



PREVISÃO DE VENTO E PRECIPITAÇÃO EM ALTISSIMA RESOLUÇÃO EM REGIÃO DE TOPOGRAFIA COMPLEXA

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/INPE/CNPq)

Vinicius Rodrigues Ricardo - FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq
E-mail: vinicius.rodrigues.ricardo@gmail.com

Jorge Luís Gomes (CPT/DMD, Orientador)
E-mail: jorgeluisgomes@gmail.com

Julho de 2019



PREVISÃO DE VENTO E PRECIPITAÇÃO EM ALTISSIMA RESOLUÇÃO EM REGIÃO DE TOPOGRAFIA COMPLEXA

Vinicius Rodrigues Ricardo¹ (FATEC Cruzeiro, Bolsista PIBIC/CNPq)
Jorge Luís Gomes² (CPT/DMD/INPE, Orientador)

RESUMO

Neste trabalho avaliou-se a previsão de precipitação e vento da implementação do modelo Eta em altíssima resolução espacial sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil, com enfoque sobre a região de Angra dos Reis. A região de Angra dos Reis, e a região da Serra do Mar como um todo, é caracterizada pela complexa topografia que favorece a formação e na intensificação de tempestades severas que causam altas taxas de precipitação. A proximidade com o mar adiciona grande quantidade de umidade aos sistemas precipitantes. O modelo Eta é um modelo numérico atmosférico complexo em sua representação dos processos físicos e dinâmicos. O modelo foi desenvolvido na Sérvia (Mesinger et al., 1988) e tornado operacional no National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (Black, 1994). É um modelo de área limitada em ponto de grade. O nome do modelo é a letra grega η usada para definir a sua coordenada vertical (Mesinger, 1984) que é aproximadamente horizontal mesmo em regiões de topografia. A coordenada η é adequada para uso em regiões de topografia íngreme onde erros numéricos costumam surgir nas coordenadas comumente usadas em modelos atmosféricos. A melhoria na qualidade da previsão é buscada através de métodos dinâmicos, a partir testes de ajustes na dinâmica e física do modelo atmosférico Eta/INPE, e por métodos estatísticos, a partir de correção estatística das previsões. Este projeto tem por objetivo dar apoio ao sistema de emergência da Usina Nuclear de Angra dos Reis. As previsões do modelo Eta em altíssima resolução foram comparadas com os dados de estações na região do entorno da Usina de Angra dos Reis. Foi analisado as variáveis precipitação e intensidade do vento. As simulações de vento do modelo reproduzem razoavelmente as observações capturando os sinais de brisa terrestre e marítima. A simulação da precipitação mostra valores excessivos e com os máximos deslocados com relação a observação, apesar de que a banda de grande escala da precipitação estava bem posicionada

¹Aluno do Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
E-mail: vinicius.rodrigues.ricardo@gmail.com

²Pesquisador da Divisão de Modelagem e Desenvolvimento
E-mail: jorge.gomes@cptec.inpe.br



Sumário

1	Introdução	4
2	Objetivo	4
3	Atividades Desenvolvidas durante o período de Junho/2018 a Julho/2019	5
4	Configuração da versão do Modelo Eta 1km	5
5	Testes com o esquema de microfísica de nuvens	7
6	Conclusão	7
	Referências.....	8



1 Introdução

O projeto tem por objetivo buscar aumentar a acurácia da previsão dos ventos e precipitação sobre a região Sudeste do Brasil. A melhoria na qualidade da previsão será buscada por métodos dinâmicos, a partir do modelo atmosférico Eta/INPE, e por métodos estatísticos, a partir de correção estatística das previsões. Previsões numéricas contém erros, e o conhecimento da magnitude ou características desses erros das previsões permitem introduzir técnicas para tentar reduzir os erros. Estas técnicas podem ser por modificações no modelo numérico, dinamicamente, ou por técnicas de correção estatística da previsão. As duas abordagens são desenvolvidas neste projeto.

Este trabalho, irá abordar sobre previsão de vento e precipitação em altíssima resolução em regiões de topografia complexa. A previsão de vento e precipitação é feita através de Softwares computacionais. Para dar início ao trabalho necessitou o aprendizado da linguagem Linux e fortran além da Ferramenta Grads para o desenvolvimento do projeto em razão a partir disso foi necessário este tempo para aprendizagem básica de como trabalhar com cada sistema e ferramenta, assim pude aprender sobre o Fortran que é uma linguagem usada para áreas de programação científicas e aplicações matemáticas, está linguagem possibilita o desenvolvimento de equações e programas que auxiliam ao desenvolvimento de dados para aplicarmos no projeto inicial, já a ferramenta Grads é utilizada para visualização e análise de dados científico, como os ventos, umidade relativa do ar, temperatura entre outras variáveis para região em escolha, porém só é possível essa visualização de dados após realizado os modelos matemáticos

2 Objetivo

Este projeto tem por objetivo principal buscar aumentar a acurácia da previsão dos ventos e precipitação sobre a região Sudeste do Brasil. A melhoria na qualidade da previsão do será buscado por métodos dinâmicos, a partir do modelo atmosférico Eta/INPE, e por métodos estatísticos, a partir de correção estatística das previsões. Este projeto dará apoio ao sistema de emergência da Usina Nuclear de Angra dos Reis.

3 Atividades Desenvolvidas durante o período de Junho/2018 a Julho/2019

Foram feitos os levantamentos das informações dos dados observados sobre a região de da Usina Nuclear de Angra dos Reis e posterior extração do banco de dados do CPTEC

Extração das informações das previsões do modelo Eta nos pontos de observações para posterior verificação da destreza do modelo.

Levantamento dos dados observados para os casos de eventos extremos no período de outubro a março, entre os anos de 2008 e 2011.

Avaliação das rodadas de testes com o esquema de microfísica de nuvens, comparando os resultados obtidos em relação as rodadas selecionadas.

4 Configuração da versão do Modelo Eta 1km

O domínio do modelo a ser utilizado nesta configuração, cobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil (Figura 1). A área coberta pelo modelo emprega 1153x2545 pontos na horizontal e 50 níveis na vertical, correspondendo a resolução horizontal de **1 km**. A grade pós-processada tem 2000x1800 pontos na horizontal e 39 níveis de pressão na vertical. O topo do modelo está em 25 hPa.

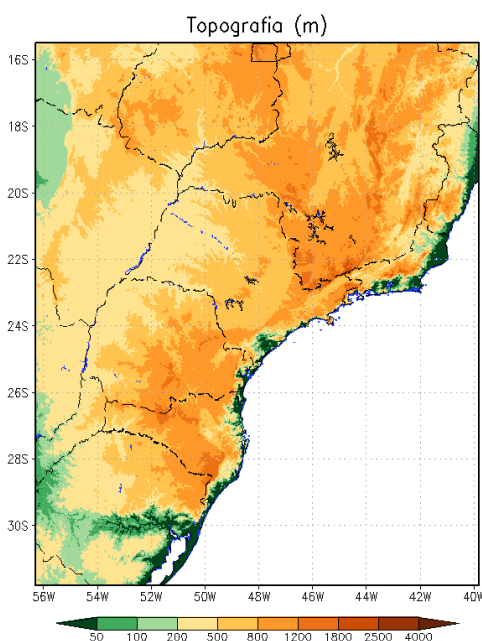


Figura 1: Topografia (m) no domínio do modelo Eta-1km.



Características gerais do modelo Eta-curto prazo estão resumidos na Tabela 4.1. A configuração do modelo Eta-1km está descrita na Tabela 4.2

Tabela 4. 1: Características gerais do modelo Eta.

Processo	Descrição	Referências:
Dinâmica	Coordenada vertical Eta, grade E, energy conserved in transformations potential to kinetic. Split-explicit. Integração temporal em esquema dois níveis; esquema de ajuste: forward-backward; esquema de advecção horizontal: forward-and then centered; esquema de advecção vertical: piecewise linear scheme (VOLUME FINITO). Variáveis prognósticas: Temperatura, vento, pressão a superfície, umidade específica, energia cinética turbulenta, água ou gelo da nuvem	Mesinger 1984; Janjic 1984; Janjic 1979; Mesinger et al 2012.
Esquema do contorno lateral	Esquema Mesinger uma linha, sem esquema de relaxação e sem "nudging" interno.	(Mesinger 1977)
Tipo de grade vertical	Lorenz, primeiro nível aproximadamente 20m de espessura	
Radiação	Esquema GFDL ondas curtas e ondas longas	Fels and Schwarzkopf (1975) (Onda Longa) Lacis and Hansen (1974) (Onda Curta)
Turbulência	Esquema Mellor-Yamada nível 2.5; Monin-Obukhov na camada superficial utilizando as funções de estabilidade de Paulson (1971), Charnock sobre oceano.	Mellor and Yamada (1974); Paulson (1971)
Microfísica de nuvens	Esquema de Ferrier	Ferrier (2002)
Convecção cumulus	Esquema Betts-Miller-Janjic	Janjic (1994)
Biosfera/hidrologia	Esquema NOAH	Ek et al (2003)

Tabela 4.2: Configuração do modelo Eta-1km.

Domínio	Cobrimdo as regiões Sul e Sudeste do Brasil
Grade do modelo (im x jm x lm)	1153x2545x50
Grade pós-processada (lat x lon x níveis de pressão)	2000x1800x39
Níveis pós-processados (hPa)	1000 975 950 925 900 875 850 825 800 775 750 725 700 675 650 625 600 575 550 525 500 475 450 425 400 375 350 325 300 275 250 225 200 175 150 125 100 75 50
Ponto central	48W;23.5S
Resolução horizontal	1 km
Passo de tempo do modelo	2 segundos
Condições Iniciais (CI)	Análise do NCEP interpolada para a grade do Eta-1km
Condições de Contorno Lateral (CCL)	Previsões do NCEP interpolada para a grade do Eta1km
Frequência da atualização das CCL	A cada 6 horas
Condições de Contorno Inferiores	- Temperatura da Superfície do Mar (TSM) atualizada diariamente, 0.25° x 0.25° lat x lon, anomalia observada da TSM persistida durante toda a integração; -Climatologia sazonal da umidade do solo.
Prazo de previsão	72 horas
Mapa de solo	9 tipos
Land cover original map	PROVEG-INPE, 1km, Sestini et al 2002.
Topografia original	USGS 90m
Ozônio	Média zonal climatológica

5 Testes com o esquema de microfísica de nuvens

Testes com o ajuste do esquema de microfísica de nuvens foram executados com o intuito de se ajustar a produção de precipitação do modelo Eta antes do início das rodadas dos casos selecionados.

Foram executados experimentos com o esquema de microfísica de nuvens Ferrier. No primeiro experimento (Exp1) a velocidade terminal de queda dos cristais de gelo foi reduzida em 20% e no segundo experimento foi implementado um esquema de mistura turbulenta convectiva a partir do esquema de convecção.

A Figura 2 (a) mostra o campo de precipitação, acumulada em 24 horas observada para o dia 01 de janeiro de 2010. Nas Figuras 2 (b,c e d) temos as simulações de 48 horas do modelo Eta obtidos, respectivamente, pelos experimentos controle, Exp1 e Exp2. De modo geral a simulação em altíssima resolução espacial do evento chuvoso na região produziu excesso de chuva quando comparado com a observação. O Exp1 reduziu o excesso de chuva mas ainda apresenta uma grande superestimativa da precipitação. O Exp2 indicou uma maior redução do excesso de chuva quando comparado com a versão Exp1, mas ainda apresenta superestimativa quando comparada com o campo de observação (Figura 2 (a)).

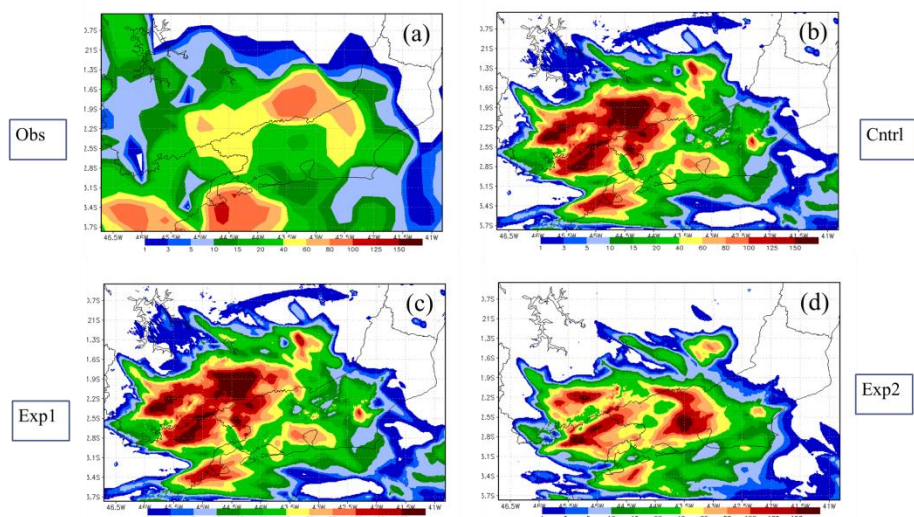


Figura 2. Precipitação acumulada em 24h (mm). (a) observação; (b) controle (c) experimento 1 e (d) experimento 2

6 Conclusão

Os testes de ajustes da produção e precipitação do modelo Eta indicaram uma redução da superestimava da precipitação acumulada em 24 horas. Os valores simulados de precipitação mostram valores excessivos e com os máximos deslocados com relação a observação, apesar de que a banda de grande escala da precipitação estava bem posicionada



Referências

- Betts, A. K. and M. J. Miller, 1986: A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE-wave, BOMEX, ATEX, and Arctic Airmass data sets. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112, 693-710.
- Black, T. L., 1994: The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. *Wea. Analysis and Forecasting*, v.9, p.265-278.
- Chou, S. C. ; Justi da Silva, M. G. A., 1999. Objective evaluation of Eta Model precipitation forecasts over South America. *Climanálise*, Cachoeira Paulista, SP, v. 14, n. 1.
- Chou, S. C., J. F. Bustamante, and J. L. Gomes. Evaluation of seasonal precipitation forecasts over South America using Eta model. *Nonlin. Proc. Geophys.*, **12**, 537-555, **2005**.
- Chou, S.C., 1996. Modelo Regional Eta. *Climanálise*. Edição especial, 1996. São José dos Campos.
- Ek, M.B., Mitchell, M.K., Liu, Y., Rogers, E., Grunman, P., Koren, V., Gayano, G., Tarpley, J.D., 2003: Implementation of Noah Land Model advances in the NCEP operational Eta Model. *JGR*. 108 (D22), 8851-8867.
- Fels, S.B., and Schwarzkopf, M.D., 1975: The simplified exchange approximation: A new method for radiative transfer calculations, *J. Atmos. Sci.*, 32, 1475–1488.
- Ferrier, B.S., Lin, Y., Black, T., Rogers, E., DiMego, G., 2002: Implementation of a new grid-scale cloud and precipitation scheme in the NCEP Eta model. In: *15th Conference on Numerical Weather Prediction*, American Meteorological Society, San Antonio, TX, pp 280–283 (preprint).
- Janjic, Z.I., 1979: Forward-backward scheme modified to prevent two-grid-interval noise and its application in sigma coordinate models. *Contrib. Atmos. Phys.*, **52**, 69-84.
- Janjic Z.I., 1994: The step-mountain coordinate model: further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. *Mon. Weather Rev.* 122:927–945.
- Lacis, A.A., Hansen, J.E., 1974: A parameterization of the absorption of solar radiation in earth's atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, v. 31, p. 118-133.
- Mellor, G.L., Yamada, T., 1974: A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *J. Atmos. Sci.*, 31,1791–1806.
- Mesinger, F., 1974: An economical explicit scheme which inherently prevents the false two-grid-interval wave in the forecast fields. Proc. Symp. "Difference and Spectral Methods for Atmosphere and Ocean Dynamics Problems", Academy of Sciences, Novosibirsk 1973; Part II, 18-34.
- Mesinger, F., 1984: A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. *Rivista Meteor. Aeronautica*, **44**, 195-202.
- Mesinger, F., Janjic, Z.I., Nickovic, S.D., Gavrilo and Deaven D.G., 1988: The step-mountain coordinate: Model description, and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of an Appalachian redevelopment. *Mon. Wea. Rev.*, **116**, 1493-1518.
- Mesinger, F., Chou, S.C., Gomes, J.L., Jovic, D., Lyra, A.A., Bustamante, J.F., Bastos, P.R., Lazic, L., Morelli, S., Ristic, I., 2012: An upgraded version of the Eta Model. *Meteorology and Atmospheric Physics*. Vol 116 (3), 63-79. DOI: 10.1007/s00703-012-0182-z



- Pielke, R.A., 2002: Mesoscale meteorological modeling. In: International geophysics series, vol 78. Academic Press, New York, p 676.

-Sestini, M F; Alvalá, R C S ; Mello, E M K ; Valeriano, D M ; Chou, S C; Nobre, C A; Paiva, J A C ; Reimer, É S, 2002. Vegetation map elaboration for use in numerical models (“Elaboração de mapas de vegetação para utilização em modelos meteorológicos e hidrológicos”). Internal Report. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos CamBrasil.