

# AVALIAÇÃO DA PREVISÃO DE VENTO A 50 M DE ALTURA GERADA PELO MODELO ETA-5 KM PARA REGIÃO NORDESTE

*Andre de Arruda Lyra<sup>1</sup>*  
*Sin Chan Chou<sup>1</sup>*  
*Enio Bueno Pereira<sup>1</sup>*  
*Antônio Leite de Sá<sup>2</sup>*

## RESUMO

A previsão de vento na camada limite é de fundamental importância para a sociedade. O objetivo principal do trabalho é avaliar as previsões da intensidade do vento próximo a superfície utilizando o modelo Eta. Os dados observados de 4 localidades da região Nordeste do Brasil foram comparados com dados extraídos do modelo Eta para a caixa de grade que continha as localidades. O melhor uso das previsões requer conhecimento do grau de erro das incertezas da previsão. Foram calculados o ciclo diurno médio e a raiz do erro quadrático médio. Comparações com resolução de 40 km (versão operacional) mostraram que o aumento da resolução horizontal foi extremamente benéfico. O modelo Eta na resolução de 5km acompanhou razoavelmente bem a curva da observação em alguns períodos do dia. Entretanto, nota-se uma pequena defasagem entre as curvas observadas e as previstas nos horários de aumento da velocidade do vento.

## ABSTRACT

The main objective of this work is to evaluate the Eta Model (Mesinger et al., 1988; Black, 1994) near-surface wind forecasts. Eta model forecast were compared against four observation sites located in Northeast of Brazil. In order to make use of the forecast, the magnitude of the forecast errors and forecast uncertainty need to be determined. The mean diurnal cycle and the root mean square errors were calculated. The Eta model 50-m wind forecasts followed well the curve of the observed data in some periods of the day. Comparison against lower resolution runs shows the advantage of increasing the horizontal resolution. A small difference between the observations and forecasts is noticed in the morning hours.

**Palavras-chave:** Previsão de vento, Energia eólica, Modelo Eta

## INTRODUÇÃO

A previsão de vento é uma informação essencial em diversos setores da sociedade e principalmente no planejamento da produção de energia eólica. O desenvolvimento de modelos de mesoescala com parametrizações físicas avançadas vêm cada vez mais tornando as previsões de vento mais acuradas. Entretanto, estes modelos ainda apresentam alguma deficiência com relação a tais previsões que devem ser estudadas.

As previsões de vento em baixos níveis em modelos de mesoescala apresentam dificuldades associadas com a parametrização da camada limite superficial. Nesta camada são encontrados diversos problemas dinâmicos. Em primeiro lugar, a proximidade da superfície implica que o vento de superfície é normalmente turbulento. Outro fator significativo é a natureza extremamente

<sup>1</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, Rod. Presidente Dutra km 40, Cachoeira Paulista-SP, CEP 12630-000, e-mail: lyra@cptec.inpe.br, chou@cptec.inpe.br, eniobp@cptec.inpe.br

<sup>2</sup> Centro de Pesquisa de Energia Elétrica, Av. Um s/n, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, CEP 21941-590, e-mail: alsa@cepel.br

variável da superfície, o que torna muito difícil as especificações matemáticas escritas para o contorno inferior.

A avaliação da previsão de vento em uma região é crucial para a verificação e aceitação dos esquemas de parametrização da camada limite superficial utilizado nos modelos (Garrat e Pielke, 1989). A velocidade e direção do vento variam no tempo e no espaço, em virtude da situação geográfica do local, da rugosidade da superfície, do relevo, da vegetação e do clima (Vendramini, 1986).

A região nordeste do Brasil é afetada pela brisa marítima e pela Zona de Convergência Intertropical. Estes fenômenos têm uma forte influência na evolução temporal e espacial da velocidade do vento e o modelo a ser utilizado deve apresentar um resolução horizontal e temporal suficiente para representá-los. Além disso, o modelo deve possuir sensibilidade adequada para representar os processos da camada superficial.

## METODOLOGIA E DADOS

Os sítios observacionais estão localizados nas cidades de Pacatuba, em Alagoas, Canto Amaro, Macau e Minhoto, no Rio Grande do Norte (Figura 1). Foram utilizadas séries temporais da velocidade do vento para o mês de setembro de 2005, sendo esta medida a 50 m de altura em Minhoto e Pacatuba. Nas cidades de Macau e Canto Amaro as medidas foram obtidas a 46 e 42 m de altura, respectivamente. Observações da velocidade do vento a 10 m foram obtidas durante o experimento de campo Macau II realizado de 13 a 27 de setembro de 2005.

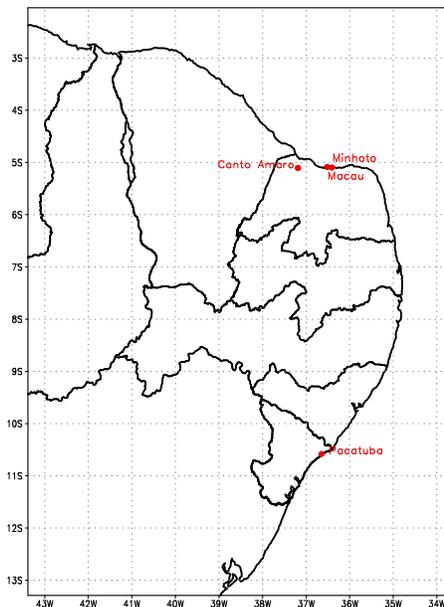


Figura 1 – Domínio do Modelo Eta 5km e localização dos sítios de observação.

Um conjunto de integrações foi realizado com o modelo regional Eta para o prazo de 72 horas durante o mês de setembro. A resolução horizontal do modelo é de 5km e a resolução vertical de 38 camadas. O modelo foi configurado para o domínio que abrange grande parte da região nordeste do Brasil, mais precisamente entre 13.29°S e 2.04°S de latitude e entre 43.38°W e 33.64°W de longitude. As previsões horárias de 24 a 48 horas da velocidade do vento foram extraídas de cada caixa de grade que contém os sítios observacionais com a finalidade de construir a série temporal do mês de setembro para cada localidade. As condições iniciais e de contorno são provenientes do modelo Eta 40 km que roda operacionalmente no CPTEC.

O modelo Eta inclui no seu conjunto de variáveis as componentes meridional e zonal do vento a 10 m de altura e nos níveis padrões de pressão. Contudo, foram inseridos cálculos nas subrotinas que tratam a camada superficial do modelo para obter o vento a 50 m de altura. A partir do conhecimento da velocidade do vento num nível fixo ou de referência, estima-se a velocidade do vento em outros níveis através do perfil logaritmo.

As séries temporais das observações foram comparadas com as séries extraídas das previsões do modelo Eta 5km para o período de previsão de 24 a 48 horas. A raiz do erro quadrático médio (RMSE) foi utilizada para avaliar os experimentos numéricos.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}$$

## RESULTADOS

A Figura 2 mostra campos médios da velocidade do vento para o mês de setembro das previsões de 24 a 48 horas. A distribuição espacial da velocidade do vento mostra que existem regiões com ventos intensos a 50 m de altura com velocidades médias acima de 8 m/s (Figura 2b).

A análise da série temporal do vento a 10 m mostra claramente que com aumento da resolução horizontal o modelo respondeu melhor a fenômenos de escalas menores, já que houve uma melhor representação da topografia e vegetação (Figura 3). Nota-se também, em todas as resoluções, que o modelo tende a atrasar ligeiramente o horário de aumento da intensidade do vento.

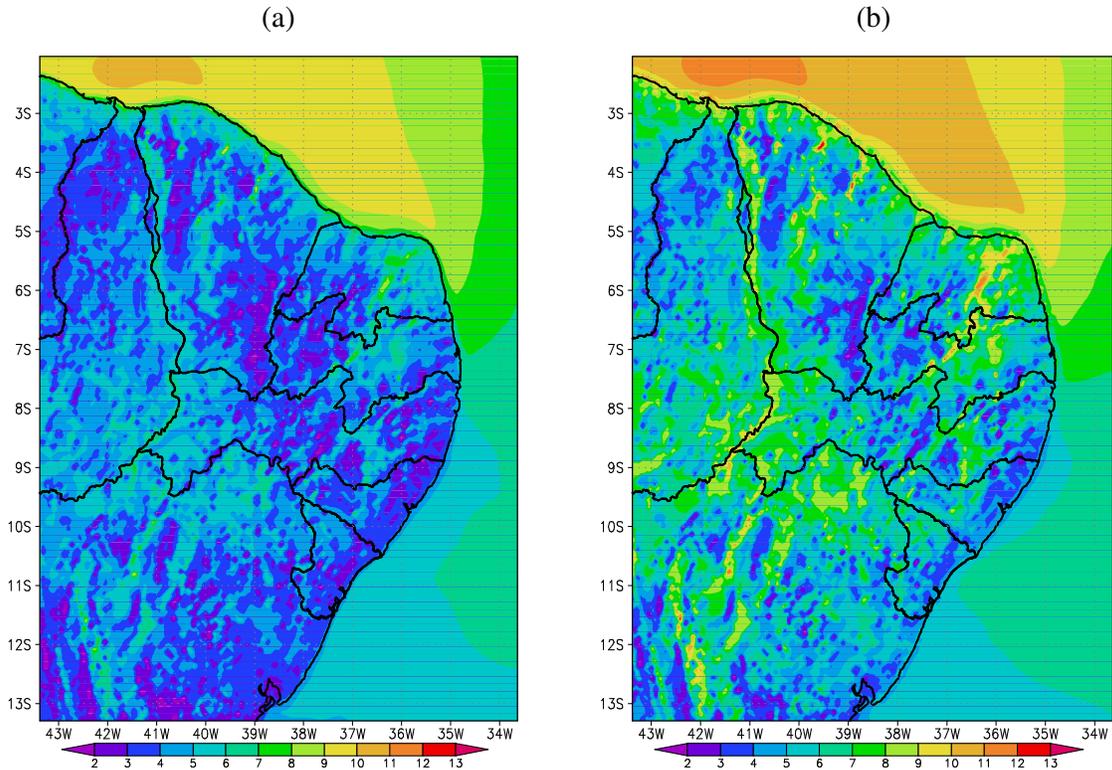


Figura 2 – Média mensal do campo de vento a (a) 10 m e (b) 50 m de altura do modelo Eta-5km com previsões de 24-48h para o mês de setembro de 2005.

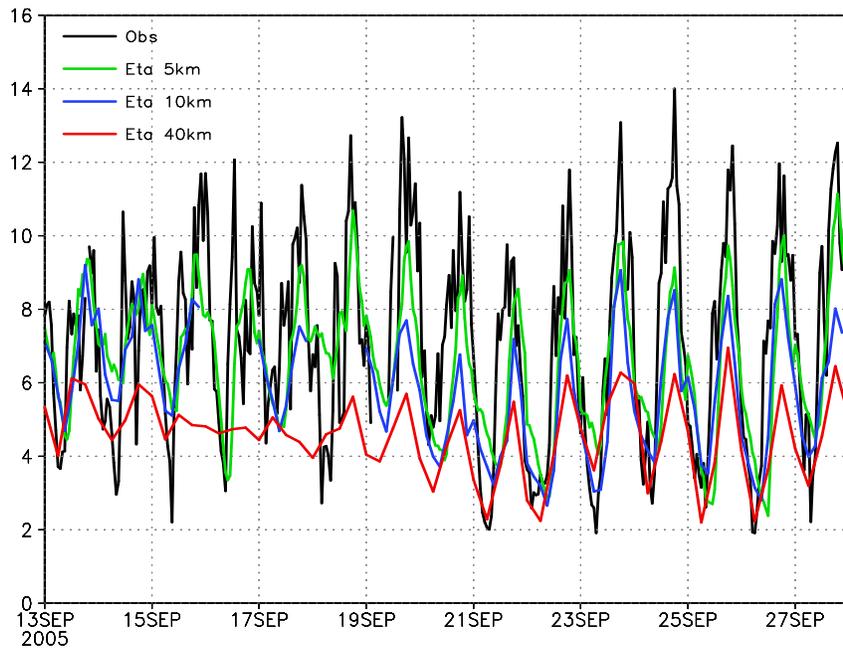


Figura 3 – Série temporal da velocidade do vento a 10 m de altura (m/s). Observação (linha preta) e Previsão de 24-48h do modelo Eta 5km (linha verde), Eta 10km (linha azul) e Eta 40 km (linha vermelha).

A Figura 4 mostra o ciclo diurno médio da velocidade do vento para observação, previsão e o RMSE. Observa-se nas cidades de Macau, Minhoto e Canto Amaro (Figuras 4a, 4b e 4c) que a curva da observação apresenta um máximo principal no fim da tarde e um máximo secundário entre as 11 e 13 horas GMT. Exceto em Pacatuba, o aumento rápido pela manhã é devido o aumento da mistura e da eficiência na transferência de momentum com o crescimento da instabilidade ou da camada limite convectiva. Quando a superfície começa a esfriar, os ventos próximos a superfície desaceleram rapidamente devido à redução da turbulência. O modelo Eta 5km acompanhou razoavelmente bem a curva da observação em alguns períodos do dia. Entretanto, nota-se uma pequena defasagem entre as curvas observadas e as previstas nos horários de aumento da velocidade do vento. A curva do ciclo diurno médio do modelo apresenta um único pico, enquanto que a observação apresenta 2 picos. Resultados das rodadas apresentam um aumento um pouco mais lento que a observação nas primeiras horas do dia. Isto representa um erro maior nesse período. A cidade de Pacatuba não apresenta grandes variações da velocidade do vento horário médio a 50 m de altura. Porém o modelo ainda prevê alguma oscilação (Figura 4d).

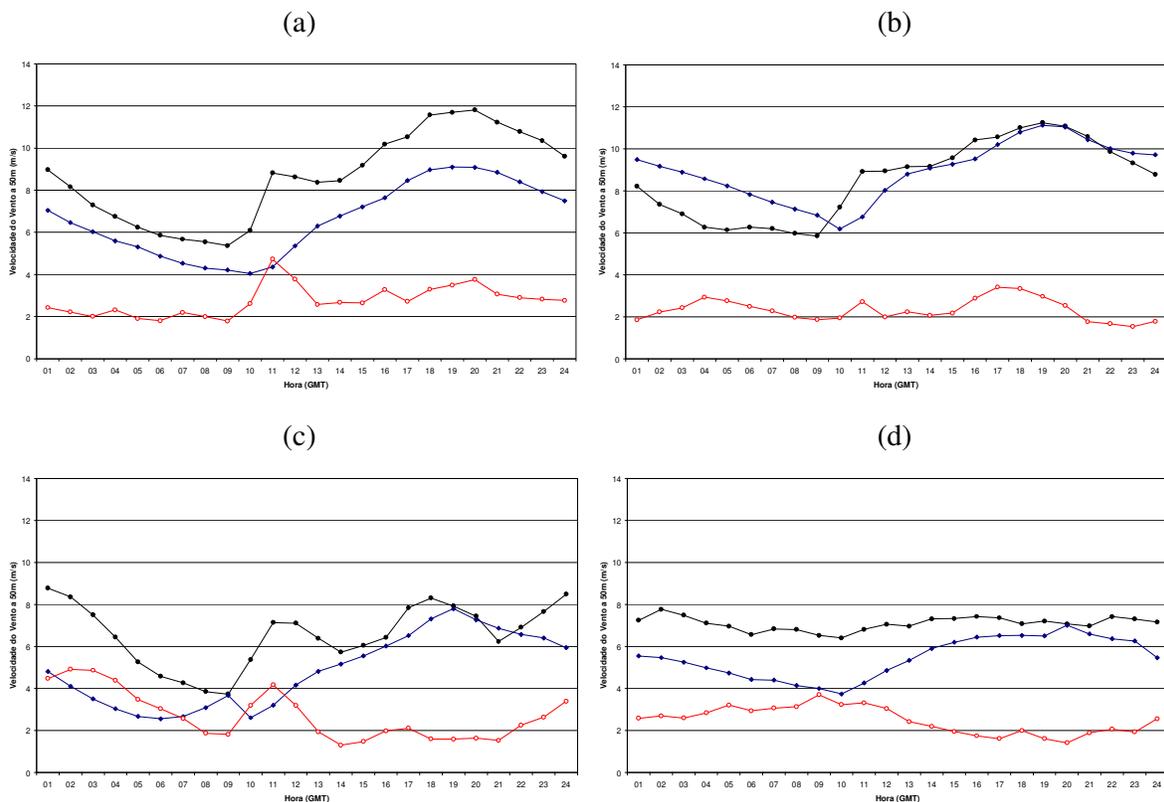


Figura 4 – Ciclo diurno médio da observação (linha preta), previsão de 24-48h (linha azul) do vento a 50 m de altura e RMSE para os sítios localizados em (a) Macau, (b) Minhoto, (c) Canto Amaro e (d) Pacatuba.

## CONCLUSÕES

As informações obtidas pelo trabalho constituem um subsídio para estudo mais aprofundado. As comparações entre as previsões de maior resolução horizontal e observações produziram resultados encorajadores. Entretanto, por apresentarem ainda alguma deficiência com relação a tais previsões, o modelo ainda necessita de alguns ajustes que devem ser estudados e implementados. Comparações entre a resolução de 40 km (versão operacional), 10 e 5 km mostraram que o aumento da resolução horizontal foi extremamente benéfico.

Como passos futuros serão estimados, a partir de observações, os parâmetros físicos relevantes na camada superficial como por exemplo  $L$ ,  $u_*$ , etc. para serem inseridos no modelo. Estes parâmetros são fortemente dependentes da topografia e do tipo de cobertura da superfície. Assim, espera-se aprimorar o campo de vento do modelo Eta próximo a superfície e também diagnosticar o erro do modelo.

## AGRADECIMENTOS

Este projeto foi desenvolvido em parceria com CEPEL. Os autores agradecem a PETROBRAS/CENPES pela cessão da série de dados exclusivo para esse estudo, ao projeto SONDA, com financiamento pela FINEP, ao projeto SWERA, financiado pelo PNUMA/GEF pelo suporte parcial durante a execução deste trabalho. Os autores agradecem também ao Laboratório de Instrumentação Meteorológica (LIM) do CPTEC pela infraestrutura de apoio as missões de campo. O primeiro autor agradece o CNPq pela bolsa proc. nº 133258 .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Black, T. L. The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. **Weather and Forecasting**, v. 9, n. 2, p. 265-278, 1994.
- Chen, F., Janjic, Z. L, Mitchell K. Impact of atmospheric surface-layer parameterization in the new land-surface scheme of NCEP. **Boundary Layer Meteorology**, v. 85 , p. 391 – 421, 1997.
- Chou, S. C. Regional Eta Model. **Climanálise. Edição Comemorativa de 10 anos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Cachoeira Paulista, SP, 1996.
- Garrat, J. R. and Pielke, R. A. On the Sensitivity of Mesoscale Models to Surface-Layer Parameterization Constants. **Boundary Layer Meteorology**, v. 48, p. 377-387, 1989.
- Mesinger F., Janjic, Z. L, Nickovic, S., and Deaven, D. G. The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. **Monthly Weather Review**, v. 116, p. 1493-1518, 1988.
- Vendramini, E. Z. **Distribuições probabilísticas de velocidades do vento para avaliação do potencial energético eólico**. Botucatu: UNESP, 1986. 110p. Tese de Doutorado em Agronomia – Curso de pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1986.