

# COMPARAÇÃO ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO DO TRMM E DO MERGE/CPTEC PARA UMA BACIA DA REGIÃO AMAZÔNICA

Camila Andrade Abe <sup>1</sup>, Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Av. dos Astronautas, 1.758 - Jardim da Granja - São José dos Campos/SP, camilabe@gmail.com<sup>1</sup>; evlyn.novo@inpe.br<sup>2</sup>

## RESUMO

A gestão eficiente de recursos hídricos depende da qualidade da representatividade espacial e temporal dos dados de precipitação. O objetivo deste estudo foi realizar uma análise comparativa dos dados de precipitação provenientes da Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) e do produto MERGE do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) visando a representação da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Jamanxim, localizada no estado do Pará/Brasil. Para a análise comparativa destes dados, foram utilizados indicadores estatísticos ( $r$ , REQM, PBIAS e RSR). Os resultados indicam que para ambos os dados, as séries de precipitação mensal apresentam melhor compatibilidade com os dados observados. Por outro lado, os resultados mostram também que os dados diários do MERGE apresentam melhoria significativa com relação aos dados diários do TRMM, enquanto que para estimativas mensais de precipitação, não foi encontrada diferença significativa entre os dados destas duas fontes.

**Palavras-chave** — Precipitação, TRMM, MERGE, Chuva, Amazônia.

## ABSTRACT

*The efficient water resources management relies on an accurate spatial and temporal representation of precipitation data. Therefore, it is highly important to know how well the various precipitation datasets available meet quality requirements. The objective of this study was to perform a comparative analysis of precipitation data provided by the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) and by the MERGE/CPTEC product, aiming at the representation of precipitation of the Jamanxim River Basin, located at Pará state – Brazil. Statistical indexes ( $r$ , RMSE, PBIAS, and RSR) were used in the comparative analysis of these data. Results show that for both data sources (TRMM and MERGE), the monthly precipitation series present higher compatibility with observed data. On the other hand, daily precipitation data provided by MERGE present significant improvement in relation to daily data provided by TRMM, whereas no significant difference was found between data from these sources when monthly data are compared.*

**Key words** — Precipitation, TRMM, MERGE, Rainfall, Amazon.

## 1. INTRODUÇÃO

A precipitação é o principal processo de entrada de água em bacias hidrográficas tropicais, representando portanto, importante fonte de água para produção de escoamento, recarga de aquíferos e recarga da água no solo, que fica disponível para a vegetação [1]. Desta forma, nos mais variados estudos, com foco em análise e gestão de recursos hídricos, o conhecimento sobre a dinâmica da precipitação sobre a área de estudo é fundamental.

Em regiões tropicais e de relevo predominantemente plano, como na região média da bacia do Rio Tapajós, na Amazônia, as chuvas são originadas, em sua maioria, por processos convectivos [2]. Estes, são caracterizados por ocasionar precipitação intensa concentrada espacialmente, resultando em alta variabilidade pluviométrica, considerando grandes extensões de terra. Somando-se a isso, o fato da rede de pluviômetros ser esparsa, nessas regiões, faz com que a representação da variabilidade espacial da precipitação fique particularmente prejudicada [3]. Além disso, falhas nos registros de dados de qualquer estação pluviométrica pode significar uma considerável perda de dados para a representação da precipitação local.

Neste sentido, estimativas de precipitação provenientes de dados de sensoriamento remoto contribuem para uma melhor representatividade da precipitação nessas regiões. O *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), lançado pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e pela Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), se destacou por ser o primeiro satélite a usar instrumentos de microondas passivo e ativo para monitoramento contínuo da precipitação e tempestades associadas a processos climáticos nos trópicos [4]. O satélite foi lançado em Novembro de 1997 e forneceu dados por mais de 17 anos, sendo a missão encerrada em Abril de 2015. Dentre os produtos de precipitação gerados pela missão, destaca-se o TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis 3B42 (TMPA 3B42), que a fim de fornecer estimativas mais precisas de precipitação, combinava dados obtidos por diferentes sensores, como o próprio TRMM, estimativas de precipitação da série Geostationary Operational Environmental System (GOES) e do Global Precipitation Climatological Centre (GPCC) [5].

Em Fevereiro de 2014, a NASA e a JAXA lançaram o satélite 'Core Observatory' do programa Global Precipitation Measurement (GPM), sucessor do TRMM [6]. O GPM é uma missão internacional de satélites para fornecer observações globais de chuva a cada 3 horas. Os dados fornecidos pelo

sistema são usados para unificar medidas de chuva feitas por uma rede internacional de satélites parceiros, quantificando a precipitação que ocorre ao redor do mundo [6].

Embora as estimativas de precipitação fornecidas pelo TRMM e pelo GPM sejam de grande valor para diversas aplicações, esses dados apresentam erros sistemáticos que levam a sub ou superestimativas de precipitação. Buscando minimizar esses erros, Rozante et al. [7] desenvolveram o produto MERGE/CPTEC, que combina dados de precipitação medidos *in situ*, por estações pluviométricas, e dados fornecidos por sensoriamento remoto (TRMM e a partir de 2015, GPM) [7]. Apesar do produto MERGE/CPTEC ter demonstrado boa acurácia em regiões de baixa densidade da rede pluviométrica, recomenda-se que uma avaliação dos dados seja feita de forma específica para aplicação em estudos nessas regiões.

Neste contexto, este estudo tem por objetivo realizar uma análise comparativa dos dados de precipitação provenientes do TRMM e do produto MERGE/CPTEC visando a representação da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Jamanxim (BHRJ), no estado do Pará/Brasil.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Jamanxim (BHRJ), uma sub-bacia da bacia hidrográfica do Rio Tapajós, importante afluente do Rio Amazonas. A BHRJ (668,08 km<sup>2</sup>) se localiza na porção média do Rio Tapajós, entre as latitudes -9,0 e -4,5 e longitudes -57,0 e -55,0 (Figura 1).

O relevo da região é ondulado e a área da bacia é majoritariamente coberta por vegetação natural (92,45%), áreas agrícolas e de pastagem (7,53%) e área urbanizada (0,02%). Em sua porção leste, a bacia é cortada pela BR 163, e nota-se a maior concentração de áreas desmatadas no entorno desta rodovia (Figura 1).

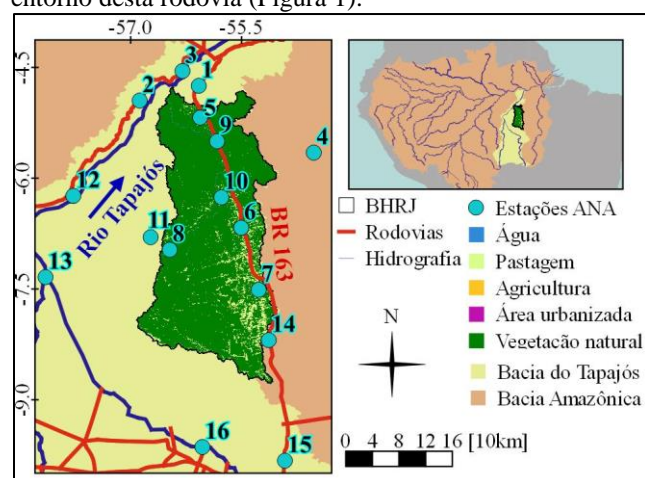


Figura 1. Área de estudo: Bacia Hidrográfica do Rio Jamanxim.

### 2.2. Dados de precipitação utilizados

#### 2.2.1. Dados *in situ*

Os dados diários de precipitação registrados por estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), foram adquiridos por meio da plataforma HIDROWEB ([www.snirh.gov.br/hidroweb/](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/)). Foram escolhidas as 16 estações pluviométricas localizadas no interior ou na região de entorno da BHRJ (Figura 1). O número de dados diários registrados varia entre as estações e o período a que esses dados correspondem vai de 1998 a 2006 (Tabela 1). Os dados diários também foram acumulados para precipitação mensal.

Tabela 1. Número de estações pluviométricas, de dados diários observados, e de dados mensais gerados para cada estação

Estação	Número de registros diários	Número de dados mensais
1	3.098	108
2	2.733	92
3	3.132	103
4	3.128	103
5	3.102	102
6	3.142	104
7	3.132	103
8	2.896	96
9	3.132	103
10	3.131	103
11	2.919	96
12	3.252	107
13	3.280	108
14	1.366	45
15	743	25
16	2.100	72

#### 2.2.1. Dados TRMM e MERGE/CPTEC

Os dados do TRMM foram baixados da plataforma da NASA ([ssw.gsfc.nasa.gov/SSW](http://ssw.gsfc.nasa.gov/SSW)). Foi escolhido o produto TMPA 3B42 Daily v.7, que oferece estimativas de precipitação diárias com resolução espacial de 0,25° (~25km). Por sua vez, os dados do MERGE/CPTEC foram baixados da plataforma do CPTEC ([ftp.cptec.inpe.br/modelos/io/produtos/MERGE/](http://ftp.cptec.inpe.br/modelos/io/produtos/MERGE/)), com resolução espacial de 0,20° (~20km). As estimativas diárias de precipitação também foram acumuladas para valores mensais, possibilitando assim, a análise comparativa para os conjuntos de dados diários e mensais.

A comparação direta entre as estimativas de precipitação por sensoriamento remoto e os dados registrados *in situ* levanta a questão de incompatibilidade de escalas espaciais. Os dados de sensoriamento remoto são apresentados em uma grade espacializada, enquanto os dados observados são registrados pontualmente. Para minimizar essa questão, as estimativas de precipitação do TRMM e do MERGE foram interpoladas bilinearmente para as coordenadas de cada estação pluviométrica. Com isso, minimiza-se-se que ocorram possíveis discordâncias na comparação entre os dados, em decorrência da localização de uma estação cujas coordenadas estejam, por exemplo, localizadas entre duas células da grade do TRMM ou do MERGE.

## 2.2. Análise comparativa dos dados de precipitação

A análise comparativa entre os dados do TRMM, MERGE/CPTEC e das 16 estações pluviométricas foi realizada para os valores diários e para os valores mensais de precipitação. A comparação entre os dados do TRMM e do MERGE foi realizada usando o diagrama de Taylor, que considera o desvio padrão ( $\sigma$ ) (Eq.1), o coeficiente de correlação ( $r$ ) (Eq.2) e a raiz do erro quadrático médio (REQM) (Eq. 3). Além disso, também foi avaliado o erro médio percentual PBIAS (Eq. 4) e a razão da raiz do erro quadrático médio pelo desvio padrão (RSR) (Eq. 5).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - \bar{P}_{obs})^2}{(n-1)}} \quad \text{Eq.1}$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - \bar{P}_{obs}) \times (P_{est,i} - \bar{P}_{est})}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - \bar{P}_{obs})^2) \times (\sum_{i=1}^n (P_{est,i} - \bar{P}_{est})^2)}} \quad \text{Eq.2}$$

$$REQM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{est,i} - P_{obs,i})^2} \quad \text{Eq.3}$$

$$PBIAS = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n (P_{est,i} - P_{obs,i})}{\sum_{i=1}^n P_{obs,i}} \quad \text{Eq.4}$$

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - P_{est,i})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - \bar{P}_{obs})^2}} \quad \text{Eq.5}$$

Onde  $\sigma$  é o desvio padrão (varia de  $-\infty$  a  $+\infty$ );  $P_{obs,i}$  é a precipitação observada no tempo  $i$ ;  $\bar{P}_{obs}$  é a precipitação média observada;  $n$  é o número de observações;  $r$  é o coeficiente de correlação (varia de 0 a 1, sendo 1 o melhor resultado);  $P_{est,i}$  é a precipitação estimada no tempo  $i$ ;  $\bar{P}_{est}$  é a precipitação média estimada;  $REQM$  é a raiz do erro quadrático médio (varia de 0 a  $+\infty$ , sendo 0 o melhor resultado);  $PBIAS$  é o desvio médio percentual (varia de  $-\infty$  a  $+\infty$ , sendo 0 o melhor resultado);  $RSR$  é a razão da raiz do erro quadrático médio pelo desvio padrão (varia de 0 a  $+\infty$ , sendo 0 o melhor resultado).

Por fim, foi testada a hipótese de que as séries de dados do MERGE apresentam, em média, melhores métricas de comparação do que as séries de dados do TRMM. Neste teste, foram consideradas as métricas:  $r$ , REQM e RSR.

## 3. RESULTADOS

Para os dados diários, nota-se que todos os pontos avaliados com os dados do TRMM apresentaram coeficiente de correlação abaixo de 0,5, assim como 13, dos 16 pontos avaliados para os dados do MERGE (Figura 2). Em geral, as séries de dados do TRMM e do MERGE apresentaram desvios padrão e erros quadráticos médios superiores ao da série de referência (ANA) (Figura 2).

Já para os dados mensais, os coeficientes de correlação variaram em torno 0,6 e 0,9, tanto para as séries do TRMM,

como para as séries dos MERGE (Figura 3). Os desvios padrão e os erros quadráticos médios se mantiveram superiores aos das séries de referência (ANA) (Figura 3).

O desvio médio percentual, representado pelo PBIAS, foi de 2,44% para a série de dados diários e mensais do TRMM e de -3,30%, para a série de dados diários e mensais do MERGE, mostrando que, em média, os dados do TRMM tendem a superestimar a precipitação em 2,44%, enquanto os dados do MERGE tendem a subestimar a precipitação em -3,30% (Tabela 2). Os valores de RSR para as séries de dados diários do TRMM e do MERGE podem ser considerados altos (1,10 e 1,02, respectivamente), enquanto que os valores de RSR foram satisfatórios para as séries mensais dos TRMM e do MERGE (0,62 e 0,63, respectivamente) (Tabela 2).

Por fim, o teste da hipótese de que, em média, os dados do MERGE levam a coeficientes de comparação ( $r$ , REQM e RSR) melhores do que os dados do TRMM, resultou em valores-p menores que 0,05, para a avaliação das séries de dados diários, e valores-p maiores que 0,05, para a avaliação das séries de dados mensais (Tabela 3).

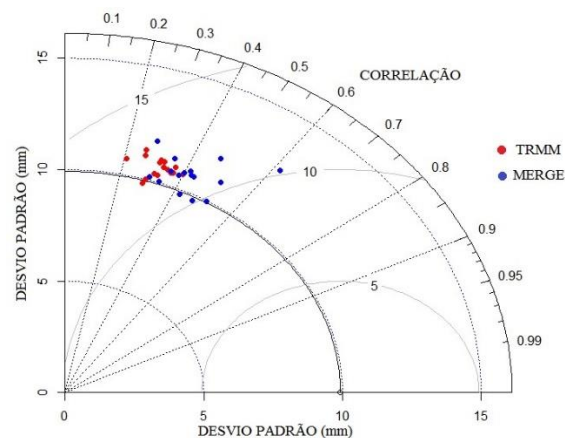


Figura 2. Diagrama de Taylor para dados diários.

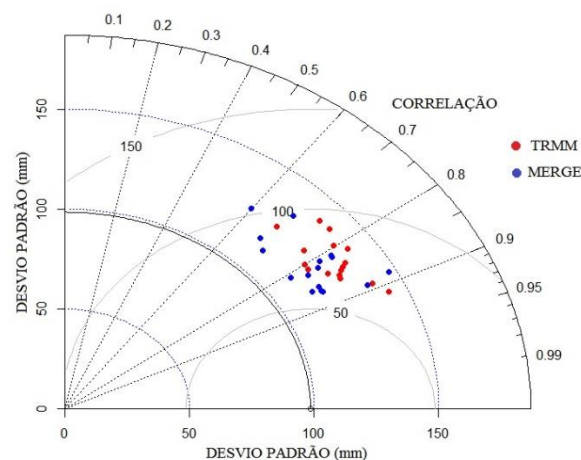


Figura 3. Diagrama de Taylor para dados mensais.

**Tabela 2. Métricas de comparação para os dados diários e mensais do TRMM e MERGE**

	DIÁRIO		MENSAL	
	TRMM	MERGE	TRMM	MERGE
r	0,32	0,42	0,82	0,80
REQM	13,68	12,69	82,16	83,95
PBIAS	2,44	-3,30	2,44	-3,30
RSR	1,10	1,02	0,62	0,63

**Tabela 3. Médias das diferenças das métricas de comparação dos dados do MERGE e do TRMM e seus respectivos valores p**

	DIÁRIO		MENSAL	
		Valor-p		Valor-p
$\bar{r}_T - \bar{r}_M$	-0,10	< 0,05	0,02	0,82
$\overline{REQM}_M - \overline{REQM}_T$	-0,99	< 0,05	1,79	0,68
$\overline{RSR}_M - \overline{RSR}_T$	-0,08	< 0,05	0,01	0,63

#### 4. DISCUSSÃO

Em geral, as séries de dados diários, tanto do TRMM, como do MERGE, apresentam menor correspondência à série de referência (ANA), do que as séries de dados mensais. Isso pode ser explicado pelo fato de que nas séries diárias, podem ocorrer discrepâncias entre os dados observados e os dados estimados, devido a diferenças entre os horários de registro da precipitação nas estações pluviométricas e os horários considerados pelos algoritmos para a contabilização da precipitação para os produtos do TRMM e do MERGE. Além disso, como na série mensal os valores de precipitação são acumulados para os meses, as discrepâncias de valores de precipitação diárias ficam pouco evidenciadas no cômputo dos valores mensais. Portanto, para ambas as fontes de estimativas de precipitação (TRMM e MERGE), as séries de dados mensais mostram-se mais coerentes com as séries de dados observadas pelas estações pluviométricas.

Quando são comparadas as séries do TRMM com as séries do MERGE (Tabela 3), nota-se que a hipótese, de que as séries do MERGE representam melhor os dados observados do que a série do TRMM, só é verdadeira para os conjuntos de dados diários (valor-p < 0,05). Ou seja, o procedimento utilizado para gerar a grade MERGE leva a uma significativa melhoria nas estimativas de precipitação em escala diária, porém, para uma escala mensal, essa melhoria não é significativamente notável, em relação aos dados do TRMM. Mais uma vez, este resultado pode ser efeito da incompatibilidade dos horários de registros e de contabilização da precipitação.

Também é importante considerar a diferença de escala dos dados observados (valores pontuais, representados pelas estações pluviométricas) e dos dados estimados pelo TRMM e MERGE, que representam a precipitação média da área do pixel (~20km, para o MERGE e ~25km para o TRMM). Uma vez que a região Amazônica apresenta grande variabilidade espacial da precipitação, essa diferença na escala espacial dos dados é um importante fator que contribui para inconsistências entre as estimativas e os dados observados.

Por fim, deve-se reconhecer que apesar do número elevado de dados observados, na maioria das estações pluviométricas (Tabela 1), o número de pontos amostrais (estações pluviométricas) utilizados neste estudo é pequeno, em comparação com o tamanho da área estudada, especialmente considerando a alta variabilidade espacial da precipitação nesta região. Contudo, a baixa densidade de estações pluviométricas (ativas e/ou com uma série de dados consistente e suficientemente longa para este tipo de estudo), ainda é característico da região norte do país.

#### 5. CONCLUSÕES

A análise comparativa realizada neste estudo mostrou que, de forma geral, os dados de precipitação acumulados para períodos mensais, tanto do MERGE como do TRMM, apresentam estimativas mais coerentes com os dados observados do que as estimativas diárias desses produtos.

Já a comparação entre os dados do TRMM e do MERGE, indicou que as estimativas do MERGE são significativamente melhores do que as estimativas do TRMM para precipitação diária, enquanto que para precipitação acumulada mensal, as duas fontes de dados não apresentam diferença estatística significativa entre si.

As informações trazidas neste estudo podem ser úteis para decisões sobre as fontes e escala temporal de dados de precipitação por sensoriamento remoto a serem utilizados em estudos com foco em análise e gestão de recursos hídricos.

#### 6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto, sob processo número 300387/2018-0.

#### 7. REFERÊNCIAS

- [1] Tucci, C. E. M (Org). Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.
- [2] Collischonn, W. e Dornelles, F. 2013 Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais. Editora ABRH.
- [3] Collischonn, B.; Collischonn, W.; Tucci, C.E.M. Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. Journal of Hydrology. v.360, p.207-2016. 2008.
- [4] National Aeronautics and Space Administration (NASA). Tropical Rainfall Measuring Mission – TRMM: Senior Review Proposal. NASA. 2007.
- [5] Huffman, G.J.; Adler, R.F.; Bolvin, D.T./ GU, G.; Nelkin, E.J.; Bowman, K.P.; Hong, Y.; Stocker, E.F.; Wolff, D.B. The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. Journal of Hydrometeorology. v.8, p. 38-55, 2007.
- [6] National Aeronautics and Space Administration (NASA). GPM Mission. [www.nasa.gov/mission\\_pages/GPM/overview/index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/GPM/overview/index.html). Acessado em Out/2018.
- [7] 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. v.25, n.3, p.885-894. 2010.