

ANÁLISE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO MENSAL DO ALGORITMO PERSIANN-CDR PARA A BACIA DO RIO PIANCÓ, ESTADO DA PARAÍBA

*Tatiane Gomes Frade¹; Celso Augusto Guimarães Santos²; Richarde Marques da Silva³ &
Alexandro Medeiros Silva⁴*

RESUMO – A precipitação é uma das variáveis mais importantes em modelagem hidrológica e no estudo do ciclo hidrológico. Devido a relativa escassez de dados de pluviômetros em determinados períodos e regiões por diversas razões, o uso de dados de satélite vem se mostrando viável. Nesse sentido, produtos como o PERSIANN CDR é uma das alternativas para a realização de estudos onde os dados observados são escassos. Esse trabalho possui o intuito de analisar o despenho das estimativas do PERSIANN-CDR para a bacia do rio Piancó no estado da Paraíba, e com isso, verificar a viabilidade de utilizar esses dados para regiões semiáridas. Com base nos índices estatísticos dos dados do PERSIANN-CDR para a BHRP no semiárido paraibano, pode-se observar que o modelo consegue representar bem o comportamento da precipitação em escala mensal. Além disso, os índices também demonstraram que os dados do algoritmo PERSIANN-CDR tendem a superestimar os valores de precipitação observados. Os resultados demonstraram que os dados do PERSIANN-CDR podem ser uma alternativa aos dos de precipitação observados para a região da BHRP, sendo então, uma alternativa para a utilização desses dados como entrada em modelos hidrológicos.

ABSTRACT– Precipitation is one of the most important variables in hydrological modeling and in the study of the hydrological cycle. Due to the relative scarcity of rainfall data in certain periods and regions for a number of reasons, the use of satellite data has proven to be feasible. In this sense, products such as PERSIANN CDR are one of the alternatives for conducting studies where the observed data are scarce. This work intends to analyze the performance of the PERSIANN-CDR estimates for the Piancó river basin in the state of Paraíba, and to verify the feasibility of using these data for semi-arid regions. Based on the statistical indices of the PERSIANN-CDR data for the BHRP in the Paraíba semi-arid region, it can be observed that the model can represent well the monthly precipitation behavior. In addition, the indices also demonstrated that the data of the PERSIANN-CDR algorithm tend to overestimate the precipitation values observed. Finally, the results showed that the data of the PERSIANN-CDR can be an alternative to the observed precipitation for the BHRP region, being an alternative for the use of this data as input in hydrological models.

Palavras-Chave – PERSIANN-CDR, precipitação, semiárido.

INTRODUÇÃO

Segundo Monteiro et al. (2015) a precipitação é uma das variáveis mais importantes em modelagem hidrológica e no estudo do ciclo hidrológico. Além disso, os autores destacam que existe uma grande dificuldade de medição e obtenção desses dados, visto que a manutenção de uma rede de pluviômetros demanda elevados investimentos em equipamentos e mão de obra. Além de que, por

1) Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, tatigfrade@gmail.com

2) Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, celso@ct.ufpb.br

3) Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Departamento de Geociências, richarde@geociencias.ufpb.br

4) Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Programa de Pós-graduação em Geografia, medeiros_alexandro@hotmail.com

vezes, essa rede é mal distribuída espacialmente e apresenta séries com muitas falhas. Esses problemas, como já mencionado, interferem na qualidade da modelagem hidrológica.

Entender os processos direta ou indiretamente relacionados ao comportamento hídrico de uma bacia hidrográfica constitui uma importante etapa no gerenciamento ambiental desta bacia. Nesse sentido os estudos hidrológicos são uma ferramenta útil para predição do comportamento dinâmico da água em uma bacia e, por conseguinte, fornece uma estimativa detalhada do balanço hídrico, sendo esta uma informação de grande valia para a gestão dos recursos hídricos (Melo Neto et al., 2014).

Segundo Srinivasan e Paiva (2009), a região semiárida possui uma condição mais complexa quanto a sua hidrologia, devido ao fato de diversos aspectos do clima e do solo, o que instiga a realização de estudos e a aplicação de técnicas de pesquisa utilizando dados hidrometeorológicos nessa região. Além disso, pode-se acrescentar ainda o problema da escassez de dados, que dificulta o entendimento das variáveis do ciclo hidrológico. Assim, para atenuar esse problema tem se intensificado em regiões com dados climatológicos escassos, a aplicação de dados de precipitação estimados por sensores remotos, como é o caso do PERSIANN-CDR.

Devido a relativa escassez de dados de pluviômetros em determinados períodos e regiões por diversas razões, o uso de dados de satélite vem se mostrando bastante confiável para utilização em pesquisas científicas (Cremonini et al., 2017; Ashouri et al., 2016; Casse e Gosset, 2015). Ao longo dos últimos 20 anos, e desde que o satélite *Tropical Rainfall Measurement Mission* - TRMM foi lançado ao espaço, diversos algoritmos de estimativa de precipitação foram criados. Esses algoritmos estão baseados na observação multiespectral de diversos satélites de diferentes órbitas. Podem ser citados como exemplo os produtos *Climate Prediction Center Morphing* - CMORPH (Joyce et al., 2004); *TRMM Multisatellite Precipitation Analysis* – TRMM- TMPA (Huffman et al., 2007) e *Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Network* - PERSIANN (Hong et al., 2004), entre outros (Jiménez e Collischonn, 2014).

O *Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks Climate Data Record* – PERSIANN CDR, desenvolvido pelo *Center for Hydrometeorology and Remote Sensing*, da *Universidade da Califórnia, Irvine* – UCI. Esse algoritmo foi desenvolvido com o objetivo de analisar padrões e mudanças no comportamento da precipitação mundial, usando precipitação com resolução espacial de $0,25^\circ$, para as regiões do globo entre as latitudes 60°N – 60°S e longitudes 0° – 360° , para o período de 01/01/1983 até o presente (01/04/2019).

Diante disso, esse trabalho possui o intuito de analisar o despenho das estimativas do PERSIANN-CDR para a bacia do rio Piancó no estado da Paraíba, e com isso, verificar a viabilidade de utilizar esses dados como entrada de modelos hidrológicos para regiões semiáridas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Piancó (BHRP) é uma sub-bacia do Rio Piranhas-Açu e está localizada na região sudoeste do estado da Paraíba, entre as coordenadas 38°43'12" W, 37°27'0" W e 6°44'24" S e 7°51'36" S (Figura 1). Essa bacia possui uma área total de 9.205 km², engloba 41 municípios, tendo uma população total de 350.284 habitantes (IBGE, 2010). A BHRP possui clima semiárido, com temperaturas médias diárias de 23 a 30°C, sendo mais elevadas durante o dia e na estação seca. Além disso, à média anual da umidade relativa do ar, varia entre 64 e 72% (INMET, 2018). Possui evaporação média anual superior a 2.000 mm, intensa insolação (média de 2.880 h/ano) e precipitações bastante irregulares não possibilitando práticas agrícolas rentáveis aos produtores nas áreas rurais (SUDENE, 1996). A pluviosidade média da região é de 890 mm por ano, com estação chuvosa de janeiro a abril, compreendendo mais de 70% de todo o volume anual. O período seco é observado entre os meses de julho a novembro, com precipitações inferiores a 20 mm (ANA, 2018).

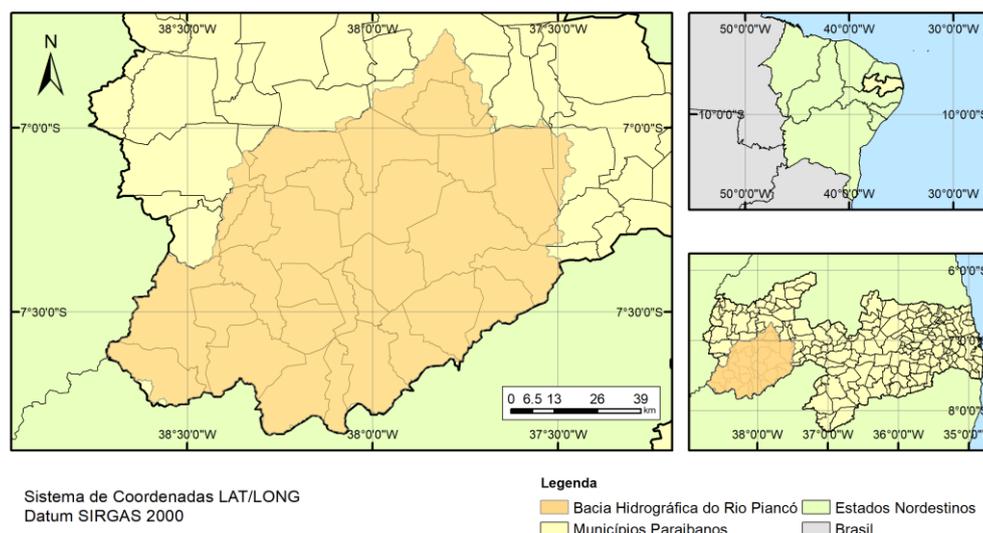


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Piancó – PB

Precipitação do PERSIANN - CDR

Os produtos do PERSIANN-CDR estão disponíveis para o público como um registro de dados climáticos operacionais através do site do Programa NCDC NOCD CDR sob a categoria CDRs Atmosféricos: www.ncdc.noaa.gov/cdr/operationalcdrs.html (CHRS, 2018).

A estimativa da precipitação é obtida a partir da combinação de informações nas faixas espectrais do infravermelho e do micro-ondas de diferentes satélites geostacionários e de baixa-órbita. O algoritmo de recuperação usa dados infravermelhos de satélites geossíncronos globais como a principal fonte de informação de precipitação. Para cumprir o requisito de calibração do PERSIANN, o modelo é pré-treinado usando os dados de precipitação horária do *National Centers for*

Environmental Prediction - NCEP. Então, os parâmetros do modelo são mantidos fixos e o modelo é executado para o registro histórico completo de dados GridSat-B1. Para reduzir os vieses na precipitação estimada, preservando os padrões espacial e temporal em alta resolução, as estimativas resultantes são ajustadas usando os produtos de precipitação mensal de 2,5° do *Global Precipitation Climatology Project* - GPCP de forma que mantenha a consistência dos dois conjuntos de dados em todo o registro (Ashouri et al. 2015).

Validação da metodologia e análise de desempenho

Para que o ajustamento entre os dados de precipitação de pluviômetros e PERSIANN-CDR e o desempenho do modelo fossem quantificados, foram realizados testes estatísticos, sendo estes os seguintes: (a) Coeficiente de Determinação (R^2) que determina a relação linear entre duas variáveis. Varia de 0 a 1, onde 1 corresponde ao ajuste perfeito e calculado como mostrado a seguir (Eq. 1), (b) Coeficiente de Eficiência (COE). Este varia de $-\infty$ a 1, onde 1 corresponde ao perfeito ajuste entre dados observados e estimados, já valores menores que 0 correspondem a situações em que a média dos dados observados é uma predição melhor do que as estimativas do modelo (Eq. 2), (c) Coeficiente de Correlação (r) que mede o grau de correlação entre duas variáveis, variando de -1 a 1. O valor sendo igual a 1, significa que as variáveis são diretamente proporcionais (Eq. 3), (d) Bias, que é um índice estatístico capaz de informar se os dados observados estão sendo subestimados ou superestimados em relação à predição (Eq. 4) (e) Índice de Concordância proposto por Willmott et al. (1985) d exprime o grau em que os dados observados se aproximam dos estimados, variando de 0 a 1, onde 0 se constitui em nenhuma concordância e 1 é o grau máximo de ajustamento (Eq. 5), e (f) Raiz quadrada do erro médio (RMSE) este valor possui a mesma unidade que as variáveis em estudo, no caso da precipitação, milímetros. Logo, observa-se que, quanto mais perto de 0, menores são os erros entre as variáveis (Eq. 6).

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_m) - (x_i - x_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - y_m)(x_i - x_m)^2}} \right)^2 \quad (1)$$

$$COE = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2} \right) \quad (2)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_m)(x_i - x_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - y_m)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}} \quad (3)$$

$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_m - x_i) \quad (4)$$

$$d = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|y_i - x_m| + |x_i - x_m|)^2} \right) \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{n}} \quad (6)$$

Sendo n é número de eventos, y_i é o valor estimado PERSIANN-CDR, y_m é a média dos valores estimados pelo PERSIANN-CDR, x_i é o valor observado, e x_m é a média dos valores observados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparação da variabilidade espaço-temporal da precipitação em escala mensal

A tabela 1 apresenta as médias mensais e os desvios-padrão das séries de precipitação observada e PERSIANN-CDR. Pode-se perceber que o período de janeiro a abril se configura como o período chuvoso da BHRP, correspondendo a aproximadamente 75% do total de precipitação anual para ambas as séries, sendo os demais meses o período seco. As médias mensais das duas séries apresentaram pouca diferença. Em média a diferença foi 3,76 mm, sendo as diferenças mais expressivas nos meses de fevereiro e junho, com -14,33 e 23,76 mm, respectivamente.

Tabela 1 – Análise da precipitação média mensal observada e PERSIANN-CDR entre os anos de 1983 a 2011

Mês	Precipitação Observada (mm)		Precipitação PERSIANN-CDR (mm)		Diferença (mm)
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	
Janeiro	127,638	20,533	122,450	6,294	-5,188
Fevereiro	147,354	20,680	133,019	9,987	-14,335
Março	194,984	29,345	192,457	15,056	-2,527
Abril	171,321	36,184	182,062	23,610	10,741
Mai	85,050	19,690	101,281	24,200	16,231
Junho	30,323	12,454	54,087	15,779	23,764
Julho	18,658	8,534	25,071	7,508	6,413
Agosto	8,101	4,918	6,990	3,069	-1,111
Setembro	4,083	2,243	8,315	2,020	4,232
Outubro	13,224	3,791	17,612	3,195	4,388
Novembro	14,485	5,240	16,685	3,475	2,200
Dezembro	49,258	9,648	48,492	5,009	-0,766
Período Chuv. (Jan – Abr)	160,324	36,998	157,497	33,845	-2,827
Período Seco (Mai - Dez)	27,898	27,262	34,817	31,870	6,919

Também buscou-se analisar o comportamento da precipitação no período seco e no chuvoso. Observa-se na Tabela 1 que os valores foram bastante próximos entre as duas séries, com diferença de 6,92 mm no período seco e -2.83 mm no período chuvoso, portanto, o PERSIANN-CDR foi capaz de representar satisfatoriamente a sazonalidade da precipitação. Em relação ao desvio-padrão,

observa-se também que os dados dos pluviômetros apresentam valores mais altos, variando de 2,24 em setembro, a 36.18 no mês de abril. Já para os dados do PERSIANN-CDR o desvio padrão variou de 2,02 a 24,20 para os meses de setembro e maio, respectivamente. Além disso, observa-se que nas duas séries, os valores de desvio-padrão são mais elevados no período chuvoso.

Com relação aos valores médios mensais, a maior média foi identificada para o mês de março, tanto para os dados dos pluviômetros como para o PERSIANN-CDR, sendo respectivamente, 194,98 e 192,45 mm. Enquanto que o mês mais seco não foi correspondente entre as duas series analisadas, para os dados de pluviômetros o mês mais seco foi setembro, enquanto para os dados do PERSIANN-CDR foi o mês de agosto. A partir da Figura 2, pode-se observar que os dados do PERSIANN-CDR tendem a superestimar a precipitação média mensal registrados nos pluviômetros, mas sem variações bruscas (em média 3,76 mm/mês), como constatado anteriormente.

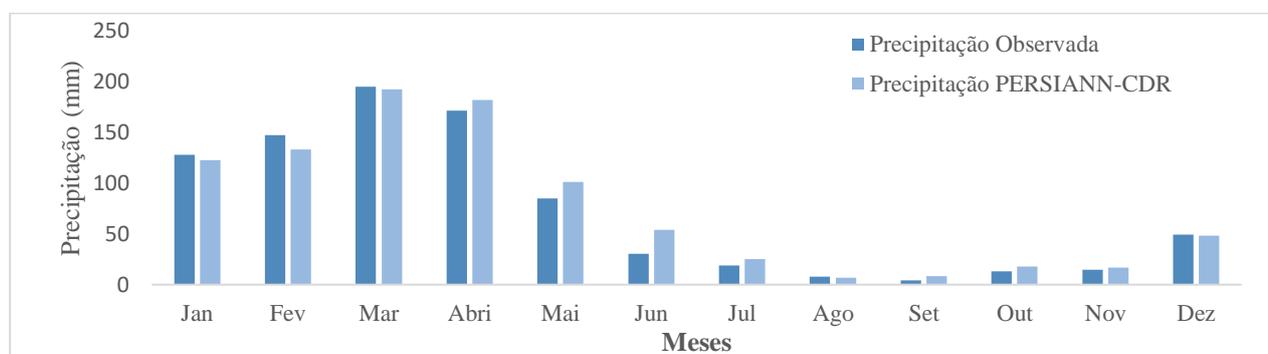


Figura 2 – Comportamento da precipitação média mensal observada e PERSIANN-CDR entre os anos de 1983-2011.

A Fig.3 mostra a variação das precipitações mensais médias: (a) dados observados e (b) dados PERSIANN-CDR para os anos entre 1983 e 2011. Pode-se analisar estatisticamente as variações que ocorreram em ambas as séries de precipitação. Os dados de precipitação observada possuem faixas de variação maiores do que os do PERSIANN-CDR em quase todos os meses, essa diferença é ainda mais acentuada no período chuvoso. No período seco, os valores variam muito pouco. Observa-se que os valores máximos do período chuvoso são maiores na série observada, enquanto que o oposto ocorre no período chuvoso. O período seco se comportou de maneira bastante semelhante nas duas séries, com exceção dos meses de maio e junho que tiveram maiores variações no PERSIANN-CDR.

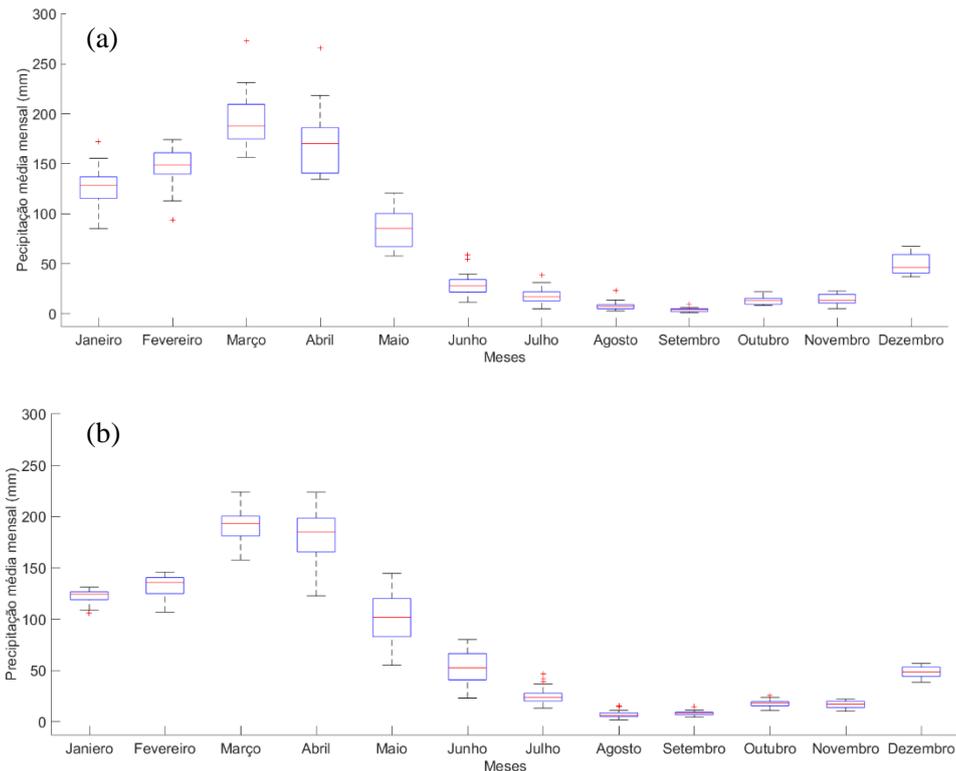


Figura 3 – Variação das precipitações mensais médias: (a) dados observados e (b) dados PERSIANN-CDR para os anos entre 1983 e 2011.

Os valores de mediana do período chuvoso são maiores na observada, já no período seco os valores se encontram na mesma faixa em ambas as séries. Pode-se perceber também que os valores máximos e mínimos não foram muito bem representados pelo satélite. O mês de setembro foi o que possuiu a menor variação nas duas séries, já o mês de maior variação foi abril e maio, para observada e PERSIANN-CDR respectivamente

Com base na Tabela 2, verifica-se que o PERSIANN-CDR teve um ótimo desempenho quando comparado com os dados de pluviômetros em escala mensal. O índice de concordância se encontra muito próximo do ajuste perfeito para todos os postos, além disso a correlação entre as séries pode ser considerada como muito boa, pois R e R^2 estão próximos de 1. Os resultados do Bias não apresentaram valores muito altos, o que indica que não houve grande superestimação ou subestimação, porém, na maioria dos postos, os valores foram superestimados pelo PERSIANN-CDR. Com exceção do posto Imaculada, o COE apresentou um desempenho muito bom na escala mensal, com valores superiores a 0,88 em praticamente todos os postos, exceto para o posto de Imaculada que obteve um valor de 0,51. Em relação ao RMSE, os valores se mantiveram entre 11,23 para o posto Princesa Isabel e 34,35 para o posto Imaculada, e média de 18,08 para todos os postos.

Tabela 2 – Análise estatística da precipitação observada e PERSIANN-CDR em escala mensal entre 1983 e 2011

Posto	d	R ²	BIAS	R	COE	RMSE
Água Branca	0,989	0,966	8,954	0,983	0,880	18,585
Aguiar	0,995	0,986	-1,858	0,993	0,968	14,418
Boa Ventura	0,996	0,973	3,414	0,986	0,970	11,913
Bonito De Santa Fé	0,994	0,984	-6,430	0,992	0,959	14,384
Conceição	0,995	0,985	-0,933	0,993	0,969	11,397
Garrotes	0,990	0,933	7,348	0,966	0,923	20,245
Ibiara	0,993	0,955	5,225	0,977	0,946	14,598
Imaculada	0,962	0,961	23,929	0,980	0,515	34,358
Itaporanga	0,990	0,954	-5,560	0,977	0,932	20,183
Juru	0,988	0,954	12,320	0,977	0,889	19,378
Manaíra	0,986	0,921	10,055	0,960	0,883	20,453
Nova Olinda	0,993	0,962	-0,117	0,981	0,952	16,530
Olho d'água	0,985	0,984	-11,527	0,992	0,910	28,554
Piancó	0,995	0,985	11,218	0,993	0,958	14,231
Princesa Isabel	0,996	0,973	3,114	0,986	0,968	11,232
Serra Grande	0,989	0,961	13,134	0,980	0,923	18,876

Com base na Figura 4 pode-se analisar a espacialização do desempenho dos índices estatísticos ao longo da BHRP, percebe-se que, a região leste da bacia é a que apresenta o pior desempenho. Isso ocorre pelo fato de que o posto Imaculada está localizado nessa região e, como mencionado, o mesmo não apresentou bom desempenho nos índices estatísticos analisados. Por fim, percebe-se que a região oeste da bacia é a que possui melhor desempenho dos índices estatísticos em escala mensal, com destaque para os postos Aguiar, Boa Ventura, Conceição e Princesa Isabel.

CONCLUSÕES

Com base na análise de desempenhos das estimativas realizadas pelo algoritmo PERSIANN-CDR para a BHRP no semiárido paraibano, pode-se observar que o modelo consegue representar bem o comportamento da precipitação em escala mensal, mesmo possuindo uma baixa resolução espacial. Além disso, o comportamento sazonal da precipitação para a BHRP, também foi bem representado, isso pode ser verificado com base nas médias para o período seco e chuvoso que foram muito próximas quando comparadas com os dados observados. Com relação, a variação dos dados, a precipitação observada apresenta maiores variações entre os postos do que os dados do PERSIANN-CDR em quase todos os meses, essa diferença é ainda mais acentuada no período chuvoso.

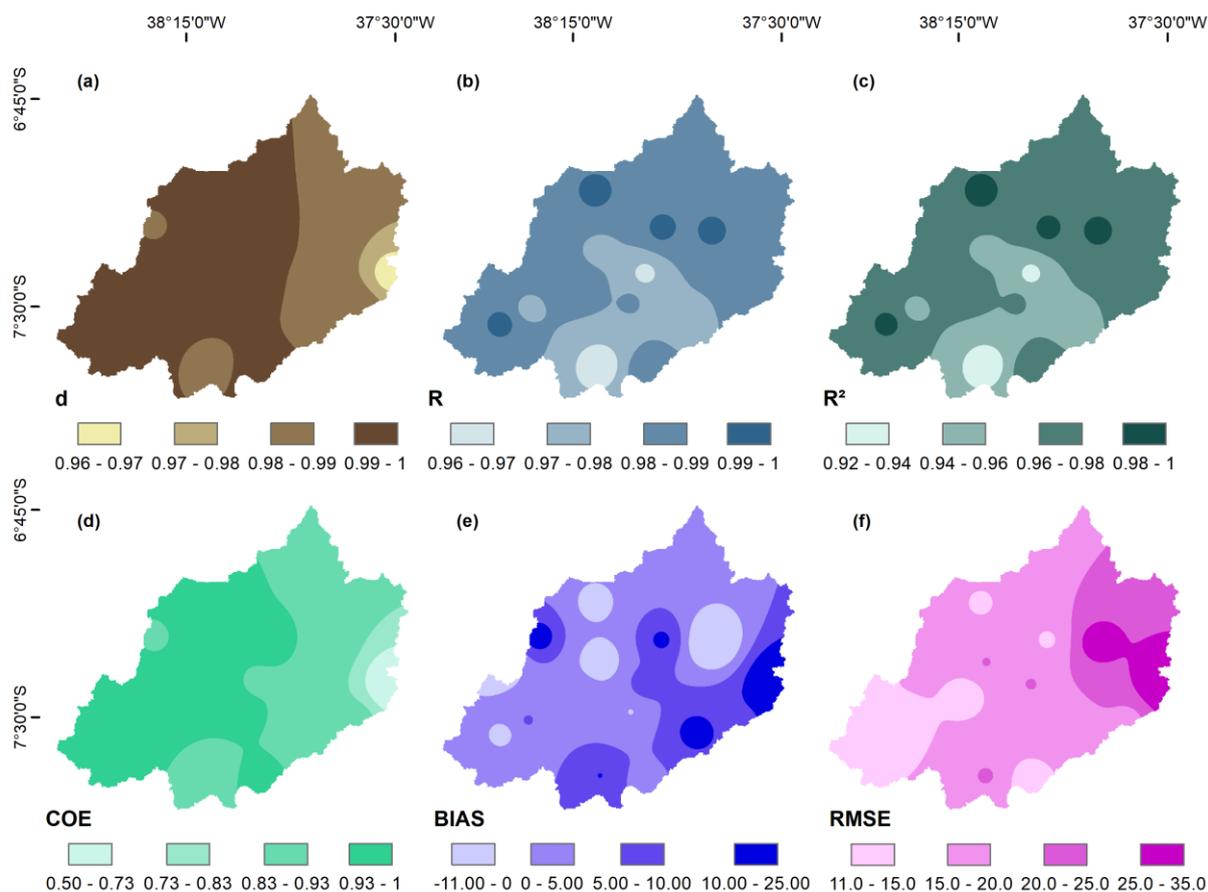


Figura 4 – Espacialização dos índices estatísticos (a) d, (b) R, (c) R², (d) COE, (e) BIAS e (f) RMSE dos dados mensais de precipitação observados e PERSIANN-CDR entre 1983 e 2011.

De modo geral, os valores dos índices estatísticos foram melhores para a maioria dos postos pluviométricos comparados. Com exceção do posto Imaculada onde os piores resultados dos índices estatísticos foram observados. Além disso, os índices também demonstraram que os dados do algoritmo PERSIANN-CDR tendem a superestimar os valores de precipitação observados em praticamente todos os postos, além disso, a superestimativa ocorre predominantemente nos meses do ano que são registradas os menores totais pluviométricos, o período seco e o período de transição entre o chuvoso e o seco. Por fim, os resultados demonstraram que os dados do PERSIANN-CDR podem ser uma alternativa aos dos de precipitação observados para a região da BHRP, sendo então, uma alternativa para a utilização desses dados como entrada em modelos hidrológicos.

REFERÊNCIAS

ASHOURI, H.; HSU, K.; SOROOSHIAN, S.; BRAITHWAITE, D.K.; KNAPP, K.R.; CECIL, L.D.; NELSON, B.R.; PRAT, O.P. (2015). “PERSIANN-CDR daily precipitation climate data record from multisatellite observations for hydrological and climate studies”. American Meteorological Society, pp. 69 – 83.

- ASHOURI, H.; NGUYEN, P.; THORSTENSEN, K.H.; SOROOSHIAN, S.; BRAITHWAITE, D. (2016). “Assessing the efficacy of high-resolution satellite-based PERSIANN-CDR precipitation product in simulating streamflow”. *Journal of Hydrometeorology* 17, pp. 2061 – 2076.
- CASSE, C.; GOSSET, M. (2015). “Analysis of hydrological changes and flood increase in Niamey based on the PERSIANN-CDR satellite rainfall estimate and hydrological simulations over the 1983 – 2013 period”. *Proc. IAHS*, 370, pp. 117-223.
- CREMONINI, J.; BRIGHENTI, T. M.; BONUMÁ, N.B.; GRISON, F. (2017). Avaliação do uso de dados de satélite para o cálculo da vazão em uma pequena bacia hidrográfica por meio do modelo SWAT. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH.
- HONG, Y.; HSU, K. L.; SOROOSHIAN, S.; GAO, X. (2004). “Precipitation Estimation from Remotely Sensed Imagery Using an Artificial Neural Network Cloud Classification System”. *J. Appl. Meteor.* 43, (12), pp. 1834-1853.
- 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. (2007). “The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales”. *Journal of Hydrometeorology* 8, (1), pp. 38-55.
- JIMÉNEZ, K.Q., COLLISCHONN, W. (2015). “Método de combinação de dados de precipitação estimados por satélite e medidos em pluviômetros para a modelagem hidrológica”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20, pp. 202-217.
- JOYCE, R.J.; JANOWIAK, J.E.; ARKIN, P.A.; XIE, P. (2004). “CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution”. *Journal of Hydrometeorology*, (5), pp. 487 – 503.
- MELO NETO, J.O.; SILVA, A. M.; MELLO, C.R. JÚNIOR, A.V.M. (2014). “Simulação Hidrológica Escalar com o Modelo SWAT”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 19, (1), Pp.177-188.
- MONTEIRO, J.A.F.; STRAUCH, M.; SRINIVASAN, R.; ABBASPOUR, K.; GURKER, B. (2015). “Accuracy of grid precipitation data for Brazil: application in river discharge modelling of the Tocantins catchment”. *Hydrology Process* 30, (9), pp. 1419-1430.
- SRINIVASAN, V. S.; PAIVA, F. M. L. (2009) “Regional validity of the parameters of a distributed runoff-erosion model in the semi-arid region of Brazil”. *Science in China Series E: Technological Sciences* 52, (11), pp. 3348-3356.
- SUDENE. (1996). *Pacto Nordeste: ações estratégicas para um salto do desenvolvimento regional*. Recife. 77p.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; O’DONNELL, J.; ROWE, C.M. (1985). “Statistics for the evaluation and comparison of models”. *Journal of Geophysical Research*, 90, (5), pp. 8995- 9005.