Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

COMPARAÇÃO DE DADOS ESTIMADOS POR DOIS DIFERENTES MÉTODOS PARA O PREENCHIMENTO DE FALHAS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA BACIA DO RIO PAJEÚ, PERNAMBUCO, BRASIL

DIAZ, Caio Cesar Farias- caio.cesarwow@hotmail.com
Universidade Federal do Pernambuco / UFPE

PEREIRA, João Antônio dos Santos – antoniopereira.278@gmail.com
Universidade Federal do Pernambuco / UFPE

NÓBREGA, Ranyére Silva – ranyere.nobrega@yahoo.com.br
Universidade Federal do Pernambuco / UFPE

RESUMO: As falhas em séries de dados de precipitação é um problema recorrente aos estudos hidrológicos. Desta forma, este trabalho teve como objetivo comparar os dados gerados pelo método de preenchimento de falhas da ponderação regional (PR) com os dados de precipitação estimados pela Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) com fins de validação e eficácia de ambos os métodos para estudos climatológicos futuros. Foram utilizados os dados completos de precipitação observada em oito municípios localizados na bacia do rio Pajeú, dados incompletos de precipitação de três municípios da mesma região, originados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), e dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM. Foi utilizado para o preenchimento, o método da ponderação regional para gerar os dados faltantes para os três municípios com falhas. Esses valores gerados foram submetidos à comparação por meio de erro médio e correlação com os dados estimados pelo TRMM. Os resultados mostraram que há uma forte correlação entre os dois tipos de dados estimados, bem como poucas disparidades entre os pares de dados e forte relação entre os dados estimados pela PR e o TRMM. Conclui-se que os dois tipos se convalidam e, portanto, possuem relevância para o preenchimento de falhas, sendo opcional a utilização de ambos.

PALAVRAS-CHAVES: validação estatística, climatologia, hidroclimatologia, ponderação regional.

COMPARISON OF DATA ESTIMATED BY TWO DIFFERENT METHODS FOR THE FILLING UP OF RAINFALL PRECIPITATION FAULTS IN THE PAJEÚ RIVER BASIN, PERNAMBUCO, BRAZIL

ABSTRACT: The gaps in rainfall data series is a ongoing problem to the hidrologic studies. So, this work aims to compare data generated by filling gaps method of regional weighting (RW) with the measured rainfall data by Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) to validate and show the efficiency of both methods for future climatology studies. To the application of this work, were used complete rainfall data of eight counties, located at Pajeu river basin, incomplete rainfall data of three counties of same region source Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), do Instituto Narcional de Meteorologia (INMET) and Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) and measured rainfall data by satellite TRMM. With this data, was applied in the complete data, the regional weighting (RW) to generate the missing data to the three counties with gaps. With this generated data were done comparisons by Mean Error (EM) and linear correlation with the estimated data by TRMM. The results showed that there is a strong similarity between two types estimated data, as well as few differences between pair of data and strong correlation between estimated data by RW and TRMM. Concludes that two data covalidate each other and, therefore, they have significance to the filling gaps of rainfall, being optional the utilization of both methods.

KEYWORDS: statistic validation, climatology, hidroclimatology, regional weighting.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

1. INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico representa a interdependência, o movimento e a troca da água nos seus diferentes comportamentos no ambiente. Segundo Collischonn (2006), este ciclo é formado por diversas componentes, sendo a precipitação, a componente que apresenta maior variabilidade no espaço e no tempo.

A precipitação pluvial, abundante em regiões úmidas, de um modo geral, caracteriza-se como o retorno ao solo do vapor d'água, que ao condensar soma-se com partículas higroscópicas, desenvolvendo gotículas de água líquida e atingem dimensões suficientes para chegar até a superfície. Essa água em deslocamento entre a atmosfera e o solo tem aspecto quanti¬tativo peculiar para cada local, sobretudo porque a sua distribuição durante o ciclo anual não é uniforme em todo o planeta (LIRA et al., 2006).

Desta forma, o conhecimento acerca do regime hídrico em uma bacia hidrográfica é fundamental nos estudos hidrológicos, que servem como base para projetos de diferentes usos da água, tornando-se fator indispensável para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2009).

Em hidrologia, as séries históricas de precipitação são informações essenciais para a compreensão do regime hidrológico (MELLO; SILVA, 2005). Porém, frequentemente, a Climatologia depara-se com séries históricas de precipitação que apresentam falhas de registros de dados, gerando um empecilho no entendimento do regime hídrico para a unidade espacial de estudo em questão.

Essas falhas de dados se dão quando a coleta se apresenta deficitária em algum momento com a ausência do coletor ou por erros e sobreposição de dados dos instrumentos de coleta, o que torna necessária a aplicação de equações para o preenchimento de falhas.

Bertoni e Tucci (2002) recorreram a um método de preenchimento de falhas de dados de precipitação muito usado no campo das ciências atmosféricas denominado de ponderação regional (PR), que consiste em aplicar uma regressão linear entre a série histórica com dados a ser preenchido e as séries históricas sem falhas de estações vizinhas. Campozano et al. (2014) testaram a eficiência de 17 métodos determinísticos de preenchimentos de falhas, entre eles a ponderação regional simples e baseada em regressões lineares, sobre lacunas em dados de precipitação e dados diários de temperatura e constataram a eficácia deste último método para a precipitação.

Este método mostra-se eficaz, apresentando apenas uma ressalva: a regressão linear exige que uma das variáveis seja condicionante da outra, ou seja, que a variável x seja independente e a variável y, dependente. Entretanto, para o caso de dados de precipitação, uma série não condiciona a outra, já que não há dependência entre duas séries de precipitação.

Oliveira et al. (2010) fizeram testes com diversos métodos de preenchimento de falhas em uma série histórica de 22 anos no estado de Goiás e mostraram que o método de ponderação regional com base em regressões lineares é um dos melhores dentre os métodos empregados.

Com o objetivo de se entender melhor o comportamento hídrico na bacia hidrográfica do rio São Francisco, Pruski et al. (2004) analisaram as variações espaciais da precipitação média anual e da vazão específica média de longa

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

duração em postos pluviais e fluviais ao longo da bacia. Nesse trabalho, os autores utilizaram o método de ponderação regional para o preenchimento de falhas de precipitação. Trabalhos que utilizaram a mesma metodologia também foram realizados por Caldeira et al. (2011) e por Mello et al. (2017), e mostraram um bom desempenho da ponderação regional em preencher falhas em séries de dados de precipitação, destacando-se que o pesquisador deve conhecer o padrão climático da região estudada, afim de não utilizar dados que destoem muito do padrão da região.

Devido ao elevado custo e à dificuldade na obtenção de medidas pluviométricas em áreas de difícil acesso, as simulações numéricas e os dados de satélite têm sido utilizados em estudos climatológicos e hidrológicos (LONGO et al., 2004; ADAMS et al., 2009). Os dados provenientes de satélites são uma alternativa para suprir as deficiências dos dados de superfície na estimativa da precipitação pluvial, pois estes são fornecidos em alta densidade espacial e temporal (OLIVEIRA et al., 2014).

Dentre as opções para preencher uma série temporal de precipitação têm-se o uso dos dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), uma missão conjunta entre a (NASA) e a (NASDA), hoje JAXA (Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial), cujos objetivos são medir a precipitação e energia, ou seja, o calor latente de condensação, que vem passando por mudanças nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (KUMMEROW et al., 1998).

A maior parte dos valores de precipitação por satélite são apenas estimativas desenvolvidas por algoritmos que estão sujeitas a uma variedade de ajustes e induzindo a valores diferentes dos observados em superfície (lacunas em tempos de revisita, efeitos atmosféricos que modificam o campo de radiação, entre outros) e requerem uma validação completa (BITEW; GEBREMICHAEL, 2011), mesmo quando radares são utilizados, como o TRMM, os dados diários estimados apresentam diferenças.

Diaz e Nóbrega (2015) estudaram a acurácia e eficácia dos dados estimados pela TRMM utilizando métodos estatísticos de comparação entre os dados da TRMM e dados de postos pluviométricos na bacia do rio Pajeú. Os resultados deste trabalho mostraram que o satélite TRMM estima a precipitação de forma aceitável aos dados coletados por postos pluviométricos, validando seu uso para fins de análise climatológica. Porém, como afirmam Bitew e Gebremichael (2012), é preciso ter cautela ao se utilizar os dados de precipitação estimados por sensores orbitais, sobretudo ao estudar regiões onde o relevo é diversificado, pois tal fator aumenta consideravelmente a magnitude dos erros de estimativa, na medida em que podem ocorrer microclimas e ventos acentuados, fatores que podem afetar o desempenho das estimativas (FENSTERSEIFER, 2013).

A bacia hidrográfica do Rio Pajeú (BHP) tem sido recorte de estudo de diversas pesquisas hidroclimatológicas por sua grande área, maior disponibilidade de dados e diversidade geomorfológica e climatológica. Diante da discussão proposta, este trabalho objetiva comparar estatisticamente os dados de precipitação mensal gerados pelo método da ponderação regional e os dados estimados de precipitação mensal pela TRMM e analisar o grau de eficácia dos dois métodos para preencher falhas de precipitação e assim validar os dados do

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

TRMM através dessa comparação com o PR para a bacia hidrográfica do rio Pajeú.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A bacia hidrográfica do rio Pajeú é a maior do território pernambucano, localizada na região do Sertão do Estado, com uma área de 16.685 km², correspondendo a 16,97% da área do Estado (Figura 1). A área de drenagem da bacia abrange 27 municípios, dos quais 7 possuem suas sedes inseridas na bacia hidrográfica (Carnaíba, Carnaubeira da Penha, Floresta, Iguaraci, Itacuruba, Mirandiba e São José do Belmonte) (APAC, 2010).

A área em estudo é marcada pela presença de compartimentos morfológicos homogêneos como várzeas e terraços aluviais, chapadas, pediplanos, superfícies aplainadas, dissecadas, preservadas e retrabalhadas, além de contrafortes (cristas), bordas (cuestas), morros residuais e serras (RIBEIRO, 2016). A Depressão Sertaneja possui terrenos metassedimentares compostos por litotipos metamorfizados intercalados por superfícies sedimentares, interflúvios e encostas de baixa declividade (CPRM, 2005).

A formação vegetal sobre a superfície estudada é a Caatinga hiperxerófila, característica das áreas mais secas do Sertão e que são fortemente influenciadas, principalmente, pelas condições climáticas e pedológicas (FEITOSA, 2012). Entre as características que influenciam a formação vegetal estão à associação de chuvas escassas e muito irregulares, e a presença de solos com fertilidade natural baixa, solos pouco profundos e pedregosos, comumente associadas aos afloramentos rochosos (ARAÚJO FILHO, 2011).

Caracterizado pela "forte insolação, baixa nebulosidade, elevadas taxas de evaporação, temperaturas constantes e relativamente altas e pelo regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período" (LINS; ALBUQUERQUE, 2001, p.21), o clima da bacia hidrográfica do Pajeú é predominantemente semiárido, do tipo "BSwh", de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média mensal de 24ºC, apresentando uma evapotranspiração potencial superior a 1.200 mm/ano. O deslocamento anual da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que apresenta posição ao Sul do equador no final do verão, principal sistema atmosférico atuante na área, determina o período chuvoso entre os meses de janeiro a abril com precipitação anual total oscilando entre 500 e 1100 mm (RIBEIRO, 2016).

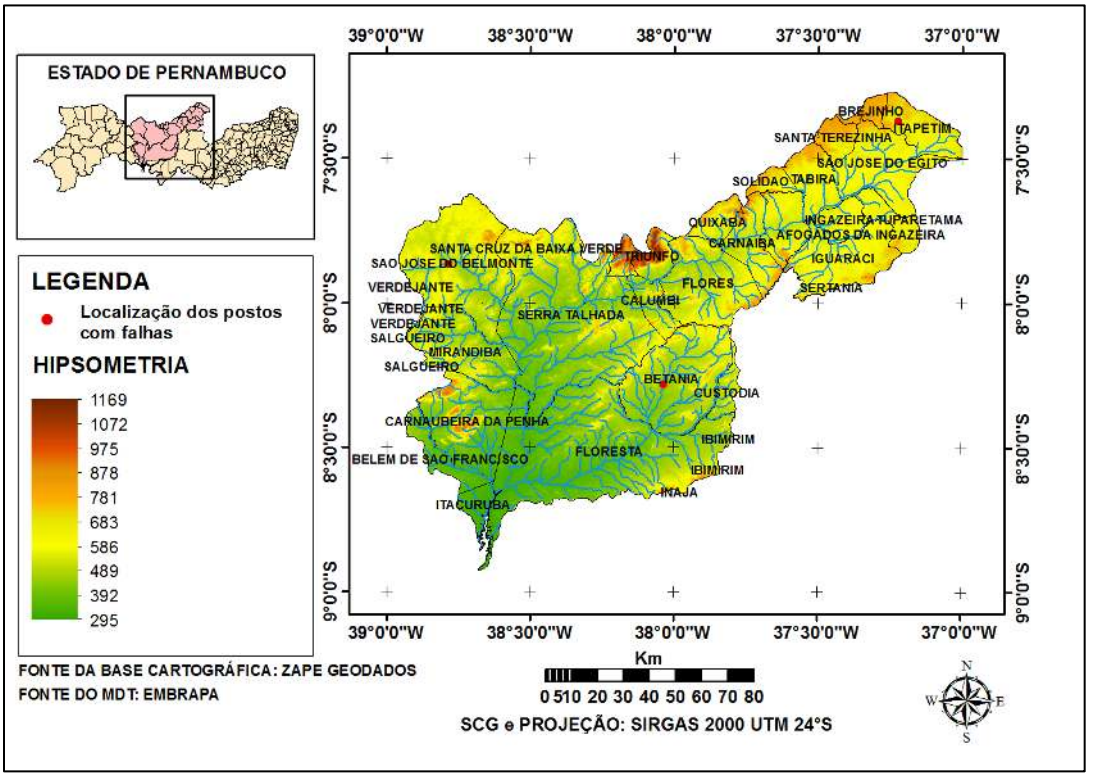


Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Pajeú, estado de Pernambuco.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução deste trabalho, foram utilizados dados de precipitação mensal de 1998 a 2013 de três estações pluviométricas inseridas na bacia do rio Pajeú, todas com falhas. Foram utilizadas 3 estações sem falhas correspondendo a mesma série temporal para cada estação com falha, à exceção de Betânia e São José do Belmonte que compartilharam dos dados de Serra talhada, totalizando assim, 8 séries históricas de 8 municípios sem falhas.

Os postos e estações com falhas selecionados foram Itapetim, Betânia e São José do Belmonte, por se tratarem dos postos com maior quantidade de falhas na bacia do rio Pajeú. Para Itapetim, foram designadas para interpolação, as estações pluviométricas de Monteiro-PB, Patos-PB e Afogados da Ingazeira. Para Betânia, foram selecionadas as estações dos municípios de Flores, Floresta e Serra Talhada. Já para São José do Belmonte, foram escolhidas as estações dos municípios de Brejo Santo-CE, Mirandiba e Serra Talhada.

As séries temporais a serem preenchidas foram obtidas da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), já as séries completas e que foram interpoladas foram obtidas da Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). A tabela 1 mostra informações sobre os postos com e sem falhas.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 1 - Dados acerca dos postos pluviométricos utilizados neste estudo.

Postos com falhas	**Código**	**% de falhas**	**Lat**	**Lon**	**Altitude**
Betânia	00838005	39,7	-8,283	-38,033	442
Itapetim	00737046	38	-7,369	-37,219	646
S. José do Belmonte	00738044	61,7	-7,866	-38,783	491
Postos sem falhas	-	-	-	-	-
Afogados da ingazeira	290	-	-7,343	-37,642	525
Monteiro	82792	-	-7,880	-37,060	603
Patos	82791	-	-7,010	-37,260	249
Flores	183	-	-7,877	-37,971	460
Floresta	397	-	-8,600	-38,581	317
Serra Talhada	485	-	-7,984	-38,299	435
Mirandiba	54	-	-8,124	-38,738	425
Brejo Santo	26	-	-7,485	-38,983	394

Os dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM são oriundos do portal *Precipitation Measurement Missions* (PMM) do site da NASA e foram processados utilizando-se o programa GrADS, que trabalha com pontos de grade e gera os dados a partir de linhas de comando. Os dados da TRMM trabalhados derivam do produto 3B43_V7, que gera dados de precipitação mensal com resolução espacial de 0,25°x 0,25°. A obtenção dos dados foi feita através do acesso aos arquivos FTP da NASCOM, nos quais os dados em formato "bin" se encontram. Esses dados correspondem às 3 áreas mais próximas às 3 estações pluviométricas com as séries a serem preenchidas.

Para a obtenção dos dados estimados para preenchimento das falhas das séries temporais, foi utilizado o método da ponderação regional expresso na equação 1.

$$\hat{p} = \frac{\sum(\frac{\overline{p}}{\overline{p}_i} * x_i)}{N_p} \quad (1)$$

Em que $\hat{p}$ é o valor a ser estimado, $\overline{p}$ é a média da precipitação do posto com falhas, $\overline{p}_i$ é a média de cada posto próximo ao posto com falhas, x_i é a precipitação do posto próximo no mês **i**, e N_P é o número de postos próximos ao posto com falhas que estão sendo utilizados.

Para comparar a diferença entre as estimativas da ponderação regional e do satélite TRMM, foi utilizado o erro médio (EM), que relaciona mês a mês, de forma simples, se a ponderação regional subestimou ou superestimou suas estimativas em relação aos dados do TRMM. A equação 2, expressa o erro médio para este trabalho da seguinte forma:

$$EM = \frac{(PPRi - PSi)}{2} \quad (2)$$

Em que ***PPRi*** é a precipitação estimada pela ponderação regional no mês **i** e ***PSi*** é a precipitação estimada pela TRMM no mês i.

Obtendo-se os dados estimados pela ponderação regional, aplicou-se a correlação linear de Pearson entre os dados estimados pela ponderação regional

e os dados estimados pelo satélite TRMM com nível de significância de 99%. A equação 3 expressa esse método:

$$r = \frac{n\sum(x_i * y_i) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} * \sqrt{n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (3)$$

Em que ***n*** é o número da amostra, **x** e **y** são as variáveis.

Para testar o nível de significância das correlações, foi utilizado o teste de hipóteses *t–student*, desenvolvido por William Sealy Gosset em 1912 (BOLAND, 2011). Após o cômputo da correlação linear, é necessário calcular este teste de hipótese e comparar o valor encontrado com o valor crítico tabelado ao intervalo de confiança estabelecido e ao grau de liberdade do teste. Se o valor encontrado for maior que o valor tabelado, considerasse como um valor estatisticamente significante. Se abaixo do valor tabelado, considerasse como um valor sem significância estatística. A equação do teste de t é expressa abaixo:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{(1-r^2)}} \quad (4)$$

Em que *r* é o valor de correlação linear encontrado e *n-2* é o grau de liberdade sendo no número da amostra.

O intervalo de confiança estabelecido foi de 95% traduzido como valor significante e 99% traduzido como altamente significante. Os valores de t tabelados a serem comparados para Itapetim e Betânia foram 1.995 (95%) e 2.649 (99%) por apresentarem número de amostras próximo e para São Joaquim do Belmonte, os valores foram 1.984 (95%) e 2.626 (99%).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE COMPARATIVA PR X TRMM

Os resultados obtidos pelo método da ponderação regional apresentaram desempenhos compatíveis com as estimativas da TRMM. Pelo fato do dado obtido ter-se baseado na interpolação de dados de postos próximos, a precipitação estimada ficou similar às precipitações interpoladas, entretanto, a precipitação estimada pela PR ficou muito próxima das estimativas do satélite TRMM. Tanto no quesito proximidade dos valores, como na variabilidade dos regimes sazonais de chuvas, a estimativa da PR acompanhou aproximadamente a variação temporal da estimativa do TRMM para os três municípios estudados com pode ser observado nas figuras 2, 3 e 4.

Apenas em alguns meses como em Itapetim em 12/2002 com diferença de 47,3%, Betânia em 12/2000 com diferença de 50,4% e São José do Belmonte em 8/2007 e 4/2009 com diferenças de 85% e 68%, respectivamente, houve grandes disparidades entre os dados de ambas estimativas. No entanto, os resultados obtidos pelos dois métodos ficam

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

próximos, a exemplos de Itapetim entre os anos de 2004 e 2009, Betânia entre os anos de 2003 e 2007 e São José do Belmonte entre os anos de 1998 e 2006.

Percebe-se que quando os dados correspondem a períodos secos, os dois métodos ficam próximos entre si e quando os dados correspondem a períodos chuvosos, a diferença entre a estimativa do PR e do TRMM aumenta de forma incisiva. Diaz e Nóbrega (2015) encontraram essa mesma tendência entre a TRMM e dados observados para a bacia do rio Una quando se propôs validar os dados de satélite. A heterogeneidade espacial da precipitação no semiárido pode ser a maior explicação para essas disparidades durante o período chuvoso.

É possível identificar que dentre os 3 gráficos mostrados, a ponderação regional se manteve mais próxima aos dados da TRMM no município de Itapetim, seguido de Betânia e São José do Belmonte. As diferenças das distâncias entre os postos interpolados com o ponto de grade do satélite pode justificar a variabilidade destes resultados. Um dos fatos que comprovam isso é a soma total da precipitação estimada pela PR e pelo TRMM nos 3 municípios. A diferença dessas somas foi menor em Itapetim (1339,24mm x 1373,40mm), depois Betânia (1737,15mm x 2064,1mm), seguida de São José do Belmonte (5931,98mm x 6484,75mm). Curtarelli et al. (2014) obtiveram resultados similares, mesmo conduzindo sua pesquisa em clima tropical úmido, ao avaliarem dados estimados mensais do TRMM com dados de referência com falhas preenchidas pela ponderação regional para o reservatório de Itumbiara, entre Goiás e Minas Gerais.

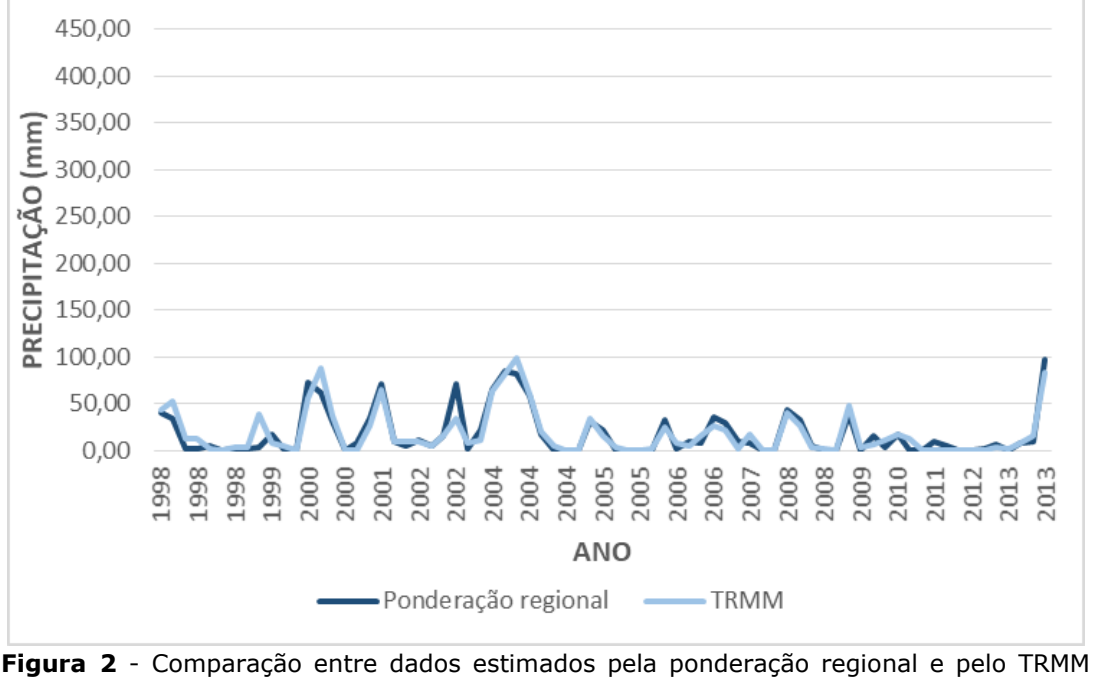


Figura 2 - Comparação entre dados estimados pela ponderação regional e pelo TRMM para o município de Itapetim (PE).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

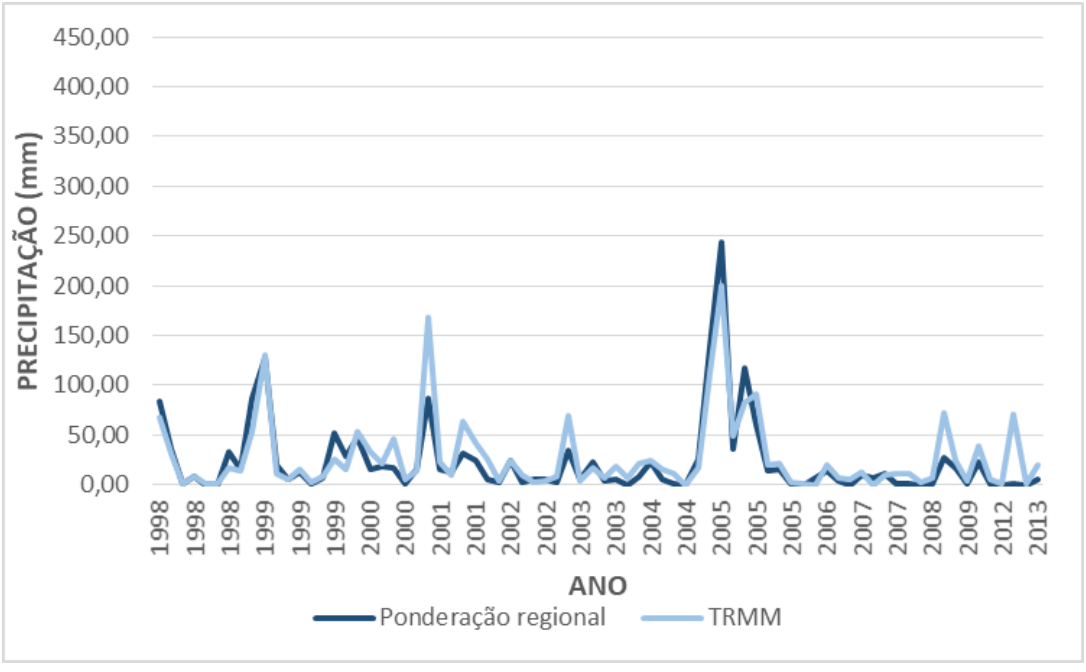


Figura 3 - Comparação entre dados estimados pela ponderação regional e pelo TRMM para o município de Betânia (PE).

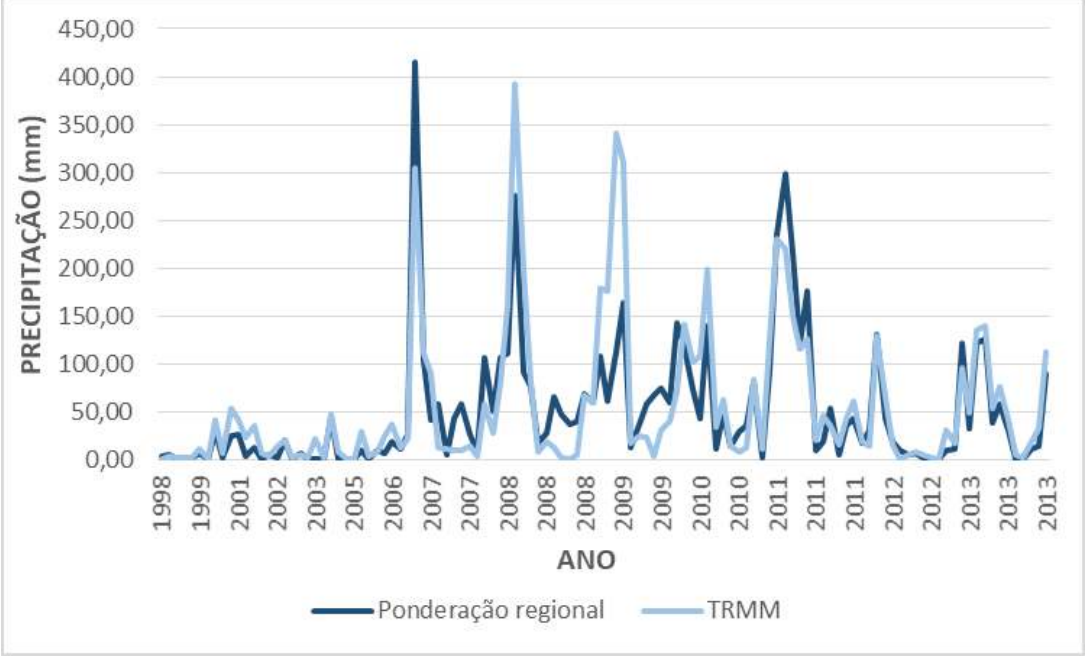


Figura 4 - Comparação entre dados estimados pela ponderação regional e pelo TRMM para o município de São José do Belmonte (PE).

4.2 ERRO MÉDIO

O cálculo do erro médio neste trabalho reforça a ideia de que as menores diferenças entre as estimativas do PR em relação ao TRMM são encontradas

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

durante os meses secos, e as maiores diferenças são encontradas durante os meses mais chuvosos. No caso desta análise, quando os valores estiverem abaixo de zero (0) significa que os dados da PR foram subestimados em relação à TRMM e se os valores estiverem acima de zero (0) significa que os dados da PR superestimaram os dados do TRMM. Entretanto, foram poucos os meses nos quais foram encontradas diferenças fortes entre os dois métodos. As figuras 5, 6 e 7 mostram com mais clareza essas diferenças.

Dentre os três municípios estudados, Itapetim foi o que obteve o maior equilíbrio entre os dados. Observou-se em Itapetim as menores diferenças entre os dados, fato constatado quando se somou os valores de erro médio dos municípios. Em Itapetim, a ponderação regional subestimou o acumulado histórico de apenas 17 mm os dados do TRMM, enquanto Betânia e São José do Belmonte o acumulado histórico subestimado foi de 163 mm e 276 mm respectivamente. Este método também obteve um desempenho satisfatório em estimar dados de precipitação para o preenchimento de falhas em estações no Sul do Brasil, como observado por Bier e Ferraz (2017), com os menores erros entre 9 e 23 mm em Porto Alegre e Santa Maria, respectivamente. .

Os gráficos mostram que Betânia obteve a maior quantidade de meses subestimados em relação ao seu total, entretanto São José do Belmonte obteve os maiores valores absolutos tanto de subestimativa (-114,3mm), quanto de superestimativa (55,3mm). Diaz e Nóbrega (2015) obtiveram resultados similares ao utilizar o erro médio para comparar duas fontes de dados de precipitação sendo uma observada e outra estimada. Dinku et al. (2007) também conseguiram validar com o erro médio e outros métodos, ao menos 4 fontes de dados de precipitação, sendo uma delas, o TRMM.

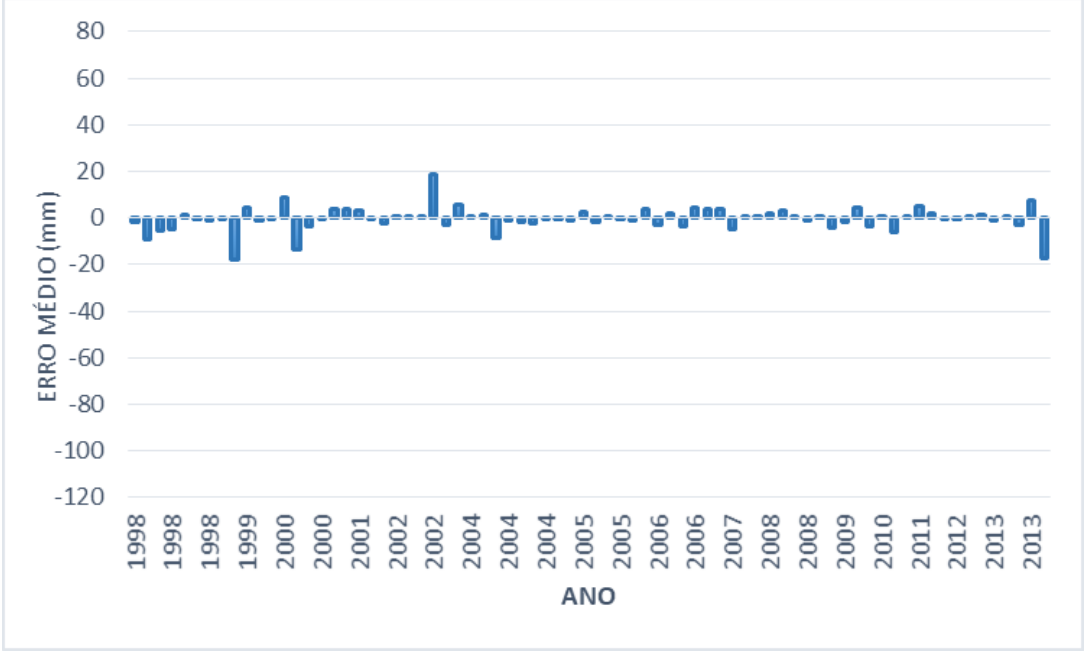


Figura 5 - Erro médio entre os dados estimados da ponderação regional e do satélite TRMM no município de Itapetim (PE).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

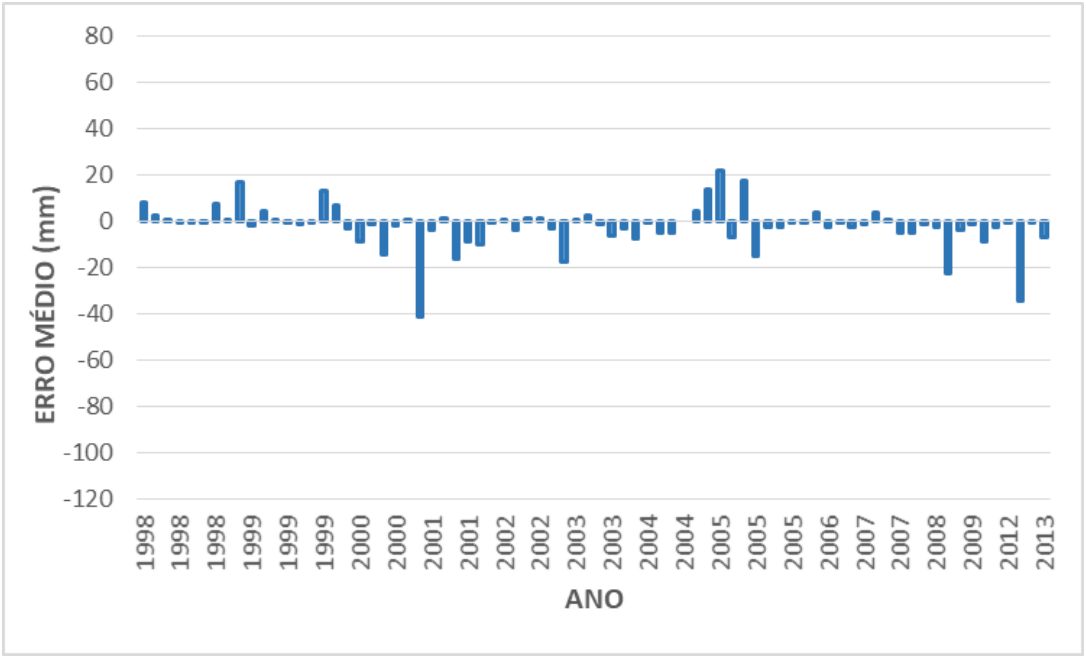


Figura 6 - Erro médio entre os dados estimados da ponderação regional e do satélite TRMM no município de Betânia (PE).

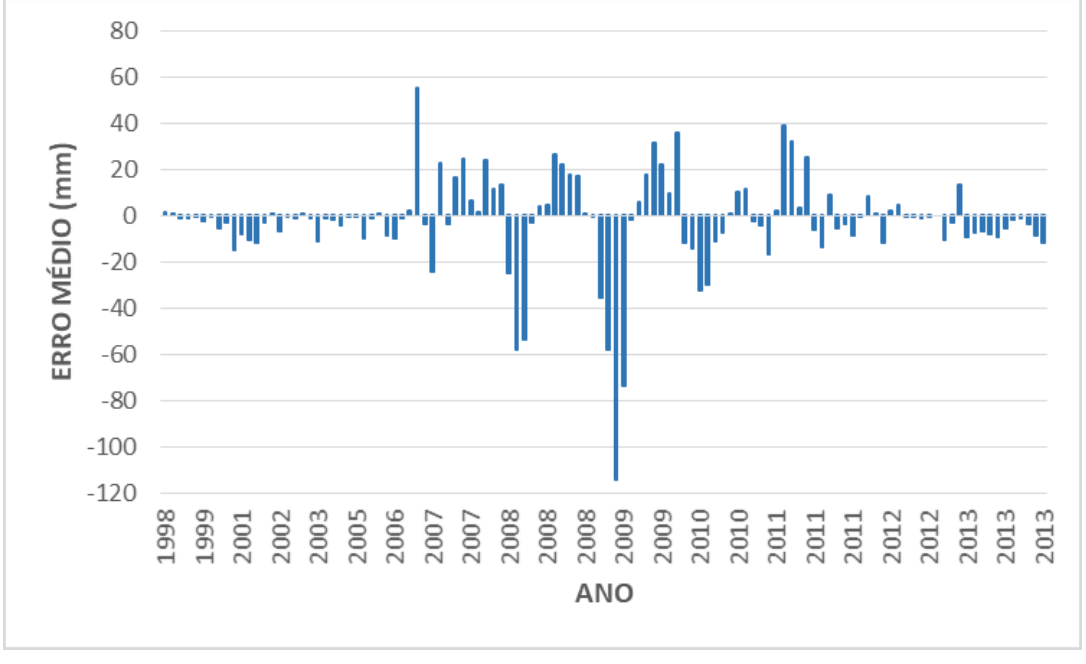


Figura 7 - Erro médio entre os dados estimados da ponderação regional e do satélite TRMM no município de São José do Belmonte (PE).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

4.3. CORRELAÇÃO LINEAR PR X TRMM

Os resultados de correlação corroboram o que já foi explanado anteriormente. Os produtos da correlação extrapolaram o valor do intervalo de confiança de 99%, ou seja, o teste de t encontrou os valores 20.4, 16.2 e 16.5 para Itapetim, Betânia e São Joaquim do Belmonte, respectivamente. Isso mostra que a relação entre os dados estimados de ponderação regional e os dados estimados pelo satélite TRMM são de alta significância estatística. Apenas isso já poderia validar os dois métodos, uma vez que pesquisas já citadas neste trabalho mostraram validação dos dados do TRMM comparando-os com dados observadas. As figuras 8, 9 e 10 reforçam essa validação.

No município de Itapetim foi observada a maior correlação com R=0,924. Em Betânia também foi observada forte correlação, com R=0,883. Já em São José do Belmonte ocorreu maior dispersão, tendo, portanto, menor correlação entre os pares de dados, porém, mesmo assim, um valor estatisticamente considerável (R=0,840). A correlação em São José do Belmonte entra em conformidade com o erro médio e com as duas séries de dados, que apresentou os resultados mais díspares entre os três municípios.

Dinku et al (2007) e Oliveira et al. (2010) ao aplicarem a correlação linear para comparar métodos estimativos de precipitação obtiveram resultados tão bons quanto os apresentados neste trabalho, sendo que naqueles, o tamanho da amostra foi menor, fazendo com que o R^2 ficasse próximo do valor de 1. Curtarelli, Rennó e Alcântara (2014) obtiveram correlações próximas a 1 entre os dados mensais do TRMM e os dados de referência com falhas preenchidas pelo PR.

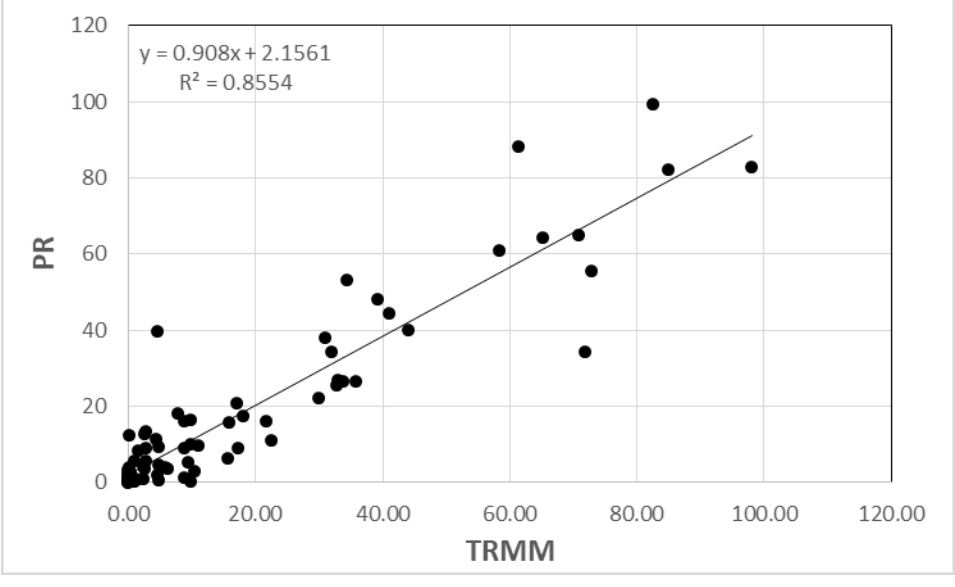


Figura 8 - Diagrama de dispersão entre dados estimados pela ponderação regional e pelo TRMM para o município de Itapetim (PE).

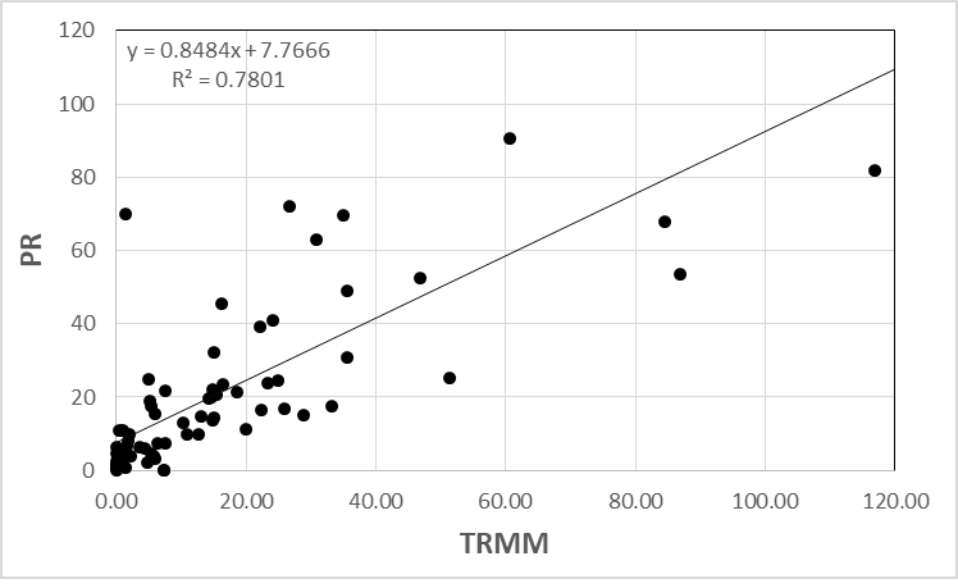


Figura 9 - Diagrama de dispersão dos dados estimados pela ponderação regional e pelo TRMM para o município de Betânia (PE).

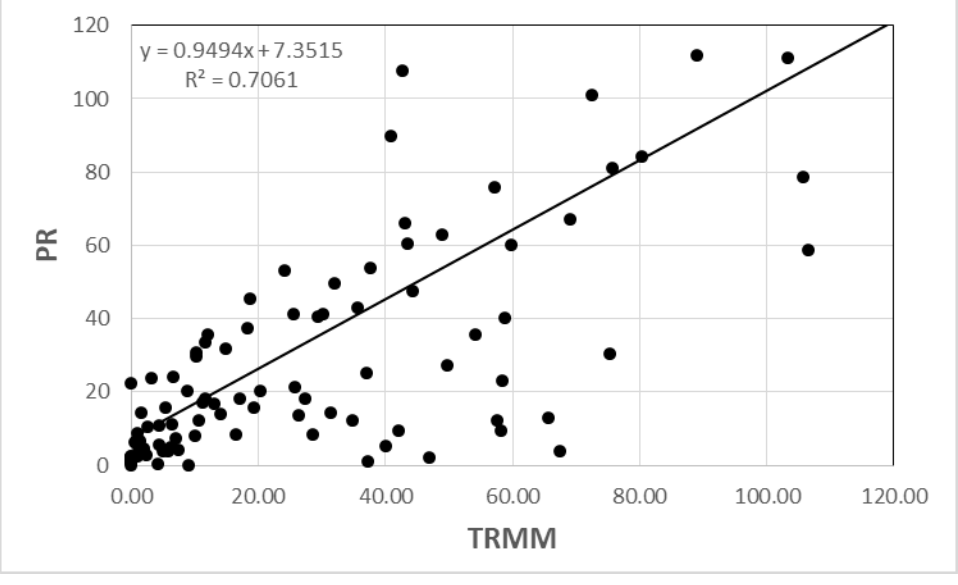


Figura 10 - Diagrama de dispersão dos dados estimados pela ponderação regional e pelo TRMM para o município de São José do Belmonte (PE).

5. CONCLUSÕES

Concluiu-se que tanto os dados gerados pela ponderação regional quanto os dados do satélite TRMM obtiveram variações e desempenho semelhantes, podendo os dados da TRMM ser utilizados para preencher falhas de precipitação substituindo a ponderação regional e vice-versa para o recorte em estudo.

Observaram-se pequenas a moderadas disparidades entre os pares de dados, chegando ao mínimo em torno de 5,5% ficando apenas em alguns poucos meses com diferenças muito fortes onde as mesmas podem ultrapassar 50% e chegar a mais de 85%, esses poucos meses, sempre associados a períodos chuvosos. A análise do erro médio corrobora o nível das disparidades quando comparado com os resultados obtidos por Campozano et al. (2014). Nas três estimativas feitas para a ponderação regional, constatou-se através do teste de t-student, que os dados deste método apresentam correlações altamente significantes em relação aos dados do satélite TRMM.

REFERÊNCIAS

ADAMS D.K., SOUZA E.P., COSTA A.A. Convecção úmida na Amazônia: implicações para modelagem numérica. Revista Brasileira de Meteorologia, São Paulo, v.24, n.2, p.168-178. 2009.

ARAÚJO FILHO, J. C. Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga. In: XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Dourados. Mato Grosso do Sul. 2011.

BERTONI, J. C., TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M (Org.). Hidrologia: Ciência e Aplicação. 3ª Edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002, 943p.

BIER, A.A., FERRAZ, S.E.T. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas em dados meteorológicos para estações no Sul do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, n.2, p. 215-226, 2017.

BITEW, M. M., GEBREMICHAEL, M. Assessment of satellite rainfall products for streamflow simulation in medium watersheds of the Ethiopian highlands. Hydrology and Earth System Sciences, v. 15, p. 1147–1155, 2011.

BITEW, M. M., GEBREMICHAEL, M. Evaluation of High-Resolution Satellite Rainfall Products through Streamflow Simulation in a Hydrological Modeling of a Small Mountainous Watershed in Ethiopia. Journal of Hydrometeorology, v. 13, p. 338–350, 2012.

BOLAND, P.J. William Sealy Gosset – An inspiring "Student". In: Proceedings of 58th World Statistical Congress, International Statistical Institute (ISI), Dublin, p. 2650-2655, 2011.

CALDEIRA, T. L, ARAÚJO, M. M. F, BESKOW, S. Análise de série hidrológica de precipitação no sul do Rio Grande do Sul para aplicação na gestão e monitoramento de recursos hídricos. In: Anais do IV encontro sul brasileiro de meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, Ed. 4, 9. P, 2011.

CAMPOZANO, E. S., SÁNCHEZ, A., AVILES. A., SAMANIEGO, E. Evaluating of infilling methods for time series of daily precipitation and temperature: the case of the ecuadorian Andes. MASKANA, v. 5, n. 1, 2014.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSS MINERAIS. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Recife: PRODEEM, 2005.

COLLISCHONN, B. Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e

Saneamento Ambiental. Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre - RS. 2006. 131p.

CURTARELLI, M. P, RENNÓ, C. D, ALCÂNTARA, E. H. Evaluation of the Tropical Rainfall Measuring Mission 3b43 product over an inland area in Brazil and the effects of satellite boost on rainfall estimates. Journal of Applied Remote Sensing, Vol. 8, No. 1, jul/2014.

DIAZ, C. C.F., PEREIRA, J. A. S., NÓBREGA, R. S. Validação de dados de precipitação diária estimados por satélite sobre a bacia do rio Una. In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa, INPE, p. 4667-4674,2015.

DINKU, T., CECCATO, P., GOVER-KOPEC, E., LEMMA, M., CONNOR, S.J., ROPELEWSKI, C.F. Validation of satellite rainfall products over East Africa's complex topography. International Journal of Remote Sensing, v. 28, n. 7, p. 1503-1526. 2007.

FEITOSA, A. Zoneamento de pequenas bacias hidrográficas e caracterização de várzeas na Bacia hidrográfica do Pajeú, Pernambuco. Tese de Doutorado – UFPE/PPGEO. Recife - PE, 2012. 139p.

FENSTERSEIFER, C.A.; Qualidade das estimativas de precipitações derivadas de satélites na bacia do Alto Jacuí – RS. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Santa aria – RS, 2013. 126p.

LINS, C. J. C.; ALBUQUERQUE, M. J. C. A região semi-árida do Nordeste do Brasil. Revista do Instituto Brasileiro de Edições Pedagógicas. Área de conhecimento: Geografia. Ano I, No 4, Nov/2001.

KUMMEROW, C.; BARNES, W.; KOZU, T.; SHIUE, J.; SIMPSON, J. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) sensor package. Journal Atmospheric Oceanic Technology, v. 15, n. 3, p. 809-817, 1998.

LIRA, M. L.; OLIVEIRA M.; DANTAS, R. T.; SOU¬ZA, W. M. Alterações da precipitação em municípios do Estado de Pernambuco. Engenharia Ambiental, Espirito Santo do Pinhal. v.3, n.1, p.52-61, 2006.

LONGO, M.; CAMARGO, R.; SILVA DIAS; M.A.F. Análise das características dinâmicas e sinóticas de um evento de friagem durante a estação chuvosa no sudoeste da Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia, Vol. 19, No. 1, p. 59-72, 2004.

MELLO, C. R. De, SILVA, A. M. da. Métodos estimadores dos parâmetros da distribuição de Gumbel e sua influência em estudos hidrológicos do projeto. Irriga, v.10, n. 4, p. 318-334, 2005.

OLIVEIRA, L. F. C; FIOREZE, A. P; MEDEIROS, A. M. M; SILVA, M. A. S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.11, p.1186–1192, 2010.

OLIVEIRA-JÚNIOR J.R.; DELGADO, R.C.; GOIS G., LANNES A., DIAS F.O., SOUZA J.C.; SOUZA, M. Análise da precipitação e sua relação com sistemas meteorológicos em Seropédica, Rio de Janeiro. Revista Floresta e Ambiente, Seropédica, v.21, n.2, p.140-149, 2014.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

PRUSKI, F. F; PEREIRA, S. B; NOVAES, L. F; SILVA, D. D; RAMOS, M, M. Precipitação média anual e vazão específica média de longa duração, na Bacia do São Francisco. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 8, No. 2/3, p.247-253, 2004.

PINHEIRO, K. S. F; SOUSA, C. J. S; MENEZES, R. H. N. Caracterização espaço-temporal da precipitação efetiva e do índice de aridez na bacia hidrográfica do Riacho da Boa Hora, Urbano Santos-MA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, p. 2535-2542, 2005.

RIBEIRO, E. P. Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú. Tese (Doutorado em geografia). Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife-PE. 2016. 178p.

SANTOS, G. G.; FIGUEIREDO, C. C. de; OLIVEIRA, L. F. C. de; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v..13, n. suplemento, p.899-905, 2009