

## **ANÁLISE COMPARATIVA DA PRECIPITAÇÃO PREVISTA PELO BRAMS COM A NEBULOSIDADE E PRECIPITAÇÃO OBSERVADAS**

**Elder Almeida Beserra<sup>1</sup>, Enilson Palmeira Cavalcanti<sup>2</sup>**

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo comparar a precipitação prevista pelo modelo atmosférico BRAMS com 24 e 48 horas de antecedência com a nebulosidade obtida a partir de imagens do satélite GOES-E, assim como, a precipitação observada pela rede pluviométrica do Estado da Paraíba. Para isso foi feita a degradação das imagens para a mesma resolução de grade do modelo, ou seja, 20x20 e 5x5 km e conversão do formato de arquivo para possível visualização no aplicativo GrADS. As relações das previsões de 24 e 48 horas com a nebulosidade e precipitação observada caracterizam o modelo BRAMS como uma boa ferramenta para previsão do Tempo na região Nordeste do Brasil e em especial na Paraíba.

**Palavras-chave:** precipitação, modelo BRAMS, imagens GOES.

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PRECIPITATION FORECAST BY THE BRAMS WITH THE CLOUDINESS AND THE OBSERVED PRECIPITATION**

#### **ABSTRACT**

The objective of this work is comparing the precipitation forecasted by the atmospheric model BRAMS with the cloudiness obtained from GOES-E satellite imagery, as well as the observed precipitation from the Paraíba state pluviometric network. In this sense the images were degraded to the same resolution as the model, namely, 20x20 and 5x5 km in the GrADS file format. The relationship between the forecasts for 24 and 48 hours, the cloudiness and the observed precipitation characterize the BRAMS model as a good tool to be used in the weather forecasting for the NE region of Brazil, specially for Paraíba state.

**Keywords:** Precipitation, BRAMS model, GOES imagery.

#### **INTRODUÇÃO**

O *Brazilian Regional Atmospheric Modeling System* (BRAMS) está sendo integrado em produção pela Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, para auxiliar a previsão de tempo sobre a região Nordeste do Brasil (NEB). Essa iniciativa faz parte do projeto “Segurança hídrica: Grades apoiando a gestão sustentável dos recursos hídricos para usos urbano, rural e agrícola (SEGHIDRO)” financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

Apesar de todo esforço feito para que o BRAMS represente bem todos os processos físicos e dinâmicos existentes no sistema terra-atmosfera, assim como, fornecer condições iniciais e de contorno as mais confiáveis possíveis, não eliminam por completo limitações de natureza operacional e que influenciam na qualidade da previsão. Exercícios de validação do modelo auxiliam a detecção de falhas e podem apontar para sua possível solução.

As observações da atmosfera obtidas a partir de imagens geradas por satélite meteorológico, assim como as obtidas pela rede meteorológica convencional, comparadas às previsões do modelo, auxiliam na busca da validação desse modelo.

Outra questão relevante na modelagem numérica da atmosfera relaciona-se com o comportamento dos campos gerados para um determinado instante com antecedência de 24 ou 48 horas, ou seja, gerados a partir de condições iniciais diferentes que refletem as informações da atmosfera 24 e 48 antes, visto que, o modelo BRAMS é não linear, conseqüentemente, a integração no tempo não obedece a uma suposta linearidade.

<sup>1</sup> Aluno do Curso de Graduação em Meteorologia da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, e-mail: [eldermeteo@gmail.com](mailto:eldermeteo@gmail.com)

<sup>2</sup> Prof.essor Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, e-mail: [enilson@dca.ufcg.edu.br](mailto:enilson@dca.ufcg.edu.br)

Neste contexto, comparar a previsão de precipitação gerada pelo BRAMS com a nebulosidade obtida a partir da imagem gerada por satélite meteorológico, assim como a precipitação observada e disposta na mesma resolução da grade do modelo, é uma iniciativa interessante e que pode, de certa forma, contribuir significativamente para o melhoramento da previsão numérica regional. Portanto, objetiva-se comparar previsões do BRAMS com informações básicas das imagens (intensidade do *pixel*) na mesma resolução da grade do modelo e, também, com a precipitação observada pela rede pluviométrica da Paraíba, em uma mesma plataforma de visualização como o *Grid Analysis and Display System* (GrADS), DOTY (1998).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Características operacionais do BRAMS

O *Brazilian Regional Atmospheric Modeling System* – BRAMS constitui-se em uma versão brasileira do *Regional Atmospheric Modeling System* – RAMS descrito por PILKE (1984); PIELKE *et al.* (1992) e WALKO *et al.* (1995). O RAMS constitui-se num código numérico altamente versátil, desenvolvido por cientistas da Universidade do Estado do Colorado, nos Estados Unidos da América. Na versão BRAMS tem-se um melhoramento do código e a implementação no modelo da parametrização de nuvens rasas, o que torna o modelo mais completo para utilização no Brasil e em especial na região do NEB.

Para a execução do BRAMS utilizam-se como condições iniciais e de contorno informações do modelo atmosférico global do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), baixados diariamente via ftp. As informações de umidade do solo são obtidas do laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais da Universidade de São Paulo (MASTER/USP), também são baixados diariamente. Já os dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) são obtidos semanalmente do *National Centers for Environmental Prediction/National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCEP/NOAA). Na Figura 1a tem-se um esquema do fluxo de execução do BRAMS.

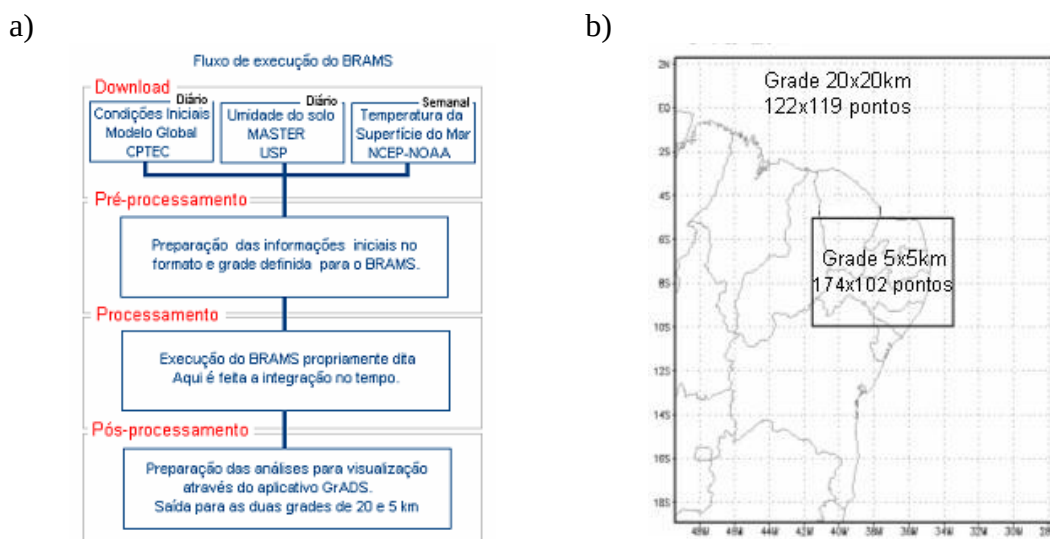


Figura 1 – a) Fluxo de execução do BRAMS na UFCG e b) Áreas de domínio das grades de 20x20km e 5x5km

No pós-processamento são geradas imagens e arquivos no formato GrADS para duas áreas compostas de 122 por 119 e 174 por 102 pontos de grade, com 20x20km e 5x5km cada, respectivamente, conforme exemplifica a Figura 1b. Os arquivos de análise no formato GrADS podem ser acessados pelo *Grads Data Service* (GDC) da UFCG no endereço <http://150.165.83.23:8080/dods> ou visualizados diretamente no portal SegHidro <http://portalseghidro.dca.ufcg.edu.br/>.

### Avaliação das previsões de precipitação

Para visualizar e comparar as previsões de precipitação acumulada nas últimas 6 horas, geradas pelo modelo BRAMS com 24 e 48 horas de antecedência, com imagens de satélite, trabalhou-se numa forma de sobrepor os dois resultados (modelo e satélite) para serem analisados no GrADS. Para isso, foi necessário ler o arquivo de imagem GOES-E no formato TIFF. As imagens recortadas para a grade do modelo (20x20 km e 5x5km) foram convertidas para o formato texto com suas

respectivas coordenadas locais (longitude e latitude) e intensidade de cada *pixel*. Os valores de intensidade correspondente a cada ponto central da grade foram obtidos, segundo BESERRA & CAVALCANTI (2006a, b), como uma média ponderada dos valores de intensidade dos *pixels* das imagens segundo a técnica proposta por BARNES (1964).

A relação entre as previsões de precipitação obtidas com 24 e 48 horas de antecedência, correspondente à iniciação do BRAMS com condições iniciais diferentes, foi obtida calculando-se o coeficiente de correlação entre ambas e visualizado por intermédio de figuras do comportamento da distribuição zonal da média meridional das previsões de precipitação.

Também utilizaram-se dados da precipitação pluvial observada no Estado da Paraíba, com o mesmo propósito de comparar as previsões obtidas pelo BRAMS com medições pluviométricas obtidas nos 258 postos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

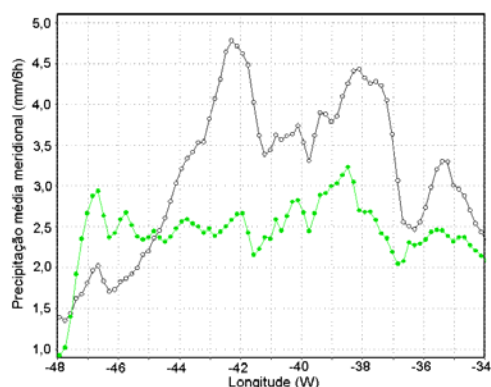
### Estimativas de Correlação para previsões do BRAMS

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de correlação entre as previsões de precipitação acumulada em 6 horas feitas com 24 e 48 horas de antecedência para as grades de 20x20 km e 5x5 km. Podem-se observar variações que vão de 0,29 (menor valor) a 0,73 (maior valor) para a grade 20x20 km dias 23 e 24-04-2007, respectivamente; e de 0,41 (menor valor) a 0,90 (maior valor) para a grade 5x5 km dias 19 e 21-04-2007.

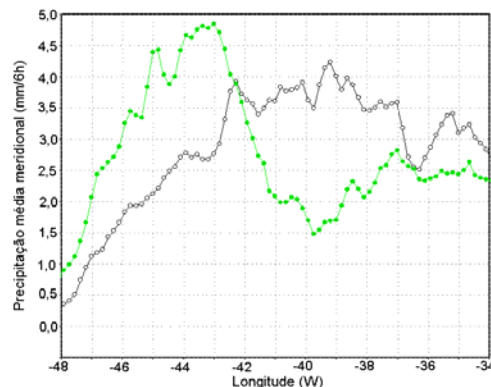
Tabela 1 - Coeficiente de correlação entre as previsões de precipitação (últimas 6 horas) feitas com 24 e 48 horas de antecedência e condições iniciais diferentes

|                | Março de 2007 |        |        |        |        |
|----------------|---------------|--------|--------|--------|--------|
|                | Dia 19        | Dia 21 | Dia 23 | Dia 24 | Dia 25 |
| Grade 20x20 km | 0,52          | 0,48   | 0,29   | 0,73   | 0,69   |
| Grade 5x5 km   | 0,41          | 0,90   | 0,61   | 0,46   | 0,72   |

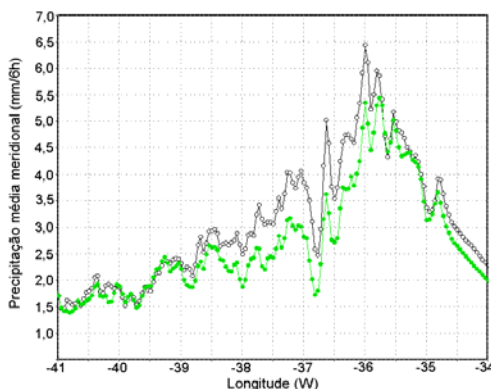
a)



b)



c)



d)

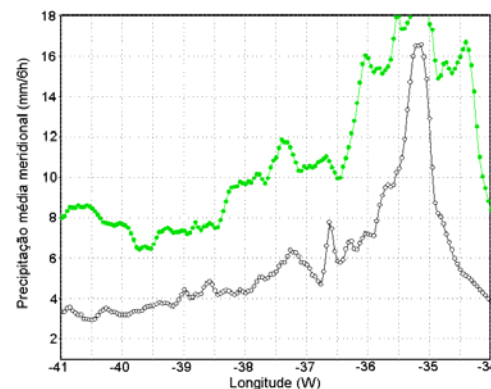


Figura 2 - Distribuição zonal da média meridional da previsão de precipitação das últimas 6 horas com 24 e 48 horas de antecedência, e o respectivo coeficiente de correlação para a grade 20x20km: a) 24-04-2007 -  $r=0,73$ ; b) 23-04-2007 -  $r=0,29$  e a grade 5x5km: c) 21-04-2007 -  $r=0,90$ ; d) 19-04-2007 -  $r=0,41$

Estes resultados indicam que previsões com campos de iniciação diferentes não necessariamente apresentam semelhanças, embora possam refletir com certo grau de precisão as condições reais. Este resultado pode ser explicado pela não-linearidade das equações que compõem o modelo.

A Figura 2 ilustra a distribuição zonal da média meridional (entre a latitude 18°S e o Equador para a grade 20x20 km e entre 10°S e 6°S para a grade 5x5 km) da precipitação acumulada nas últimas 6 horas que antecedem o meio dia. As Figuras 2a e 2b referem-se à grade 20x20 km para os dias 24-04-07 ( $r=0,73$ ) e 23-04-07( $r=0,23$ ). As Figuras 2c e 2d representam a grade 5x5 km, para os dias 21-04-07 ( $r=0,90$ ) e 19-04-07 ( $r=0,41$ ).

Observa-se que em ambos os casos existem semelhanças entre as curvas, sendo que estas são mais evidentes para a grade de 5x5km. Na Figura 2d, 19-04-07, nota-se uma defasagem entre as curvas para 24 e 48 horas quando comparado ao dia 21-04-07. Estes exemplos foram selecionados devido ao fato de que suas correlações expressam valores extremos em cada grade.

### **Comparação da Imagem GOES com a previsão do BRAMS**

As Figuras 3 e 4 mostram a sobreposição do campo da taxa de precipitação acumulada em 6 horas com a nebulosidade obtida pelo GOES-E. As Figuras 3a e 3b mostram esta sobreposição para o dia 19-04-07 na grade 20x20km com 24 e 48 horas de integração respectivamente, e as Figuras 3c e 3d, para o dia 21-04-07 na mesma grade e também com resultados em 24 e 48 horas. Da mesma maneira, as Figuras 4a e 4b são para o dia 19-04-07 com a grade de 5x5km e resultados para 24 e 48 horas, e as Figuras 4c e 4d são para o dia 21-04-07 com mesma grade e saídas que as Figuras 4a e 4b.

Pode haver precipitação relacionada com nuvens estratiformes de topo mais quente de tonalidades mais escuras na imagem obtida do canal 4 na banda infravermelho (10.20 a 11.20  $\mu\text{m}$ ). As nuvens mais quentes (mais baixas) emitem mais energia em onda longa, logo as tonalidades mais escuras refletem temperaturas mais quentes que as tonalidades claras. Isto pode explicar a existência de áreas de precipitação em regiões aparentemente sem nebulosidade.

A visualização da nebulosidade nestas imagens se dá de acordo com a intensidade de seus *pixels*, onde os de maior intensidade são representados por tonalidades mais claras, representando o topo das nuvens mais desenvolvidas verticalmente (mais frio), e os *pixels* de menor intensidade são vistos em tonalidades escuras e representam nuvens baixas ou a superfície da terra ou do oceano. De fato, os campos de precipitação vistos nas imagens são bastante coerentes e, na maioria dos casos, situados em regiões onde há a presença de alguma nebulosidade.

Este método comparativo pode ser desfavorecido pela disposição de imagens disponíveis necessárias para se fazer uma média de 6 horas, o que pode gerar alguma incoerência visual com áreas de precipitação intensa em regiões onde aparentemente não se visualiza nebulosidade. Entretanto, deve-se ressaltar que quando houver precipitação deverá existir nebulosidade associada a esta. No entanto, nem toda nebulosidade está associada a precipitação.



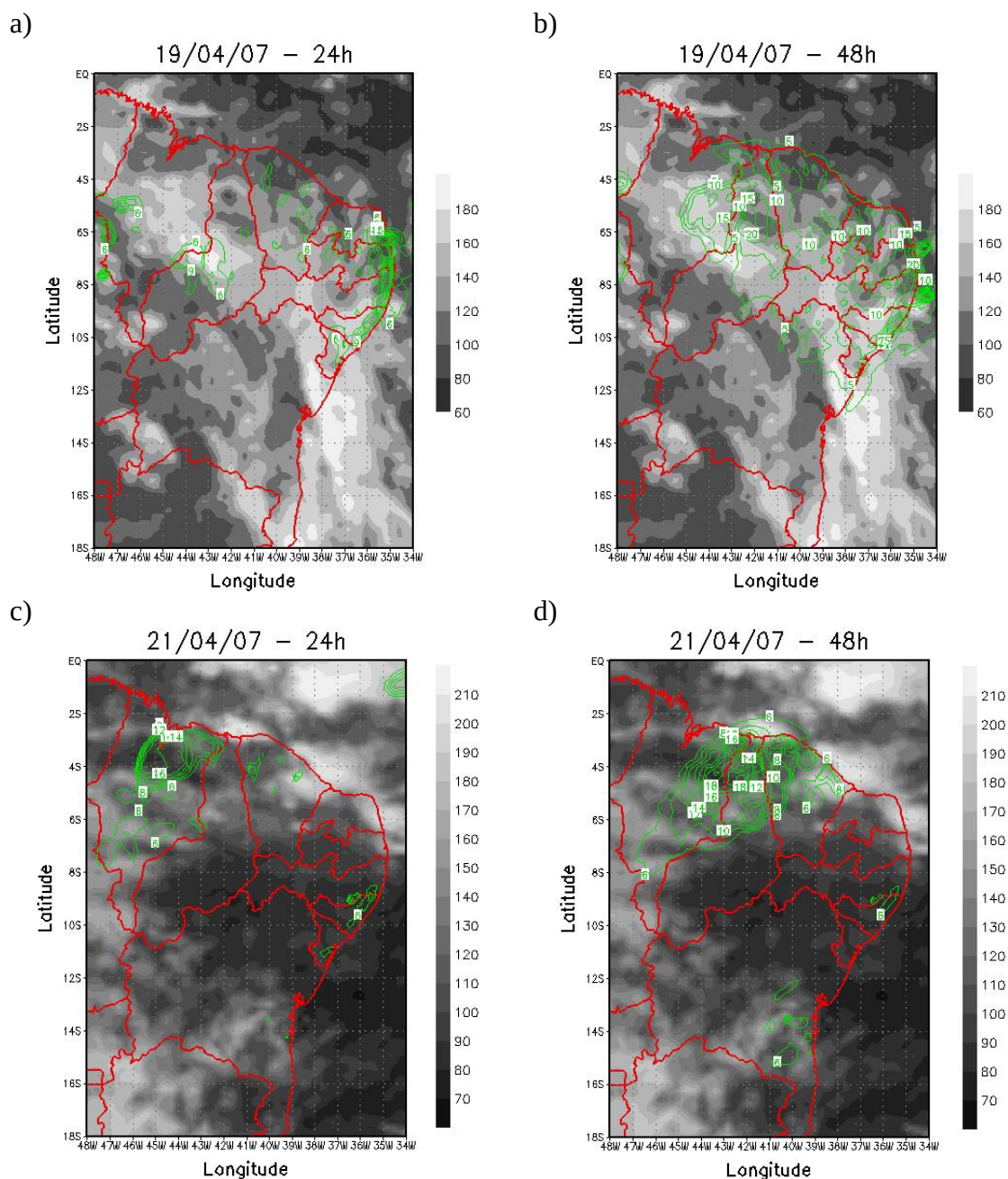
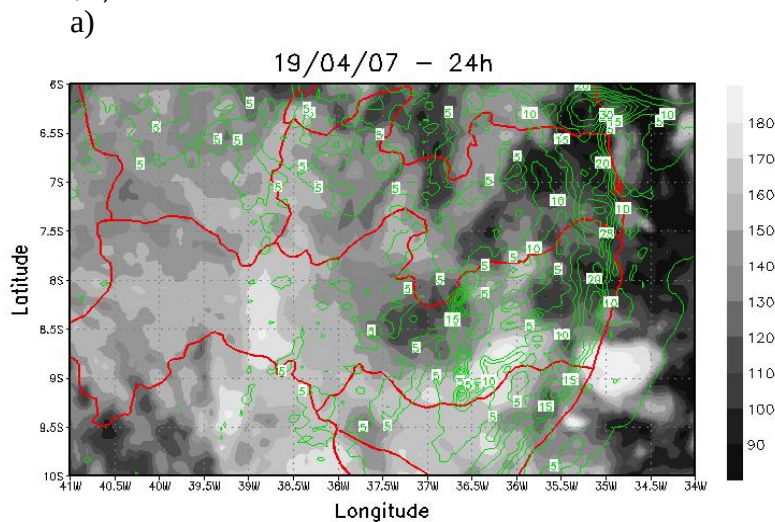


Figura 3 – Imagens GOES média de 6h e a precipitação prevista pelo BRAMS, grade 20x20km, com 24 e 48 horas de antecedência para o dia 19-04-2007: a) 24 horas; b) 48 horas, e dia 21-04-2007: c) 24 horas; d) 48 horas



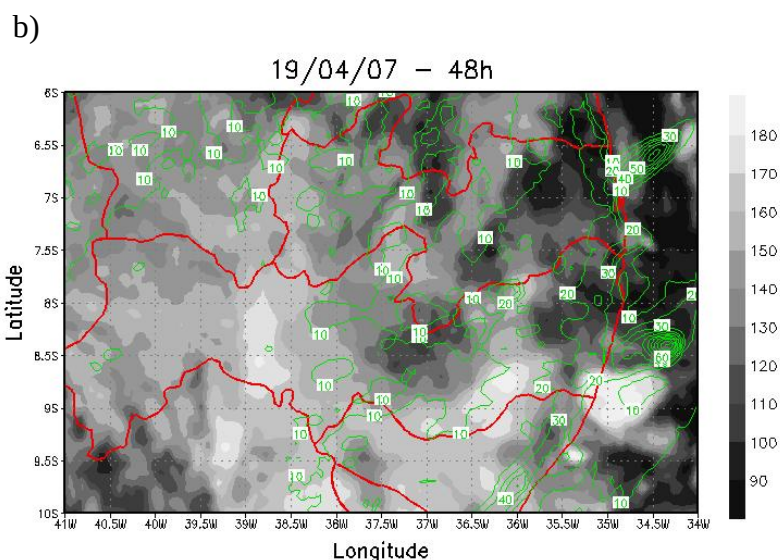


Figura 4 - Imagens GOES média de 6h e a precipitação prevista pelo BRAMS, grade 5x5km, com 24 e 48 horas de antecedência para o dia 19-04-2007: a) 24 horas; b) 48 horas

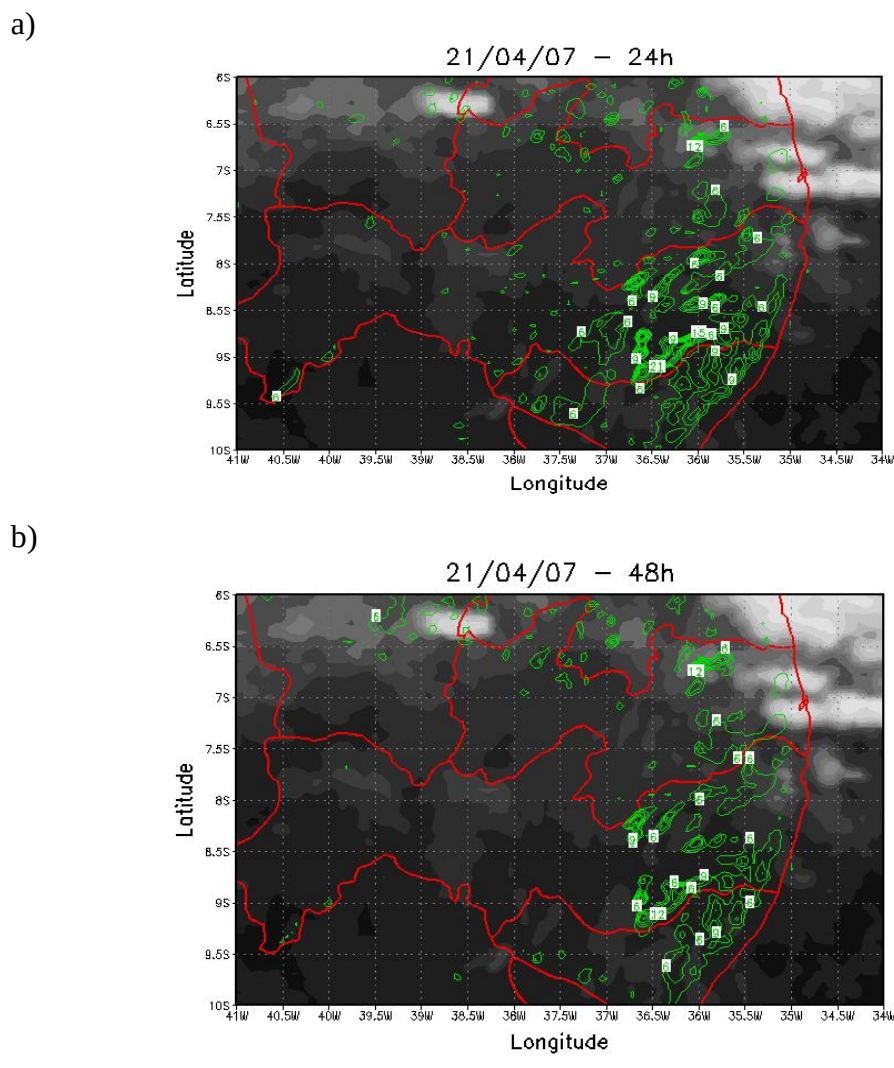


Figura 5 - Imagens GOES média de 6h e a precipitação prevista pelo BRAMS, grade 5x5km, com 24 e 48 horas de antecedência para o dia 21-04-2007: a) 24 horas; b) 48 horas



### Precipitação observada e previsões 24 e 48h para a Paraíba

Na Figura 6 tem-se a precipitação acumulada em 24 horas mensurada pela rede pluviométrica do estado da Paraíba para os dias 19 e 21-04-07, assim como as previsões de 24 e 48 horas geradas pelo modelo BRAMS, para os mesmos dias.

As previsões de 24 horas, ilustradas nas Figuras 6.a.2 e 6.b.2 refletem satisfatoriamente a precipitação observada (Figuras 6.a.1 e 6.b.1), entretanto, o dia 19-04-07 cuja correlação foi baixa (0,41) quando comparada com o dia 21 (r=0,90), mostrou-se tanto qualitativamente quanto quantitativamente bem mais coerente com o campo observado. Ao passo que as previsões de 48 horas, ilustradas nas Figuras (6.a.3 e 6.b.3) superestimaram a precipitação no dia 19-04-07, enquanto que a precipitação prevista para o dia 21-04-07 apresentou valores coerentes, mas, uma distribuição espacial diferente do observado.

Em suma, os campos previstos pelo modelo BRAMS possibilitaram acertar as previsões com 24 e 48 horas de antecedência, resguardadas as limitações próprias da modelagem numérica.

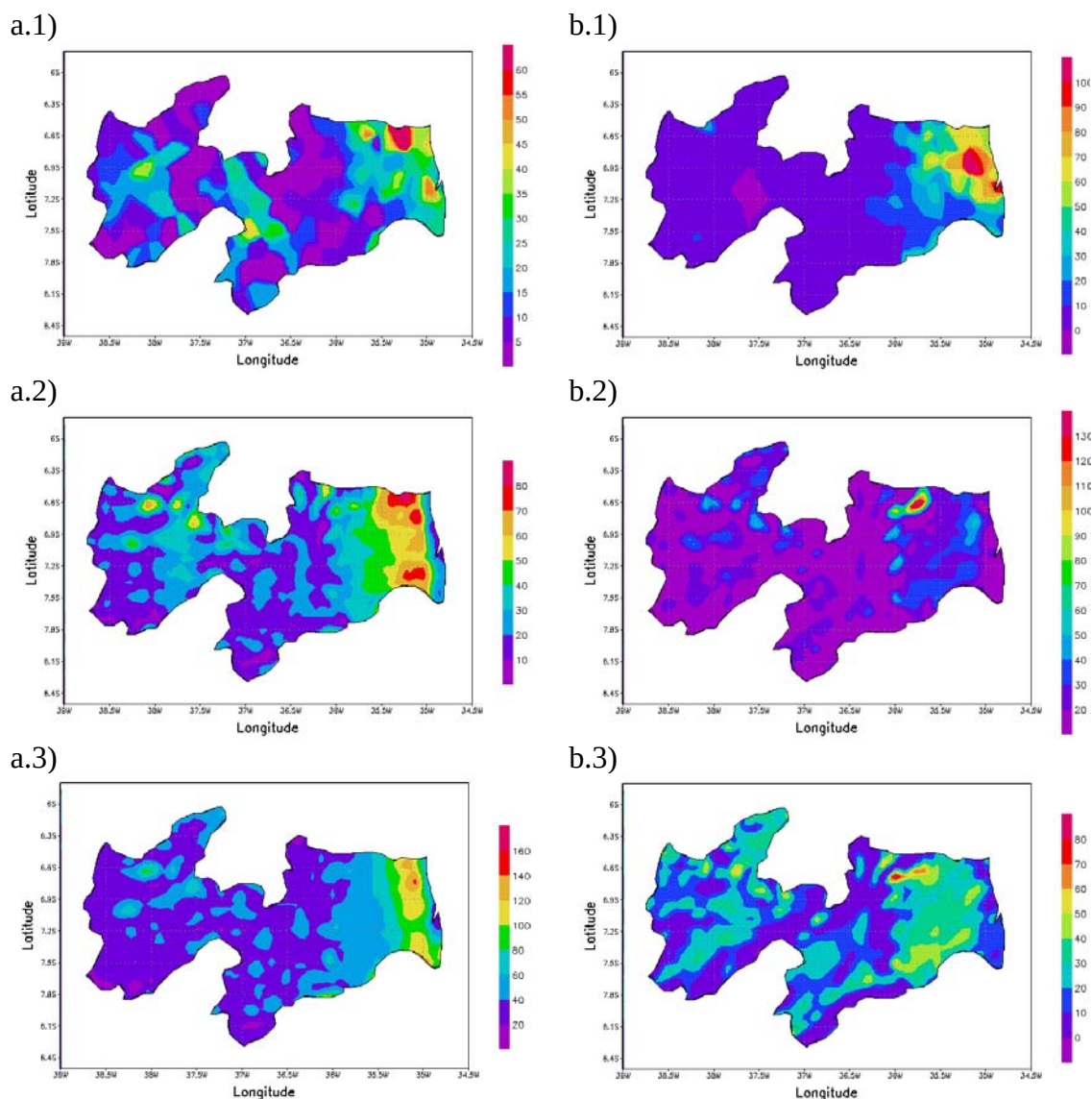


Figura 6 - Distribuição da precipitação diária (mm) na Paraíba para: 19-04-2007 a.1) observada; a.2) previsão 24h e a.3) previsão 48h, 21-04-2007 b.1) observada; b.2) previsão 24h e b.3) previsão 48h

### CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- i. Não há, necessariamente, uma boa correlação entre as previsões de precipitação do BRAMS para 24 e 48 horas;

- ii. Parâmetros de iniciação diferentes levam a previsões diferentes, dada a não-linearidade do modelo;
- iii. A nebulosidade obtida por satélite pode auxiliar na avaliação de previsões de precipitações;
- iv. As relações das previsões de 24 e 48 horas com a precipitação observada indicam que o BRAMS constitui-se de uma boa ferramenta para a previsão do tempo.

### AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos a Universidade Federal de Campina Grande - UFCG e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico - CNPq pela bolsa de Iniciação Científica do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC.

A Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba- AESA pelo fornecimento dos dados observacionais. Aos Professores e colegas da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas que contribuíram com sugestões e correções.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES, S.L. A technique for maximizing details in numerical weather map analysis. *Journal of Applied Meteorology*. AMS, Boston, USA. 3, 396-409. 1964.
- BESERRA, E.A.; CAVALCANTI, E.P. Previsibilidade do modelo BRAMS: Estudo de caso de chuva sobre o Nordeste do Brasil. In: III Congresso de Iniciação Científica, 2006, Campina Grande. *Anais, CD ROM*. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande UFCG. 2006a.
- BESERRA, E.A.; CAVALCANTI, E.P. Degradação e comparação de imagens GOES com a precipitação prevista pelo modelo BRAMS. In XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. *Anais, CD ROM*. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Meteorologia. 2006b.
- DOTY, B. The grads analysis and display system. Versão para língua portuguesa: Pesqueiro, J.F. Operação Meteorológica/CPTEC/INPE. Cachoeira Paulista – SP. 1998. 145p.
- GOES I-M DataBook, National Aeronautics and Space Administration. Reference #S-415-19, August 1996. 196p.
- PIELKE, R.A. *Mesoscale meteorological modeling*. Academic Press. 1984. 612p.
- PIELKE, R.A.; COTTON, W.R.; WALKO, R.L.; et al. A comprehensive meteorological modeling system – RAMS. *Meteorology and Atmospheric Physics*. Austria. 49, 69-91. 1992.
- WALKO, R.L.; TREMBACK, J.C.; HERTENSTEIN, R.F.A. *The regional atmospheric modeling system*. Version 3b, User's Guide. Fort Collins: ASTER Division. 1995. 121 p.