

Avaliação das estimativas de precipitação 3B42 e 3B43 do satélite TRMM na Região Sul do Brasil

Denilson Ribeiro Viana¹, Nelson Jesus Ferreira² e Jorge Conrado Conforte²

¹ Centro de Ciências do Sistema Terrestre – CCST

² Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – São José dos Campos – SP, Brasil

denilson@dsr.inpe.br; nelson@cptec.inpe.br; conrado@ltd.inpe.br

ABSTRACT: This work aims to evaluate 3B42 and 3B43 rainfall estimation from TRMM satellite in Southern Brazil, using monthly and daily data from 10 years of observations, during the 1998-2007 period. Rainfall data from rain gauges of the Brazilian National Water Agency (ANA) was based on the availability of continuous series with more than 8.5 years of observations. From the assessment of available data rain gauges 10 locations were chosen as representative samples in the region. The rain gauges data were compared to TRMM rainfall estimates by the Pearson correlation coefficient (r), the Root-Mean Square Error (RMSE) and the bias. The r average values were 0.68 for the 3B42 and 0.91 for the 3B43. The RMSE showed that the estimates generated by the 3B42 have low reliability, while the 3B43 estimates proved to be reliable. Both products showed positive bias, indicating that the TRMM tends to overestimate the precipitation in the Southern Brazil. The values of bias were at 7.2% for the 3B42 and 9.6% for the 3B43.

Palavras-Chave: Precipitação, Validação, 3B42, 3B43, TRMM; *Rainfall, Validation.*

1. INTRODUÇÃO

A análise do comportamento da precipitação depende da disponibilidade de dados históricos que possam representar, em uma escala espaço-temporal adequada, suas características de distribuição em uma determinada região. Segundo Kummerow et al. (2000), a precipitação é um dos parâmetros atmosféricos mais difíceis de mensurar devido a sua alta variabilidade no espaço e no tempo. A distribuição desigual de pluviômetros e a relativa falta de medições sobre os oceanos têm limitado a utilização de dados de precipitação para análises tanto a nível global, quanto local (Levizzani et al., 2002).

Kidder e Haar (1995) apontam que os pluviômetros produzem medidas de precipitação muito acuradas, porém um único pluviômetro cobre uma área de apenas 10^{-1} m². Por outro lado, estimativas de satélite amostram uma área de aproximadamente 10^6 a 10^8 m². Desse modo, o desenvolvimento de técnicas de estimativa de precipitação por satélites permitiu preencher uma lacuna deixada pela rede convencional, não só provendo observações em regiões sem informação, como também possibilitando a obtenção de dados em uma resolução espacial mais refinada. Estas técnicas baseiam-se na interação entre a radiação eletromagnética e partículas líquidas e sólidas presentes em nuvens. Kidder e Haar (1995) dividiram essas técnicas em três categorias: 1) as que utilizam dados do visível e infravermelho, 2) as que utilizam microondas passivo, e 3) as que usam microondas ativo.

De uma maneira geral, no Brasil é notória a baixa densidade e relativa má distribuição espacial dos pluviômetros. Sendo assim, as observações por meio de sensoriamento remoto têm surgido como uma alternativa para suprir esta carência de dados. Entre os satélites destinados ao monitoramento da precipitação está o *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), lançado em dezembro de 1997. A plataforma tem como objetivo avaliar diversas características da precipitação tanto em regiões tropicais, quanto subtropicais, possibilitando a aquisição de dados de maneira sistemática.

A qualidade das estimativas de precipitação TRMM tem sido abordada por diversos trabalhos. Hand e Shepherd (2009) avaliaram o produto 3B42 em Oklahoma (EUA) e encontraram coeficientes de correlação (r) de 0,42, percebendo uma leve tendência de subestimação da precipitação; no entanto, a correlação melhora significativamente quando a análise se restringe a média diária, com r em torno de 0,94. Zhou et al. (2008) analisando a precipitação no período de monção no leste da China, encontraram r entre 0,66 e 0,94. Dinku et al. (2007) observaram r entre 0,68 e 0,72 para a Etiópia, região leste da África, e concluíram que o 3B42 tende a superestimar altos valores de precipitação. No Brasil, Collischonn et al. (2007) avaliaram os dados 3B42 na bacia do rio Paraguai e encontraram r entre 0,25 e 0,64, o que foi considerado aceitável pelos autores. O estudo também mostrou que existe uma tendência do satélite superestimar a precipitação em torno de 8%. As estimativas 3B43 foram avaliadas por Dinku et al. (2007), que encontraram r de 0,92, sendo estes resultados classificados como ‘excepcionalmente bons’ pelos autores, considerando a complexa topografia da região. Chiu et al. (2006) analisaram as estimativas do 3B43 no Novo México (EUA) e encontraram r superiores a 0,86.

No Brasil existem poucos estudos que tratam da qualidade das estimativas de precipitação produzidas pelo TRMM. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo validar o desempenho das estimativas 3B42 e 3B43 na Região Sul do Brasil, comparando dados diários e mensais de precipitação medidos em pluviômetros com as estimativas geradas pelos TRMM ao longo de dez anos de observações, entre 1998 e 2007.

2. DADOS E METODOLOGIA

A área de estudo corresponde à Região Sul do Brasil, divisão político-administrativa que abrange os Estados do Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS). A área corresponde a 576.410 km², localizada entre os paralelos 22°06’ e 33°38’ de latitude Sul e entre os meridianos 57°25’ e 47°19’ de longitude a Oeste de Greenwich.

As estimativas de precipitação 3B42 e 3B43 foram obtidas a partir do endereço: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/data/datapool/TRMM_DP/>. Os dados são disponibilizados no formato *.hdf (*Hierarchical Data Format*) em unidades de mm/h. Foram selecionadas as estimativas correspondente a 10 anos de observações, obtidas entre janeiro de 1998 e dezembro de 2007. Os dados 3B42 e 3B43 foram processados através de rotina desenvolvida em linguagem IDL 6.0 para leitura e extração de informações em formato *.hdf.

Os dados diários e mensais de precipitação de pluviômetros foram obtidos através do banco de dados da Agência Nacional de Águas – Hidroweb, disponível no endereço: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. As leituras diárias nos pluviômetros sob responsabilidade da ANA são realizadas às 7h00mim (horário local).

A seleção dos locais para validação das estimativas 3B42 e 3B43 considerou a disponibilidade de dados de pluviômetros em um período superior a 8,5 anos, referente ao mesmo intervalo de dados TRMM, entre 1998 e 2007. Com base nesta análise, foram selecionados dez locais amostrais ao longo da Região Sul. A Figura 1 ilustra a distribuição dos pluviômetros juntamente com as amostras TRMM utilizadas para validação.

Para adequação dos dados 3B42 com as observações diárias de pluviômetros foi necessária a conversão das estimativas a cada três horas 3B42 em acumulados diários. Nesta etapa, foram considerados como acumulados de um dia o somatório das oito estimativas disponibilizadas nos horários sinóticos, entre as 9h00mim do dia anterior até as 6h00mim do dia da leitura (hora local), sendo a precipitação deste período atribuída ao dia anterior. Estes ajustes tornaram as estimativas 3B42 compatíveis com os horários das leituras diárias realizadas nos pluviômetros, conforme o critério adotado pela ANA, possibilitando então, a comparação entre os conjuntos de dados.

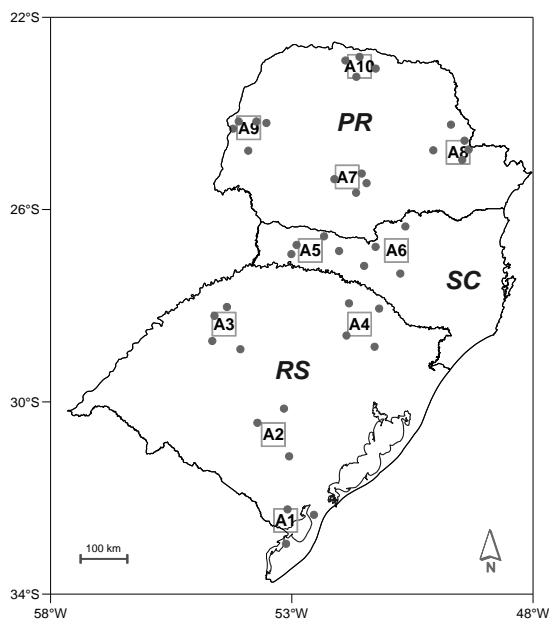


Figura 1 – Locais de validação das amostras TRMM (A_i) e pluviômetros (*pontos*).

De posse dos conjuntos de precipitação, foram geradas médias diárias e mensais de três a cinco pluviômetros por amostra, sendo estas médias comparadas as estimativas de precipitação 3B42 e 3B43, respectivamente. A escolha pela utilização da média de três a cinco postos se deve ao fato que um único posto cobre uma área relativamente pequena, em torno de 10^{-1} m^2 (Kidder e Haar, 1995), e o tamanho do *pixel* TRMM corresponde a $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ de resolução espacial (cerca de 625 km^2). Deste modo, a média entre os pluviômetros mais próximos representa uma melhor estimativa do total de precipitação registrado em um *pixel* TRMM.

As avaliações foram feitas a partir do cálculo do coeficiente de correlação linear (r) [Equação 1], da raiz quadrada do erro médio quadrático (*Root-Mean Square Error*, RMSE) [Equação 2] e do viés (*bias*) [Equação 3]:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2)$$

$$viés = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i) \quad (3)$$

onde, em todas as equações, x representa a precipitação estimada pelo TRMM, y a precipitação de referência observada nos pluviômetros e n o número de pares em cada um dos locais amostrais. O RMSE é usado para avaliar o grau de confiabilidade das estimativas. Segundo Adeyewa e Nakamura (2003), quando o RMSE relativo (valor absoluto dividido pela média) é inferior a 50%, as estimativas podem ser consideradas confiáveis. O *viés* revela a tendência de super ou subestimação dos dados, sendo avaliado através da magnitude e sinal.

3. RESULTADOS

3.1 Validação das estimativas 3B42

Os valores de r , RMSE e *viés* para as estimativas 3B42 podem ser visualizados na Tabela 1. O valor médio de r na região ficou em 0,68, variando entre 0,23 (A6) e 0,78 (A2). O reduzido valor de r verificado na amostra A6 pode estar relacionado à distância dos pluviômetros utilizados para a validação, já que estes postos, quando comparado aos demais, localizam-se relativamente distante da amostra (Figura 1). Dessa forma, desconsiderando a referida amostra, a correlação média foi de 0,73, variando entre 0,68 e 0,78. Esses valores de correlação foram semelhantes aos encontrados por Dinku et al. (2007) e Zhou et al. (2008).

Tabela 1 – Valores de r , RMSE e *viés* as estimativas 3B42

| Amostra | Latitude | Longitude | Quant. Amostras | r | RMSE | | <i>viés</i> | |
|------------------------|----------|-----------|--------------------|------|--------|-----|-------------|------|
| | | | | | mm/dia | % | mm/dia | % |
| A1 | -32.47 | -53.13 | 3404 | 0.68 | 9.8 | 247 | 0.1 | 2.8 |
| A2 | -30.68 | -53.38 | 3417 | 0.78 | 9.7 | 212 | 0.9 | 19.2 |
| A3 | -28.38 | -54.40 | 3400 | 0.73 | 10.8 | 210 | 0.5 | 10.0 |
| A4 | -28.38 | -51.60 | 3415 | 0.77 | 9.5 | 190 | 0.6 | 11.8 |
| <i>Média RS</i> | | | | 0.74 | 9.9 | 215 | 0.5 | 11.0 |
| A5 | -26.85 | -52.62 | 3281 | 0.76 | 10.6 | 193 | 0.5 | 8.7 |
| A6 | -26.85 | -50.83 | 3289 | 0.23 | 14.7 | 310 | 0.2 | 4.8 |
| <i>Média SC</i> | | | | 0.49 | 12.6 | 251 | 0.4 | 6.7 |
| A7 | -25.32 | -51.85 | 3468 | 0.73 | 8.9 | 167 | -0.3 | -5.7 |
| A8 | -24.81 | -49.55 | 3225 | 0.70 | 8.3 | 205 | 0.6 | 15.0 |
| A9 | -24.30 | -53.89 | 3255 | 0.74 | 8.5 | 188 | 0.0 | -0.8 |
| A10 | -23.02 | -51.60 | 3286 | 0.71 | 7.8 | 208 | 0.2 | 6.3 |
| <i>Média PR</i> | | | | 0.72 | 8.4 | 192 | 0.1 | 3.7 |
| <i>Média regional</i> | | | | 0.68 | 9.9 | 213 | 0.3 | 7.2 |
| <i>Mínimo regional</i> | | | | 0.23 | 7.8 | 167 | -0.3 | -5.7 |
| <i>Máximo regional</i> | | | | 0.78 | 14.7 | 310 | 0.9 | 19.2 |

O RMSE médio calculado para a região ficou em 9,9 mm/dia, variando entre 7,8 e 14,7 mm/dia (Tabela 1). Os valores de RMSE relativos foram consideravelmente altos, oscilando entre 167% e 310% (Tabela 1). Desse modo, é possível inferir que as estimativas produzidas pelo produto 3B42 na Região Sul do Brasil possuem baixo grau de confiabilidade, já que todos os valores de RMSE relativos foram superiores a 50%. Convém destacar que a precipitação média diária na região utilizada como referência, varia entre 4 e 6 mm/dia. Sendo assim, esses baixos valores em magnitude fazem com que o RMSE relativo torne-se consideravelmente alto.

A análise do *viés* mostrou que o produto 3B42 tende a superestimar a precipitação na Região Sul do Brasil em torno de 7% (Tabela 1). Este valor corrobora o estudo de Collischonn et al. (2007) que encontrou *viés* positivo em torno de 8% na bacia do alto Paraguai, Estado do Mato Grosso. Apenas duas das 10 amostras selecionadas mostraram *viés* negativo (A7 e A9), sendo que ambas localizam-se no Estado do PR. Os valores de *viés* na região variaram entre -0,3 e 0,9 mm/dia, o que representa -5,7% e 19,2% dos desvios, respectivamente. Os menores valores de *viés* relativos foram observados no Estado do PR (3,7%), seguido de SC (6,7%) e RS (11%). A partir desta análise é possível observar que existe uma relação aparente entre a latitude e o *viés*, mostrando que, de maneira geral, estes tendem a aumentar juntamente com a latitude.

3.1 Validação das estimativas 3B43

A Tabela 2 ilustra os valores calculados de r , RMSE e *viés* para as estimativas 3B43 nos dez locais amostrais selecionados. Os valores médios de r ficaram em 0,91, variando entre 0,87 (A1 e A2) e 0,97 (A7). Todos os valores de r para as dez amostras selecionadas foram significativos a 1%. Os coeficientes de correlação calculados foram muito semelhantes às avaliações realizadas por Dinku et al. (2007) na Etiópia, que encontraram valores de r de 0,92, e por Chiu et al. (2006) no Novo México (EUA), onde os valores de correlação foram superiores a 0,86. Os altos valores de r verificados nas estimativas 3B43 decorrem da utilização de dados de pluviômetros para calibração.

O valor médio de RMSE relativo calculado para a área de estudo ficou em 27%, variando entre 14% e 35,9% (Tabela 2). Os dados revelaram que as estimativas 3B43 são confiáveis para a região, já que nenhuma das amostras apresentou valores de RMSE relativo superiores a 50%. Os valores de RMSE encontrados neste estudo foram muito semelhantes às avaliações realizadas por Dinku et al. (2007) na Etiópia, onde o RMSE relativo ficou em torno de 25%. O valor médio para a Região Sul em mm/mês ficou em 37,7, variando entre 21,4 e 49,8 mm/mês.

Tabela 2 – Valores de *r*, *RMSE* e *viés* as estimativas 3B43

| Amostra | Latitude | Longitude | Quant. Amostras | <i>r</i> | <i>RMSE</i> | | <i>viés</i> | |
|------------------------|----------|-----------|--------------------|----------|-------------|------|-------------|------|
| | | | | | mm/mês | % | mm/mês | % |
| A1 | -32.47 | -53.13 | 112 | 0.87 | 34.2 | 28.3 | 6.1 | 5.1 |
| A2 | -30.68 | -53.38 | 112 | 0.87 | 49.8 | 35.9 | 27.4 | 19.7 |
| A3 | -28.38 | -54.40 | 111 | 0.93 | 38.1 | 24.2 | 16.0 | 10.2 |
| A4 | -28.38 | -51.60 | 110 | 0.88 | 43.3 | 28.5 | 19.0 | 12.5 |
| <i>Média RS</i> | | | | 0.89 | 41.4 | 29.2 | 17.1 | 11.9 |
| A5 | -26.85 | -52.62 | 108 | 0.91 | 41.9 | 24.9 | 14.5 | 8.6 |
| A6 | -26.85 | -50.83 | 108 | 0.89 | 44.0 | 30.6 | 25.3 | 17.6 |
| <i>Média SC</i> | | | | 0.90 | 42.9 | 27.8 | 19.9 | 13.1 |
| A7 | -25.32 | -51.85 | 114 | 0.97 | 21.4 | 14.0 | 1.0 | 0.7 |
| A8 | -24.81 | -49.55 | 106 | 0.90 | 38.4 | 31.0 | 19.3 | 15.6 |
| A9 | -24.30 | -53.89 | 107 | 0.92 | 35.2 | 25.5 | -1.2 | -0.8 |
| A10 | -23.02 | -51.60 | 108 | 0.94 | 30.8 | 26.9 | 7.8 | 6.8 |
| <i>Média PR</i> | | | | 0.93 | 31.4 | 24.3 | 6.7 | 5.6 |
| <i>Média regional</i> | | | | 0.91 | 37.7 | 27.0 | 13.5 | 9.6 |
| <i>Mínimo regional</i> | | | | 0.87 | 21.4 | 14.0 | -1.2 | -0.8 |
| <i>Máximo regional</i> | | | | 0.97 | 49.8 | 35.9 | 27.4 | 19.7 |

O *viés* relativo médio calculado para os locais amostrais ficou em 9,6%, variando entre -0,8% (A9) e 19,7% (A2) [Tabela 2]. Esse resultado mostra uma tendência geral de superestimação em torno de 10% da precipitação na região. Dinku et al. (2007) também encontraram valores de *viés* em torno de 10% na Etiópia. Esta tendência de superestimação também foi observada para o produto 3B42 neste estudo e por Collischonn et al. (2007). O valor médio em mm/mês ficou em 13,5, variando entre -1,2 e 27,4 mm/mês.

4. CONCLUSÕES

As estimativas de precipitação 3B42 e 3B43 do satélite TRMM são bem correlacionadas com os dados observados, onde o valor médio de *r* na região ficou em 0,68 para o 3B42, e em 0,91 para o 3B43. No entanto, o RMSE revelou que as estimativas geradas pelo 3B42 apresentam baixa confiabilidade.

As estimativas 3B43 mostraram-se plenamente confiáveis, com valores de RMSE relativo inferiores a 36%. Os melhores resultados do 3B43 decorrem da calibração das estimativas através de pluviômetros. Além disso, os acumulados mensais tendem a diluir as variações encontradas nos dados diários.

Ambos os produtos, 3B42 e 3B43, apresentaram *viés* positivo, mostrando que o TRMM tende a superestimar a precipitação na região. O *viés* relativo médio ficou em 7,2% para o 3B42 e 9,6% para o 3B43.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEYEWA, Z. D.; K. NAKAMURA. Validation of TRMM radar rainfall data over the major climatic regions in Africa, **Journal of Applied Meteorology**, 42 (2), p. 331 – 347, 2003.
- CHIU, L. S. et al. Comparison of TRMM and water district rain rates over New Mexico. **Advances in Atmospheric Sciences**, v. 23, n. 1, p. 1-13, 2006.
- COLLISCHONN, B. et al. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59 n. 1, Abril 2007.
- DINKU, T. et al. Validation of satellite rainfall products over East Africa's complex topography. **International Journal Remote Sensing**, v.28, n7, p.1503-1526, 2007.
- HAND, L. M.; SHEPHERD, J. M. An investigation of warm season spatial rainfall variability In Oklahoma city: possible linkages to urbanization and prevailing wind. **J. Appl. Meteorol. Climatol.**, 48 (2), p. 251-269, 2009
- KIDDER, S. Q.; HAAR, V. **Satellite Meteorology: an introduction**. Academic Press, 1995.
- KUMMEROW, C. et al. The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after Two Years in Orbit. **Journal of Applied Meteorology**, 39, p. 1965-1982, 2000.
- LEVIZZANI, V. et al. **A review of satellite-baser rainfall estimation methods**. Multiple-Sensor Precipitation Measurements, Integration, Calibration and Flood Forecasting – MUSIC. Bologna- Italy, 2002.
- ZHOU, T. et al. Summer precipitation frequency, intensity, and diurnal cycle over China: A comparison of satellite data with rain gauge observations. **Journal of Climate**, v. 21, n. 16, p. 3997-4010, 2008.