

Comparação de dados de precipitação do produto TRMM-3B43 com dados de estações meteorológicas do estado do Espírito Santo

Kaio Allan Cruz Gasparini¹
Catherine Torres de Almeida¹
Nelson de Almeida Gouveia¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{kaio.gasparini, catherine.almeida, nelson.gouveia}@inpe.br

Abstract. The TRMM-3B43 product provides monthly rainfall data estimated by remote sensing. These data can be useful in hydrological applications, climate studies and water resources management. However, it is necessary to evaluate their uncertainties in relation to surface measurements, in order to validate the usefulness of these estimates. The objective of this work is to analyze, in a spatial and temporal way, the degree of coherence between the TRMM-3B43 product and pluviometric stations of the state of Espírito Santo. For this, the mean error, root mean square error (RMSE) and Pearson's linear correlation were used. The results showed that, in general, the TRMM-3B43 product presented good precipitation estimates for the state of Espírito Santo, with low average error and RMSE and high linear correlation. Regions with lower mean rainfall presented lower RMSE and higher correlation. The TRMM overestimated regions where the mean rainfall is higher and underestimated regions with lower mean rainfall.

Palavras-chave: o sensoriamento remoto, chuva, validação.

1. Introdução

A quantificação dos erros associados aos produtos de precipitação por satélite é bastante importante para a utilização correta desses dados em aplicações hidrológicas, estudos climáticos e gestão de recursos hídricos. Isso porque esses dados contêm incertezas, pois estimam a precipitação de forma indireta, e dependem das propriedades do topo das nuvens e da integração do conteúdo hidrometeorológico; portanto, caracterizar a sua estrutura de erro cria uma questão importante relacionada à utilidade destas estimativas (Hong et al., 2006).

Em 27 de Novembro de 1997, a *United States National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) se uniram para lançar o satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). O algoritmo utilizado para o cálculo da precipitação é o *TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis* (TMPA) (Huffman et al., 2007). Até agora o TMPA sofreu três grandes melhorias, com os produtos V5, V6 e V7, disponibilizados em 2005, 2009 e 2012, respectivamente. Foram criados dois tipos de produtos do TMPA, os de precipitação em tempo real de 3 horas, abrange as latitudes entre 60° N e 60° S; e os produtos que são calibrados e ajustados (3B42 e 3B43) cobrindo uma faixa de latitude entre 50° N e 50° S. O TRMM 3B42 e TRMM 3B43 são produtos de precipitação de 3h e mensal, respectivamente.

Os padrões de precipitação que cobrem uma parte da região Nordeste até o Sudeste do Brasil possuem totais pluviométricos máximos e mínimos no verão no inverno austral (Reboita et al., 2010) A alta variabilidade sazonal de precipitação é caracterizada por um período muito chuvoso e outro seco, sendo uma das características do sistema de monção (Ramage, 1971). No estado do Espírito Santo, outro fator que pode influenciar nos padrões de chuva está relacionado aos efeitos orográficos (Cunha et al., 2013). Faz-se necessário saber se esses diferentes tipos de variações pluviométricas são detectados pelas estimativas do TRMM e os erros associados.

Assim, o presente trabalho possui o objetivo de analisar, de forma espacial e temporal, o grau de coerência entre o produto TRMM 3B43 com estações pluviométricas, bem como avaliar as estimativas de erro durante os períodos seco, chuvoso e anual.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A área de estudo é o estado do Espírito Santo (Figura 1) que se encontra na região Sudeste do Brasil, entre as latitudes 17°52'S e 21°19'S e longitudes 39°38'W e 41°50'W. O clima é caracterizado como Tropical Úmido, de acordo com a classificação de Köppen, com temperaturas médias anuais em torno de 23 °C e precipitação anual superior a 1400 mm, concentrada no verão. O relevo é acidentado com variação espacial de Leste (litoral) à Oeste (região Serrana) (Governo do Estado do Espírito Santo, 2016).

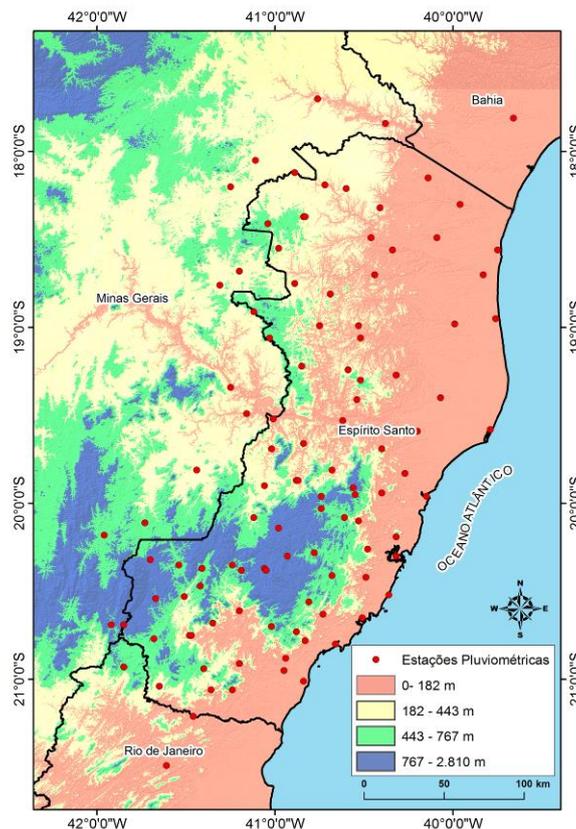


Figura 1. Localização das estações pluviométricas utilizadas no estudo.

2.2 Dados de Superfície e Satélite

Os dados de precipitação utilizados neste estudo foram obtidos para o período de 2000 a 2010 (11 anos). As séries históricas foram obtidas de 108 estações pluviométricas (EP), sendo 15 localizadas nos estados de Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro, tendo como objetivo minimizar o efeito de borda. Para o preenchimento das falhas de precipitação nas séries mensais, foi utilizado o método da ponderação regional. Este método de preenchimento de falhas é simplificado, sendo, normalmente, o mais utilizado para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitações (Bertoni, 2002). De posse dos dados de todas as estações pluviométricas, foram selecionados três, tomando como critério aqueles mais próximos e que estavam numa região climatológica semelhante à estação a ser estimada, sendo as falhas preenchidas utilizando-se a Equação 1.

$$Pe = \frac{1}{3} \left[\frac{P_1}{Pm_1} + \frac{P_2}{Pm_2} + \frac{P_3}{Pm_3} \right] Pm \quad (1)$$

Em que, Pe é a precipitação da estação pluviométrica a ser estimada; P_1 , P_2 e P_3 precipitações correspondentes ao mês que se deseja preencher, observadas nas três estações vizinhas; Pm_1 , Pm_2 , Pm_3 são precipitação média normal nas três estações circunvizinhas; e Pm é a precipitação média normal da estação a ser estimada.

Os dados de precipitação pluvial do TRMM produto 3B43 foram obtidos no formato NetCDF (TRMM, 2016). Esse produto fornece dados com resolução espacial de aproximadamente 30 km e resolução temporal mensal que foram convertidos de mm.h^{-1} (originais) para mm.mês^{-1} , para comparar com os dados das EP's, referentes aos anos de 2000 a 2010.

2.3 Validação das estimativas do satélite

Para a comparação da precipitação pluvial estimada pelo produto 3B43 do TRMM, em relação aos valores obtidos em superfície pelas EP's, foram utilizados os seguintes parâmetros estatísticos: Erro Médio (EM, Equação 2), Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ, Equação 3) e coeficiente de correlação linear de Pearson (r , Equação 4). As equações utilizadas são apresentadas abaixo:

$$EM = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)}{n} \quad (2)$$

$$REMQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{n}} \quad (3)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E}) \times (O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2 \times \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}} \quad (4)$$

Em que: E_i é o valor estimado pelo satélite no intervalo de tempo i ; O_i é valor observado em superfície no intervalo de tempo i ; n é número de dados analisados; \bar{E} é valor médio estimado pelo satélite; \bar{O} é valor médio observado em superfície.

A comparação foi realizada entre os valores de todos os meses e também para os meses secos (abril a setembro) e chuvosos (outubro a março). O coeficiente de correlação foi avaliado pelo teste t-Student, ao nível de significância de 5%. Utilizou-se o software R, versão 3.1.0 para a realização das análises estatísticas do conjunto de dados no período de 2000-2010.

2.4 Espacialização das estimativas

Para espacialização das estimativas do EM, REMQ e coeficiente de correlação (r), utilizou-se o interpolador vizinho mais próximo com o intuito de se avaliar espacialmente a distribuição dessas estimativas na extensão do estado do Espírito Santo.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 mostra a média anual e sazonal da precipitação de todas as estações avaliadas, obtida pelas estações pluviométricas e pelo produto TRMM-3B43. De modo geral, o estado do Espírito Santo apresentou valores superiores da precipitação estimada pelo TRMM, o que acarretou em um erro médio positivo, tanto para o período anual como para o período seco e chuvoso. No entanto, o período chuvoso apresentou maior erro médio e maior REMQ que o período seco e a média anual, indicando um maior erro no estado para os meses mais úmidos. O coeficiente de correlação foi alto e significativo (p -valor $< 0,05$), de 0,9 para o período anual em todo o estado, variando de estação para estação entre 0,83 a 0,95.

Tabela 1. Valores médios anuais e sazonais de precipitação das EP's e do TRMM, do EM, REMQ e coeficiente de correlação r para o estado do Espírito Santo.

Período	Precipitação das estações	Precipitação do TRMM	EM	REMQ	r
	mm.mês ⁻¹	mm.mês ⁻¹	mm.mês ⁻¹	mm.mês ⁻¹	
Anual	109,21	113,67	4,46	48,34	0,90
Chuvoso	167,95	175,34	7,39	61,47	0,85
Seco	50,47	52,00	1,53	29,92	0,81

A Figura 2 apresenta a relação entre a precipitação observada pelas EP's e a precipitação estimada pelo TRMM para cada estação e considerando os dados de todos os meses (média anual) e dos meses secos e chuvosos. Observa-se que, para os três períodos avaliados, existe uma forte relação linear entre as duas bases de dados, no entanto, algumas estações apresentam superestima da chuva do TRMM (pontos acima da linha diagonal) enquanto que outras subestimam a chuva (pontos abaixo da linha diagonal). As superestimativas estão relacionadas à locais com menor precipitação média anual ou sazonal, enquanto que as subestimativas estão relacionadas à locais que apresentam maior média de chuva para esses períodos.

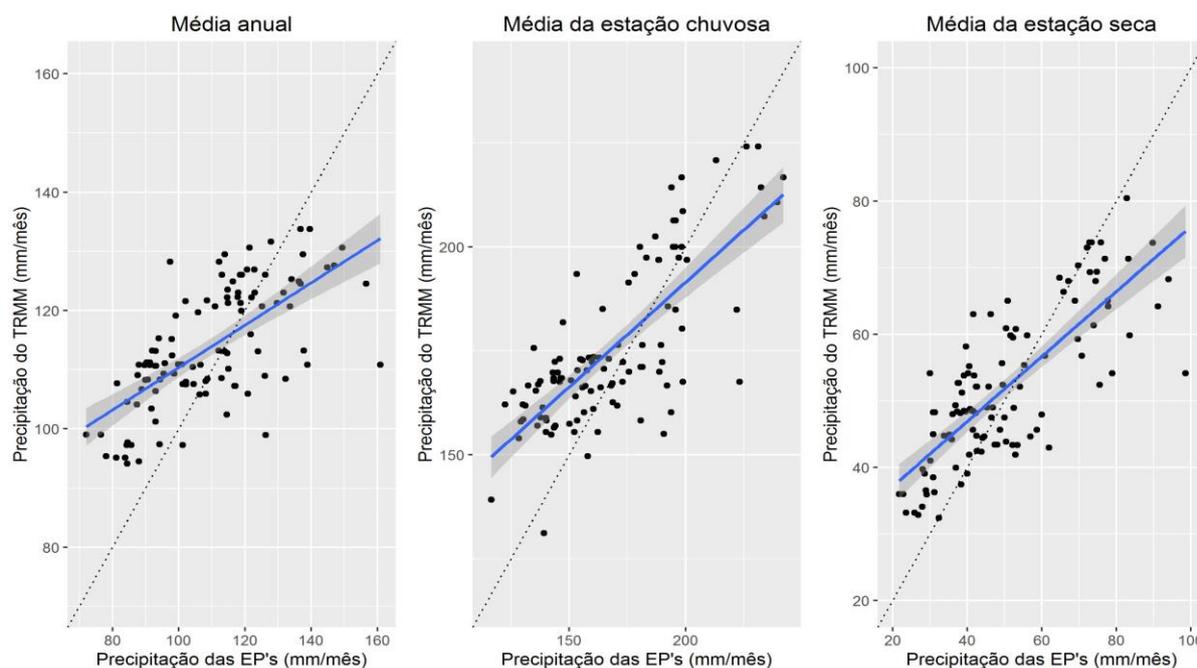


Figura 2. Relação da precipitação das EP's e do TRMM para cada estação pluviométrica. A linha azul representa a tendência linear e a linha pontilhada representa a diagonal 1:1.

A distribuição espacial da precipitação de superfície, erro médio, REMQ e coeficiente de correlação encontra-se na Figura 3. A parte oeste do estado, principalmente as microrregiões Centro Oeste e Noroeste, apresentou melhor relação entre as estimativas do TRMM e as medidas das EP's, com maior correlação e menor REMQ. As regiões de maior EM (superestimativas) estão nos locais onde foram encontrados menores volumes precipitados (microrregião Centro-Oeste e Nordeste), enquanto as regiões de subestimativas estão onde ocorrem maiores volumes precipitados, o que corrobora com a afirmação de Anderson et al. (2013), onde os locais em que existe maior precipitação tendem a ser subestimados pelo TRMM.

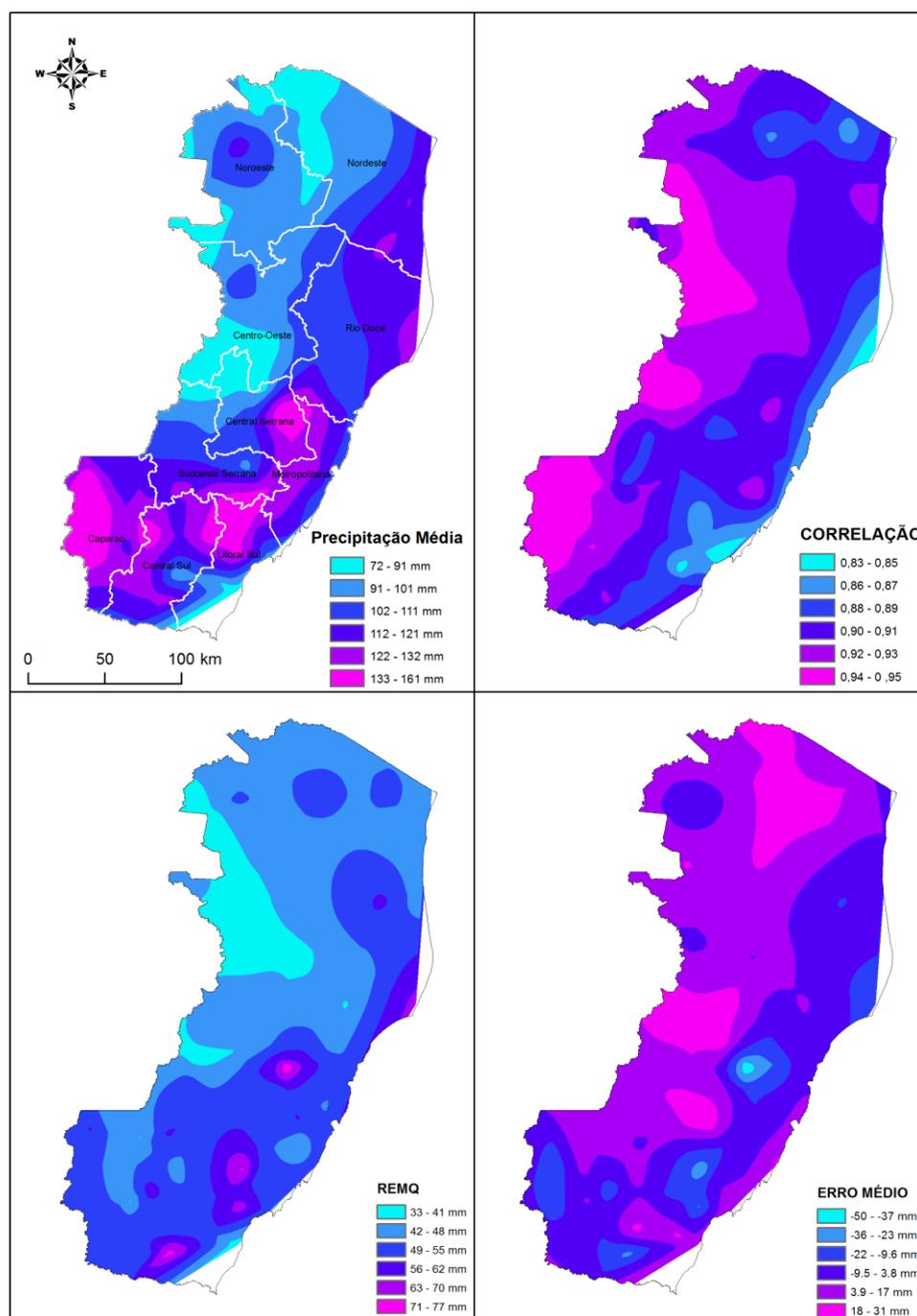


Figura 3. Distribuição espacial da precipitação média de superfície (EP's), erro médio, REMQ e correlação de Pearson no estado do Espírito Santo.

Na Figura 4A, é possível perceber a correlação negativa entre o erro médio e a precipitação pluvial obtida pelas estações pluviométricas, em que menores valores de precipitação média apresentam erro positivo e maiores valores apresentam erro negativo. O REMQ mostra uma correlação positiva, com maior REMQ para locais de maior precipitação média anual (Figura 4B). O coeficiente r apresentou uma fraca correlação negativa com a precipitação, em que algumas estações com menor precipitação média anual apresentam maiores valores de correlação (Figura 4C). No entanto, no mapa de correlação da Figura 3, é possível perceber que áreas de alta precipitação média, como a microrregião Caparaó, também apresentaram altos valores de correlação.

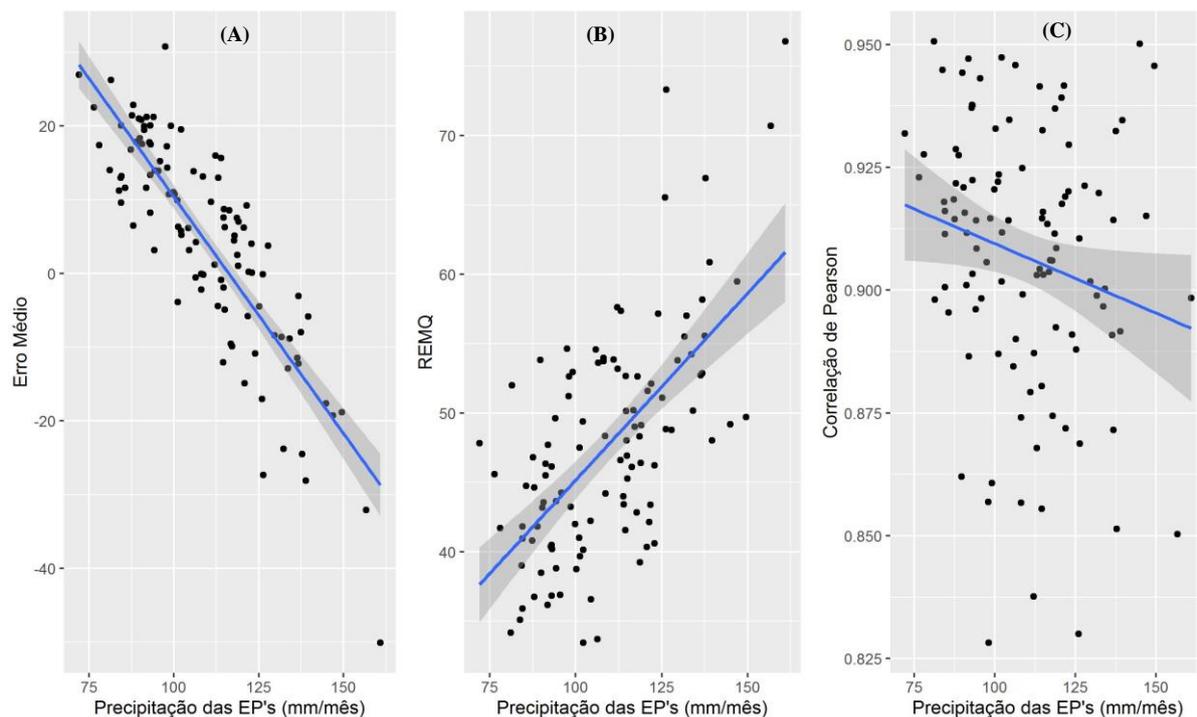


Figura 4. Variação do EM, REMQ e coeficiente r de cada estação em relação à precipitação.

4. Conclusões

De modo geral, o produto 3B43 do TRMM apresentou boas estimativas de precipitação para o estado do Espírito Santo, com baixo erro médio e REMQ e alta correlação linear. Estações pluviométricas localizadas em regiões de menor precipitação média apresentaram menor REMQ e maior correlação. O TRMM superestimou regiões onde a precipitação média é maior e subestimou regiões onde chove menos.

Agradecimentos

À CAPES e ao CNPq, por concessão de bolsa de estudo.

Referências Bibliográficas

Anderson, L. O.; Aragão, L. E. O. C.; Arai, E. Avaliação dos dados de chuva mensal para a região Amazônica oriundos do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) produto 3b43 versões 6 e 7 para o período de 1998 a 2010. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2013. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, Brasil: INPE, 2013, p. 6743-6750.

Bertoni, J.C.; Tucci, C. E. M. Precipitação In: Tucci, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2002. p.177-231.

Cunha, A. M.; Lani, J. L.; Santos, G. R.; Filho, E. I. F.; Trindade, F. S.; Souza, E. Espacialização da Precipitação Pluvial por Meio de Krigagem e Cokrigagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n. 9, p.1179-1191, 2013.

Governo do Estado do Espírito Santo. **Geografia**. Disponível em: <<http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/paginas/geografia.aspx> > Acesso em: 26.out.2016

TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission. 2014. Disponível em: <http://www.mirador.gsfc.nasa.gov/collections/TRMM_3B43_007.shtml>. Acesso em: 10.out.2016.

Hong, Y.; Hsu, K.; Moradkhani, H.; Sorooshian, S. Uncertainty quantification of satellite precipitation estimation and Monte Carlo assessment of the error propagation into hydrologic response. **Water Resour. Res.**, v.42, p.2643–2645, 2006.

Huffman, G.J.; Bolvin, D.T.; Nelkin, E.J.; Wolff, D.B.; Adler, R.F.; Gu, G.; Hong, Y.; Bowman, K.P.; Stocker, E.F. The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. **J. Hydrometeorol.** v.8, p.38–55, 2007.

Ramage, C. S. **Monsoon Meteorology**. Academic Press, New York, 296 pg., 1971.

Reboita, M. S.; Gan, M. A.; Rocha, R.P.; Ambrizzi, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Rev. Bras. de Meteor.**, v.25, p.185-204, 2010.