

**AVALIAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO SOBRE A AMÉRICA  
DO SUL E VALIDAÇÃO DE SIMULAÇÕES NUMÉRICAS OBTIDAS  
COM O MODELO REGIONAL BRAMS**

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

Josiane da Silva (Fatec Cruzeiro, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: [josiane.silva@cptec.inpe.br](mailto:josiane.silva@cptec.inpe.br)

Ariane Frassoni dos Santos de Mattos (INPE, Orientadora)  
E-mail: [ariane.frassoni@cptec.inpe.br](mailto:ariane.frassoni@cptec.inpe.br)

Julho de 2011

# SUMÁRIO

Pág.

<b>1 INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>2 DADOS E METODOLOGIA</b> . . . . .	<b>4</b>
2.1 Descrição dos Dados . . . . .	4
2.1.1 <i>Tropical Rainfall Measuring Mission</i> – TRMM . . . . .	4
2.1.2 MERGE . . . . .	5
2.1.3 Clima CPTEC/INPE . . . . .	5
2.1.4 <i>Global Precipitation Climatology Project</i> – GPCP . . . . .	6
2.1.5 Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System – BRAMS . . . . .	7
<b>3 RESULTADOS</b> . . . . .	<b>7</b>
3.1 Comparação dos Dados . . . . .	7
3.2 Considerações sobre a comparação dos dados . . . . .	7
3.3 Validação das simulações obtidas com o Modelo BRAMS . . . . .	10
3.3.1 RMSE . . . . .	10
3.3.2 VIES . . . . .	12
3.3.3 Considerações finais sobre as avaliações das simulações . . . . .	14
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> . . . . .	<b>15</b>

## Resumo

O conhecimento da distribuição espacial e temporal da precipitação, bem como da qualidade de diferentes conjuntos de dados disponíveis são extremamente necessários para a validação de modelos de previsão numérica de tempo e clima. Este trabalho tem como objetivo avaliar os dados de precipitação disponíveis no banco de dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), do *Global Precipitation Climatology Project (GPCP)*, da *National Agency of Atmospheric Administration (NASA)* e do conjunto de dados de precipitação estimada pelo satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*, também da NASA. Além disso, também é realizada a avaliação de campos de chuva simulados pelo modelo regional *Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System (BRAMS)*.

## 1 INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis mais importantes quando se trata de tempo e clima. O regime de precipitação é a principal característica climática que determina a duração das estações. Conhecer a variabilidade espacial e temporal da distribuição da precipitação é fundamental para diversos setores da sociedade, como agricultura, pecuária, a geração de energia e controles de inundações.

No entanto esta tarefa não é muito fácil, em razão de não haver uma estimativa de precipitação disponível que cubra suficientemente todo o globo. O conhecimento da precipitação sobre uma região também é importante para a previsão de tempo e simulações climáticas com modelos numéricos de circulação geral.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os dados de precipitação disponíveis no banco de dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP), da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e do conjunto de dados de precipitação estimada pelo satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), bem como realizar a avaliação de campos de chuva simulados pelo modelo regional *Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System* (BRAMS), buscando identificar possíveis erros sistemáticos no modelo, com o intuito de fornecer subsídios para os modeladores solucionarem possíveis problemas com as parametrizações de precipitação.

Segundo Rozante et al. (2010), a cobertura de dados meteorológicos observados sobre a América do Sul é muito pequena. Esta baixa densidade de dados, principalmente no interior do continente, e a quase inexistência sobre os oceanos, pode comprometer a validação de modelos numéricos. Por isso a importância de estudos sobre a precipitação nesta região.

## **2 DADOS E METODOLOGIA**

O período de dados utilizados na avaliação é de dezembro de 2004 a fevereiro de 2007, sobre a América do Sul. Os quatro conjuntos de dados foram analisados calculando os campos de precipitação acumulada mensal para todo o período.

### **2.1 Descrição dos dados**

A seguir, é apresentada uma breve descrição de cada um dos conjuntos de dados avaliados.

#### **2.1.1 *Tropical Rainfall Measuring Mission – TRMM***

O TRMM é um projeto conjunto entre a NASA e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA). O satélite foi lançado em novembro de 1997 com o objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nos trópicos. São fornecidos diversos produtos de estimativas através de combinação de instrumentos, como o imageador de microondas (TMI), radar de precipitação (PR), radiômetro no visível e no infravermelho (VIRS). O produto 3B42RT usa estimativas de precipitação por microondas do TMI, corrigidas através de informações sobre a estrutura vertical das nuvens, obtidas do PR.

Embora os produtos TRMM sejam muito úteis para validação de modelos numéricos, alguns erros sistemáticos são verificados, principalmente na faixa leste do nordeste do Brasil (subestimativas associadas às nuvens quentes - VASQUES, 2007) e divisas entre a Argentina, Paraguai e sul do Brasil (superestimativas associadas às nuvens com topos frios - ROZANTE et al. 2008).

Os produtos do TRMM (3B42RT) são disponibilizados com resolução temporal de 3 horas e espacial de 0.25°. Os dados podem ser encontrados no sítio [www.trmm.gsfc.nasa.gov](http://www.trmm.gsfc.nasa.gov). Neste trabalho, os dados utilizados foram obtidos com a colaboração do Dr. Rozante.

#### **2.1.2 MERGE**

Atualmente, o CPTEC/INPE avalia seus modelos operacionais utilizando o produto gerado a partir da combinação entre a precipitação observada acumulada em 24 horas e a

estimada pelo satélite TRMM, também acumulada em 24 horas. A combinação entre os dados observados e o produto do TRMM é denominada Merge, a qual é descrita a seguir.

- Primeiramente, são localizados todos os pontos de estações existentes sobre o domínio de interesse da grade do TRMM.
- Em seguida, nos 'grid box' que existem observações, são desconsiderados os valores de precipitações estimados pelo TRMM. A fim de dar mais peso para os dados pluviométricos, são desconsiderados também os outros 24 'grid box' que estão em torno do que contém a estação.
- Através do campo de precipitação restante do TRMM, é gerada uma lista em formato *ASCII*, contendo um identificador qualquer (foi escolhido o 33333), a latitude, a longitude e os valores da precipitação para cada ponto de grade válido (retirando os pontos das regiões).
- Nesta lista, é adicionada a informação obtida a partir das observações de superfície, utilizando como identificador o código da estação.
- Os resultados da combinação entre os dados da precipitação estimada pelo TRMM e os de superfície são interpolados para uma grade regular utilizando como método de interpolação a análise objetiva de Barnes (Barnes, 1973).

Os dados Merge possuem resolução de 0,25° e estão disponíveis a cada 24 horas. Para este trabalho, os dados também foram obtidos por comunicação pessoal com o Dr. Rozante, responsável pelo desenvolvimento desta metodologia.

### **2.1.3 Clima CPTEC/INPE**

O CPTEC/INPE também dispõe de dados obtidos a partir de estações meteorológicas convencionais e automáticas, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e centros regionais do Brasil. A distribuição espacial destas redes de observações é bastante irregular. As maiores concentrações destas estações estão na faixa leste do continente sul-americano, sobre o Brasil. No interior do continente, a densidade da rede pluviométrica é bastante baixa, principalmente nas faixas norte e sul do continente, além de que sobre os oceanos adjacentes praticamente não existem medições.

Os dados do Clima possuem resolução de 1°, estão disponíveis a cada 24 horas, e foram obtidos através do grupo de Clima do CPTEC/INPE.

#### **2.1.4 *Global Precipitation Climatology Project – GPCP***

O GPCP, estabelecido desde 1986, estima a precipitação unindo um satélite constituído de sensores em infravermelho e microondas com dados de chuva de aproximadamente 6700 estações ao redor do globo. Os dados do GPCP são capazes de revelar mudanças na precipitação observada nas escalas de tempo sazonal a interanual e na validação da precipitação das reanálises do *National Center for Atmospheric Research* (NCEP) e *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF).

Um dos principais objetivos do GPCP é desenvolver uma compreensão mais completa dos padrões espaciais e temporais de precipitação global. A grande vantagem destas estimativas é que são aproveitados os aspectos bons que cada fonte de dados oferece após a correta manipulação (VASQUES, 2007).

Os dados do GPCP possuem resolução de 2,5°, disponíveis a cada mês, e podem ser encontrados no sítio <http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/wmo/wdcamet-ncdc.html>.

#### **2.1.5 *Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System – BRAMS***

O modelo regional BRAMS é um projeto comum entre diversas instituições brasileiras, entre elas o CPTEC/INPE, e apoiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). O BRAMS baseado na versão 6 do *Regional Atmospheric Modeling System* (RAMS) (WALKO et al., 2000) aplicado aos trópicos e subtropicos, sendo incluídas varias novas funcionalidades e parametrizações especializadas para a América do Sul (FREITAS et al., 2007). O BRAMS foi totalmente acoplado ao modelo CATT, formando o modelo CATT-BRAMS, que é resultado dos trabalhos de Longo (1999) e Freitas (1999), e pode ser visto em detalhes em Freitas et al. (2007).

### **3 RESULTADOS**

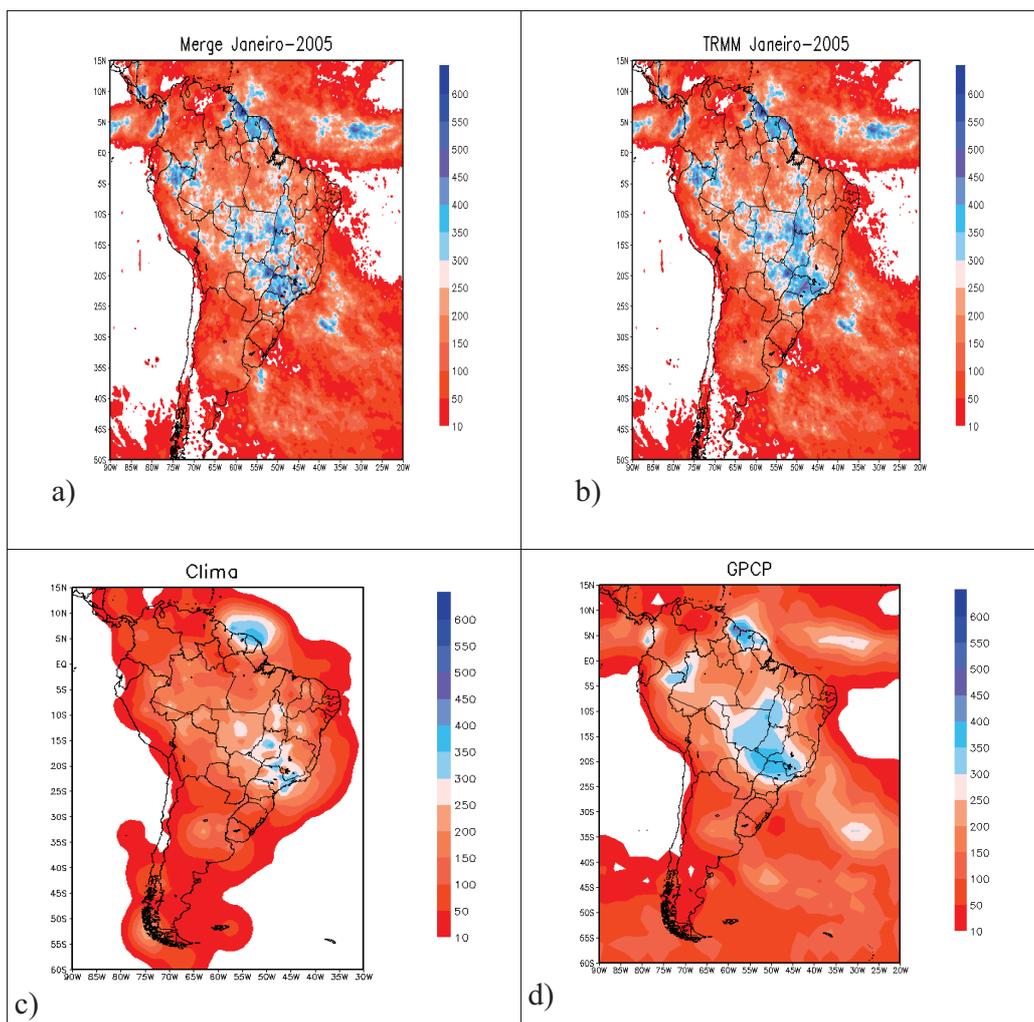
A seguir serão apresentados os resultados alcançados durante a realização do projeto.

#### **3.1 Comparação dos dados**

Foram realizadas análises dos campos de precipitação acumulada para todo o período de estudo. Porém, devido ao grande número de figuras, nem todas foram mostradas.

Observou-se em grande parte da América do Sul muita semelhança entre os dados do TRMM, Merge e GPCP, apesar da diferença de resolução. Na parte Sul, não há diferenças entre eles. As principais diferenças notadas estão principalmente nos meses de janeiro, abril, julho, outubro de 2005 e janeiro, fevereiro março, maio, julho, agosto, setembro, outubro, novembro de 2006 (figuras não mostradas). Verificaram-se nas imagens dos dados do TRMM maiores áreas sem chuvas na Região Nordeste do Brasil, quando comparado aos demais dados. Nos dados do Clima não nota-se as áreas de chuvas intensas mostradas pelos demais dados nas Regiões Central e Noroeste da América do Sul. Estes dados também não registraram as chuvas intensas sobre o Oceano Atlântico Norte, associadas à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

No período de janeiro de 2005 (Figura 1), verificou-se pequena diferença na intensidade de chuva observada nos dados Merge (Figura 1(a)) comparado aos dados TRMM (Figura 1(b)). Nas Figuras 1(c) e 1(d), referentes aos dados Clima e GPCP, observa-se menor intensidade nas áreas de chuva.



**Figura 1:** Precipitação acumulada mensal (mm) para o mês de janeiro de 2005, obtida utilizando os conjuntos de dados (a) Merge, (b) TRMM, (c) Clima (CPTEC) e (d) GPCP.

No período de outubro de 2005 (Figura 2), verificaram-se chuvas da ordem de 300 mm a até 600 mm na região noroeste da América do Sul, ZCIT e Região Sul do Brasil utilizando-se os dados Merge (2(a)), TRMM (2(b)) e GPCP (2(d)). Entretanto, os dados do Clima só registraram chuvas desta magnitude na Região Sul do Brasil (2(c)).

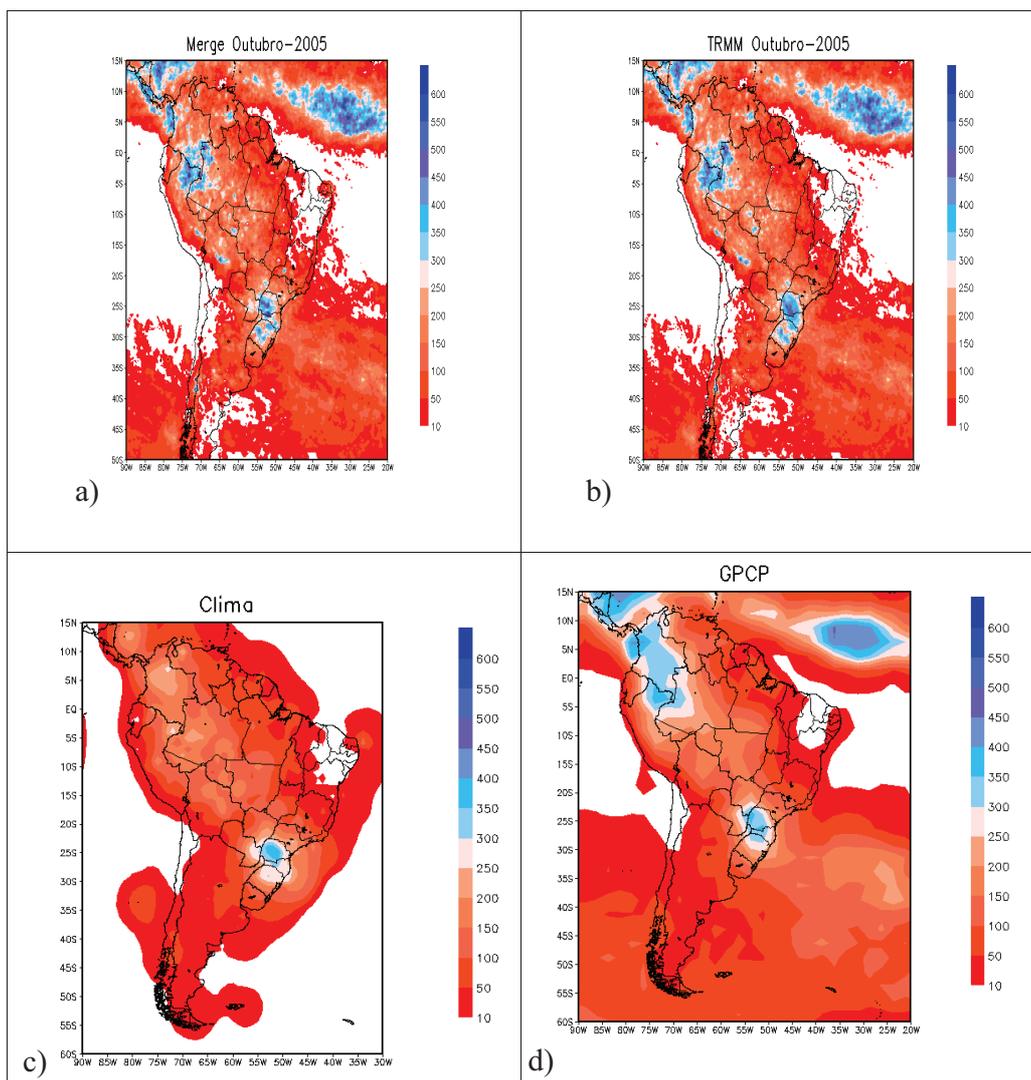


Figura 2: Idem à Figura 1, exceto para o mês de outubro de 2005.

### 3.2 Considerações sobre a comparação dos dados

As diferenças entre os dados Merge e o produto TRMM são muito pequenas. A maior diferença notada entre eles está sobre a Região Nordeste do Brasil, onde o TRMM apresenta áreas maiores sem chuvas. Isto se deve à deficiência do produto TRMM em estimar precipitação proveniente de nuvens quentes ocorrida nesta Região.

Apesar dos dados obtidos do grupo de Clima do CPTEC apresentarem resolução mais grosseira, verificou-se em alguns meses a intensidade de chuva semelhante aos dados Merge. As regiões de chuva verificadas nos dados do Clima são em alguns casos bem

diferentes dos demais. As principais diferenças estão na Região Central do Brasil, noroeste da América do Sul e região de atuação da ZCIT. Essas deficiências devem ser melhor investigadas.

Os dados do GPCP se assemelham mais aos dados do TRMM e Merge, não apresentando a mesma deficiência com relação à Região Nordeste do Brasil.

### **3.3 Validação dos resultados obtidos com o Modelo BRAMS**

Após a comparação dos quatro tipos de dados, optou-se por utilizar os dados Merge para a validação dos resultados obtidos com o modelo BRAMS. Na avaliação estatística das simulações obtidas com o modelo BRAMS, foram calculados os índices Raiz do Erro Quadrático Médio - RMSE e Viés.

O conjunto de fechamentos do esquema de GD implementado no modelo BRAMS atualmente é composto de perturbações em torno dos fechamentos de Grell (1993), Arakawa e Schubert (1974), Kain e Fritsch (1992), Low-level Omega (Brown, 1979) e convergência de umidade (Krishnamurti et al., 1983), referenciados a partir de agora como GR, AS, SC, LO, MC, EN, respectivamente.

#### **3.3.1 RMSE**

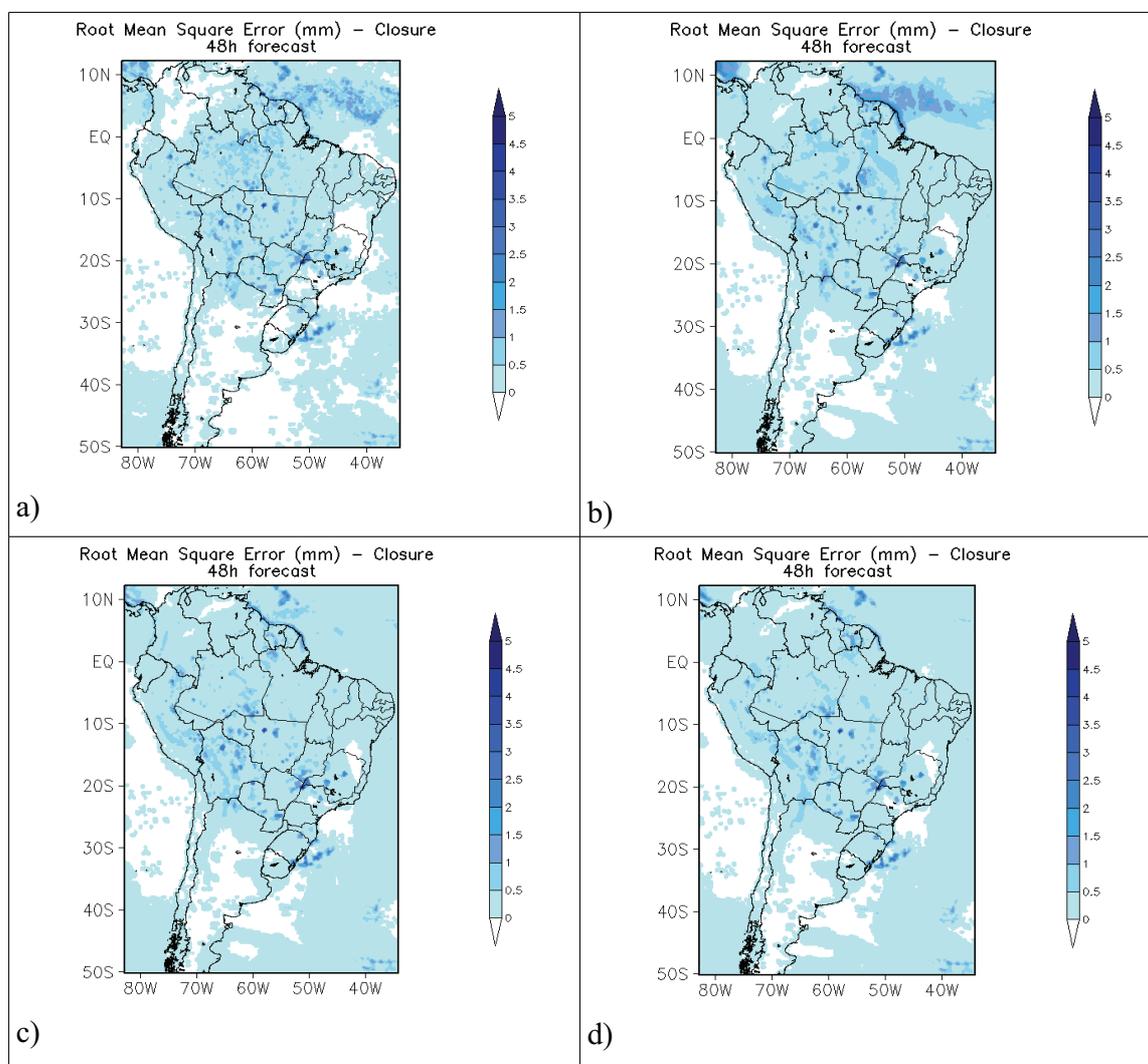
Observa-se nas Figuras 3 (a) e 3 (b), correspondentes aos fechamentos AS e EN, respectivamente, erros com valores de 1 a 3, nos seguintes países: Paraguai, Bolívia, Peru, Colômbia, Guiana, Suriname e no Brasil, nos seguintes estados: Rio Grande do Sul (maior índice), São Paulo (maior índice), Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Rondônia, Pará, Amazonas, Roraima, (Oceano (maior índice)).

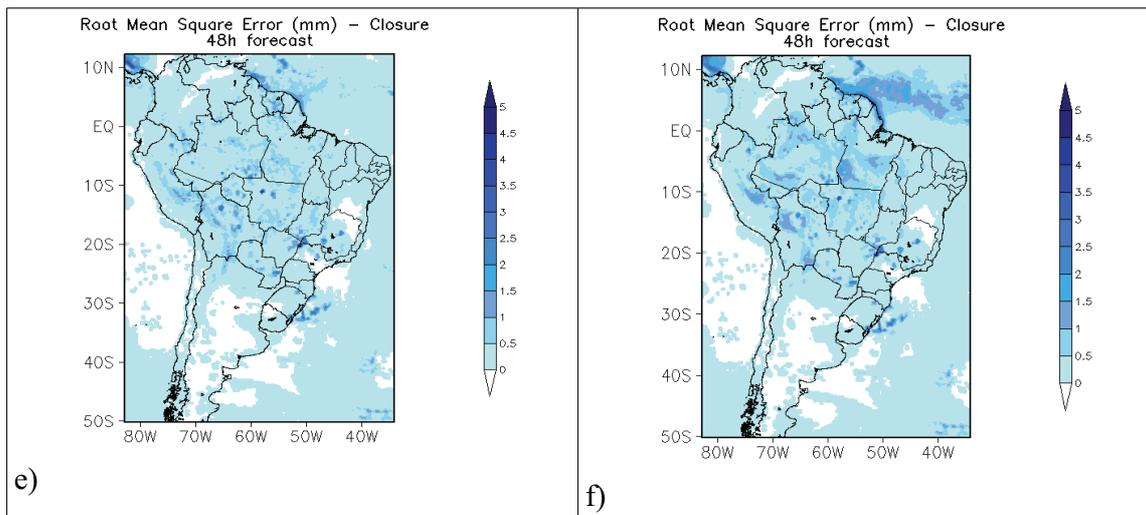
Observa-se na Figura 3 (c), fechamento GR, erros com valores de 1 a 3, nos seguintes países: Paraguai, Bolívia, Peru, Colômbia, Suriname e no Brasil, nos seguintes estados: Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Pará, Amazonas, Amapá, Rondônia.

Observa-se na Figura 3 (d), fechamento LO, erros com valores de 1 a 3, nos seguintes países: Paraguai, Bolívia, Peru, Colômbia, Suriname e no Brasil, nos seguintes estados: São Paulo (maior índice), Mato Grosso do Sul, Minas Gerais (maior índice), Goiás, Mato Grosso, Amazonas.

Observa-se na Figura 3 (e), fechamento MC, erros com valores de 1 a 3, nos seguintes países: Paraguai, Bolívia, Peru, Colômbia, Suriname e no Brasil, nos seguintes estados: São Paulo (maior índice), Mato Grosso do Sul, Minas Gerais (maior índice), Goiás, Mato Grosso, Pará, Amazonas, Rondônia, (Oceano).

Observa-se na Figura 3 (f), fechamento SC, erros com valores de 1 a 3, nos seguintes países: Paraguai, Bolívia, Peru, Venezuela, Suriname e no Brasil, nos seguintes estados: Rio Grande do Sul, São Paulo (maior índice), Mato Grosso do Sul, Minas Gerais (maior índice), Goiás, Mato Grosso, Pará, Amazonas, Rondônia, (Oceano (maior índice)).





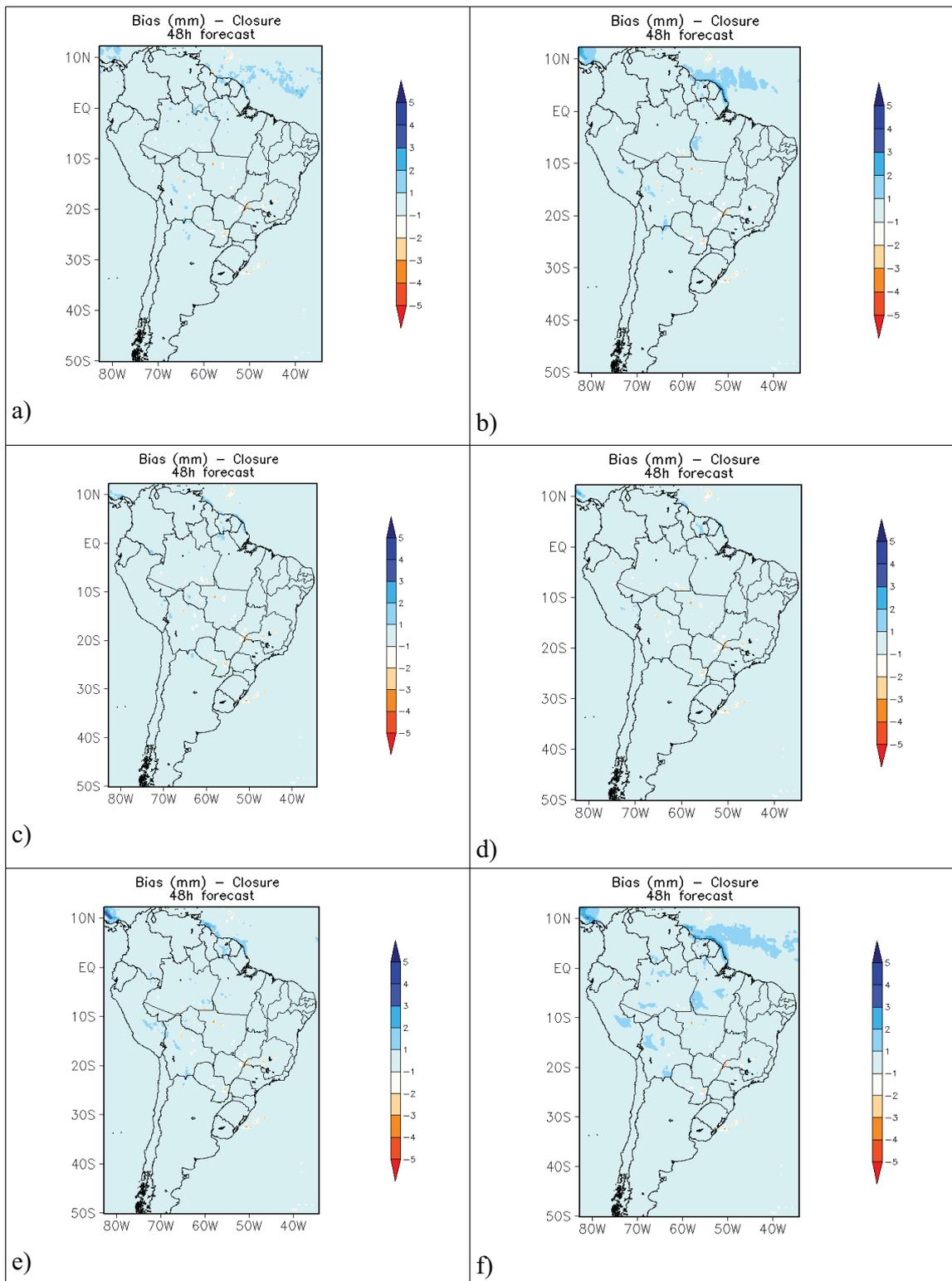
**Figura 3:** RMSE dos erros das previsões do modelo BRAMS para o período de dezembro de 2004 às 48 horas para os experimentos AS (a), EN (b), GR (c), LO (d), MC (e) e SC (f), respectivamente.

### 3.3.2 Viés

Nos fechamentos GR e LO, Figuras 4 (c) e 4 (d), observa-se viés = 0 em praticamente toda a região da América do Sul.

Observa-se nas Figuras 4 (a), 4 (b), 4 (d), 4 (e), correspondentes aos fechamentos AS, EN, LO e MC, respectivamente, viés positivo no Suriname.

Observa-se nas Figuras 4 (f), fechamento SC, viés positivo no Peru e Bolívia, e nos Estados Brasileiros do Amazonas e do Pará.



**Figura 4:** Viés das previsões do modelo BRAMS para o período de dezembro de 2004 às 48 horas para os experimentos AS (a), EN (b), GR (c), LO (d), MC (e) e SC (f), respectivamente.

### **3.3.3 Considerações finais sobre as avaliações**

No caso do RMSE, os maiores valores de erros apresentam-se utilizando os fechamentos SC e EN, com maiores índices no Peru, Bolívia e Brasil, nos Estados Amazonas, Pará e Mato Grosso, e no Oceano Atlântico. Ambos os fechamentos apresentaram alto índice de erro nas divisas entre os Estados brasileiros de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

Com relação ao Viés, o modelo apresenta tendência a superestimativa utilizando os fechamentos EN e SC. O fechamento SC apresentou o maior superestimativa, e apresentando menores índices, os fechamentos AS, GR e LO.

É necessário futuramente, reavaliar os resultados com maior frequência temporal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHRIS, F.; EDERER, G.; PEDREROS, D. **Tropical Rainfall Measuring Mission**. UCSB Climate Hazard Group, 2007.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE – Disponível em: <<http://www6.cptec.inpe.br/index.html>> Acesso em: set. 2010.

CCATT-BRAMS - Qualidade do Ar – Disponível em: <[http://meioambiente.cptec.inpe.br/modelo\\_cattbrams.php?lang=pt](http://meioambiente.cptec.inpe.br/modelo_cattbrams.php?lang=pt)> Acesso em: mai. 2011.

Data Products – TRMM – Disponível em: <[http://trmm.gsfc.nasa.gov/data\\_dir/data.html](http://trmm.gsfc.nasa.gov/data_dir/data.html)> Acesso em: out. 2010.

GEWEX - Global Energy and Water Cycle Experiment – Disponível em: <<http://www.gewex.org.html>> Acesso em: out. 2010.

GRELL, A. G.; DÉVÉNYI, D. **A generalized approach to parameterizing convection combining ensemble and data assimilation techniques**  
**Geophysical Research Letters**, VOL. 29, NO. 14, 10.1029/ 2002GL015311, 2002

NOAA/ESRL PSD All Gridded Datasets – Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded>> Acesso em: out. 2010.

Readme for TRMM Product 3B42 (V6) – Disponível em: <[http://daac.gsfc.nasa.gov/precipitation/TRMM\\_README/TRMM\\_3B42\\_readme.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/precipitation/TRMM_README/TRMM_3B42_readme.shtml)> Acesso em: out. 2010.

ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; FERNANDES, A. A.; NETO, S. V. B. **Desempenho dos produtos de estimativa de precipitação do TRMM sobre a América do Sul**. XVI CBMET - Congresso Brasileiro de Meteorologia: 2010 – Disponível em:<[www.cbmet2010.com/anais/artigos/666\\_92345.pdf](http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/666_92345.pdf)> Acesso em: out. 2010.

ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; GONÇALVES, L. G. G.; VILA, D. A. **Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation over South America**. **Weather and Forecasting**, 2010.

SANTOS, A. F. **Desenvolvimento e Implementação de Procedimento de "Training" em Parametrizações Convectivas do CPTEC/INPE**. 2008. 44 p. Segundo Relatório Científico,

processo FAPESP número 2008/01983-0 (Bolsa de Doutorado no país), Orientadores: Saulo R. Freitas e Manoel Alonso Gan.

TRMM DATA SEARCH AND ORDER SYSTEM - Goddard Earth Sciences DAAC  
<<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/data/datapool/TRMM/index.html>> Acesso em: out. 2010.

VASQUES, A. C. **Características de precipitação sobre a América do Sul provenientes de diferentes fontes de dados com ênfase no Brasil.** 2007. 148 p.(INPE14801TDI/1244). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2007. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/m@80/2007/05.11.18.07>>. Acesso em: 5 abr. 2010.

Wilks, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**, 2nd ed, printed by ELSEVIER, 2006.