

**DESEMPENHO DO MODELO MESO-ETA DURANTE OS EXPERIMENTOS
TroCCiBras, TROCCINOX E HIBISCUS PARA A PREVISÃO DE VENTOS E PERFIS
VERTICAIS**

JOSÉ CARLOS FIGUEIREDO¹, ANA MARIA GOMES¹, GERHARD HELD¹, ADELMO
ANTONIO CORREIA¹, JORGE LUÍS GOMES² e ROMULO DA SILVEIRA PAZ³

ABSTRACT: The goal of this paper is to analyze the performance of the Meso-Eta Model (non-hydrostatic) with a grid resolution of 10km X 10km, centered in Bauru, State of São Paulo, during the field experiment of the TroCCiBras, TROCCINOX and HIBISCUS projects. The vertical temperature and humidity profiles, as well as the wind speed and velocity at 10m, generated by the model, have been analyzed and compared to the actual synoptic situations, radiosoundings, as well as to the observed wind speed at IPMet's site. To characterize the convection during this period, the height of echo tops and the VIL (Vertically Integrated Liquid water content), derived from the Bauru Doppler radar were considered. The vertical air temperature profiles obtained from the model soundings were satisfactory up to 200 hPa. The model's predicted wind speed at the surface (10m) has shown some trend to underestimate the observed values.

Keys words: Wind speed, echo tops, vertical profiles

RESUMO: O objetivo deste trabalho é analisar o desempenho do Modelo Meso-Eta (não-hidrostático) com resolução de 10km X 10km, centrado em Bauru, Estado de São Paulo, durante os experimentos TroCCiBras, TROCCINOX e HIBISCUS. Foram analisadas e comparadas as saídas do modelo, com as situações sinóticas ocorridas, as radiossondagens obtidas em Bauru e os perfis da radiossondagem obtidos pelo modelo, assim como os prognósticos da velocidade do vento. Para caracterizar a atividade convectiva durante o período foram utilizados os topos de ecos e VIL (Conteúdo de Água Líquida Integrada Verticalmente) obtidos com o radar Doppler de Bauru. A temperatura do ar das sondagens prognosticada pelo modelo apresentaram desempenho satisfatório até 200 hPa. A velocidade do vento em superfície oriunda do modelo mostrou uma tendência em subestimar os valores observados.

Palavras chaves: Velocidade do vento, topos de ecos, perfis verticais

¹ Instituto de Pesquisas Meteorológicas - IPMet UNESP – Av Eng. Luiz Edmundo C. Coube, s/n, Vargem Limpa – CEP 17015 970 – Bauru/SP e-mail: Figueiredo@ipmet.unesp.br

² INPE/CPTEC e-mail: gomes@cptec.inpe.br

³ Universidade de Campina Grande UFCG/PB e-mail: romulo@camboriu.jpa.com.br

INTRODUÇÃO

Durante o período de 21 de janeiro até 11 de março de 2004, foram realizados no Instituto de Pesquisas Meteorológicas os experimentos denominados **TroCCiBras** (experimento sobre a Convecção Tropical e Cirros no Brasil), **TROCCINOX** (experimento sobre a Convecção Tropical, Cirros e Óxidos de Nitrogênio) e **HIBISCUS** (Impacto da Convecção Tropical sobre a Alta Troposfera e Baixa Estratosfera), cujas observações geradas serão de grande importância para o desenvolvimento científico do país, pois os mesmos proporcionarão uma vasta gama de medidas atmosféricas em regiões tropicais, até então raras ou inexistentes se consideramos a área central do Estado de São Paulo.

O modelo Meso-Eta é oriundo do modelo de área limitada Eta, desenvolvido pela Universidade de Belgrado e o Instituto de Hidrometeorologia da Iugoslávia, tendo sido operacionalizado no National Center for Environmental Prediction (NCEP) (Black, 1994). Esse modelo foi instalado e operacionalizado no CPTEC em 1996, vindo a complementar a previsão numérica de tempo que vinha sendo realizada desde o início de 1995 com um modelo de circulação geral atmosférica. Mais recentemente o CPTEC tem-se dedicado a implementar uma nova versão do modelo Eta, denominado meso-Eta rodando numa plataforma PC-LINUX. Durante a realização dos experimentos em Bauru, foi disponibilizado as saídas do meso-Eta centradas em Bauru, para que fossem utilizadas nas previsões e boletins diários organizados pelo centro de monitoramento e previsão do IPMet aos participantes das atividades de campo dos referidos projetos.

METODOLOGIA:

Os dados analisados neste trabalho foram os gerados das saídas do modelo Meso-Eta a partir da análise das 00UTC. Localizado o ponto de grade do modelo correspondendo à cidade de Bauru, localizada no centro do Estado de São Paulo, com coordenadas 22°21'S e 49°01'W, e 624 metros acima do nível médio do mar. As sondagens do modelo (25 sondagens das 29 em fevereiro) foram comparadas com as sondagens efetuadas durante o experimento, considerando somente os níveis padrões (925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150 e 100 hPa), no mesmo ponto. Nos prognósticos do vento, somente a componente da velocidade foi analisada, nos horários das 17,18,19 e 20 horas de Brasília, devido ser estes os horários escolhidos para lançamento dos balões MIR (Infra_Red Montgolfières) e BP (Superpressure Balloons), sendo a previsão da velocidade do vento fator determinante para o sucesso dos lançamentos. A equação (1) define o viés da radiossondagem e do prognóstico do vento, comparado com a estação automática localizada nas mesmas coordenadas do modelo. A equação (2) define o erro quadrático médio desse viés.

$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (Y_{j,obs} - \hat{Y}_j) \quad (1)$$

onde $Y_{j,obs}$ é o valor observado e \hat{Y}_j o valor previsto pelo modelo

$$EQM = \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (Y_{j,obs} - \hat{Y}_j)^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

SITUAÇÃO SINÓTICA

De acordo com as cartas sinóticas analisadas no IPMet, durante o mês de fevereiro de 2004 quatro frentes frias atuaram sobre o Estado de São Paulo, nos dias 06, 14, 21 e 25, respectivamente. Esses sistemas foram responsáveis por 79% da chuva acumulada no mês de fevereiro. Três massas de ar frio atuaram na região, baixando as temperaturas, conforme se observa na Figura 1, nos dias 07, 24 e 27, formando forte gradiente em superfície com velocidades dos ventos variando entre 7 e 12 m/s, em média. No dia 07 de fevereiro de 2004 um sistema de alta pressão foi localizado no Rio Grande do Sul, estendendo-se até o Estado de São Paulo com forte gradiente, principalmente no interior do estado, conforme é mostrado na Figura 3.

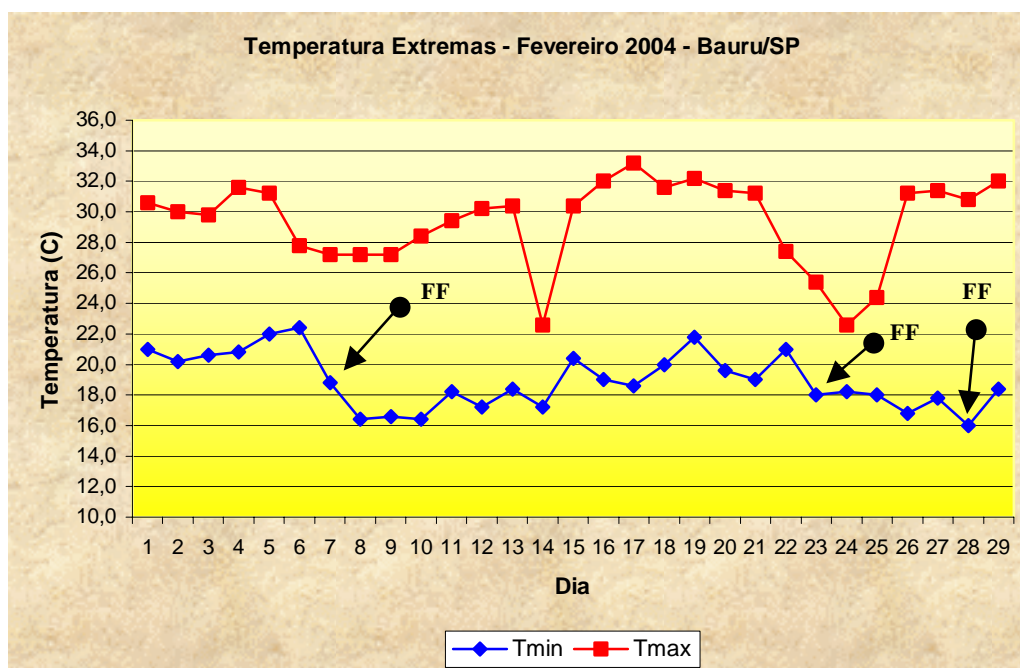


Figura 1 – Evolução temporal das temperaturas extremas em Bauru/SP, em fevereiro de 2004.

A atividade convectiva durante o mês de fevereiro monitorada pelo radar Doppler do IPMet/UNESP em Bauru, é aqui resumida através dos produtos topos de ecos e VIL (Água Líquida Integrada na Vertical), derivados das varreduras volumétricas para um raio de 240 km em torno de

Bauru, a cada 15 minutos ou menor, quando da ocorrência de precipitação na área. A altura dos topos dos ecos de precipitação, em conjunto com os valores de VIL, são excelentes indicadores da convecção atuando numa determinada área. Portanto, topo dos ecos, para um limiar de 10 dBZ e os valores de VIL acima de $3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, observados em tempestades ocorridas durante o mês de fevereiro de 2004, são apresentados na Figura 2.

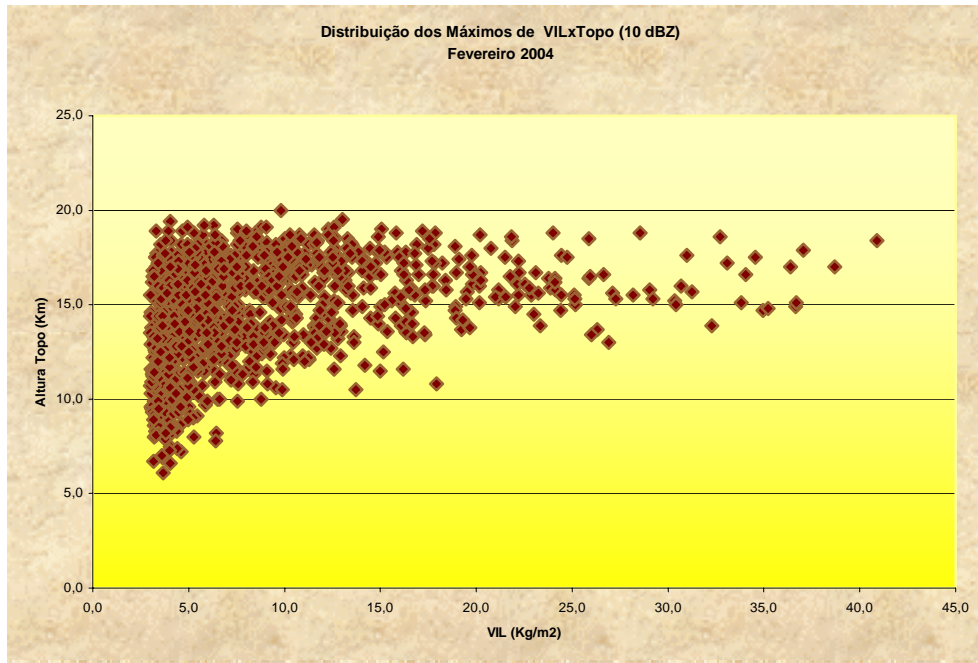


Figura 2: Distribuição dos máximos de Topo dos Ecos e VIL, observados para o mês de fevereiro de 2004.

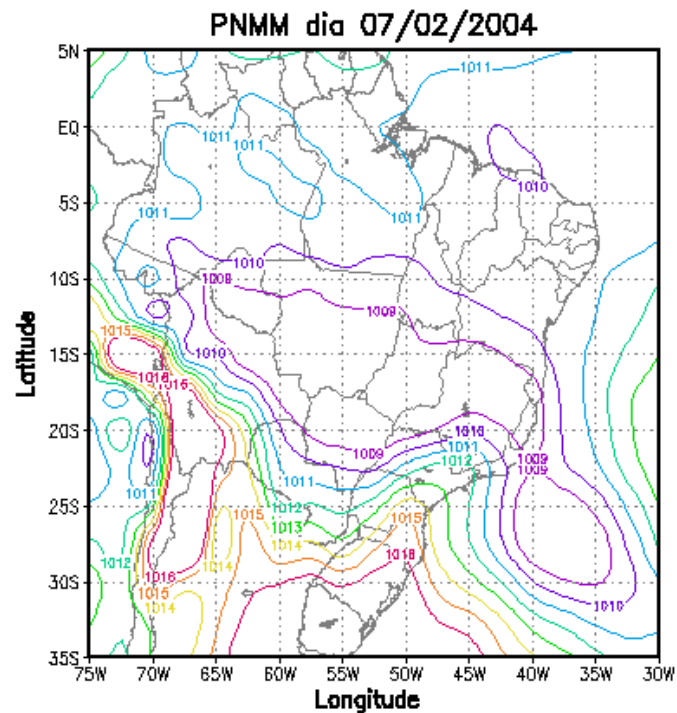


Figura 3: Campo de Pressão ao Nível Médio do Mar (reanálise do National Centers for Environmental Prediction - NCEP) no dia 07 de fevereiro de 2004.

RESULTADOS

Velocidade do vento

Analisando o Erro Quadrático Médio, dado pela Equação 2, e apresentado na Tabela 1, podemos constatar que os horários que obtiveram os menores erros foram as previsões para às 17 e 18 HL (hora local), 2.8 e 3.9 m/s, e os maiores erros entre 19 e 20 HL, 6.4 e 5.5 m/s respectivamente. A Figura 3 mostra um desempenho satisfatório do prognóstico da velocidade do vento ($\text{bias} \leq 2\text{m/s}$) em 13 dos 29 dias analisados. Na figura 3 observa-se a tendência do modelo Meso-Eta em subestimar os valores da velocidade do vento ocorrida, conforme a Equação 1, sendo os piores casos, os dias 07, 24 e 27, onde o Estado de São Paulo esteve submetido a atuação de sistemas de pressão (Figura 4) e passagens de três frentes frias (Figura 1). Figueiredo (1998 e 2001), utilizando MOS (Model Output Statistics, Lemcke 1988), observou em um modelo de Mesoescala – MAL - Modelo de Área Limitada (Rocha 1992), com resolução de 70km X 70km, que os dados previstos subestimavam os dados registrados em uma estação automática de superfície, principalmente quando na passagem de frentes frias e entradas de sistema de alta pressão.

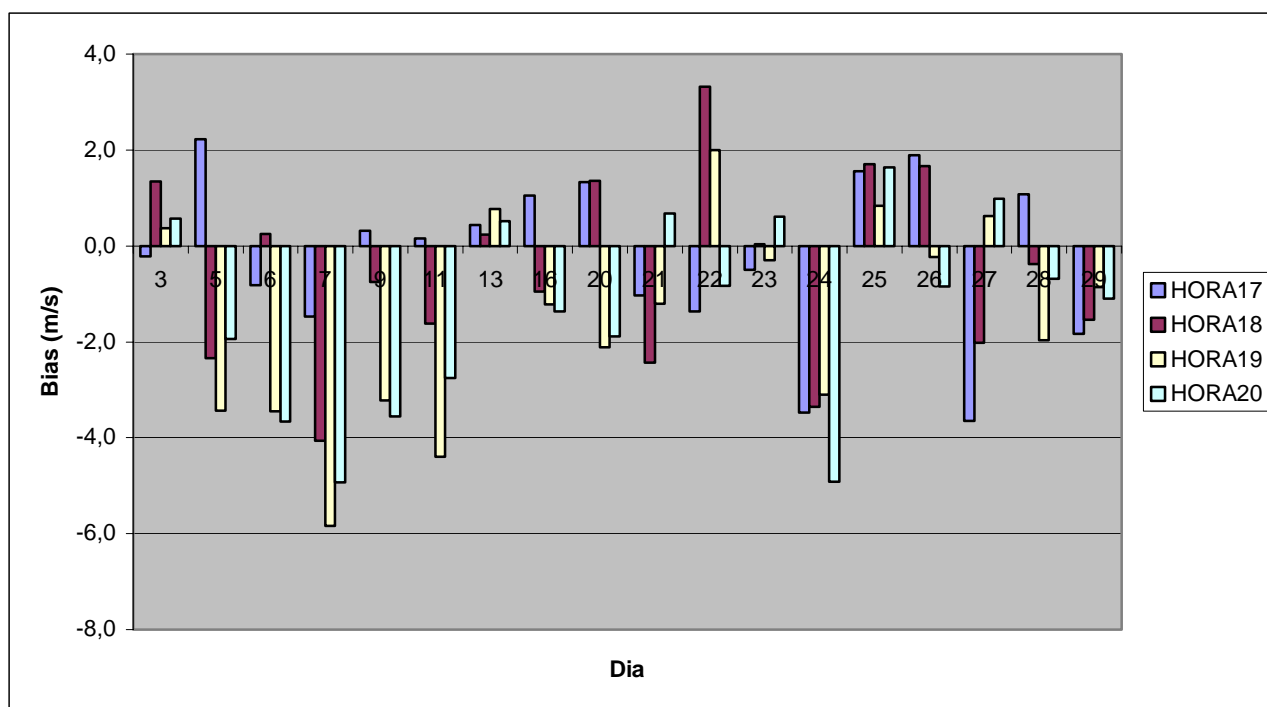


Figura 3 – Viés do prognóstico da velocidade do vento, obtida com o modelo Meso-Eta.

Sondagem do Modelo Eta versus Sondagem Convencional.

A Tabela 1, apresenta os resultados dos erros obtidos através da Equação 2, cotejados entre a sondagem do modelo e a sondagem convencional realizada durante o experimento. A temperatura do ar gerada pelo modelo apresenta poucas diferenças quando comparada com a sondagem, tendo melhores resultados para o período de 12 horas de previsão. A temperatura do ponto de orvalho obteve melhor resultado em 12 horas de previsão do que em 36 horas, somente onde a umidade é escassa na atmosfera (acima de 500 hPa) até 200 hPa.

As Figuras 4 e 5 mostram a melhor e a pior sondagem considerando o prognóstico de 12 e 36 horas. Inclusos na mesma Figura 4 e 5, estão um dos melhores desempenhos entre a sondagem modelo e a sondagem convencional para as previsões de 12 e 36 horas, respectivamente. Em ambos os casos, considerando as sondagens do ponto de orvalho observa-se discrepâncias em alguns níveis, principalmente no prognóstico das 36 horas.

Tabela 1 - Erro Quadrático Médio para Tar e Td com 12 e 36 horas de previsão do Meso-Eta

	Tar 0 +12	Td 0+12	Tar0+36	Td 0+36
925	-1.7	3.16	0.03	2.9
850	-0.1	3.05	0.44	4.6
700	0.3	7.25	0.30	7.2
500	0.0	0.79	0.46	21.8
400	-0.6	1.08	0.65	20.4
300	-0.6	1.92	0.95	18.2
250	-1.1	1.31	1.66	18.5
200	-1.3	0.09	1.91	19.8
150	-2.3	7.00	2.3	29.1
100	3.0	38.46	3.22	55.3

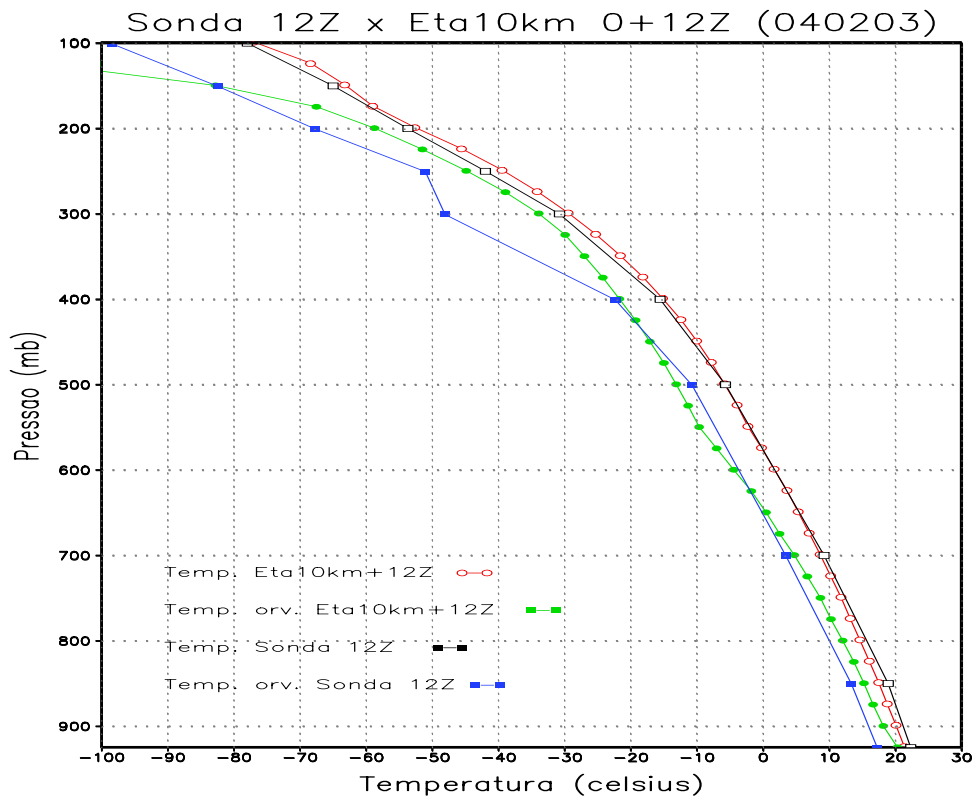


Figura 4 - Sondagem do Modelo (12 horas de previsão, iniciado às 00UTC de 04/fev/2004) versus sondagem convencional do dia 04/fev/2004 às 12UTC.

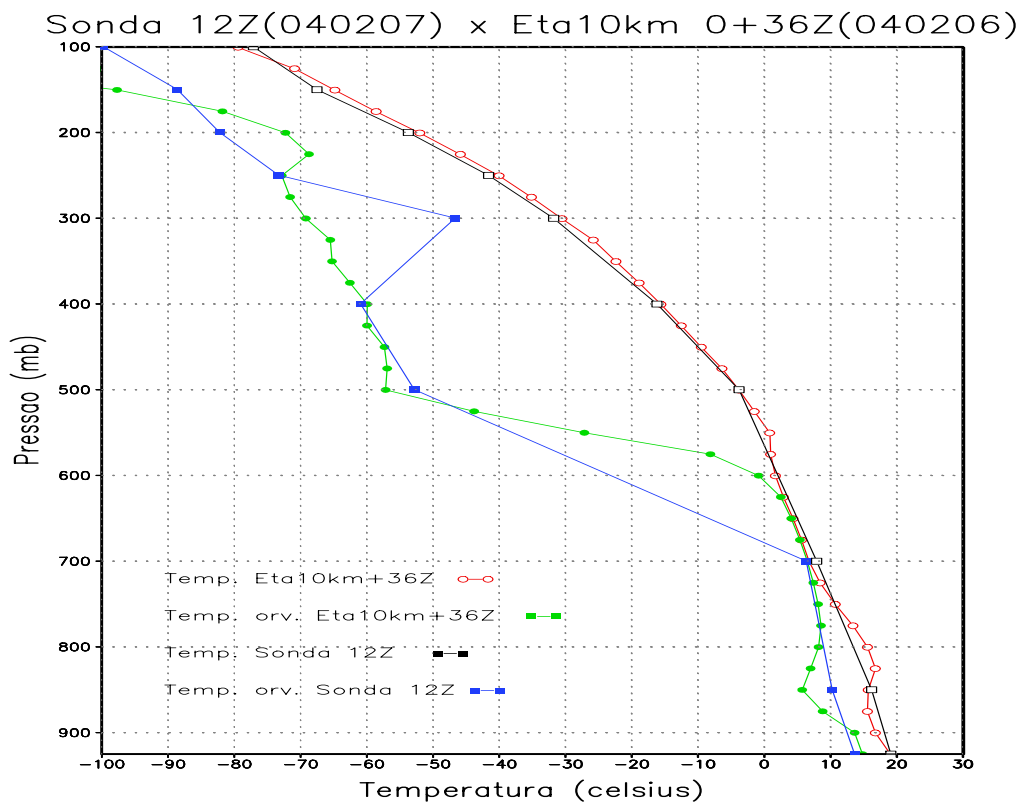


Figura 5 - Sondagem do Modelo (36 horas de previsão, iniciado às 00UTC de 06/fev/2004) versus sondagem convencional do dia 07/fev/2004 às 12UTC.

Conclusão:

O modelo Meso-Eta teve um desempenho importante, com cerca de 45% dos prognósticos transformados em resultados satisfatórios e decisivos para o sucesso dos lançamentos dos balões para estudos atmosféricos, durante o experimento.

O modelo apresentou uma tendência de subestimar os valores dos prognósticos da velocidade do vento, principalmente quando experimentou situações envolvendo sistemas de alta pressão, situação representada através do cálculo do EQM. A temperatura do ar comparada com a da sondagem, obteve um desempenho satisfatório, até 200 hPa, com melhores resultados para a previsão de 12 horas obtidas com o modelo Meso-Eta. Os valores com erros significativos foram observados na sondagem do ponto de orvalho, nas duas rodadas (12 e 36 horas), sendo que a previsão para as 36 horas apresentou a menor aderência quando cotejada com as observações obtidas pela radiossondagem para o referido horário.

Referências Bibliográficas

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

DRAPER, N. e SMITH, H. *Applied Regression Analysis*. 2. ed. New York: John Wiley and Sons, 1981. 709p.

FIGUEIREDO, J. C., ESCOBEDO, J. E. *Previsão da temperatura do ar em superfície para a cidade de Botucatu, a partir de dados gerados pelo Modelo de Área Limitada – MAL*. Revista Energia na Agricultura, volume 15, número 4, FCA/Unesp/Botucatu, 2001.

FIGUEIREDO, J. C., ROCHA, P.R., SCOLAR, J. *Análise do comportamento do MAL na previsão de temperatura, no período de 15 a 17 de maio de 1998 nas cidades de Bauru e Botucatu/SP*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia. Brasília, 1998. CD-ROM, (/artigosXCBMet/mesoescala/mm98017.pdf).

LEMCKE, C., KRUIZINGA, S. *Model Output Statistics Forecasts: three years of operational experience in the Netherlands*. Monthly Weather Review, v116, n.5, p1077-90, 1988.

ROCHA, R.P. *Simulação numérica de sistema convectivo de mesoescala na América do Sul*. São Paulo, 1992. 138p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo.