

# PREENCHIMENTO DE FALHA EM SÉRIE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL POR MEIO DE SENSOR REMOTO ORBITAL TRMM, EM LAVRAS-MG

Jade Gonçalves Alacoque<sup>1</sup>, Marcelo de Carvalho Alves<sup>2</sup>, Luiz Gonsaga de Carvalho<sup>3</sup>, Jonathan da Rocha Miranda<sup>4</sup>, Marcus André Braido Pinheiro<sup>5</sup>, Michel Eustáquio Dantas Chaves<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia, jade.alacoque@gmail.com; <sup>2</sup> Doutor, Departamento de Engenharia, marcelo.alves@deg.ufla.br; <sup>3</sup> Doutor, Departamento de Engenharia, lgonsaga@deg.ufla.br, <sup>4</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, jonathanrocha7@yahoo.com.br, <sup>5</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, marcus-andre.b.p@gmail.com, <sup>6</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, medchaves@posgrad.ufla.br

## RESUMO

Avaliar a variação temporal da precipitação pluvial é essencial para o planejamento sustentável dos agroecossistemas. Objetivou-se neste trabalho, comparar dados orbitais em relação aos dados *in situ* de precipitação, no município de Lavras –MG, no intervalo de 01/01/2000 a 31/06/2017. A série histórica dos dados orbitais foi obtida do produto 3B43 V6 da Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados *in situ* foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A análise foi realizada por meio do pacote *hydroTSM*. Ajustou-se um modelo de regressão linear e verificou-se uma correlação de 96% entre os dados orbitais e *in situ*. Foi possível validar o uso de sensores orbitais remotos na estimativa de elementos meteorológicos. Com o pacote *hydroTSM* fez-se a caracterização do regime pluviométrico de Lavras e avaliou-se tendências de mudanças da precipitação ao longo do tempo.

**Palavras-chave** — Modelagem Hidrológica, Meteorologia, Radar passivo.

## ABSTRACT

Evaluating the temporal variation of rainfall is essential for the sustainable planning of agroecosystems. The objective of this work was to compare orbital data in relation to the *in situ* precipitation data, in the municipality of Lavras-MG, between 01/01/2000 and 06/31/2017. The historical series of orbital data was obtained from the product 3B43 V6 of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), made available by the National Institute for Space Research (INPE). The *in situ* data were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET). The analysis was performed using the *hydroTSM* package. A linear regression model was fitted and a 96% correlation was found between orbital and *in situ* data. It was possible to validate the use of remote orbital sensors in the estimation of meteorological elements. With the *hydroTSM* package the characterization

of the pluviometric regime of Lavras was evaluated and trends of precipitation changes over time were evaluated.

**Key words** — Hydrological Modeling, Meteorology, Passive Radar.

## 1. INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial está inserida no ciclo hidrológico e compõem no balanço hídrico a principal entrada de água no sistema solo-planta. Por isso, compreender a variação espacial e temporal da quantidade precipitada e a sua relação com as saídas de água do processo permite identificar a demanda hídrica da cultura e posterior a isso adotar um manejo adequado para supri-la [1].

A precipitação pode ser registrada *in situ* por meio das estações meteorológicas, tendo esse método de observação apresentado falhas como observado por alguns autores. [2] ao avaliar dados diários de precipitação pluvial, registrados pela estação meteorológica de Lages-SC, no intervalo de 1961 a 2011, verificaram 83 dados faltantes correspondentes aos meses da série temporal de um total de 612 meses. [3], verificou que 79% das 99 estações pluviométricas, meteorológicas convencionais e automáticas utilizadas, referentes ao estado do Rio de Janeiro, apresentaram algum tipo de falha em seus registros.

Por isso, a estimativa da precipitação pluvial por meio do Sensoriamento Remoto tem representado uma alternativa confiável quando comparada a observação *in situ*. Nesse sentido, o sensor Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) foi concebido especificamente para o monitoramento da chuva tendo sido projetado para rastrear, regiões situadas nas zonas tropicais do globo terrestre [5].

Além disso, a modelagem dos dados é tão importante quanto o método pelo qual as informações contidas neles são extraídas. Por esse motivo, o pacote *hydroTSM*, do software livre *R Statistical*, se encaixa nessa proposta. Por meio da interpolação e plotagem de séries temporais de variáveis hidrológicas é viabilizada a análise e a interpretação do padrão dos fenômenos de precipitação ao longo do tempo com análises de estatística básica [4].

Portanto, objetivou-se com esse estudo avaliar a correspondência entre os dados estimados de precipitação

pluvial pelo algoritmo 3B43-V6 do TRMM e os dados observados por estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o município de Lavras-MG, no período de 01/01/2000 a 31/06/2017, por meio da modelagem estatística do pacote *hydroTSM*.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de precipitação pluvial avaliados foram do município de Lavras, Minas Gerais, Brasil. O município está localizado na região sul do Estado, nas coordenadas geográficas 21° 14' de latitude sul, 45° 00' de longitude oeste e 918,841 m de altitude. O clima da região segundo a classificação de Koppen é subtropical, com inverno seco e verão úmido e quente (Cwa) [6].

A obtenção dos dados *in situ* se deu por meio da série histórica mensal de precipitação pluvial no sítio eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), <http://www.inmet.gov.br/portal/>. O intervalo de tempo escolhido para a realização do estudo foi de 01/01/2000 a 31/06/2017.

Os dados orbitais foram obtidos da série de precipitação pluvial (mm.mês<sup>-1</sup>), que utilizou o produto 3B43 V6 da TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) concedido pela Distributed Active Archive System (GES DISC DAAC) da NASA, disponibilizados no sítio eletrônico do INPE (<http://www.dsr.inpe.br/laf/series/>) no intervalo de 01/01/2000 a 31/06/2017.

Este produto é criado pela junção de taxas de precipitação por infravermelho de micro-ondas mescladas pela TRMM (mm.h<sup>-1</sup>) e pelas estimativas de erro de precipitação da raiz quadrada média (RMS), fornecendo dados de microondas de alta qualidade, dados de infravermelho e análises de pluviômetros (NASA, 2018).

No pacote *hydroTSM*, fez-se a análise estatística exploratória dos dados e a avaliação da chuva nas quatro estações do ano. Após a geração dos gráficos, realizou-se a análise de regressão linear para avaliar a equivalência entre valores de chuva estimados *in situ* e remotamente. Isso foi feito em todas as estações do ano e no total anual. Além disso, fez-se a quantificação dos erros associados às estimativas de chuva, por meio da determinação do Erro Médio Absoluto (EMA), e da Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ).

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Análises mensal e anual da Precipitação Pluvial

Observou-se, que tanto os valores acumulados (Geral), correspondentes a média dos 18 anos avaliados (de 2000 a 2017), sendo equivalente a 210 observações, quanto os valores relativos às quatro estações do ano, apresentaram dispersão média superior *in situ* quando comparados com os obtidos pelo TRMM, exceto nos meses que englobam o outono. Verificou-se maior variabilidade em todas as

estações do ano, quando observados valores de precipitação *in situ* (Tabela 1).

A precipitação obtida pela estação meteorológica, apresentou maior amplitude nos dados (554,70 mm/mês), com valor máximo superior em relação a obtida pelo sensor, (504,40 mm/mês), e menor valor médio (114,20 mm/mês) em relação ao produto TRMM (120,40 mm/mês), no período avaliado (Tabela 1).

A chuva média mensal, para Lavras, nos meses de maio, junho, julho, agosto, e setembro, foram menores para ambos os meios de medição, *in situ* e orbital (Tabela 2).

Ainda ao considerar a média mensal, os meses mais chuvosos de acordo com dados da estação foram novembro, dezembro e janeiro. Com isso, verificaram-se por meio do regime pluviométrico da região, a presença de inverno seco e verão chuvoso (Figura 1). Verificou-se que nos meses registrados como mais chuvosos pelo sensor TRMM, houve maior dispersão dos dados, em relação aos meses mais secos. Entretanto, de modo geral a chuva observada *in situ* apresentou maior dispersão dos valores em relação a registrado pelo sensor.

Por outro lado, as médias anuais pluviais foram 1357,28 mm *in situ* e 1453,0 mm, pelo TRMM, tendo o sensor superestimado valores anuais no período. Além disso, observou-se que a distribuição da precipitação na maior parte dos meses do ano possuiu assimetria positiva, exceto em fevereiro e novembro para dados do sensor TRMM, sendo os meses que representaram o período mais seco, com tendência de distribuição simétrica. Já para valores registrados *in situ*, observou-se comportamento oposto.

Pela análise de regressão linear, observou-se que a chuva estimada pelo satélite que compreendeu o intervalo de tempo avaliado, apresentou boa precisão (R= 96%) com a estimada pela estação meteorológica (Tabela 4).

## 4. DISCUSSÃO

Nos meses mais úmidos, houve uma tendência de superestimava dos valores da precipitação, sendo que nos meses mais secos foi verificada tendências de subestimativa em relação aos dados observados *in situ*. Essa característica do sensor foi percebida também por [7], em que, os dados do TRMM ora superestimaram, ora subestimaram os dados da precipitação, na Microrregião de Itaparica-PE, no período de 1998 a 2014.

Com relação a precipitação *in situ*, obtidos na série 2000-2017, os valores determinados foram aproximados em relação aos encontrados por [6] (Tabela 2). A maior precipitação mensal estimada correspondeu a janeiro, com média de 295,9 mm, e a menor correspondente a julho com média de 13,2 mm. Para valores de precipitação TRMM, percebeu-se maior valor médio para o mês de janeiro (300,9 mm), e menor para o mês de agosto (12,8 mm) (Tabela 2). Nesse sentido, houve valores superestimados para períodos mais chuvosos por parte do sensor, quando comparados com os dados *in situ* de ambas as séries avaliadas.

Silva et al. [6] avaliaram a tendência de dados climáticos na região de Lavras-MG, por meio da precipitação pluvial obtida nas Normais Climatológicas de 1961-1990 e de 1991-2004. Para a série mais antiga, observou-se 296 mm em dezembro, e 23 mm em julho, equivalente a maior e a menor precipitação, respectivamente.

Já para a série histórica de 1991-2004, também investigada por [6], observou-se média de 321 mm no mês de janeiro correspondente a maior precipitação e 7 mm em julho, correspondente a menor. Com isso, percebeu-se que, nos meses mais chuvosos, os valores da precipitação na série de 2000-2017 em comparação com os da série 1991-2004, foram próximos (de 321 mm para 295,9 mm *in situ*) e (321 mm para 300 mm pelo TRMM).

Nos meses mais secos, os valores médios também se aproximaram, porém, variando de 7 mm (1991-2004) para 13,2 mm (2000-2017), *in situ* e 12,8 mm (2000-2017), pelo

TRMM. Nesse caso, além da variação quantitativa, observou-se o deslocamento da estação mais seca do mês de julho, para o mês de agosto. Em relação as médias anuais pluviais, os valores foram ambos próximos aos observados por [6], que encontrou 1530 mm/ano nas Normais Climatológicas de 1961-1990, e 1460 mm/ano na série incompleta das Normais Climatológicas de 1991-2004.

Contudo, conclui-se que, mesmo com as diferenças entre a série mais recente (2000-2017) e as séries antigas (1961-1990 e 1991-2004), os totais anuais da precipitação variaram de 102,7 mm/ano a 172,7 mm/ano, *in situ*, e de 7 mm/ano a 77 mm/ano, pelo TRMM. Por outro lado, avaliando a correlação entre os dados, de acordo com [8] ao comparar valores estimados de chuva por postos pluviométricos na Paraíba e pelo produto TRMM, no acumulado mensal, verificou-se correlação maior que 80% nos meses de janeiro a maio, e correlações inferiores a 0,5 nos meses de agosto a dezembro.

**Tabela 1: Estatística Descritiva da precipitação pluvial em (mm), obtidos *in situ* e pelo algoritmo 3B43-V6 da TRMM nas estações do ano e no acumulado total (Geral) em Lavras-MG.**

Precipitação Pluvial Métodos de Registro	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Geral	
	In situ	Orbital	In situ	Orbital	In situ	Orbital	In situ	Orbital	In situ	Orbital
Mínimo	34,4	51,1	0,4	7,6	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0
Máximo	554,7	504,4	319,1	304,5	94,6	91,3	303,4	287,9	554,7	504,4
Curtose	-0,6	-1,0	1,4	-0,2	4,4	5,0	-0,6	-0,8	1,8	0,8
Mediana	219,7	219,0	58,9	66,8	12,2	13,5	108,4	116,1	72,0	86,7
Média	236,9	248,9	80,3	94,4	16,6	16,1	115,6	121,1	114,2	120,5
Coef. de Var.	0,6	0,5	0,9	0,8	1,2	1,2	0,7	0,6	1,0	1,0
Desv. Padrão	136,9	122,6	70,8	75,6	20,3	18,9	77,6	72,1	119,2	116,6

**Tabela 2: Estatística Descritiva da precipitação pluvial(mm) registrada *in situ* e pelo TRMM, nos meses do ano, no intervalo de 01/01/2000 a 31/06/2017, em Lavras-MG.**

Período	Média		Máximo		Mínimo	
	<i>in situ</i>	Orbital	<i>in situ</i>	Orbital	<i>in situ</i>	Orbital
Janeiro	295,9	300	554,7	504,4	71,5	109,9
Fevereiro	149	160,2	368,3	369,4	34,4	51,1
Março	154,4	177,8	319,1	304,5	35,4	52,3
Abril	52,2	62	130	162,3	0,4	14,3
Mai	34,2	43,3	84,6	93,7	2,8	7,6
Junho	21,9	19,9	94,6	91,3	0	0
Julho	13,2	15,4	45,3	55,2	0	0
Agosto	14,3	12,8	63,2	41,9	0	0
Setembro	54	59,7	127,8	129,8	0	2,4
Outubro	91,8	104,1	143,5	200,7	22,7	45,2
Novembro	200,8	199,4	303,4	287,9	102,4	125,7
Dezembro	267,5	288,8	475,1	468,5	140,4	143,4

Além disso, [9], verificou satisfatória concordância, ( $R=97\%$ ) entre as precipitações estimadas pelo TRMM e por 183 estações meteorológicas para chuva diária, no período de tempo de 1998 a 2011. Ainda, [10] obteve valores de correlação acima de 81%, no período de 2002 a 2012 em campos localizados no sul do Brasil. Isso também foi verificado nas estações do ano. No verão observou-se maior valor de REQM e EMA, e menor correlação entre os dados de precipitação obtidos *in situ* e remotamente. [11], também notou esse padrão para a estação do verão. Ao comparar os dados, obtiveram-se valores de EMA maiores em relação às outras estações do ano. Já no inverno, o REQM e EMA foram os mais baixos dentre todas as estações. Esse resultado também foi observado por [11].

Segundo os autores, foram constatados menores valores de EMA, para diferentes localidades do Estado de São Paulo, no período de 2003 a 2010, quando comparados dados mensais de precipitação pluvial, estimados pelo satélite TRMM com dados obtidos por estações de superfície, sendo a explicação do autor para esse fato,

resultante da baixa intensidade da precipitação, frequentemente causadas por entrada de massas de ar frio, que cobrem uma grande região. Por outro lado, nos meses que englobam a primavera e o outono os valores de REQM e EMA apresentaram valores intermediários em relação ao verão e inverno, não variando muito entre si.

## 5. CONCLUSÕES

Com o produto do TRMM, estimou-se de forma satisfatória a precipitação pluvial em relação aos dados observados pela estação meteorológica do INMET, em Lavras-MG. A modelagem dos dados de chuva no pacote *hydroTSM* propiciou a análise estatística dos dados além da caracterização do regime pluviométrico da região. Os modelos ajustados para estimativa das precipitações apresentaram alto valor de correlação, se configurando como de boa qualidade, podendo ser utilizados para estimativa da precipitação na cidade de Lavras-MG

**Tabela 3: Análise de Regressão para os dados de precipitação pluvial (mm/mês), estimados pela estação meteorológica(y) e pelo produto 3B43 V6 da TRMM (x)**

Estações do ano	Modelo Ajustado	R <sup>2</sup>	R	REQM	EMA	Valor p
Verão	$y = 1,017 x - 16,2942^*$	87,77%	0,91	57,04	46,25	0,046
Inverno	$y = 0,9906 x - 0,6468^*$	84,83%	0,92	7,86	5,4	0,003
Outono	$y = 0,8754 x - 2,3158^*$	87,15%	0,93	30,36	22,45	0,004
Primavera	$y = 1,018 x - 7,8209^*$	89,45%	0,95	25,61	18,95	0,015
Geral	$y = 0,9703 x - 4,2951^*$	91,67%	0,96	35,00	23,16	0,046

\*significativo pelo teste F,  $p \leq 5\%$ .

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Jimenez, K.Q.; Tirzah, M.de M. e Louzada, J.A., "Uso de dados de precipitação obtidos por sensoriamento remoto em um modelo agro hidrológico", Irriga, v. 18, n. 3, p. 496-508, julho-setembro, 2013.
- [2] Costa, J.V.; Ferreira, M. e Cordeiro, M.T.A "Análise de séries temporais climáticas", Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.14, n.2, p.169-177, 2015.
- [3] Sobral, B.S. et al."Variabilidade Espaço-Temporal e Interanual da chuva no estado do Rio de Janeiro", Revista Brasileira de Climatologia, v. 22, 2018.
- [4] Bigiarini, M.Z. Tutorial for Introductory Analysis of Daily Precipitation Data with hydroTSM, 2017.
- [5] National Aeronautics and Space Administration, Nasa. Disponível em: <https://trmm.gsfc.nasa.gov/> Acesso em; 25 jun.2018.
- [6] Dantas, A.A.A.; Ferreira, E.; Carvalho, de. G.L. "Classificação e tendências climáticas em Lavras-MG". Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- [7] Anjos, R.S.; Nobrega, R.S.; Candeias, A.L.B. Possíveis causas para os erros das estimativas do satélite TRMM: estudo de caso na microrregião de Itaparica-PE. Revista Brasileira de Climatologia, Itaparica, v.21, 2016.
- [8] Soares, A.S.D.; Paz, A.R.; e Piccilli, D.G.A.; Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 21, n.2, p. 288 – 299, abr./jun, 2016.
- [9] Silva, J.W.; Guimarães, E.C.; Tavares, M. Variabilidade Temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.27, n.3, p.665-674, 2003.
- [10] Moreira, A. et al. Dados meteorológicos estimados em condições de clima subtropical e a relação com índices de vegetação. Revista Brasileira de Cartografia. v. 69, n. 6, p.1075-1091, 2017.
- [11] Camparotto, L.B. et al. "Validação de dados termopluviométricos obtidos via sensoriamento remoto para o Estado de São Paulo". Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, v.17, n.6, p.665–671, 2013.