

Precisão dos dados do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão

Jessflan Rafael Nascimento Santos¹
Fabrício Brito Silva¹
Celso Henrique Leite Silva Junior^{2,3}
Mayara Lucyanne Santos de Araújo¹
Itallo Dirceu Costa Silva¹
Raimundo Nonato Lima Neto¹

¹Laboratório de Geotecnologias, Universidade CEUMA - UniCEUMA
Rua Josué Montello, nº 1, Renascença II - 65075-120 – São Luís - MA, Brasil
jessflan@ymail.com; {fabricioagro, mayara.araujo.eng}@gmail.com;
{idc_silva, netoar}@hotmail.com

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758, 12.227-010 - São José dos Campos, SP, Brasil
celsohlsj@gmail.com

³Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas
Av. Trinta e Um de Março, nº 1020, Dom Cabral - 30535-000 - Belo Horizonte - MG, Brasil
celsohlsj@gmail.com

Abstract. The transition region between Amazon and Savanna in Maranhão state is characterized by high climatic variability. The objective of this work was to evaluate the accuracy of TRMM data in the transition region between the Cerrado (Brazilian Savanna) and Amazon in Maranhão state. The accuracy of the TRMM data showed high variability as well as climate variability of the region studied. In regions with higher annual rainfall, the accuracy increases as well as increases the tendency to overestimate precipitation.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, geology, sensoriamento remoto, processamento de imagens, geologia.

1. Introdução

O Estado do Maranhão apresenta uma grande variabilidade espacial das características ambientais por estar situado na região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado. Além disso, parte do seu território está situado em uma região de alta influência da Zona de Convergência Intertropical e outra parte por fenômenos climáticos originalmente continentais (Ferreira e Melo, 2005).

Além da variabilidade climática, a alta diversidade de ecossistemas e ambientes, observadas pelos tipos vegetacionais, diversidade no relevo, solo e demais aspectos ambientais é uma característica marcante do Estado.

No Brasil, 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). No Maranhão essa realidade não é diferente, sendo que, em todo Estado, existem apenas 12 estações meteorológicas que possuem dados em normal climatológica.

As observações pluviométricas por meio de sensores orbitais têm surgido como uma importante alternativa, para suprir essa carência de dados. Contudo, este é um método considerado menos preciso do que o convencional, sendo de grande importância a avaliação e validação destas estimativas antes de sua utilização (Franchito et al., 2009). Além disso essa validação também é importante no sentido de se utilizar dados mais abrangentes do estado para

possíveis estudos de mudanças climáticas, tendo como base que as estações meteorológicas apresentam uma tendência na diminuição da precipitação (Silva et al., 2014).

Entre os satélites destinados ao monitoramento da precipitação está o *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), que está em operação desde dezembro de 1997. A plataforma tem o objetivo de avaliar diversas características da precipitação tanto em regiões tropicais, quanto subtropicais, possibilitando a aquisição de dados de maneira sistemática (Viana et al. 2010). Neste contexto, o Estado do Maranhão que está situado na região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, abrangendo rica biodiversidade de ecossistemas que ocorrem em um gradiente de precipitação não apresenta nenhum estudo com intuito de validar os dados de precipitação para os diferentes biomas que o Estado se encontra.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a precisão dos dados de precipitação estimados pelo TRMM sobre região de transição Amazônia-cerrado no Estado do Maranhão.

2. Metodologia

2.1. Área Estudada

O Estado do Maranhão apresenta uma alta variabilidade climática. Observando a série climatológica proveniente do ISLSCP (*International Land Surface Climatology Project*) é possível observar a distribuição espacial da precipitação anual (Figura 1). Essa variabilidade segue um gradiente no sentido sudeste-noroeste, onde a precipitação anual varia entre 1000 mm (sudeste) a 2.500 mm (noroeste).

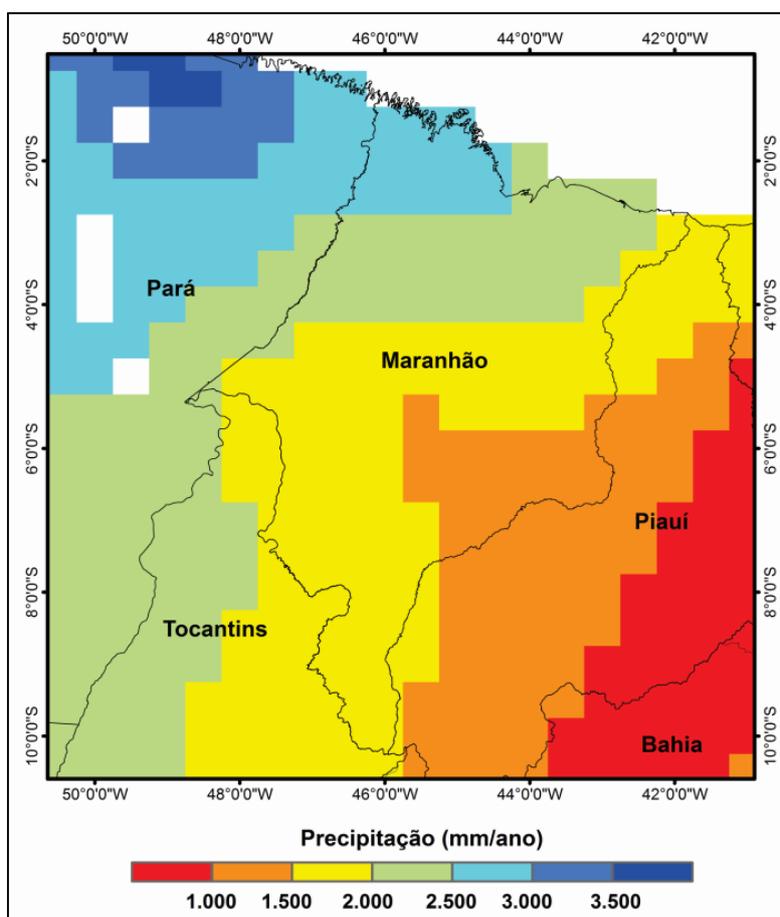


Figura 1. Precipitação total anual no Estado do Maranhão (ISLSCP).

2.2. Caracterização dos Dados

Para comparação foram utilizados dados de precipitação mensal, provenientes de 12 (doze) estações meteorológicas situadas no Estado, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em um período de 15 (quinze) anos (1998 a 2013) (Figura 1).



Figura 2. Localização das 12 (estações) meteorológicas no Estado do Maranhão (INMET) destacando os biomas Amazônia e Cerrado.

Os dados estimados por satélite foram provenientes do satélite TRMM, produto 3B43 versão 7, em uma resolução espacial de 0,25° (<http://trmm.gsfc.nasa.gov>). Foram utilizados dozes pontos do TRMM, os quais correspondiam à localização das estações.

2.3. Análises Estatísticas

A análise de precisão dos dados de precipitação estimados pelo satélite do TRMM foi realizada estimando o Erro Quadrático Médio (RMSE), Tendência (BIAS), Coeficiente de Correlação (r) e Coeficiente Determinação (r^2).

Essa análise de precisão foi realizada considerando o conjunto total dos dados mensais, os períodos climáticos seco e chuvoso e distinguindo os biomas amazônico e cerrado.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta a análise de precisão dos dados do TRMM para as estações do bioma Cerrado. De um modo geral, observa-se uma precisão média de 86%, onde a máxima foi 94% para as estações de Bacabal e Carolina, e a mínima de 76% para a estação de Colinas. O RMSE

apresentou valores médios entre 72,77 e 35,58mm. A tendência mostrou uma variação de subestimativas de 13,49% em Imperatriz e superestimava de 8,12% em Colinas.

Tabela 1. Análise de precisão dos dados TRMM considerando o conjunto de estações presentes no Estado do Maranhão no bioma Cerrado. RMSE (Erro Quadrático Médio), BIAS (Tendência), r (Coeficiente de correlação), r² (Coeficiente de determinação).

Cerrado				
Estações	EQM	BIAS (%)	r	r ²
Alto Parnaíba	45,74	2,53	0,92	0,85
Bacabal	40,49	3,16	0,97	0,94
Balsas	48,96	0,81	0,90	0,81
Carolina	35,58	5,32	0,97	0,94
Caxias	37,30	-2,80	0,96	0,93
Chapadinha	60,90	-1,60	0,92	0,85
Colinas	52,27	8,12	0,87	0,76
Imperatriz	72,77	-13,49	0,89	0,79

A Tabela 2 mostra a análise de precisão para as estações que estão no bioma amazônico, onde a precisão média foi de 91%, sendo a máxima de 93% para a estação Turiaçu e a mínima de 89% para a estação de Zé Doca. O RMSE apresentou uma variação entre 29,38 mm em Barra do Corda e 61,53 em São Luís. No Cerrado os dados TRMM apresentaram uma tendência entre a subestimativa de 19,82% em Zé Doca e a superestimativa de 18,29% em São Luís.

Tabela 2. Análise de precisão dos dados TRMM considerando o conjunto de estações presentes no Estado do Maranhão no bioma Amazônia. RMSE (Erro Quadrático Médio), BIAS (Tendência), r (Coeficiente de correlação), r² (Coeficiente de determinação).

Amazônia				
Estações	EQM	BIAS (%)	r	r ²
Barra do Corda	29,38	-4,16	0,96	0,92
São Luís	61,53	18,29	0,96	0,91
Turiaçu	49,15	6,24	0,96	0,93
Zé Doca	55,24	-19,82	0,94	0,89

A Tabela 3 apresenta a análise de precisão dos dados do TRMM no período chuvoso no bioma Cerrado. A precisão média foi de 66%, onde a máxima de 87% para a estação de Carolina e a mínima de 47% para a estação de Colinas. O RMSE apresentou valores entre 85,11 mm em Chapadinha e 44,69 mm Colinas. A tendência variou entre a subestimativa média de 0,74% em Imperatriz e a superestimativa média de 25,18% em Colinas.

Tabela 3. Análise de precisão dos dados TRMM dos meses chuvosos considerando o conjunto de estações presentes no Estado do Maranhão no bioma Cerrado. RMSE (Erro Quadrático Médio), BIAS (Tendência), r (Coeficiente de correlação), r² (Coeficiente de determinação).

Cerrado (Período Chuvoso)				
Estações	EQM	BIAS (%)	r	r ²
Alto Parnaíba	63,86	11,03	0,77	0,59
Bacabal	55,07	11,90	0,92	0,85
Balsas	67,48	16,13	0,75	0,56
Carolinas	44,69	14,44	0,93	0,87
Caxias	50,63	1,01	0,92	0,85
Chapadinha	85,11	12,85	0,77	0,60
Colinas	71,62	25,18	0,68	0,47

Imperatriz	75,05	-0,74	0,72	0,52
------------	--------------	--------------	------	-------------

A Tabela 4 mostra a análise de precisão dos meses chuvosos para as estações que estão no bioma amazônico. Para essa região a precisão média foi de 79%, sendo a máxima de 84% para a estação de Turiaçu e a mínima de 73% para a estação de Zé Doca. O RMSE variou entre 41,03mm em Barrado Corda e 83,27mm em São Luís. Os dados TRMM apresentaram uma tendência média de subestimar a precipitação entre 16,80% em Zé Doca e de superestimar em 39,05% em São Luís.

Tabela 4. Análise de precisão dos dados TRMM dos meses chuvosos considerando o conjunto de estações presentes no Estado do Maranhão no bioma Amazônia. RMSE (Erro Quadrático Médio), BIAS (Tendência), r (Coeficiente de correlação), r² (Coeficiente de determinação).

Amazônia (Período Chuvoso)				
Estações	EQM	BIAS (%)	r	r ²
Barra do Corda	41,03	-1,80	0,91	0,82
São Luís	83,27	39,05	0,88	0,77
Turiaçu	64,58	13,09	0,91	0,84
Zé Doca	69,48	-16,80	0,85	0,73

A Tabela 5 apresenta a análise de precisão dos dados do TRMM para as estações dos meses secos no bioma Cerrado. De um modo geral, observa-se uma concordância média de 68%, onde a máxima de 76% para as estações de Alto Parnaíba e Carolina e a mínima de 59% para a estação de Chapadinha. O RMSE das análises mensais indica valores médios entre 29,28 e 16,60mm. Ainda, os dados do TRMM apresentam uma tendência média de subestimar em 7,69%, entretanto ele subestimou em 13,33% na estação de Chapadinha e subestimou em 4,82% na estação de Alto Parnaíba.

Tabela 5. Análise de precisão dos dados TRMM dos meses secos considerando o conjunto de estações presentes no Estado do Maranhão no bioma Amazônia. RMSE (Erro Quadrático Médio), BIAS (Tendência), r (Coeficiente de correlação), r² (Coeficiente de determinação).

Cerrado (Período Seco)				
Estações	EQM	BIAS (%)	r	r ²
Alto Parnaíba	19,38	-4,82	0,87	0,76
Bacabal	16,60	-5,41	0,85	0,72
Balsas	29,28	-10,13	0,83	0,69
Carolina	20,03	-5,45	0,87	0,76
Caxias	20,50	-5,96	0,79	0,63
Chapadinha	29,01	-13,33	0,77	0,59
Colinas	22,92	-7,58	0,83	0,68
Imperatriz	28,57	-8,80	0,80	0,63

A Tabela 6 mostra a análise de precisão dos meses seco para as estações que estão no bioma Amazônia. Para essa região a concordância foi de 71%, sendo a máxima de 83% para a estação de Turiaçu e a mínima de 54% para a estação de Zé Doca. Ainda, as análises mensais indicam que o RMSE possui valores médios entre 37,19 e 12,68 mm.

Além disso, os dados do TRMM apresentam uma tendência média de subestimar em 8,92%, contudo ele subestimou em 22,65% na estação de Zé doca e subestimou em 2,56% na estação de Turiaçu.

Tabela 6. Análise de precisão dos dados TRMM dos meses chuvosos considerando o conjunto de estações presentes no Estado do Maranhão no bioma Amazônia. RMSE (Erro Quadrático Médio), BIAS (Tendência), r (Coeficiente de correlação), r^2 (Coeficiente de determinação).

Amazônia (Período Seco)				
Estações	EQM	BIAS (%)	r	r^2
Barra do Corda	18,04	-5,70	0,86	0,74
São Luís	17,07	-4,76	0,86	0,75
Turiação	12,68	-2,56	0,91	0,83
Zé Doca	37,19	-22,65	0,73	0,54

Os dados TRMM apresentaram menor precisão nas regiões onde as estações de Imperatriz e Colinas estão localizadas, tanto quando considerado o conjunto total dos dados, quanto na comparação considerando as estações seca e chuvosa.

Essas estações estão localizadas na região central do Estado, onde ocorre a transição acentuada entre um regime hídrico mais acentuado (2.500mm) característico da região amazônica, para um regime hídrico menor, característico da região do cerrado (1.500mm).

Considerando as análises nas estações climáticas seca e chuvosa foi possível perceber menor precisão na região do bioma cerrado, em ambas estações climáticas.

Na estação de Zé Doca, bioma amazônico, a superestimativa de 39% mostra que apesar de, na média desse bioma haver uma boa concordância, a variação da tendência foi alta.

Esses resultados levam a hipótese de que quanto maior a precipitação anual, maior a precisão dos dados TRMM e para confirmar essa hipótese foi realizada uma análise de regressão entre a precipitação anual medida pelas estações e o coeficiente de determinação que avaliou a precisão dos dados TRMM (Figura 3). Essa análise confirmou a hipótese da tendência de aumento da precisão dos dados TRMM com o aumento da precipitação anual.

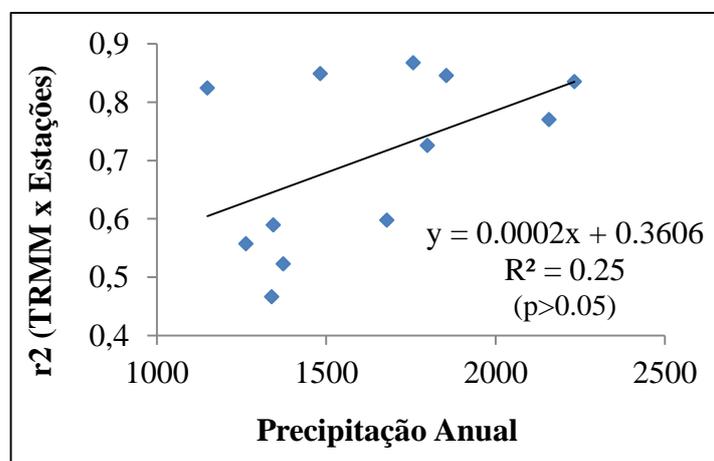


Figura 3. Gráfico de dispersão entre a precipitação média anual das estações meteorológicas e o coeficiente de determinação entre os dados TRMM e estações.

Outros trabalhos que estimam a precisão dos dados TRMM consideram grande quantidade de estações (Franchito et al., 2009), bem como, regionalizam as análises em divisões regionais políticas de regiões ou estados (Pereira et al., 2013). Neste trabalho, a regionalização foi por bioma, o que evidencia características ambientais. Nesse sentido, os resultados obtidos evidenciam uma complexa transição climática entre Amazônia e Cerrado, refletida na precisão dos dados estimados pelo satélite TRMM. Dessa forma, os resultados evidenciam que quanto maior a precipitação maior a precisão e maior a tendência em superestimar os valores, neste caso, no ambiente amazônico. Por outro lado, quanto menor a precipitação mensal, menor a precisão e menor a tendência em superestimar ou subestimar os valores.

4. Conclusões

A precisão dos dados TRMM foi satisfatória, porém, a região de transição entre Amazônia e Cerrado, caracterizada pela alta variabilidade climática mostrou que a precisão dos dados TRMM também varia. Nesse sentido, com a tendência de aumentar a precipitação mensal (bioma amazônico), aumenta a precisão e a tendência em superestimar os valores. Por outro lado, no bioma de cerrado, com o menor regime hídrico, menor a precisão e menor a tendência em superestimar a precipitação.

Referências Bibliográficas

- Ferreira, A. G, Mello, N. G. S. Principais Sistemas Atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. Volume 1 n. 1 – dez/2005, p. 15-28.
- Franchito, S.H.; Rao, V.B.; Vasques, A.C.; Santo C. M. E.; Conforte J. C. Validation of TRMM precipitation radar monthly rainfall estimates over Brazil. **Journal of Geophysical Research**, v. 114, D02105, p. 1-9, 2009.
- 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.
- Pereira, G.; Silva, M. E. S; Moraes, E. C.; Cardozo, F.S. Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 18 n.3 –Jul/Set 2013, p. 139-148.
- SILVA, F. B. et al. Análise espaço-temporal da precipitação no estado do Maranhão no período de 2003 a 2012. In: XIV SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS. **Anais...** Cubatão: COPEC, 2014.
- Viana, D. R.; FERREIRA, N. J.; CONFORTE, J. C. Avaliação das estimativas de precipitação 3B42 e 3B43 do satélite TRMM na Região Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém, PA. **Anais...**,2010.