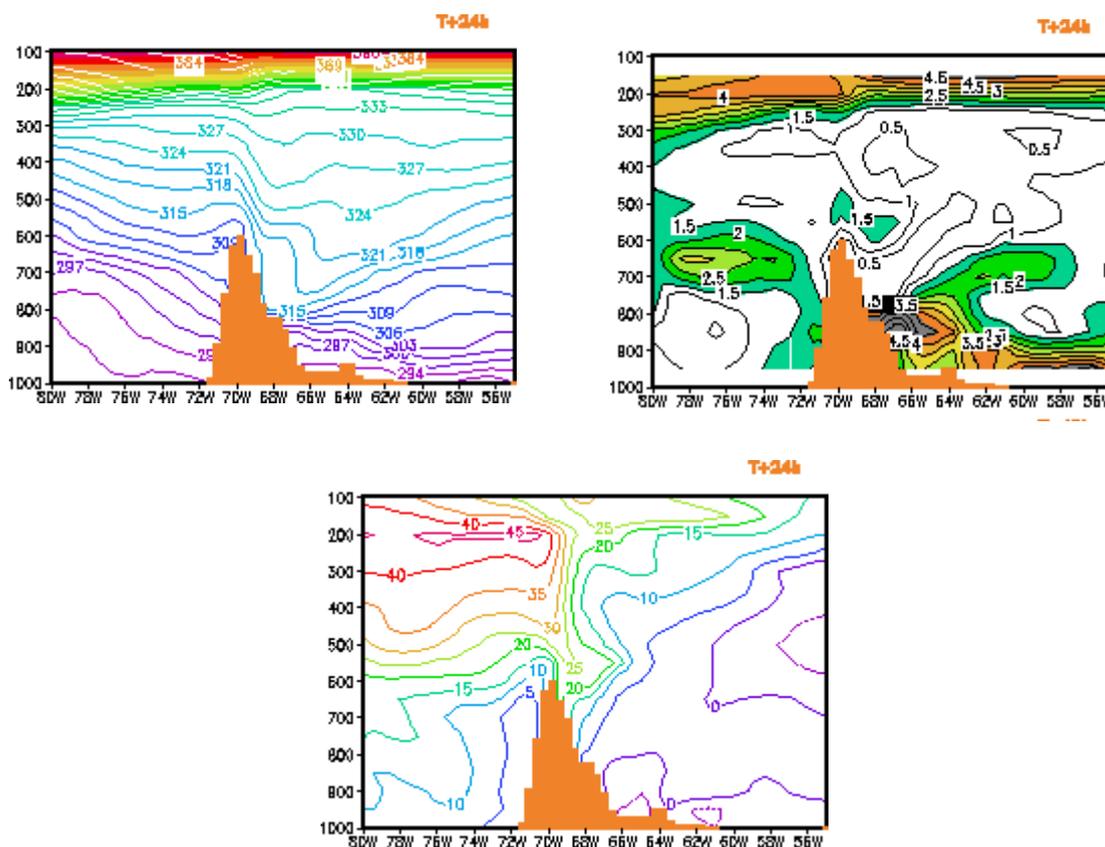


Figura 2 – Seção vertical ao longo de 30°S de: (a) temperatura potencial (K), (b) N^2 (s^{-2}), valores hachurados acima de $1.5 \times 10^{-4} s^{-2}$; e (c) vento zonal (ms^{-1}), previstos em T+24h.

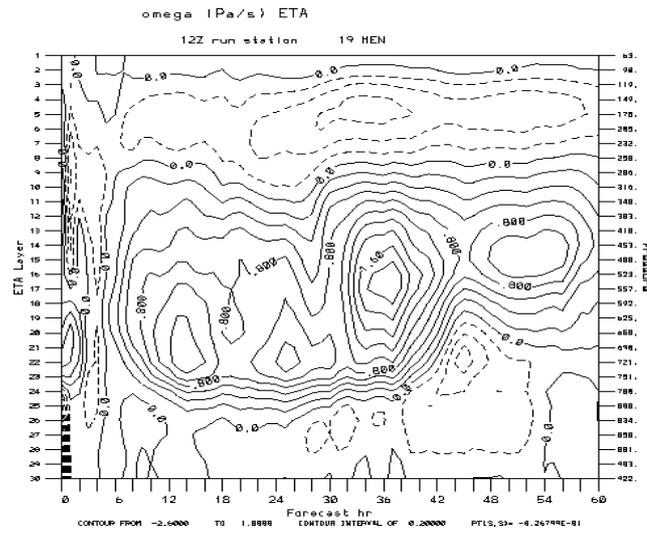


Figura 3 – Perfil vertical temporal da velocidade vertical (Pas^{-1}) prevista em Mendonça, Argentina. Condição inicial do dia 11 de junho de 1996, 12UTC.