



**Avaliação das Previsões de Precipitação do Modelo Eta  
para Bacia do Rio São Francisco em Minas Gerais, Brasil**

Evaluation of Eta Model Rainfall Forecasts at  
São Francisco River Basin in Minas Gerais, Brazil

Raphael Moreira Gomes Vieira<sup>1</sup>; Claudine Pereira Dereczynski<sup>1</sup>;  
Sin Chan Chou<sup>2</sup>; Jorge Luis Gomes<sup>2</sup> & Arthur Chaves de Paiva Neto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Meteorologia  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - Bloco G - Cidade Universitária 21941-916 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Rodovia Presidente Dutra, km 39; 12630-000 Cachoeira Paulista, SP, Brasil

<sup>3</sup> Companhia Energética de Minas Gerais, Av. Barbacena, 1200, 30.190-131 Santo Agostinho, Belo Horizonte, MG, Brasil  
E-mails: rorask@gmail.com; claudine@acd.ufrj.br; chou.sinchan@cpotec.inpe.br;

jorge.gomes@cpotec.inpe.br; arthur.paiva@cemig.com.br

Recebido em: 20/08/2014 Aprovado em: 02/12/2015

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2015\\_2\\_15\\_23](http://dx.doi.org/10.11137/2015_2_15_23)

## Resumo

Neste trabalho, as previsões do modelo Eta do CPTEC/INPE, em duas resoluções espaciais (8 km e 40 km), com 72 h de antecedência, são avaliadas em 25 casos de chuvas intensas ocorridos no período de 2005 a 2012 na Bacia do Rio São Francisco, à montante da Usina Hidrelétrica de Três Marias, em Minas Gerais. O objetivo do trabalho é contribuir para a melhoria das previsões de chuva na área em estudo. A avaliação das previsões de precipitação é feita objetivamente e subjetivamente, confrontando-as com dados observacionais coletados em 35 postos pluviométricos na área em estudo. Além disso, os campos sinóticos previstos para algumas variáveis são comparados com os mesmos campos da Reanálise ERA-Interim do ECMWF. As previsões do modelo Eta para os 25 casos de chuvas intensas selecionados são geradas inicialmente aninhando-se o modelo Eta-40km ao modelo Global do CPTEC/INPE (T126L28). Finalmente o modelo Eta-8km é integrado recebendo como condições iniciais as análises do NCEP e como condições de contorno lateral as previsões do modelo Eta-40km, atualizadas a cada 6 horas. Considerando-se os 25 eventos de chuvas intensas, avaliando-se a chuva objetivamente, o Eta-8km apresenta melhor performance comparado ao Eta-40km, para prever a chuva diária moderada a forte e pior performance para prever chuva fraca. Baseado na avaliação subjetiva, nota-se que quando o modelo Global do CPTEC/INPE erra o posicionamento do sistema meteorológico atuante, ambas as versões do modelo Eta são afetadas. Nos casos em que os sistemas meteorológicos são mais pronunciados, como no caso 25, aumenta o grau de acerto das versões do modelo, com o Eta-8km apresentando melhores resultados do que o Eta-40km.

**Palavras-chave:** avaliação da precipitação; modelo Eta; Minas Gerais

## Abstract

In this work, the CPTEC/INPE's Eta model (8 km and 40 km) forecasts, with 72 hours in advance, are evaluate for 25 intense rainfall cases, occurred in the period 2005-2012, at São Francisco River Basin, upstream Três Marias Hydroelectric Power Plant, in Minas Gerais. The objective is to contribute to the improvement of intense rainfall forecasts in the studied area. Evaluation of rainfall forecasts is made objectively and subjectively, comparing them with observational data. Moreover, synoptic fields forecasts for several variables are compared with the same fields of ERA-Interim Reanalysis (ECMWF). The Eta model forecasts for 25 intense rainfall cases were generated initially nesting Eta-40km model to the CPTEC/INPE's Global model (T126L28). Finally, the Eta-8km model is integrated using as initial conditions the NCEP analysis and as lateral boundary conditions the Eta-40km model forecasts, updated every 6 hours. Considering the 25 intense rainfall cases, evaluating objectively the rain, Eta-8km has better (worst) performance compared to Eta-40km, to predict daily moderate to strong (weak) precipitation. Based on the subjective evaluation, it is noted that when CPTEC/INPE's Global model fails in positioning the active meteorological system, both versions of Eta model are affected. In cases where meteorological systems are more pronounced, as in the 25 case, it increases the accuracy of both Eta model versions, with Eta-8km showing better results than Eta-40km.

**Keywords :** evaluation of precipitation; Eta model; Minas Gerais

## 1 Introdução

A demanda por previsões meteorológicas de qualidade aumentou consideravelmente nas últimas décadas. Tais previsões são geradas com o auxílio da modelagem numérica global e regional, com resoluções espaciais e temporais muito elevadas e disponibilizadas por diversos centros meteorológicos. Atualmente, vários setores da economia estão sendo beneficiados por estas previsões: transporte, indústria, agricultura, comércio, turismo, e também os setores relacionados à geração de energia elétrica.

Em Lima (2005), encontra-se um resumo do histórico do setor elétrico brasileiro, ressaltando-se que a participação efetiva da meteorologia nas atividades do setor ocorreu apenas após o acidente com as usinas do Rio Pardo (SP) em janeiro de 1977, quando se romperam as barragens de Euclides da Cunha e Armando Salles Oliveira (Pessoa & Mine, 1994 a, b). De acordo com Lima (2005), muitas empresas do setor passaram a se estruturar, formando pequenos núcleos de meteorologia, como foi o caso da Companhia Energética de São Paulo (CESP), de FURNAS Centrais Elétricas e da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG); ou a se associar à Sistemas Estaduais de Meteorologia, como foi o caso da Companhia Paranaense de Energia (COPEL), que se associou ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), atual Instituto SIMEPAR.

As previsões de tempo para as Usinas Hidrelétricas (UHEs), principalmente em eventos de chuvas intensas, precisam ser aprimoradas, pois são muito importantes tanto para sua operação diária, através do controle de afluência e defluência (incluindo a geração e o vertimento), como para o controle de cheias. Os eventos que ocorrem no período chuvoso provocam alterações no regime hidrológico, afetando a operação hidráulica da usina. Para este estudo o modelo regional Eta do CPTEC/INPE (Mesinger *et al.*, 2012) é configurado sobre a região da Bacia do Rio São Francisco, à montante da UHE Três Marias em Minas Gerais (MG), em duas versões: 8 km e 40 km de resolução espacial. Previsões para o horizonte de 72 h foram elaboradas com ambas as versões do modelo para 25 casos de chuvas intensas na região em estudo, ocorridas durante o período de 2005 a 2012. O objetivo deste trabalho é contribuir para a melhoria das previsões

de tempo em eventos de chuvas intensas na região da Bacia do Rio São Francisco, a montante da UHE de Três Marias, em Minas Gerais.

Este artigo está dividido da seguinte maneira: na Seção 2, consta a metodologia e os dados para o estudo em questão e uma breve descrição do modelo regional Eta; na Seção 3 apresentam-se os resultados das avaliações objetivas e subjetivas para os 25 casos estudados e, finalmente, na Seção 4 estão as conclusões do trabalho.

## 2 Dados e Metodologia

### 2.1 Seleção e Estudo dos Casos de Chuvas Intensas

A seleção dos casos de chuvas intensas teve como ponto de partida os dados observacionais convencionais da Agência Nacional de Águas (ANA) e a indicação dos “Casos Significativos do Mês” listados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) e disponibilizados no sítio <http://www.cptec.inpe.br/noticias/faces/noticias.jsp?idConsulta=&idQuadros=143>. A seleção foi elaborada para o período chuvoso (outubro a março), entre os anos de 2005 e 2012, em Minas Gerais. Decidiu-se aplicar um critério objetivo, levando-se em conta os totais pluviométricos diários e as normais climatológicas disponíveis das estações da ANA, com dados no período de 1961 a 1990: Bambuí, Fazenda Escola Florestal e Ibitité (apenas estas estações tinham tais dados citados). Tal critério, adaptado de Liebmann *et al.* (2001), considera como evento de chuvas intensas aquele em que o total pluviométrico diário é superior à 3% do total do período chuvoso (outubro à março). Os totais pluviométricos diários foram obtidos no sítio <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

Caso o critério adaptado de Liebmann *et al.* (2001) seja satisfeito para pelo menos uma das estações pluviométricas Bambuí, Fazenda Escola Florestal ou Ibitité, cujos limiares são respectivamente 38,3; 38,2 e 46,3 mm, o caso é pré-selecionado. Aplicando-se este critério foram pré-selecionados 49 casos. A seguir, verificando-se os “Casos Significativos do Mês”, publicados mensalmente pelo CPTEC/INPE, foram descartados 24 casos por não estarem

associados a desastres naturais deflagrados por alagamentos, deslizamentos de terra, transbordamento de rios e outras consequências na região estudada. Os 25 casos selecionados para análise estão listados na Tabela 1. Ressalta

que se dois ou mais sistemas meteorológicos são apresentados como causa de um evento de chuvas intensas, o principal fenômeno responsável pela ocorrência do evento é aquele primeiramente citado. Sul

Caso	Período	Causa	Dia do maior total pluviométrico diário do período	Maior total pluviométrico diário (mm)
1	01 a 05/03/2005	ZCAS <sup>1</sup>	03/03/2005	84,6
2	17 a 21/11/2005	ZCAS e Frente Fria	20/11/2005	82,7
3	24 a 27/11/2005	ZCAS e Frente Fria	24/11/2005	74,0
4	07 e 08/12/2005	Chegada de Frente Fria e Intensa Instabilidade Atmosférica	08/12/2005	69,7
5	11 a 15/12/2005	Frente Fria e ZCAS	15/12/2005	71,0
6	03 a 08/01/2006	ZCAS	05/01/2006	101,2
7	07 e 08/03/2006	ZCAS	07/03/2006	97,0
8	11 e 12/03/2006	Chegada de Frente Fria	11/03/2006	70,2
9	27 e 28/12/2006	Intensa Instabilidade Atmosférica	28/12/2006	75,2
10	05/01/2007	Intensa Instabilidade Atmosférica	05/01/2007	40,4
11	12 a 16/02/2007	ZCAS e Frente Fria	12/02/2007	69,9
12	18 a 20/10/2007	Intensa Instabilidade Atmosférica	19/10/2007	93,4
13	04 a 07/11/2007	Chegada de Frente Fria e ZCAS	04/11/2007	71,7
14	19 a 24/12/2007	ZCAS e Cavado em Médios e Altos Níveis	20/12/2007	139,0
15	20 a 25/01/2008	ZCAS, Frente Fria e Intensa Instabilidade Atmosférica	25/01/2008	104,0
16	03 e 04/02/2008	ZCAS e Frente Fria	04/02/2008	70,3
17	12 e 13/03/2008	Chegada de Frente Fria	13/03/2008	76,5
18	15 e 16/03/2008	ZCAS	16/03/2008	77,0
19	13 e 14/02/2009	Chegada de Frente Fria e ZCAS	13/02/2009	68,8
20	20 a 22/10/2009	Intensa Instabilidade Atmosférica	22/10/2009	91,9
21	29 a 31/12/2009	Intensa Instabilidade Atmosférica	30/12/2009	62,0
22	25 e 26/01/2010	Intensa Instabilidade Atmosférica	25/01/2010	132,3
23	03 e 04/03/2010	ZCAS	04/03/2010	108,4
24	15 a 19/12/2011	ZCAS	17/12/2011	164,0
25	31/12/2011 a 06/01/2012	ZCAS	02/01/2012	174,0

<sup>1</sup> ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico

Tabela 1 Casos de chuvas intensas em Minas Gerais no período de outubro a março, entre os anos de 2005 e 2012, selecionados para estudo.

## 2.2 Descrição das Integrações Realizadas - Modelo Eta

A modelagem regional dos vinte e cinco casos de chuvas intensas é elaborada usando o modelo de área limitada Eta, desenvolvido na Universidade de Belgrado em conjunto com o Instituto de Hidrometeorologia da Iugoslávia. O modelo Eta vem sendo utilizado desde 1996 no CPTEC/INPE, para previsões de curto e médio prazo. Este modelo é mais vantajoso em regiões de orografia complexa devido à coordenada vertical eta, pois esta trata adequadamente os problemas numéricos próximos de regiões com inclinação topográfica. O modelo regional se propõe a prever com maiores detalhes fenômenos associados à sistemas frontais, orografia, brisas marítimas e tempestades severas, por exemplo (Mesinger *et al.*, 1988; Black, 1994).

As integrações com o modelo Eta para este trabalho são elaboradas utilizando a versão de tempo com as configurações de Mesinger (1984), incluindo detalhamentos presentes em Mesinger *et al.* (2012), tais como mudança na coordenada vertical com efeito no topo das montanhas onde se permitem fluxos inclinados, inclusão de água líquida no cálculo da pressão, solo com 4 camadas, por exemplo. As previsões do modelo Eta do CPTEC/INPE, para os 25 casos listados na Tabela 1, são inicialmente geradas a partir das previsões do modelo Global do CPTEC/INPE (T126L28 – resolução horizontal de aproximadamente 100 x 100 km). A seguir, são geradas previsões com 72 horas de antecedência em relação ao dia de maior precipitação, sendo o tempo total de integração de 264 horas (11 dias). Tais configurações estão apresentadas na Tabela 2.

## 2.3 Métricas para Avaliação Objetiva

A avaliação objetiva das previsões do modelo Eta (40 km e 8 km) para eventos de chuvas intensas é elaborada confrontando-se os totais pluviométricos previstos para alguns pontos de grade do modelo onde existem dados observados de acumulados diários de precipitação. Os totais pluviométricos são acumulados sempre de 12 UTC do dia anterior até 12 UTC do dia em questão, isto é, chuva acumulada em 24 horas, para cada um dos 25 casos de chuvas intensas.

A metodologia empregada na avaliação objetiva das previsões de chuva realizadas com 72 horas de antecedência para o dia de maior intensidade de precipitação, é a mesma utilizada em Chou & Justi da Silva (1999). Calculam-se o BIAS ou Viés (Equação 1) e o - *Equitable Threat Score*” ou Índice Crítico de Sucesso Equitativo (ETS - Equação 2), conhecidos como variáveis categóricas.

$$BIAS = \frac{F}{O} \quad (1)$$

$$ETS = \frac{H - CH}{F + O - H - CH} \quad (2)$$

onde F é o número de eventos previstos para cada limiar de intensidade de chuva, O é o número de eventos observados, H é o número de acertos e CH é o fator de correção, dado por:

Modelo	Global do CPTEC (~ 100km)	Eta-40km	Eta-8km
Condição inicial	Análise do NCEP	Análise do NCEP	Análise do NCEP
Domínio dos modelos	90°S a 90°N; 180°W a 180°E	50,2°S a 12,2°N; 83°W a 25,8°W	25,5°S a 13,1°S; 53,5°W a 37,9°W
Condição de contorno	-	Previsões do modelo Global do CPTEC (T126L28) atualizadas a cada 6 h	Previsões do modelo Eta-40km atualizadas a cada 6 h
Pontos em x	384	144	196
Pontos em y	193	157	156
Níveis na vertical	41	22	39

Tabela 2 Configurações gerais dos modelos Global, Eta-40km e Eta-8km do CPTEC/INPE.

$$CH = \frac{F \times O}{N} \quad (3)$$

Onde N representa o número total de eventos. Em uma previsão perfeita o BIAS e ETS apresentam valor 1.

Os limiares de precipitação utilizados variam da categoria chuva-não chuva à chuva extremamente forte, como apresentado na Tabela 3.

Limiares (mm/dia)	Classificação da Chuva
≥ 0,3	Chuva/não chuva
≥ 10,0	Chuva fraca
≥ 20,0 ≥ 30,0 ≥ 40,0	Chuva moderada
≥ 50,0 ≥ 60,0 ≥ 70,0	Chuva forte
≥ 80,0	Chuva extremamente forte

Tabela 3 Limiares em mm por dia e classificação da intensidade da precipitação.

Na Tabela 4 são apresentadas as 35 estações meteorológicas (da ANA, CEMIG e INMET) utilizadas na avaliação objetiva a partir dos dados observacionais. Ressalta-se que devido a falta de informação da altitude da estação Fazenda Escola Florestal da ANA, utilizou-se a estação de Florestal do INMET na Tabela 4 cuja localização é a mesma da estação da ANA.

## 2.4 Elaboração da Avaliação Subjetiva

A avaliação subjetiva das previsões com 72 horas de antecedência é elaborada confrontando-se visualmente a localização das bandas de chuva previstas pelo modelo Eta, nas resoluções de 40 km e 8 km, com o posicionamento da faixa de precipitação observada. Além disso, os posicionamentos dos sistemas meteorológicos previstos pelo modelo Eta são comparados com as “observações”, representadas pela Reanálise ERA-Interim, disponível no sítio [http://data-portal.ecmwf.int/data/d/interim\\_daily/](http://data-portal.ecmwf.int/data/d/interim_daily/) numa resolução de 1,5° x 1,5° de latitude e longitude, nos horários de 0, 6, 12 e 18 UTC para o período de 1 de janeiro de 1979 até os dias atuais. Os campos utilizados são: pressão ao nível médio do mar (PNMM), ventos à 10 metros e linhas de corrente em 200 hPa.

## 3 Resultados

### 3.1 Avaliação Objetiva da Precipitação Prevista com 72 h de Antecedência

A Figura 1 apresenta os valores dos índices BIAS e ETS relativos à previsão de precipitação, com 72 horas de antecedência ao dia de maior precipitação acumulada em 24 horas, para o conjunto de 25 casos de chuvas intensas gerados com o modelo Eta-40km e Eta-8km. Analisando-se o BIAS (Figura 1A), nota-se uma superestimativa do número de eventos de chuvas fracas a moderadas (0,3 até 20 mm/dia) para ambas as resoluções. No limiar de 10 mm/dia (precipitação de fraca intensidade), a versão do modelo com resolução espacial de 40 km apresenta menor BIAS (1,04) comparado com a resolução de 8 km (1,13), indicando melhor performance desta versão (40 km). Para chuva acima de 60 mm/dia, nota-se uma subestimativa de ambas as versões do modelo, sendo que o de 8 km apresenta melhor performance do que aquela com a maior resolução, com valores de BIAS próximos à unidade. Para chuvas moderadas (entre 30 e 50 mm/dia) o Eta-8km apesar de subestimar o número de eventos, contrariamente ao Eta-40km, apresenta em geral valores de BIAS mais próximos à unidade do que o Eta-40km.

Para o índice ETS (Figura 1B), nota-se uma queda relevante em direção aos limiares de chuva mais elevados nas versões de 40 km e 8 km. Entre os limiares de 10 e 30 mm/dia (precipitações classificadas como de fraca a moderada intensidade na região em estudo), o modelo com versão de 40 km apresenta o melhor desempenho, ou seja, mais próximo a unidade, em comparação com a resolução de 8 km. A partir de 40 mm/dia, a performance do modelo da versão de 8 km supera a com resolução de 40 km, inclusive nas categorias de precipitações fortes a extremamente fortes (limiares de 70 a 80 mm/dia).

Na Figura 2 são apresentados os dez maiores totais pluviométricos diários ocorridos dentre os vinte e cinco casos estudados e suas respectivas previsões elaboradas pelo modelo Eta-40km e Eta-8km nos pontos de grade mais próximos à observação. Nota-se que em 9 dos 10 máximos observados, o modelo Eta-8km apresenta melhor desempenho do que o Eta-40km, apesar de ambas as versões subestimarem os máximos observados. O Eta-8km apresenta a

Número	Estações	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Município	Altitude	RESPONSÁVEL
1	Pirapora Ponte	17,37	44,94	Pirapora	489	CEMIG
2	Ponte Br 040	18,11	45,46	São Gonçalo do Abaeté	798	CEMIG
3	Lagoa do Gouvéia	19,00	45,96	Tiros	1035	ANA
4	Barra do Funchal	19,08	44,95	Serra da Saudade	720	ANA
5	Felixlândia	18,75	44,89	Felixlândia	628	ANA
6	Lagoa da Prata	20,02	45,04	Lagoa da Prata	658	ANA
7	Silva Campos	19,09	44,95	Pompéu	662	ANA
8	Pompéu	19,21	45,00	Pompéu	691	INMET
9	Porto Andorinhas	19,15	45,45	Abaeté	647	CEMIG
10	Porto Mesquita	19,17	44,70	Pompéu	657	CEMIG
11	Porto Pará	19,33	45,23	Martinho Campos	674	CEMIG
12	Barro Preto	18,73	44,88	Mateus Leme	847	ANA
13	Entre Rios de Minas	20,67	44,06	Entre Rios de Minas	885	ANA
14	Fazenda Benedito Chaves	20,19	44,42	Itatiaiuçu	944	ANA
15	Melo Franco	20,11	44,20	Brumadinho	761	ANA
16	Papagaios	19,44	44,74	Papagaios	703	ANA
17	Ponte Nova do Paraopeba	19,96	44,19	Betim	721	ANA
18	Florestal	19,88	44,41	Florestal	745	INMET
19	Ibirité	20,01	44,05	Ibirité	815	INMET
20	Ponte dos Vilelas	20,40	44,62	Itaguara	839	CEMIG
21	Rio de Pedras	20,25	43,80	Itabirito	870	CEMIG
22	SE Barreiro	19,91	43,93	Belo Horizonte	885	CEMIG
23	SE Conselheiro Lafaiete	20,66	43,78	Conselheiro Lafaiete	995	CEMIG
24	SE Ouro Preto	20,38	43,50	Ouro Preto	1179	CEMIG
25	SE Pitangui	19,68	44,89	Pitangui	709	CEMIG
26	Bambuí	20,02	45,97	Bambuí	654	ANA
27	Pium I	20,46	45,94	Piumhi	806	ANA
28	Bambuí	20,03	45,00	Bambuí	661	INMET
29	Cajuru	20,18	44,77	Carmo do Cajuru	772	CEMIG
30	Fazenda Campo Grande	20,63	44,44	Passa Tempo	980	CEMIG
31	Gafanhoto	20,13	44,88	Divinópolis	712	CEMIG
32	Iguatama Montante	20,17	45,71	Iguatama	664	CEMIG
33	São Roque de Minas	20,24	46,36	São Roque de Minas	818	CEMIG
34	Vargem Bonita	20,32	46,36	Vargem Bonita	768	CEMIG
35	Ponte Tiradentes	21,12	44,23	São João del Rei	898	CEMIG

Tabela 4 Informações referentes às 35 estações da ANA, INMET e CEMIG utilizadas para avaliação objetiva das previsões de chuva geradas pelo Eta-40km e Eta-8km.

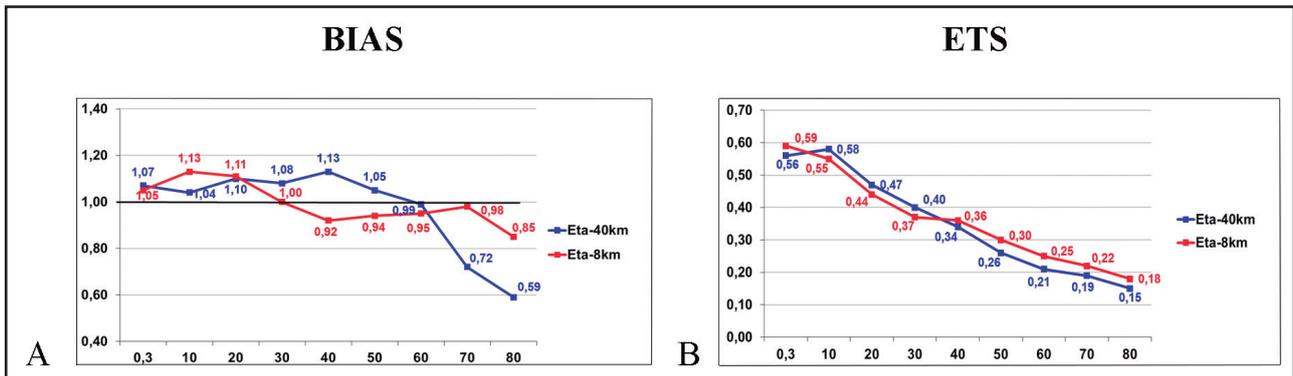


Figura 1 Valores de (A) BIAS e (B) ETS relativos às previsões de chuvas do Eta-8km e Eta-40km para 72 horas nos 25 casos extremos. Unidade do eixo x é mm/dia. Eixo y é adimensional.

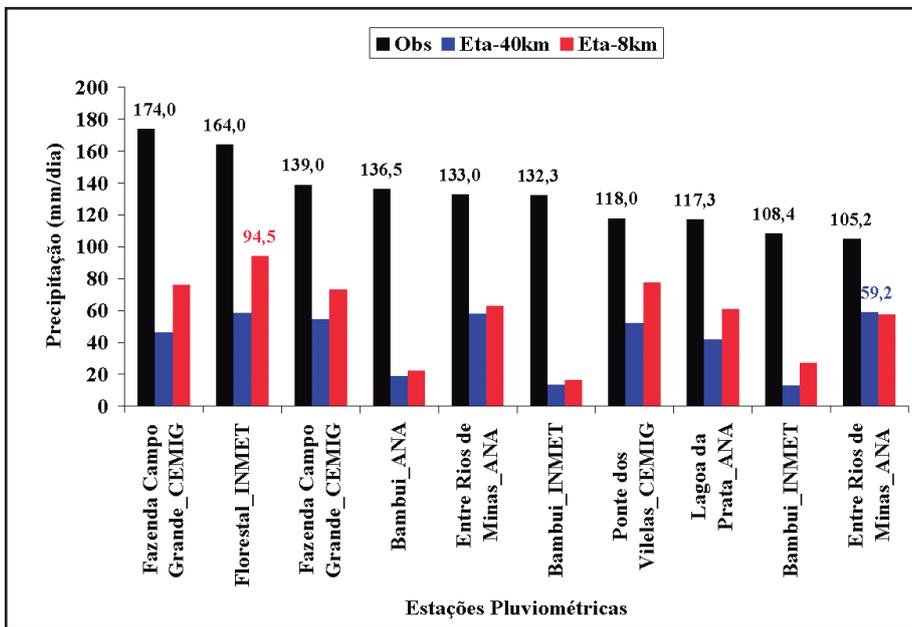


Figura 2 Comparação entre os dez maiores totais pluviométricos (mm/dia) observados (preto) e previstos com o Eta-40km (azul) e Eta-8km (vermelho). Melhor performance do modelo Eta-8km: 94,5 mm no dia 02/01/2012 (destacado em vermelho). Melhor performance do Eta-40km: 59,2 mm no dia 20/12/2007 (destacado em azul).

melhor performance com o valor de 94,5 milímetros (mm) no ponto de grade próximo à estação Florestal do INMET no dia 02 de janeiro de 2012. Já o Eta-40km tem o melhor desempenho no ponto próximo à estação Entre Rios de Minas pertencente à ANA, indicando uma precipitação de 59,2 mm no dia 20 de dezembro de 2007.

### 3.2 Avaliação Subjetiva da Precipitação Prevista com 72 h de Antecedência

Uma avaliação subjetiva dos 25 casos de chuvas intensas analisados mostrou que em 18 deles (casos 2, 4, 6, 7, 9 a 14, 16 a 19, e 22 a 25, listados na Tabela 1) o posicionamento do sistema meteorológico atuante é previsto corretamente. A Figura 3 mostra os campos de precipitação observada e prevista, com 72 horas de antecedência ao dia de

maior chuva registrada em 24 horas, pelo Eta-40km e Eta-8km no caso 25. Tal evento causou enormes prejuízos, pois quarenta e cinco municípios de MG ficaram em situação de emergência (Fonte: CPTEC/INPE) causando prejuízos à população do entorno da área estudada. Neste caso, a precipitação na estação Fazenda Campo Grande da CEMIG (localizada na cidade de Passa Tempo) atingiu 174,0 milímetros no dia 02 de janeiro de 2012 (Tabela 1).

Para os 18 casos onde o modelo acerta o posicionamento do evento meteorológico em questão, em 10 (casos 2, 6, 7, 11, 14, 16, 18, 23 a 25), ou seja, em 56% dos eventos, o fenômeno foi ocasionado pela atuação da ZCAS. Uma análise mais detalhada destes 10 casos de ZCAS mostra que 7 deles (casos 2, 6, 11, 14, 18, 24 e 25) estão associados a áreas de baixa pressão, posicionadas na

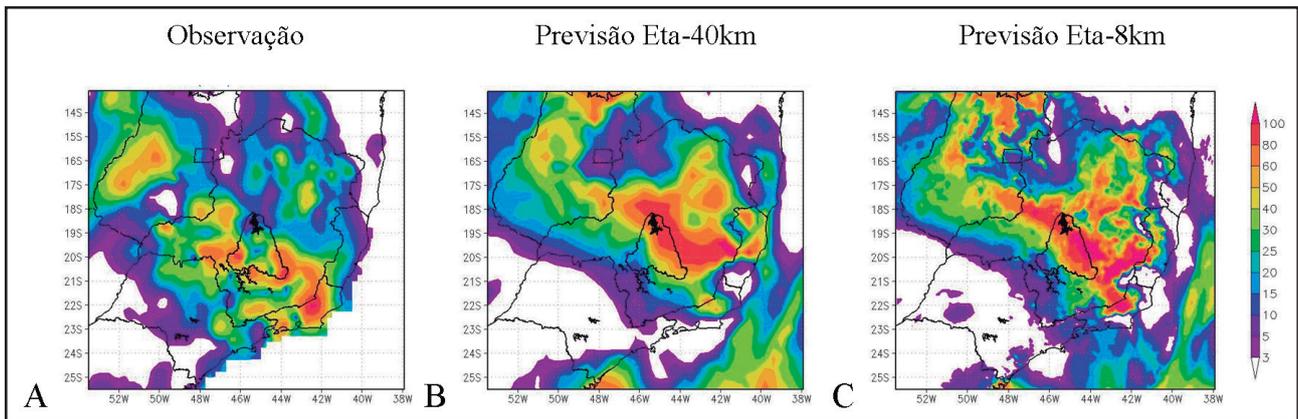


Figura 3 Precipitação acumulada em 24 horas (entre 12UTC do dia 01/01/2012 e 12UTC do dia 02/01/2012) referentes ao caso 25, listado na Tabela 1: (A) observação; previsões do modelo com 72 horas de antecedência para (B) Eta-40km e (C) Eta-8km.

Costa Sul-Sudeste do Atlântico. Em 2 eventos (casos 7 e 16), a ZCAS atua sozinha, propagando-se até o oceano e em 1 evento (caso 23), o sistema está ligado a uma alta pós-frontal que auxilia na manutenção do posicionamento da ZCAS sobre a região em estudo (não mostrado).

A Figura 4 apresenta o campo de PNMM e ventos à 10 metros do caso 25. Os campos meteorológicos gerados pelas previsões do modelo Global do CPTEC/INPE e o Eta-40km são confrontados com a Reanálise ERA-Interim. Neste evento, a intensidade e a área do núcleo de baixa pressão (centrado em 30°S,45°W) apesar de subestimada pelo modelo Global do CPTEC/INPE,

é superestimada pelo modelo Eta-40km, gerando convergência e ventos mais intensos relacionados a esse sistema (campos não apresentados). Em relação ao posicionamento, o modelo Global do CPTEC/INPE (e consequentemente o Eta-40km) previram corretamente a localização do sistema de baixa pressão.

Para os altos níveis da troposfera (Figura 5), verifica-se no caso 25 uma boa previsão de ambos os modelos da localização do vórtice ciclônico associado ao cavado da ZCAS, estendendo-se, portanto, desde a superfície até 200 hPa. A difluência na área da Alta da Bolívia é bem prevista pelos modelos com 72 horas de antecedência.

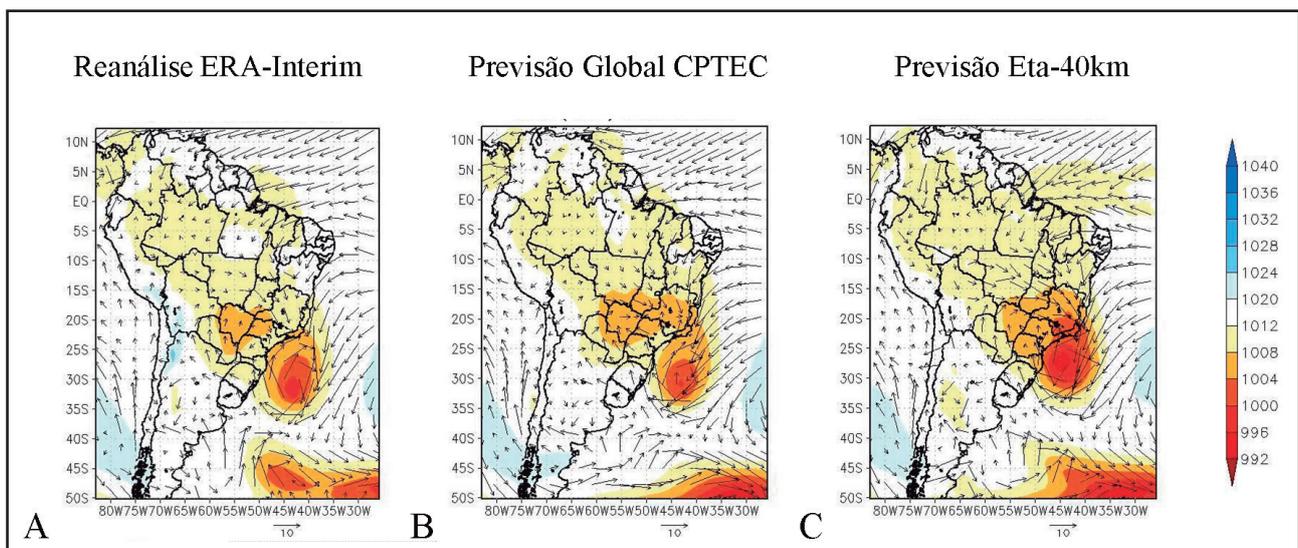


Figura 4 Pressão atmosférica (hPa) ao nível médio do mar (sombreado) a cada 4 hPa e ventos (m/s) à 10 m (vetor): (A) Reanálise ERA-Interim, previsões dos modelos (B) Global CPTEC/INPE e (C) Eta-40km para o dia 02/01/2012 às 12 UTC.

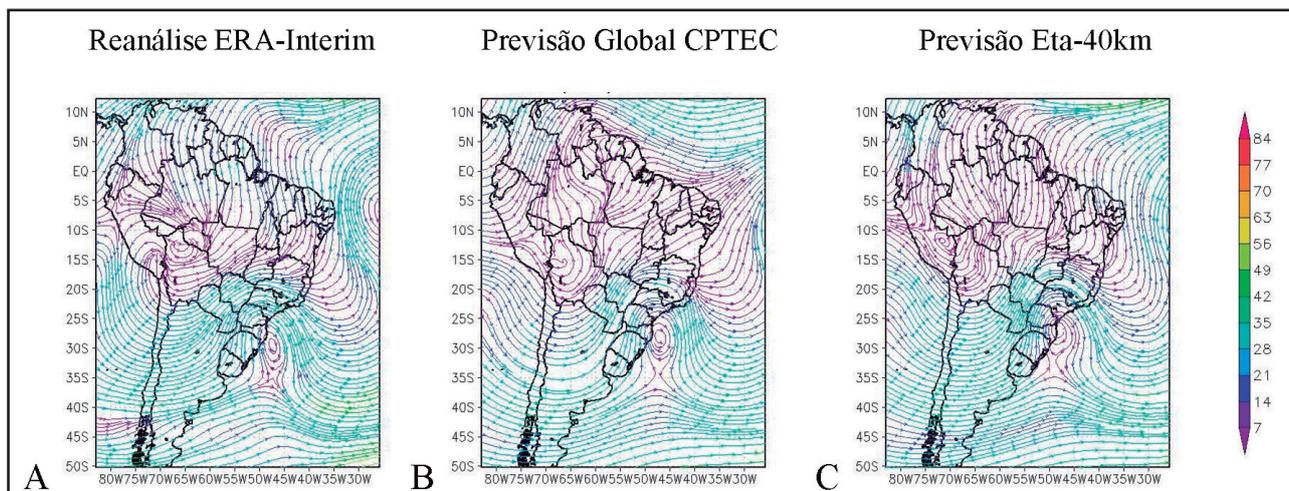


Figura 5 Linhas de corrente (m/s) em 200 hPa: (A) Reanálise ERA-Interim, previsões do modelo (B) Global CPTEC/INPE e do (C) Eta-40km para o dia 02/01/2012 às 12 UTC.

#### 4 Conclusões

Neste trabalho, o modelo regional Eta do CPTEC/INPE é configurado sobre a região da Bacia do Rio São Francisco, à montante da UHE Três Marias, em Minas Gerais, em duas versões: 8 km e 40 km de resolução espacial. Previsões com 72 horas de antecedência ao dia de maior precipitação registrada são elaboradas com ambas as versões do modelo para 25 casos de chuvas intensas na região em estudo. A avaliação objetiva das previsões do modelo Eta para 72 horas mostra que as versões de 40 km e 8 km superestimam a quantidade de eventos de chuvas fracas a moderadas e subestimam a quantidade de eventos de chuvas fortes. Analisando-se o ETS, nota-se que o Eta-8km apresenta melhor resultado comparado ao Eta-40km, para eventos de chuva moderada a forte. Em relação aos 10 maiores totais pluviométricos diários observados nos 25 casos, o modelo Eta-8km apresenta melhor desempenho do que o Eta-40km em 9 das 10 ocorrências. Contudo, ambas as resoluções subestimam os máximos observados.

As avaliações das previsões dos 25 casos de chuvas intensas, estudados neste trabalho, indicam que quando o modelo Global do CPTEC/INPE não consegue prever adequadamente a posição dos sistemas meteorológicos atuantes, as previsões do modelo Eta acompanharão as previsões do primeiro modelo, sendo impossível o aprimoramento de suas previsões. Nos casos em que o modelo Global apresenta uma boa performance para prever a localização dos sistemas, o desempenho de ambos os modelos dependerá das intensidades dos sistemas em si, ou seja, nos eventos de intensos sistemas frontais, ciclones extratropicais, cavados ou outros, a previsibilidade é bastante acentuada, como no caso 25.

#### 5 Agradecimentos

O trabalho foi desenvolvido como parte da dissertação de mestrado do primeiro autor com apoio do Programa de P&D da CEMIG GT464, regulado pela ANEEL. Os autores agradecem à ANA, CEMIG e INMET pelo fornecimento dos dados.

#### 6 Referências

- Black, T.L. 1994. The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. *Weather and Forecasting*, 9: 265-278.
- Chou, S.C. & Justí da Silva, M.G.A. 1999. Objective Evaluation of Eta Model Precipitation Forecasts Over South America. *Climanálise*, 1: 1-17.
- Liebmann, B.; Jones, C. & Carvalho, L.M.V. 2001. Interannual Variability of Daily Extreme Precipitation Events in the State of São Paulo, Brazil. *Journal of Climate*, 14:208-218.
- Lima, D.R.O. 2005. *Diagnóstico de chuvas e previsão meteorológica para a Bacia Hidrográfica do Rio Manso*. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, 155p.
- Mesinger, F. 1984. A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. *Revista Meteorologica Aeronautica*, 44:195-202.
- Mesinger F.; Chou S.C.; Gomes J.L.; Jovic D.; Bastos P.; Bustamante J.F.; Lazic L.; Lyra A.A.; Morelli S.; Ristic I. & Veljovic K. 2012. "An upgraded version of the Eta Model", *Meteorology and Atmospheric Physics*, 116:63-79, doi: 10.1007/s00703-012-0182-z.
- Mesinger, F.; Janjic Z. I.; Nickovic, S.; Gavrirov, D. & Deaven, D. G. 1988. The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. *Monthly Weather Review*, 116:1493-1518.
- Pessoa, M.L. & Mine, M.R.M. 1994. "Benefícios da Meteorologia para o Setor Elétrico Brasileiro". In: LACERDA, P.M. (ed.). *Meteorologia e Hidrologia: aspectos e considerações no contexto brasileiro*, 1ª ed., p.139-154.