



AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM

EVALUATION OF PRECIPITATION ESTIMATES BY THE TRMM SATELLITE

EVALUACIÓN DE ESTIMACIONES DE PRECIPITACIÓN POR EL SATÉLITE TRMM

Bárbara Silva Souza¹, Matheus Henrique Bezerra de Melo¹, Fabiano da Silva Araújo¹, Lorranny Dias de Araújo²

e453101

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i5.3101>

PUBLICADO: 05/2023

RESUMO

A presente pesquisa objetiva analisar as estimativas de chuva das séries temporais do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP-INMET) e do banco de dados do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2019 para a localidade de Areia-PB. As análises e obtenção dos resultados do SPI foram realizadas com o *software* RStudio, com auxílio do pacote SPEI. A caracterização detalhada sobre o município de Areia-PB da qualidade das estimativas de chuva do TRMM gerada neste trabalho, mostra o potencial de tal aplicação, uma vez que conhecer a existência de erros e uma quantificação deles tende a aumentar a confiabilidade, permitindo assim, o uso de métodos de correção dessas estimativas.

PALAVRAS-CHAVE: Séries temporais. INMET. Precipitação.

ABSTRACT

The present research aims to analyze the rainfall estimates of the time series of the Meteorological Database for Teaching and Research of the National Institute of Meteorology (BDMEP-INMET) and of the database of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) in the period of January of 1998 to December 2019 for the locality of Areia-PB. The analyzes and obtaining of the SPI results were carried out with the RStudio software, with the aid of the SPEI package. The detailed characterization on the municipality of Areia-PB of the quality of the TRMM rainfall estimates generated in this work shows the potential of such an application, since knowing the existence of errors and their quantification tends to increase the reliability, thus allowing the use of correction methods for these estimates.

KEYWORDS: Time series. INMET. Precipitation.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar las estimaciones pluviométricas de la serie temporal de la Base de Datos Meteorológica para la Docencia y la Investigación del Instituto Nacional de Meteorología (BDMEP-INMET) y de la base de datos de la Misión de Medición de Precipitaciones Tropicales (TRMM) en el periodo de enero de 1998 a diciembre de 2019 para la localidade de Areia-PB. Los análisis y obtención de los resultados del SPI se realizaron con el software RStudio, con ayuda del paquete SPEI. La caracterización detallada en el municipio de Areia-PB de la calidad de las estimaciones pluviométricas TRMM generadas en este trabajo muestra el potencial de dicha aplicación, ya que conocer la existencia de errores y su cuantificación tiende a aumentar la fiabilidad, permitiendo así el uso de métodos de corrección para estas estimaciones.

PALABRAS CLAVE: Serie temporal. INMET. Precipitación.

¹ Discente de Pós-Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.

² Discente de Graduação na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM
Bárbara Silva Souza, Matheus Henrique Bezerra de Melo, Fabiano da Silva Araújo, Lorranny Dias de Araújo

1. INTRODUÇÃO

Desde as primeiras imagens de nuvens registradas a partir de abril de 1960 pelo satélite meteorológico TIROS I, diversos parâmetros climáticos têm sido registrados e mensurados por sensoriamento remoto, permitindo o avanço para além da simples observação dos elementos atmosféricos, a ponto de subsidiar complexas análises climáticas (SOARES, 2016). Desde então, várias técnicas de estimativa de precipitação foram desenvolvidas empregando-se satélites, sensores e metodologias distintas, as quais partiram desde a simples indexação de nuvens até a inferência da taxa de precipitação (LIU, 2014).

As estimativas de chuva por sensoriamento remoto têm sido avaliadas quanto à destreza em reproduzir os padrões temporais e espaciais da chuva observada em pluviômetros de diferentes formas. Apesar de medidas pluviométricas não serem isentas de erros e, de certa forma, serem representativas de um local específico, tais dados são os mais utilizados para avaliação de estimativas de chuva por sensoriamento remoto.

A Missão de Medição das Chuvas nos Trópicos (tradução para *Tropical Rainfall Measuring Mission* – TRMM) foi lançada em 27 de novembro de 1997 pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA, em parceria com a Agência Japonesa Aeroespacial *Japan Aerospace Exploration Agency* – JAXA. O intuito central foi de monitorar a distribuição temporal e espacial das chuvas, dos sistemas convectivos e das tempestades nos trópicos (NASA, 2016; HUFFMAN, 2017).

2. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é analisar o desempenho das estimativas de chuvas do TRMM especificamente para a cidade de Areia-PB, Brasil, localizada quanto à reprodução dos padrões espaço temporais, de forma comparativa com os dados obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo é o município de Areia, localizada no estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil (6° 57' 46" S; 35° 41' 31" O; 623m). De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano de 2015 sua população era estimada em 23.110 habitantes. A área territorial é de 266,569 km². Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referente ao período de 1931 a 1966 e a partir de 1994, a menor temperatura registrada em Areia-PB foi de 8,2 °C, em 6 de dezembro de 1996, e a maior atingiu 34,2 °C, em 20 de novembro de 2015. O maior acumulado de precipitação em 24 horas foi de 156,6 milímetros (mm), em 25 de junho de 1936. Outros grandes acumulados iguais ou superiores a 100 mm foram: 146 mm em 5 de maio de 2011, 127 mm em 17 de março de 1960, 111,5 mm em 21 de julho de 2017, 111,4 mm em 7 de abril de 1996, 109 mm em 12 de abril de 2009, 104,2 mm em 29 de dezembro de 2016 e 100,9 mm em 11 de fevereiro de 1931.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM
Bárbara Silva Souza, Matheus Henrique Bezerra de Melo, Fabiano da Silva Araújo, Lorranny Dias de Araújo

Desde novembro de 2004 o menor índice de umidade relativa do ar (URA) foi de 28%, em 23 de fevereiro de 2020.

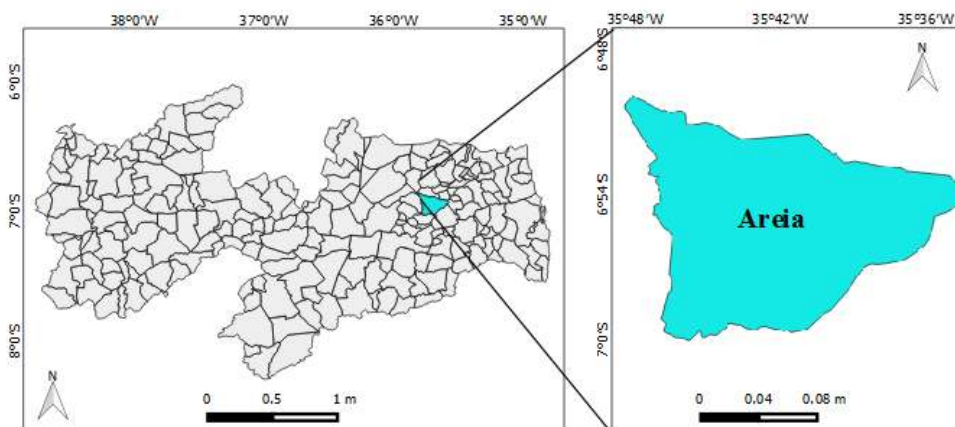


Figura 01: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autor (2023)

3.2. Procedimentos metodológicos

O estudo consistiu em comparar as estimativas de chuva do TRMM com os dados pluviométricos da estação meteorológica do INMET com 264 observações no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2019. Foram utilizados *scripts* no RStudio para processar e gerar os gráficos de precipitação e obter os resultados que serão apresentados adiante. Para obter melhores resultados, foram corrigidas as falhas dos dados de 9 observações do INMET com dados da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba). Uma parte importante da organização dos dados é a validação dos dados TRMM, onde foi realizada antes de iniciar o processamento dos dados.

3.3. Cálculo do SPI

O cálculo do SPI conforme as equações [11] e [12] é realizado com base em dados mensais de precipitação para um intervalo de tempo de n meses. O SPI é obtido pelo ajuste de uma função densidade de probabilidade à distribuição de frequência da precipitação na escala temporal que se deseja analisar. Os valores das probabilidades acumuladas são transformados pelo uso de uma distribuição normal padronizada (Santos, 2020; Mckee *et al.*, 1993).

A função densidade de probabilidade Gama é dada através da seguinte equação:

$$g(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad [1]$$

$\alpha > 0$ (parâmetro de forma – adimensional);

$\beta > 0$ (parâmetro de escala – mm);

$x > 0$ (total de precipitação – mm);

$\Gamma(\alpha)$ (função gama).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM
Bárbara Silva Souza, Matheus Henrique Bezerra de Melo, Fabiano da Silva Araújo, Lorranny Dias de Araújo

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad [2]$$

Para estimar os parâmetros α e β da equação 01, utilizou-se o método proposto por (Thom, 1966), conhecido como Método da Máxima Verossimilhança.

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{(1 + \frac{4A}{3})}}{4A} \quad [3]$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad [4]$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x) \quad [5]$$

\bar{x} = média em (mm);

Ln = logaritmo neperiano;

N = número de observações de chuva.

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad [6]$$

Substituindo $t = \frac{x}{\beta}$, equação [07], na equação [6], tem-se:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad [8]$$

Determinando a probabilidade cumulativa ou usando os valores cumulativos:

$$H(x) = q + (1 - q) G(x) \quad [9]$$

H(x) (distribuição de probabilidade cumulativa);

q (probabilidade de ocorrência de valores nulos);

G(x) (distribuição cumulativa teórica);

$$q = \frac{m}{n + 1} \quad [10]$$

O Z = SPI, então fica-se da seguinte forma:

$$Z = SPI = - \left(t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), 0 < H(x) \leq 0,5 \quad [11]$$

$$Z = SPI = + \left(t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), 0,5 < H(x) \leq 1 \quad [12]$$



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM
 Bárbara Silva Souza, Matheus Henrique Bezerra de Melo, Fabiano da Silva Araújo, Lorranny Dias de Araújo

Onde o t é determinado através das equações [13] e [14]:

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(x))^2} \right]}, 0 < H(x) \leq 0,5 \quad [13]$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(1 - H(x))^2} \right]}, 0,5 < H(x) \leq 1 \quad [14]$$

Os coeficientes usados nas equações [11] e [12] são os seguintes:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_0 = 2,515517 \\ C_1 = 0,802853 \\ C_2 = 0,01328 \end{array} \right\} \quad \left\{ \begin{array}{l} d_1 = 1,432788 \\ d_2 = 0,189269 \\ d_3 = 0,001308 \end{array} \right\}$$

Tabela 01: Intensidade da seca e suas categorias. Fonte: Mckee *et al.* (1993)

Valores de SPI	Classes de seca
> 2	Chuva extrema
1,50 a 1,99	Chuva severa
1,00 a 1,49	Chuva moderada
0,99 a -0,99	Normal
-1,00 a -1,49	Seca moderada
-1,50 a -1,99	Seca severa
≤ -2	Seca extrema

O SPI foi determinado para as escalas temporais de 1, 3, 6 e 12 meses:

O [SPI-1] reflete as condições de curto prazo, sua aplicação pode estar intimamente relacionada com a umidade do solo para um período de curta duração e o estresse da cultura, especialmente durante a estação de crescimento (NDMC, 2023).

O [SPI-3] reflete as condições de umidade de curto e médio prazo e fornece uma estimativa sazonal da precipitação (NDMC, 2023).

O [SPI-6] indica tendências de médio prazo na precipitação e ainda é considerado mais sensível a condições nessa escala do que o Índice de Palmer (NDMC, 2023).

O [SPI-12] reflete padrões de precipitação de longo prazo. Um [SPI-12] é uma comparação da precipitação de 12 meses consecutivos com os mesmos 12 meses consecutivos durante todos os anos anteriores de dados disponíveis (NDMC, 2023).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM
Bárbara Silva Souza, Matheus Henrique Bezerra de Melo, Fabiano da Silva Araújo, Lorranny Dias de Araújo

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A comparação dos dois conjuntos de dados é apresentada na Figura 02. Observa-se que há uma correspondência dos dados TRMM com os dados do INMET, pois quando há um maior volume de chuvas na estação meteorológica, verifica-se no gráfico que há um pico com quantitativo superior. Além disso, os dados TRMM conseguem expor o comportamento sazonal e cíclico ao longo da série de dados. Porém, os dados mensais são mais passíveis de diferenças devido à frequência de 264 observações, onde tem a presença do zero e a variabilidade em torno da média, com isso já era esperado que o TRMM não obtivesse uma boa resposta quanto os dados observados.

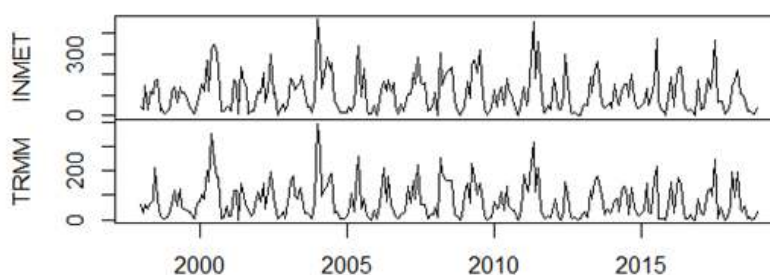


Figura 02: Série de dados de precipitação do TRMM e do INMET

A distribuição dos dados TRMM e INMET estão representadas em *boxplots* na Figura 03. A fim de comparar a distribuição da frequência mensal da chuva nos dois conjuntos de dados, observa-se que existe uma diferença na mediana e na média, onde para os dados TRMM está em torno de 35 mm e para os dados do INMET de 85.5 mm. Portanto, a variabilidade mensal dos dados pode ser bastante significativa, entretanto, a diferença não é tão grande quando observada no período de um ano. Nota-se que há uma diferença entre os *boxplot*. Analisando a Tabela 02, verifica-se que o mínimo de precipitação para o TRMM é de 5 mm, enquanto para o INMET é de 36 mm, por serem analisados os dados com distribuição mensalmente, houve essa diferença.

Tabela 02: Análises quantitativas dos dados do TRMM e INMET. Fonte: Autor (2023)

	TRMM	INMET
Mínimo	0.00	1.0
1º Quartil	5.00	36.0
Mediana	35.00	85.5
Média	63.05	110.3
3º Quartil	104.50	161.5
Máximo	399.00	462.0



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM
Bárbara Silva Souza, Matheus Henrique Bezerra de Melo, Fabiano da Silva Araújo, Lorranny Dias de Araújo

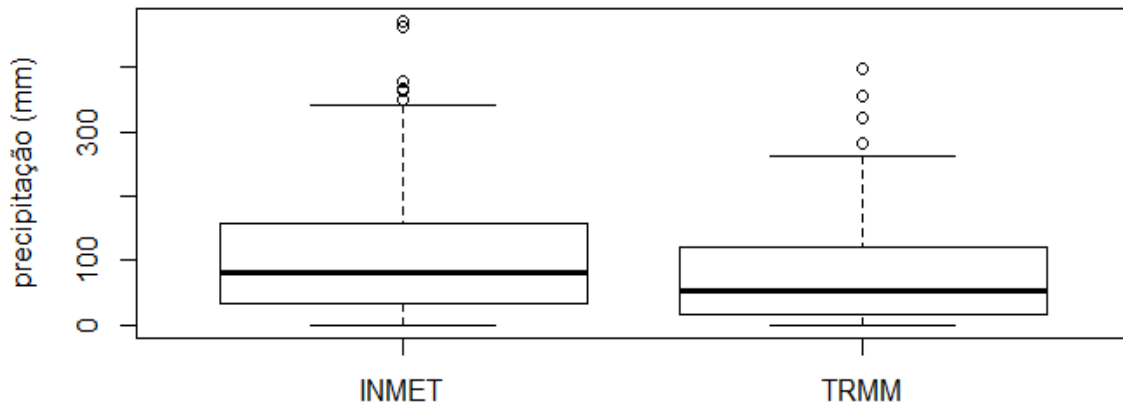


Figura 03: Distribuição dos dados TRMM e INMET em boxplots. Fonte: Autor (2023)

Na Figura 04 foi utilizado os comandos do wql (pacote do RStudio) foi gerado o gráfico da sazonalidade com separação a cada 7 anos, em 3 períodos/era. O primeiro período de 1998 a 2005, o segundo de 2005 a 2012 e o terceiro período de 2012 a 2019. Verifica-se um padrão de sazonalidade, a partir de julho continua-se com uma redução significativa das chuvas, a presença de *outliers* é comum para todos os períodos, portanto, em apenas dois períodos apresenta *outlier* negativo.

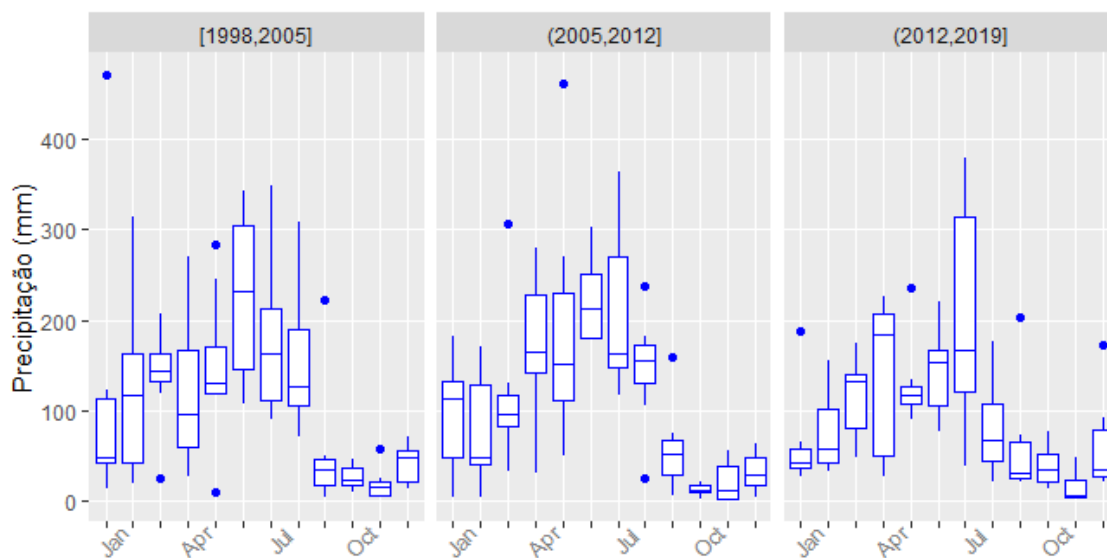


Figura 04: Gráfico da sazonalidade com separação a cada 7 anos, em 3 períodos/era

Na Figura 05, diferentemente da figura anterior, está plotada toda a série de dados no mesmo recorte, ou seja, no mês de janeiro, para o período de 1998 a 2005, está plotado na cor roxa, de 2005 a 2012 de verde e de 2012 a 2019 de amarelo. O período de 2012 a 2019 a redução da precipitação foi bastante significativa com relação ao mês de janeiro, porém, para o mês de julho observou-se que



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM
Bárbara Silva Souza, Matheus Henrique Bezerra de Melo, Fabiano da Silva Araújo, Lorranny Dias de Araújo

aumentou em relação aos demais, enquanto no mês de agosto houve uma redução da precipitação. No mês de abril e maio houve um aumento para o período de 2005 a 2012, porém nos próximos meses se assemelha aos demais.

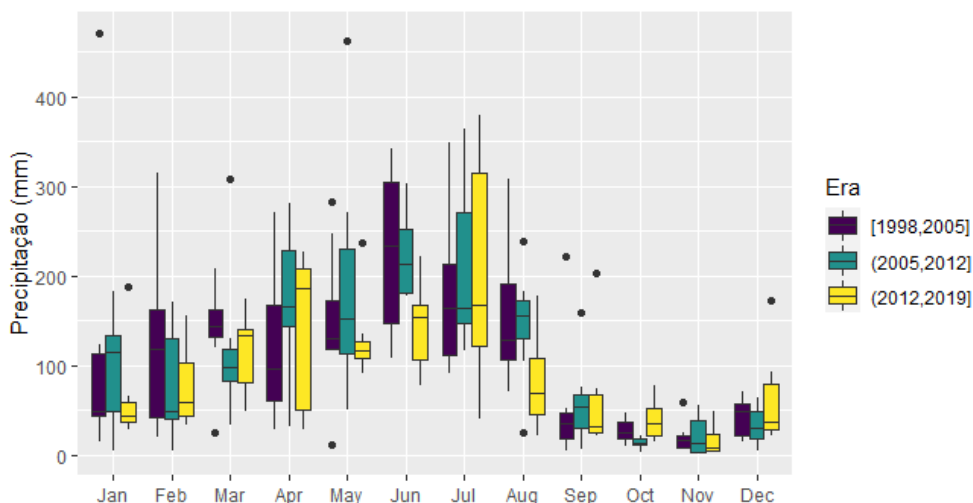


Figura 05: Gráfico *boxplot* separado por 3 períodos/era (1998-2005, 2005-2012, 2012-2019).

Os valores de SPI para as escalas temporais de 1, 3 e 12 meses estão representados nas Figuras 6, 7 e 8. O índice padronizado de chuva foi obtido para os dados do TRMM agrupados mensalmente (SPI-1), a cada trimestre SPEI-3) e anualmente (SPI-12). Quanto menor a frequência, maior a variabilidade, quanto maior o SPI menor será a frequência. Verifica-se que antes de 2000 houve um pico de 200 mm, mas em média tem valores abaixo de 100 mm.

Os valores de SPI para resolução temporal de 1 mês, verificou-se uma grande variabilidade mensal com a configuração de picos positivos e negativos de curta duração. Os valores positivos foram observados próximo de 3, sendo considerados como chuva extrema para o ano de 2004, foram observados 3 picos significativos com valores abaixo de -2 para os anos de 2012, 2015 e 2016, indicando a variabilidade na precipitação local na área de estudo. Os intervalos entre os períodos secos e chuvosos são pequenos.

Na análise realizada com o SPI trimestral, é possível verificar uma menor variabilidade e aleatoriedade nos valores do SPI, pode-se destacar para esta escala de tempo uma seca considerada extrema para os anos de 2005, 2012 e 2016, atingindo valores de SPI próximo de -3, observa-se também que se teve mais oscilações abaixo de zero. As oscilações apresentam um alargamento maior no espaço temporal.

O SPI com a resolução temporal de 12 meses engloba todo o regime pluviométrico, servindo para verificar se a duração de valores negativos ou positivos apresentam longa duração. Nota-se que no período de 2013 (com presença de La Niña, mas que não foi muito intenso) tivemos uma sequência negativa, ou seja, redução de chuva na localidade de areia-PB. No intervalo entre os anos de 2012 e



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM
Bárbara Silva Souza, Matheus Henrique Bezerra de Melo, Fabiano da Silva Araújo, Lorranny Dias de Araújo

2016, de 2018 a 2019, não se observa valores acima de zero, logo, pode-se concluir que existiu seca nesse período, algo que não foi observado com tanta intensidade para as escalas de tempo menor, os maiores valores de precipitação podem ser vistos para os anos de 2001 e 2004.

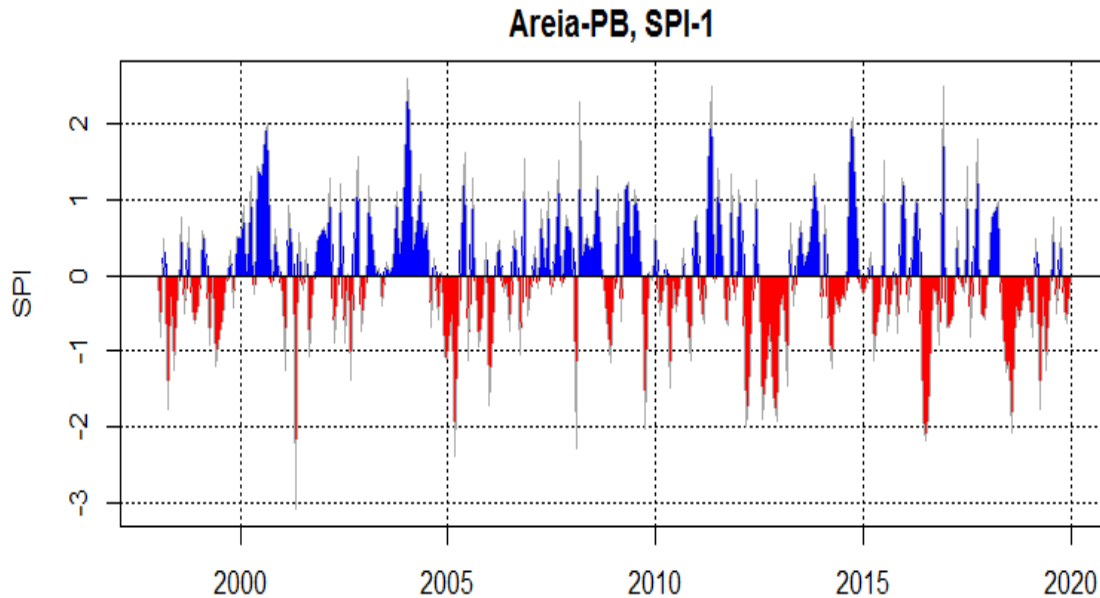


Figura 06: Gráficos de Índice Padronizado de Precipitação SPI-1 para o INMET e TRMM

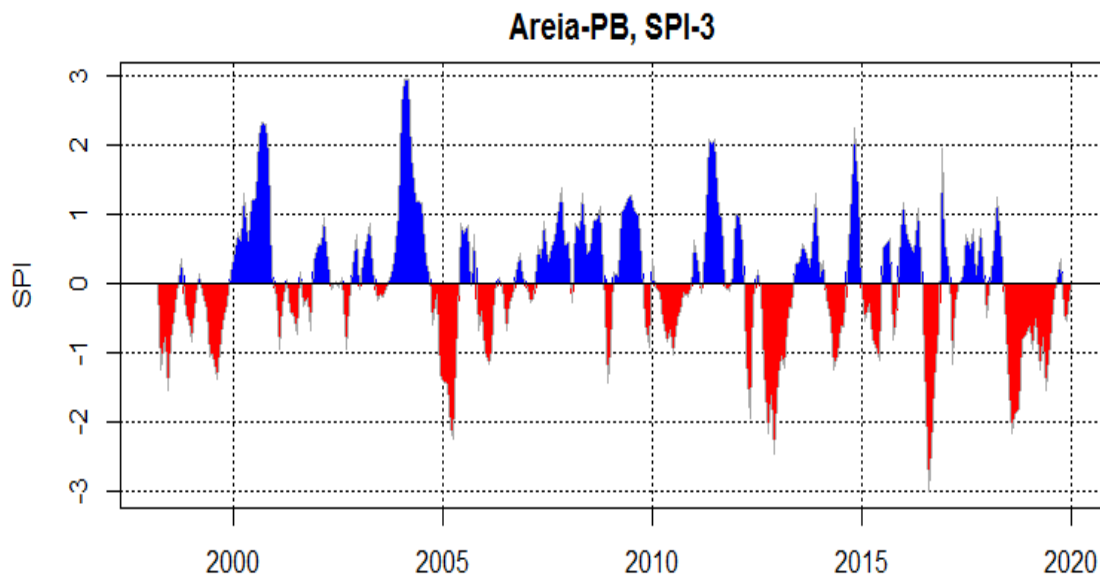


Figura 07: Gráficos de Índice Padronizado de Precipitação SPI-3 para o INMET e TRMM



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM
Bárbara Silva Souza, Matheus Henrique Bezerra de Melo, Fabiano da Silva Araújo, Lorranny Dias de Araújo

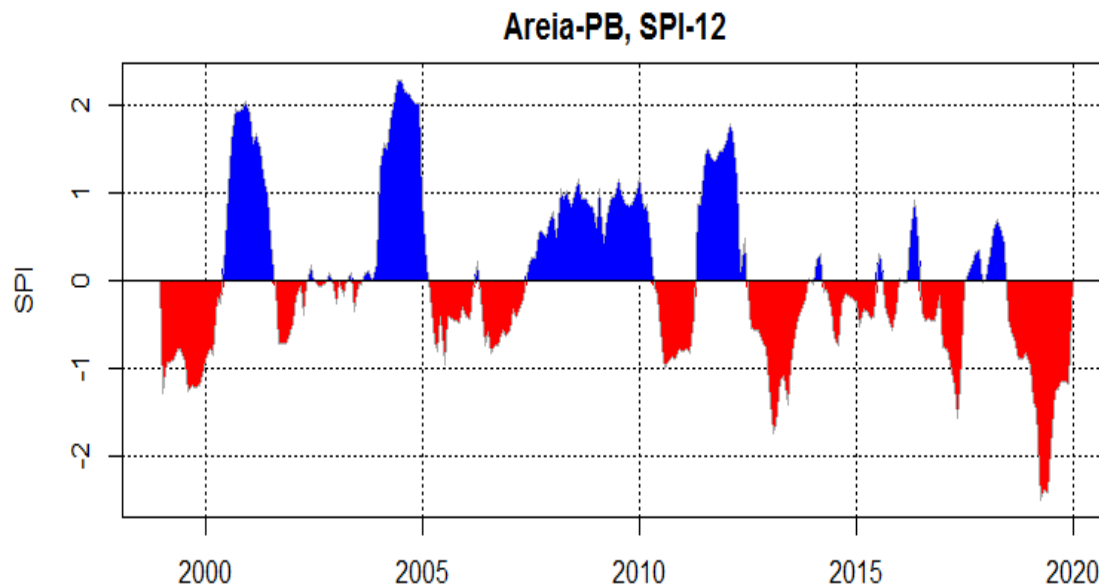


Figura 08: Gráficos de Índice Padronizado de Precipitação SPI-12 para o INMET e TRMM.

5. CONSIDERAÇÕES

A caracterização detalhada sobre o município de Areia-PB da qualidade das estimativas do TRMM gerada neste trabalho mostra o potencial de aplicação de tais estimativas de chuva, uma vez que conhecer a existência de erros e uma quantificação deles tende a aumentar a confiabilidade do uso das estimativas e permite inclusive o uso de métodos de correção.

REFERÊNCIAS

BDMEP/INMET. BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS PARA ENSINO E PESQUISA DO INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Brasília: BDMEP/INMET, s. d. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: setembro de 2020.

HUFFMAN, G. J.; BOLVIN, D. T. **TRMM and other data precipitation data set documentation**. [S. l.: s. n.], 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Brasília: IBGE, s. d. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/patos/panorama>. Acesso em: nov. 2020.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Análise do tempo e clima. Brasília: INMET, s. d. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 01 jun. 2020.

LIU, J. K.; PETER, T. Y. Topographic correction of wind-driven rainfall for landslide analysis in Central Taiwan with validation from aerial and satellite optical images. **Remote Sens**, v. 5, n. 6, p. 2571-2589, 2013.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM
Bárbara Silva Souza, Matheus Henrique Bezerra de Melo, Fabiano da Silva Araújo, Lorranny Dias de Araújo

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: Conference on Applied Climatology, 8, 1993, Boston. **Anais [...]** American Meteorological Society, Boston: Preprints, 1993. p. 179-184.

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Tropical Rainfall Measuring Mission TRMM**. [S. l.]: NASA, 2016. Disponível: <https://trmm.gsfc.nasa.gov/>. Acesso: 13 mar. 2020.

NDMC – National Drought Mitigation Center. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, EUA. Disponível em: <http://drought.unl.edu>. Acesso em: janeiro de 2023.

SANTOS, K. M. S. **Avaliação da Eficiência do Monitor de Secas para Definição de Secas em Sergipe**. 2020. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020.

SOARES, Alexleide Santana Diniz; PAZ, Adriano Rolim da; PICCILLI, Daniel Gustavo Allasia, **Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba**. [S. l.: s. n.], 2016.

THOM, H. C. S. **Some methods of climatological analysis**. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization, 1966. vol. 81. p. 53.