



IMPACTO DA UMIDADE DO SOLO ESTIMADA SOBRE A  
QUALIDADE DAS PREVISÕES DO MODELO ETA NA  
REGIÃO DA SERRA DO MAR

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

Vinícius Albuquerque de Almeida (UFRJ, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: [viniciusaalmeida@gmail.com](mailto:viniciusaalmeida@gmail.com)

Dra. Chou Sin Chan (DMD/CPTEC/INPE, Orientadora)  
E-mail: [chou@cptec.inpe.br](mailto:chou@cptec.inpe.br)

COLABORADORA

Dra. Claudine Pereira Dereczynski (IGEO/UFRJ)  
E-mail: [claudine@acd.ufrj.br](mailto:claudine@acd.ufrj.br)

Julho de 2009

O presente relatório descreve as atividades realizadas do projeto de Iniciação Científica do PIBIC/CNPq no período de dezembro de 2008 a julho de 2009.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. METODOLOGIA.....	4
3. RESULTADOS .....	7
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	11

# 1. INTRODUÇÃO

A região da Serra do Mar é uma região frequentemente afetada por eventos de chuvas intensas. Para melhor simular os fenômenos que afetam a região, o Modelo Eta foi configurado em alta resolução (5 km), permitindo assim a modelagem de sistemas de mesoescala, da ordem de 10 km.

Porém, para melhorar a qualidade da previsão de tempo não basta apenas aumentar a resolução horizontal do modelo, devem ser melhoradas as condições iniciais fornecidas a ele. A descrição acurada das condições de superfície pode favorecer a qualidade das previsões. Portanto o mapeamento correto da topografia, vegetação e tipo de solo fornecerá informações mais corretas para a modelagem. A disponibilidade de água no solo pode afetar a precipitação a partir dos fluxos turbulentos de calor latente à superfície. O Modelo Eta tem utilizado como condição inicial valores climatológicos de umidade do solo.

## 1.1 Objetivos

A parte final do trabalho teve por objetivo a comparação das rodadas do modelo ETA-Serra do Mar com as modificações nas condições de superfície, ou seja, novas condições iniciais de umidade calculadas a partir de dados observacionais e um novo mapeamento dos tipos de solo, que nessa nova classificação encontram-se mais detalhados.

Para tal comparação confrontaram-se rodadas controle do modelo, oriundas da versão operacional, contra rodadas da versão modificada no trabalho em questão. O período utilizado para essas comparações realizadas abrange dois dias do período previamente selecionado para o estudo, 06/11/09 e 07/11/09. Com tal comparação, poderão ser tiradas conclusões a respeito da sensibilidade do modelo frente a tais modificações e, portanto, se as mesmas devem ser aplicadas ao modelo que roda operacionalmente.

## 2) DADOS E METODOLOGIA

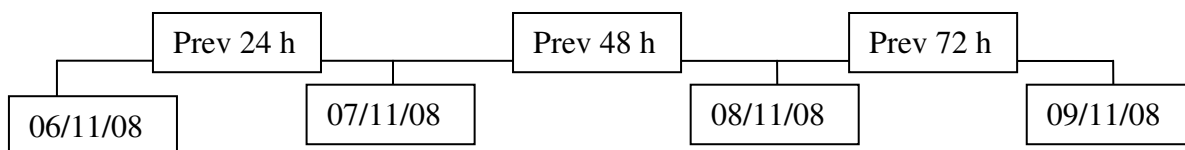
Imagens horárias do satélite GOES-10 no canal infravermelho, foram utilizadas para acompanhar a situação sinótica atuante na região da Serra do Mar no período de estudo.

A Reanálise do National Centers for Environmental Prediction / National Centers of Atmospheric Research (NCEP/NCAR) (Kalnay et al., 1996), nos horários de 0, 6, 12 e 18 Z foram utilizadas. Desse conjunto de dados, foram utilizadas variáveis de superfície para a comparação. Porém, no presente relatório serão apresentados os resultados da comparação apenas para a precipitação.

Totais diários de precipitação das estações automáticas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Plataformas de Coleta de Dados – PCD) foram utilizados para avaliação do Modelo Eta.

O Modelo Eta (Mesinger et al., 1988) é um modelo de área limitada usado operacionalmente no CPTEC. O modelo usa a coordenada vertical Eta (Mesinger, 1984). As variáveis prognosticadas são temperatura, vento horizontal, umidade específica, pressão à superfície, energia cinética turbulenta e hidrometeoros de nuvens. A precipitação convectiva é produzida pelo esquema Betts-Miller-Janjic (Betts & Miller, 1986; Janjic, 1994). Os processos de superfície são resolvidos pelo esquema Chen et al. (1997) e possui quatro níveis de solo. O pacote de radiação foi desenvolvido pelo Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. O esquema Lacis & Hansen (1974) trata a radiação de onda curta, enquanto a radiação de onda longa é tratada pelo esquema de Fels & Schwarzkopf (1975). A versão do modelo configurada para a região da Serra do Mar (<http://www.cptec.inpe.br/serradomar/>) é não-hidrostática e possui resolução horizontal de 5 km e 50 camadas na vertical. As condições iniciais (utilizadas às 00 Z) são obtidas a partir da análise do NCEP na versão T126L28. As condições de contorno laterais são atualizadas a cada 6 horas a partir das previsões do modelo Eta de 40 km x 40 km de resolução. O modelo utiliza um albedo climatológico sazonal e temperatura da superfície do mar atualizada diariamente. A umidade do solo é tomada da previsão de 12 horas do modelo global do CPTEC.

Para gerar as previsões de 24, 48 e 72 h do Modelo Eta, este foi integrado para os dias 6 e 7/11/08 as 00 Z, considerando-se a previsão de 24 h como as primeiras 24 h de previsão e assim por diante, como exemplificada para o dia 06/11/2008 (Figura 1). Desta forma, foram analisadas as previsões de 24 e 48 h a partir das condições iniciais de 6 e 7 e novembro de 2008. Foram utilizadas duas versões do modelo ETA 5km-Serra do Mar, uma denominada de controle, que é a versão operacional do CPTEC, e outra com modificações no esquema de superfície do modelo, como descrito a seguir.



CI:06/11/08

Figura 1 – Exemplo das previsões de 24, 48 e 72 h geradas a partir da condição inicial de 06/11/2008 proveniente da análise do NCEP na versão T126L28.

Inicialmente, foram implementadas modificações desenvolvidas por Tomasela (comunicação pessoal) no modelo ETA 5km-Serra do Mar que afetam o esquema de superfície, NOAH, entre elas: uma nova classificação de solo substituindo a antiga que possuía 9 tipos diferentes de solo para uma nova com 18 tipos, novas condições iniciais de umidade do solo, que provém de um esquema de balanço hídrico utilizando observações de chuva.

A seguir são apresentados o esquema de estimativa da umidade do solo, a nova classificação de solo e o esquema de superfície NOAH. Estes esquemas estavam desenvolvidos e foram apenas implementados ao modelo.

A umidade do solo inicial fornecida ao Modelo Eta (rodada controle) é baseada na climatologia, de baixa resolução espacial e gerados por simulações de modelos atmosféricos. A estimativa de umidade foi desenvolvida pelo projeto MUSA – Monitoramento de Umidade do Solo no sudeste da América. O modelo foi desenvolvido da seguinte forma: levantamento de dados básicos de solo e a inclusão de dados meteorológicos observados tanto de plataforma de coleta de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) como da rede sinótica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que permitem a estimativa de evapotranspiração que é um parâmetro importante para a determinação da disponibilidade de água no solo.

O modelo gera a umidade do solo, e depois é feita uma interpolação de 1 km, gerando portanto como produto final uma condição inicial de umidade do solo com alta resolução espacial. Essa alta resolução é importante para o modelo Eta (Serra do Mar), já que este busca um grande detalhamento sobre a região.

A nova classificação do solo que foi implementada no modelo Eta, foi desenvolvida com base nas informações disponíveis nos perfis de solo da base de dados de solo do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)/INPE e visa substituir a classificação anterior de Zobler. Essa nova classificação conta com 18 tipos de solo, que substitui a anterior que possuía apenas 9 tipos.

### 3) RESULTADOS

Como primeira parte da comparação, buscou-se um entendimento das condições meteorológicas na Região da Serra do Mar, focalizando-se nos fenômenos presentes naqueles dias sobre a região.

No dia 6 de novembro ocorreu o início de um evento de ZCAS, associadas à temporais no Mato Grosso do Sul, São Paulo, sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Tal sistema começou a se desconfigurar no dia 09/11. As imagens de satélite no período (Figura 2) mostram a atuação da ZCAS, com nebulosidade sobre toda a Região Sudeste do Brasil, estendendo-se sobre o Oceano Atlântico. O vórtice ciclônico do Nordeste do Brasil também aparece configurado, representado pela ausência de nebulosidade sob seu centro.

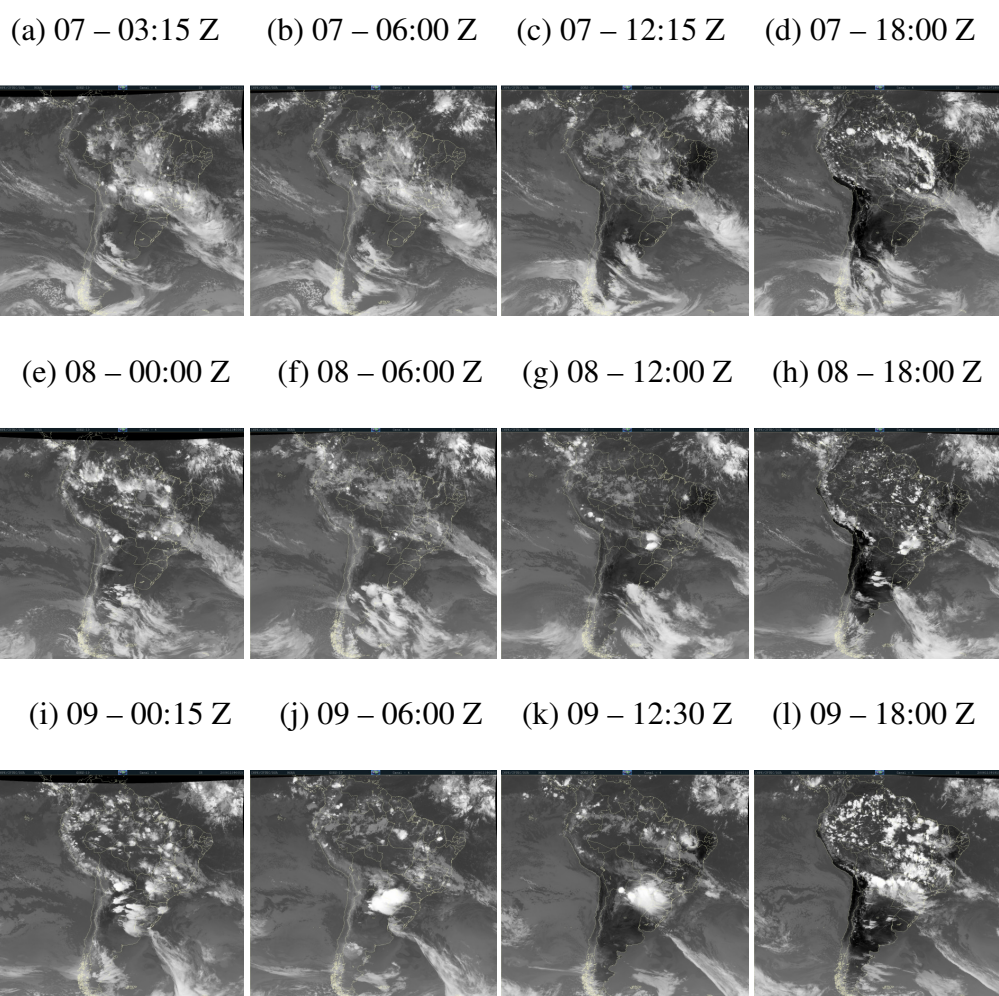


Figura 2 – Imagens do satélite GOES-10 no canal infravermelho para os dias (a) 07/11/08 – 03:15 Z, (b) 07/11/08 – 06:00 Z, (c) 07/11/08 – 12:15 Z, (d) 07/11/08 – 18:00 Z, (e) 08/11/08 – 00:00 Z, (f) 08/11/08 – 06:00 Z, (g) 08/11/08 – 12:00 Z, (h) 08/11/08 – 18:00 Z, (i) 09/11/08 – 00:15 Z, (j) 09/11/08 – 06:00 Z, (k) 09/11/08 – 12:30 Z, (l) 09/11/08 – 18:00 Z.

A Figura 3 apresenta o campo de pressão ao nível médio do mar gerados pela Reanálise do NCEP/NCAR para o período de 7 a 9 de novembro de 2008, que mostram que de 07/11-00Z a 07/11-12Z havia um ciclone extratropical formado no litoral de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. A partir de 07/11-18Z há um deslocamento do ciclone em direção ao oceano Atlântico Sul, onde intensifica-se por todo o restante do período mostrado. Durante todo o período, nota-se que o continente é dominado por baixas pressões favorecendo a convecção e nebulosidade observadas nas imagens de satélite (Figura 2).

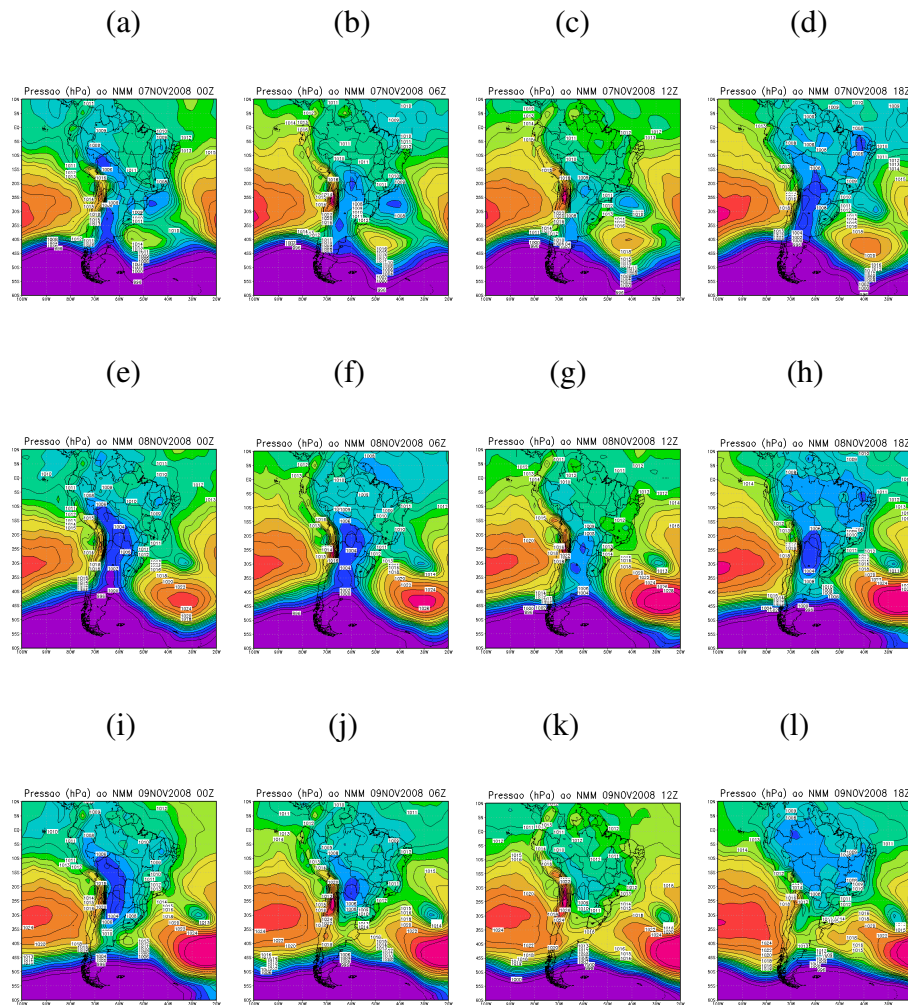


Figura 3 – Campos de Pressão (hPa) ao nível médio do mar da Reanálise do NCEP/NCAR para os dias (a) 07/11/08 – 00:00 Z, (b) 07/11/08 – 06:00 Z, (c) 07/11/08 – 12:00 Z, (d) 07/11/08 – 18:00 Z, (e) 08/11/08 – 00:00 Z, (f) 08/11/08 – 06:00 Z, (g) 08/11/08 – 12:00 Z, (h) 08/11/08 – 18:00 Z, (i) 09/11/08 – 00:00 Z, (j) 09/11/08 – 06:00 Z, (k) 09/11/08 – 12:00 Z, (l) 09/11/08 – 18:00 Z.

A seguir será apresentada a comparação entre as versões do modelo ETA 5km – Serra do Mar, onde será comparado o desempenho em relação a previsão precipitação, para as rodadas de 06/11/2009 e 07/11/2009 com condições iniciais das 00Z.

A Figura 4 nos mostra as previsões do modelo Eta 5km – Serra do Mar modificado, para 24 h e 48 h, confrontando-as com as rodadas controle (modelo

operacional) e observações das Plataformas de Coletas de Dados (PCD). São analisadas as previsões para Cunha, Curucutu, Picinguaba e São José dos Campos. Pela comparação em Cunha (Figura 4-a) nota-se uma pequena melhora na previsão do eta24\_mod (modelo modificado), porém ainda um valor muito superestimado em relação ao observado. As previsões de 48 h (eta48\_mod) não mostram melhoras significativas. Para o dia 08/11 as previsões de 24 h tanto da rodada controle e da rodada modificada são bem próximas, porém na rodada de 48 h observamos uma piora na previsão em relação a previsão controle enquanto que para o dia 09/11, embora a rodada modificada continue superestimada, a rodada controle subestimada muito a precipitação, o que faz com que a rodada experimental tenha um melhor desempenho. Em Curucutu (Figura 4-b), percebe-se que tanto a previsão de 24 h para 07/11 quanto a previsão de 48 h para o dia 08/11 encontram-se superestimadas em relação ao valor observado, enquanto que nos outros horários essa avaliação não pode ser conclusiva visto que não houveram acumulados significativos de precipitação. Em SJC (Figura 4-c), encontra-se uma comparação para SJC onde a previsão de 24 horas da versão modificada tem um desempenho inferior a versão controle tanto para o dia 07/11 quanto para o dia 08/11. Esse mesmo desempenho se verifica nas previsões modificadas de 48 h, que se encontram superestimadas em relação à observação. Embora a versão controle também superestime a observação no dia 07/11, ela apresenta um resultado melhor do que a versão modificada. Para a previsão de 24 h para o dia 08/11 a versão controle tem um desempenho excelente, chegando muito perto do total acumulado para o dia. Em Picinguaba (Figura 4-d) percebemos que as previsões da versão modificada e da versão controle de 24 h para 07/11 e 08/11 não diferem muito, ambas superestimam o valor observado. As previsões de 48 horas das duas versões novamente não apresentam um bom desempenho, porém percebe-se que as previsões da versão modificada tendem a superestimar mais do que as previsões da versão controle.

(a)

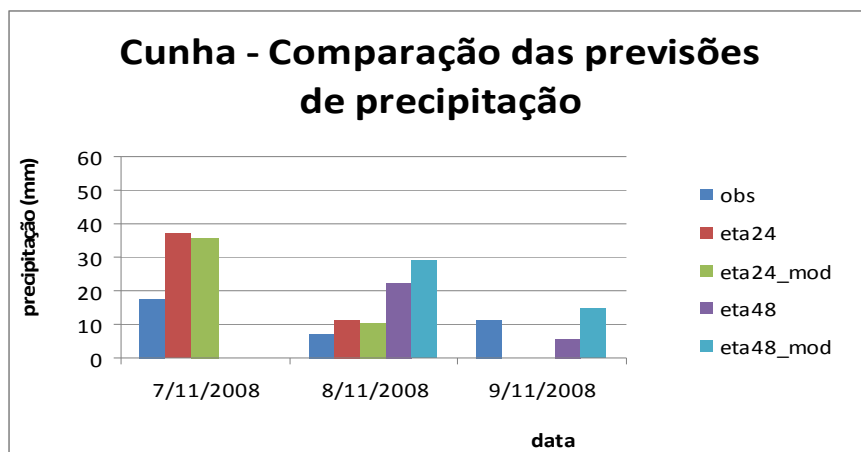
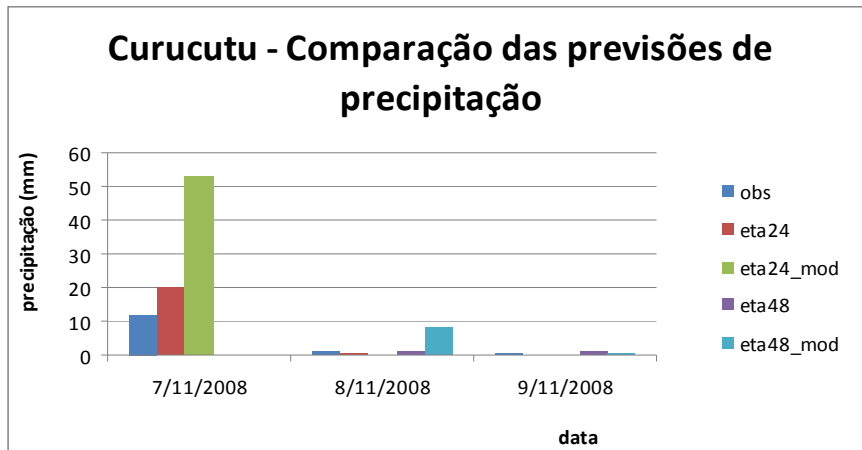


Figura 4 – Comparação das previsões de precipitação do modelo Eta Serra do Mar com as modificações para as plataformas de coleta de dados de (a) Cunha, (b) Curucutu, (c) São José dos Campos (SJC) e (d) Picinguaba.



(b)



(c)

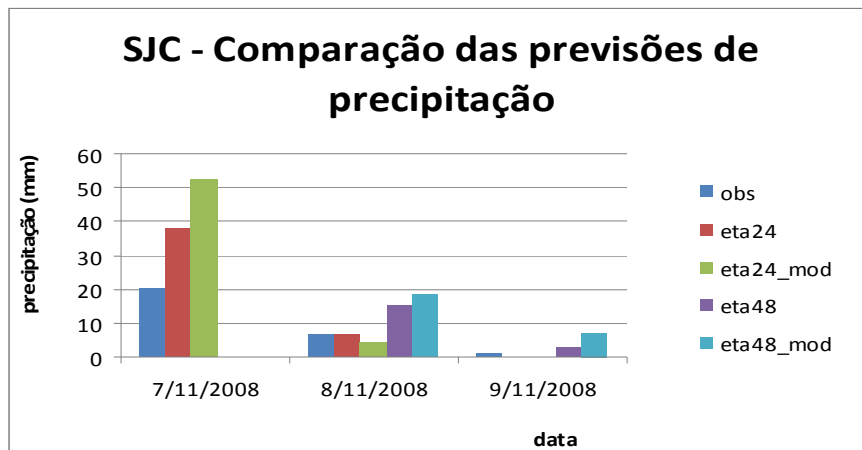


Figura 4 – Continuação.

(d)

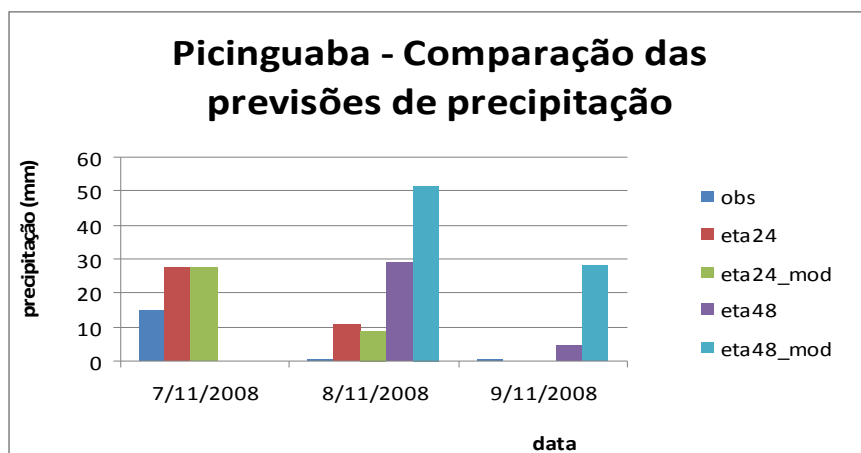


Figura 4 – Final.

### 3) CONCLUSÃO

Pela análise da comparação feita entre as previsões da versão do modelo Eta modificado e da versão controle, percebemos que para a previsão de 24 h para o dia 07/11, as duas versões prevêm a precipitação causada pela presença do ciclone extratropical no litoral sul do Brasil, porém, apresentam dificuldades para a previsão da quantidade, tendendo a superestimar o valor real observado. A versão modificada tende a superestimar ainda mais a quantidade de precipitação para esse dia. No dia 08/11, as versões são sensíveis ao enfraquecimento dos efeitos devidos ao ciclone extratropical que se desloca para o Atlântico Sul, refletido na diminuição dos acumulados de precipitação para o dia. No entanto, percebe-se que as previsões de 48 h têm um desempenho inferior aos das previsões de 24 h. Na localidade de Picinguaba nota-se que todos os modelos previram chuva para o dia, porém, a mesma não foi observada. Para o dia 09/11 o ciclone extratropical intensifica-se no Atlântico afastado da costa, o que faz com que os acumulados de precipitação fossem nulos em quase todas as localidades com exceção de Cunha, onde houve um acumulado de 11,6 mm o qual foi bem previsto pela versão modificada do modelo.

De uma forma geral, a versão modificada do modelo Eta 5Km - Serra do Mar obteve um desempenho inferior a versão controle, tendendo a superestimar o valor observado nas PCD's mais do que a versão controle, em quase todas as previsões. As duas versões do modelo Eta possuem um bom desempenho na previsão das variações das condições sinóticas da região da Serra do Mar, porém exibem limitações na previsão da intensidade da precipitação.

#### 4) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Betts, A. K & Miller, M. J. 1986. A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX and arctic air-mass data sets. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112: 693-709.
- Chen, F.; Janjic, Z.I. & Mitchell, K. 1997. Impact of atmospheric surface-layer parameterization in the new land-surface scheme of the NCEP mesoscale Eta model. *Bound. Layer Meteor.*, v 85: 391-421.
- Ek, M. B., K. E. Mitchell, Y. Lin, E. Rogers, P. Grunmann, V. Koren, G. Gayno, and J. D. Tarpley, Implementation of Noah land surface model advances in the National Centers for Environmental Prediction operational mesoscale Eta model, *J. Geophys. Res.*, 108(D22), 8851, doi:10.1029/2002JD003296, 2003.
- Fels, S. B. & Schwarzkopf, M. D. 1975. The simplified exchange approximation. A new method for radiative transfer calculations. *J. Atmos. Sci.*, v 32: 1475-1488.
- Janjic, Z. I., 1994: The step-mountain eta coordinate model: further developments of the convection, viscous sublayer and turbulence closure schemes. *Mon. Wea. Rev.*, v 122: 927-945.
- Lacis, A. A. & Hansen, J. E. 1974. A parameterization for the absorption of solar radiation in the Earth's atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, v 31: 118-133.
- Mesinger, F. 1984: A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. *Riv. Meteor. Aeronaut.*, v 44: 195-202.
- Mesinger, F.; Janjic, Z.I.; Nickovic, S.; Gavrilo, D. & Deaven, D.G. 1988. The step-mountain coordinate: Model description description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. *Mon. Wea. Rev.*, v 116: 1493-1518.
- MUSA – Monitoramento de Umidade do Solo no Sudeste da América do Sul. Disponível em [http://musa.cptec.inpe.br/sobre\\_projeto.html](http://musa.cptec.inpe.br/sobre_projeto.html). Acesso em: 10 de janeiro de 2009.

Tomasella, J.; Hodnett, Martin G. Pedrotransfer Functions for tropical soils. In: Pachepsky Y.; Rawls, W. J. (Org.) Developments in Soil Science: Pedotransfer Functions in Hydrology. 30 ed. Amsterdam: Elsevier, 2005, v. 30, p.415-429.