

Validação de dados de precipitação diária estimados por satélite sobre a bacia do rio Una

Caio Cesar Farias Diaz¹
João Antonio Dos Santos Pereira²
Ranyere Silva Nóbrega³

Universidade federal de Pernambuco – UFPE/DCG
caio.cesarwow@hotmail.com¹
antoniopereira.278@gmail.com
rs_nobrega@yahoo.com.br³

Abstract: The Una river basin find it, majoritarity, to South of Pernambuco state, included also a small part of north of Alagoas state and bound it with 5 others hydrographic basins and some groups of basins of coastal and interior lower rivers. Because of spate happened at 2010 year that caused a serious environmental disaster in the towns inserted on the basin. Climatologic, meteorology and hydrodynamic researches have been done in the region to verify reasons and effects of this event so extreme. For the effectuation of this work was used the satellite TRMM (*tropical rainfall measuring mission*), a satellite developed by NASA together with JAXA, with aim to monitoring through estimates, precipitation events in tropics and subtropical regions. Researches done with this satellite are spreading throughout the world, but in Brazil still there few works based with this instrument. Among the algorithm that exist at TRMM, was used the algorithm 3B43 V7, able to make estimates of mensal rainfall. Furthermore, to the work were used also, mensal rainfall data of meteorology stations of seven municipalities from 1998 (year in which the TRMM began to operate) to 2012 and statistic equations. Finally, the aims of research is to analyze if the data derived of TRMM present good estimates for Pernambuco state, can becoming support to decision making to context of natural disaster risks, correlating them with the state pluviometric network data.

Palavras-chave: estimation, meteorology, remote sensing, statistical analysis, TRMM, estimativa, meteorologia, sensoriamento remoto, análise estatística

1.Introdução

A Unidade de Planejamento Hídrico UP5, que corresponde à bacia hidrográfica do rio Una, está localizada no sul do litoral do Estado de Pernambuco, entre 08°17'14" e 08°55'28" de latitude sul, e 35°07'48" e 36°42'10" de longitude oeste. A bacia do rio Una limita-se: ao norte, com as bacias dos rios Ipojuca (UP3) e Sirinhaém (UP4), e o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 4 – GL4 (UP17); ao sul, com a bacia do rio Mundaú (UP6), o Estado de Alagoas, o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 5 - GL5 (UP18) e o grupo de bacias de pequenos rios interiores 1 – G11 (UP20); a leste, com o Oceano Atlântico, a bacia do rio Sirinhaém, o GL4 e GL5; e, a oeste, com as bacias dos rios Ipojuca e Ipanema (UP7). A nascente do rio Una se localiza no município de Capoeiras, apresentando-se intermitente até aproximadamente à cidade de Altinho, quando se torna perene. Possui uma extensão de cerca de 290 km, tendo como principais afluentes, pela margem direita, riacho Quatis, rio da Chata, rio Pirangi, rio Jacuípe e rio Caraçu. O rio Jacuípe serve de limite entre os estados de Pernambuco e Alagoas. Pela margem esquerda, destacam-se riacho Riachão, riacho Mentirosas, riacho do Sapo, rio Camevô e rio Preto (APAC, 2010).

O satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) é uma missão conjunta entre a (NASA) e a (NASDA), hoje, JAXA (Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial). Os objetivos do TRMM 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. Os instrumentos a bordo do TRMM são: imageador de microondas (TMI), radar de precipitação (PR), radiômetro no visível e no infravermelho (VIRS), sensor de energia radiante da superfície

terrestre e das nuvens (CERES), e sensor para imageamento de relâmpagos (LIS) (KUMMEROW et al, 1998).

As estimativas da precipitação utilizando dados de sensoriamento remoto apresentam como vantagens a repetitividade e coleta sistemática dos dados, frequência de amostragem superior ao da rede convencional de postos pluviométricos, além de fornecer informação sobre a distribuição espacial da precipitação (PAZ; COLLISCHONN, 2011).

O satélite TRMM apresenta vários algoritmos, dos quais os utilizamos para fazer as análises necessárias. Alguns desses produtos possuem resolução temporal de 24 horas, enquanto que outros podem apresentar resolução temporal de 3 horas. O produto que será utilizado neste trabalho é o 3B43 V7 que apresenta resolução temporal mensal e resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ graus. Tal produto foi escolhido, pois é de fácil manipulação e ótimo para se comparar com dados mensais de estações meteorológicas. Já a escolha da área em questão foi devido ao fato dos municípios inseridos na bacia do rio Una passarem por um estado de vulnerabilidade decorrente de desastres ambientais como as grandes enchentes que ocorreram na mata sul do estado no ano de 2010.

Sendo assim, através de tais ferramentas, serão trabalhados os dados de satélite e de estação para fins de validação, ou seja, confirmar se os dados estimados do satélite TRMM são eficazes para ajudar na prevenção e mitigação de desastres ambientais, bem como, ferramenta auxiliadora de projetos para planejamentos futuros. O objetivo principal do trabalho consiste em Analisar se o satélite TRMM possui boa estimativa de precipitação para o estado de Pernambuco ao longo de uma série temporal e avaliar a precisão dos dados de satélite em relação aos dados de estação.

2. Metodologia

A área estudada compreende o estado de Pernambuco, onde a bacia do rio Una se insere como mostrado na Figura 1. Os dados foram trabalhados dentro da grade entre os paralelos de -7° e -10° e os meridianos -35° e -42° .

Os dados de precipitação observada foram coletados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), referentes a precipitação mensal de 1998 a 2012.

Os dados de precipitação estimada por satélite são oriundos do algoritmo 3B43_V7 do satélite TRMM. O produto 3B43_V7 possui estimativas de precipitação de mensal com resolução de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ graus.

Os dados são gravados em formato TRMM HDF e podem ser lidos com o software proprietário TSDIS Orbit Viewer. Santos e Nóbrega (2009) desenvolveram um programa computacional que possibilita a conversão do formato original para formato texto, podendo ser manipulado em qualquer planilha de dados, por exemplo.

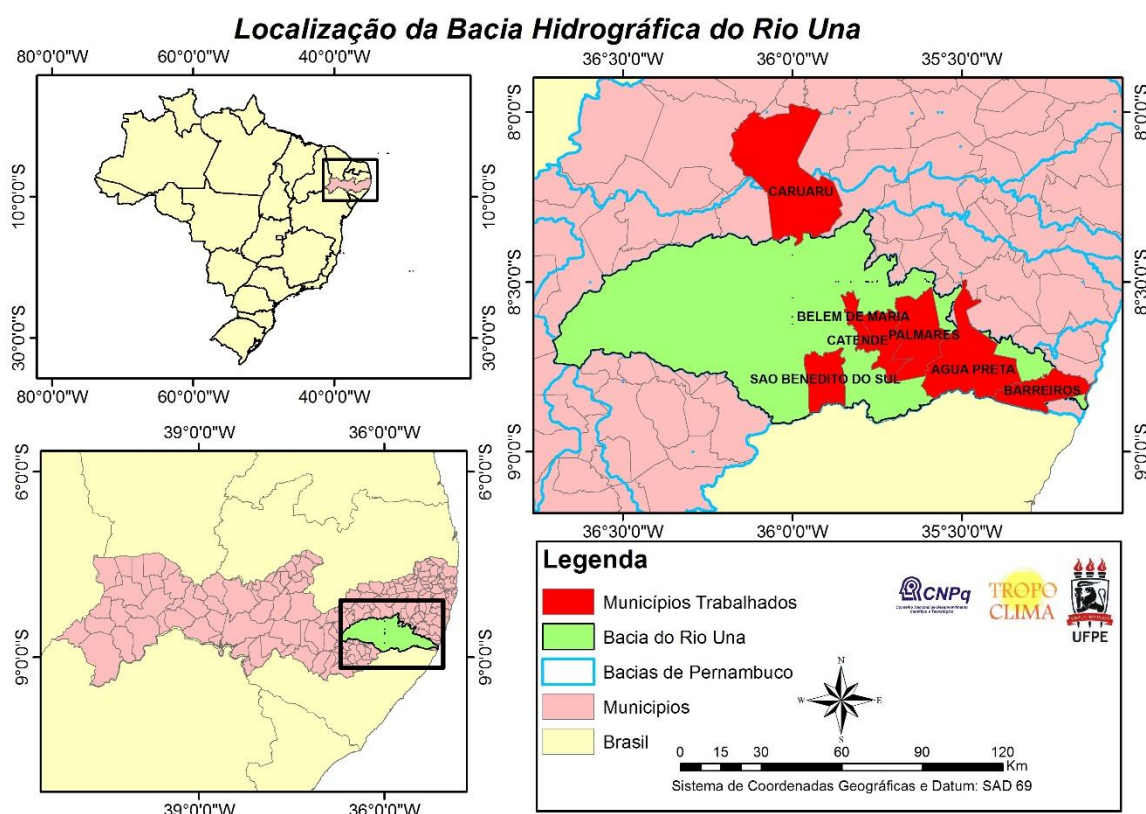


Figura1: Mapa de localização da bacia do rio Una-PE

O método comparativo entre os dados observados e estimados foi baseado no trabalho de Dinku et al (2007), no qual tem como base uma comparação espacial e não pontual, como em outros trabalhos (NÓBREGA; SANTOS, 2008). Foram gerados gráficos com as seguintes estatísticas especializadas para o estado de Pernambuco:

$$EM = \frac{1}{N} \sum (Pest - Pobs) \quad (1);$$

$$PE = 1 - \frac{\sum (Pest - Pobs)^2}{\sum (Pobs - Pobs)^2} \quad (2)$$

$$REMQ = 100 \cdot \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum (Pest - Pobs)^2}}{Pobs} \quad (3);$$

Em que EM é o erro médio (equação 1); Pest é a precipitação por satélite; Pobs é a precipitação observada; n é o número de pares de dados; EMQ é a raiz do erro médio quadrático (equação 2); PE é a pontuação de eficiência (equação 3).

O erro médio (EM) foi utilizado no trabalho com o propósito de se mensurar o quanto que os dados estimados variaram mais ou para menos em relação aos dados de estação sobre uma média. A raiz do erro médio quadrático (EQM) foi utilizada para saber o nível, a magnitude do erro médio onde os maiores valores relevam maior discrepância. A pontuação de eficiência (PE) foi usada em forma de porcentagem para saber o quão eficiente a estimativa do satélite foi, mostrando assim, a sua relevância.

Os dados de estação e de satélite referentes a precipitação mensal obtidos, foram organizados em planilha do programa Microsoft office excell 2013. O intervalo temporal do estudo compreende 15 anos entre 1998 e 2012. Foram adquiridos dados de 7 municípios parcialmente ou totalmente inseridos na bacia do rio Una sendo eles Água Preta, Barreiros,

Belém de Maria, Caruaru, Catende Palmares e São Benedito Do Sul. Os dados destes municípios, bem como os cálculos estatísticos e seus produtos foram organizados separadamente, afim de se fazer uma análise pormenorizada de cada município para depois ser feito a análise de todos os dados em conjunto

Além desses métodos foram utilizadas o coeficiente de correlação linear e a diferença entre a precipitação total acumulada observada e estimada para todo o período em estudo (NÓBREGA et al., 2008).

3. Resultados e discussões

3.1 Análise do erro médio

Como dito anteriormente, o cálculo do erro médio é responsável por apontar de forma resumida, se os dados de satélite subestimam ou superestimam os dados de estação coletados. Se o resultado for negativo, houve subestimação de dados, se for positivo, superestimação. De acordo com a Figura 1(gráfico a), percebe-se que há uma boa variação dos dados para cada localidade pesquisada. Os menores valores anuais de erro médio (todos eles negativos) quase que majoritariamente são encontrados no município de Barreiros, o município mais chuvoso inserido na bacia do rio Una. O menor valor anual absoluto também encontra-se em Barreiros com -94,4 pontos de erro médio em 2008. Isto indica que o satélite para o município de Barreiros subestimou fortemente os dados de estação extrapolando-os em todos os anos. Os municípios de Belém de Maria, Catende e Palmares também apresentaram subestimação de dados. Em contrapartida, em Caruaru, o município mais seco dos pesquisados, apresentou valores positivos em todos os anos o que indica superestimação do satélite em relação aos dados de estação. O maior valor anual absoluto também é de Caruaru com 64,7 pontos de erro médio em 2000. Os municípios de Agua Preta e São Benedito do Sul também apresentaram superestimação dos dados. Conclui-se com isso que o satélite TRMM tende a subestimar dados em regiões mais chuvosas e a superestimar dados em regiões secas e subúmidas secas.

3.2 Análise da raiz do erro médio quadrático

Este método é aplicado quando queremos observar a magnitude de um determinado erro. Se o valor da equação for igual a 0, teremos uma estimativa perfeita não havendo, portanto, erro. Neste trabalho, entretanto não foi constatado valores igual a 0, porém tivemos valores muito próximos dessa ordem. Na figura 1(gráfico b) é possível ver com muita clareza que os dados de cada município são muito distantes um do outro nos primeiros anos. Os maiores valores (com exceção de Barreiros) encontram-se nos primeiros anos da série, bem como o maior valor anual absoluto pertencente a São Benedito do Sul com mais de 750 pontos de erro em 1999. Caruaru também apresenta valores altos de erro. O menor valor absoluto porém foi encontrado em Belém de Maria (que também obteve a menor média) com apenas 1 ponto de erro em 2008. A grande exceção desse método é Barreiros, pois enquanto há uma diminuição ou manutenção na magnitude do erro da estimativa dos outros municípios, fica evidente que em Barreiros ocorre o inverso, há um aumento nos valores, em outras palavras, a estimativa no município de Barreiros piora ao longo do tempo enquanto que nos demais melhora ou se mantém. Conclui-se, portanto, através dessa equação que o satélite TRMM melhorou suas estimativas ao longo dos anos se comparando a magnitude do erro dos primeiros anos com a dos últimos. Constata-se também avaliando os números que os dados do satélite possuem menor

grau de erro em municípios onde a precipitação é maior e o inverso ocorre onde há menores índices de precipitação, como em Caruaru e São Benedito do Sul onde o clima é mais seco e a média dos valores de erro foram as maiores. Essa hipótese ganha ainda mais força quando comparamos os anos. Os anos mais secos possuem os maiores índices (como 1998, 1999 e 2012), enquanto que os anos mais chuvosos apresentam os menores índices.

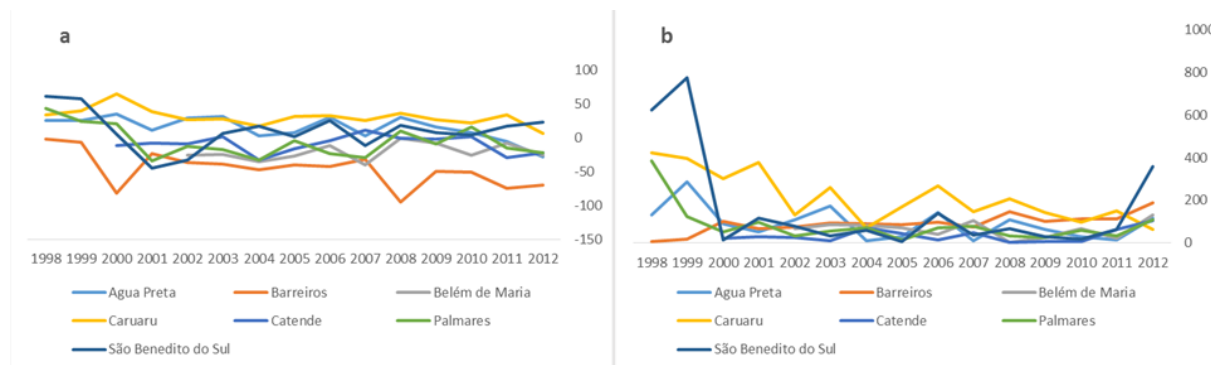


Figura 1: gráfico que mostra resultados anuais de erro médio de 7 municípios da bacia do rio Una ao longo de 10 a 15 anos (a). Gráfico que mostra resultados anuais da raiz do erro médio quadrático de 7 municípios da bacia do rio Una ao longo de 10 a 15 anos (b). Quanto maior o valor, maior será a magnitude do erro na estimativa do satélite. Fonte dos dados: APAC. Elaboração do gráfico: Caio Cesar.

3.3 Análise da pontuação de eficiência

A pontuação de eficiência é um cálculo estatístico usado para se mensurar o quão exato e eficiente foi uma previsão ou estimativa de dados. Tal cálculo só é possível, portanto, através de uma análise comparativa em que há mais de uma variável. Neste tipo de método, a pontuação máxima (perfeição) é dada pelo valor 1, ou seja, quanto mais distante de 1, menor será a pontuação dada para a previsão. Em contra partida não há uma pontuação mínima estabelecida, pois o erro de uma estimativa não apresenta um limite, podendo então apresentar valores negativos. Na Figura 2 (gráfico c), é possível ver que em grande parte do tempo, os valores da maioria dos municípios ficam muito próximos de 1. Barreiros, o município mais chuvoso, é também o mais estável, apresentando pontuações de eficiência quase sempre altas. Água Preta e Belém de Maria (que apresentou a maior pontuação de eficiência beirando a perfeição em 2008) também possuem bons índices de eficiência, porém é menos constante. Já Caruaru, o município menos chuvoso, apresenta uma série bem instável, apesar de ascendente e possui os menores valores de eficiência de estimativa. É notório como no ano de 1998, o ano mais seco dentre os anos estudados, apresenta baixíssimos índices de eficiência (com exceção de Barreiros) e ao mesmo tempo uma grande amplitude dos valores de cada município. São Benedito do Sul, por exemplo, registra em 1998 mais de -25 pontos de eficiência. É tão baixo que foi optado não colocá-lo no gráfico para não comprometer a visualização dos dados no mesmo. Constata-se com estes dados que a estimativa feita pelo satélite TRMM é mais eficiente em regiões ou épocas de boa pluviosidade e é comprometida em regiões e épocas de baixa

pluviosidade. Tal constatação pode ser reforçada através da análise do gráfico d, contido na Figura 2, plotado em área, onde a conjuntura anual dos anos mostra a diferença entre os valores de cada. Quanto menor é o valor no gráfico, menos eficiente foi a estimativa feita naquele ano. No gráfico o ano de 1999 foi o que obteve a menor eficiência, entretanto se os dados de 1998 de São Benedito do Sul fossem plotados junto dos demais, muito provavelmente o ano de 1998 obteria o menor valor no gráfico.

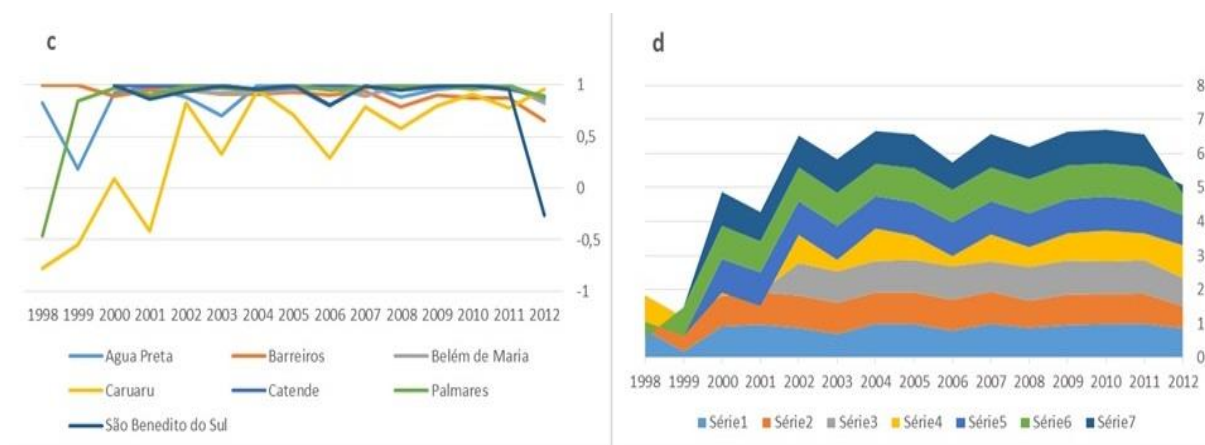


Figura 2: Gráfico que mostra resultados anuais da pontuação de eficiência (em linhas) de 7 municípios da bacia do rio Una ao longo de 10 a 15 anos. Quanto mais próximo de 1, melhor será a eficiência da estimativa (c). Gráfico que representa resultados dos dados de pontuação de eficiência (em área) de 7 municípios da bacia do rio Una ao longo de 10 a 15 anos. A área do gráfico que estiver mais escura indica que naquele ano que a estimativa foi mais eficiente (d). Fonte dos dados: APAC. Elaboração do gráfico: Caio Cesar.

3.4 Coeficiente de correlação linear

O coeficiente de correlação linear proposto por Pearson é um método estatístico utilizado para mensurar uma relação intervalar ou de razões entre 2 ou mais variáveis. Neste método os valores da correlação sempre irão variar entre -1 e 1. Quanto mais próximo destes valores, maior será a correlação, podendo esta ser negativa ou positiva. Para a pesquisa em questão, de modo geral, houveram bons resultados. Quase sempre, os valores de correlação estiveram próximos de 1, apresentando correlações positivas entre os dados de precipitação estimada e precipitação observada. O gráfico (e), contido na Figura 3, mostra claramente isso, com exceção de alguns poucos pontos, nota-se que as estimativas acompanham as variações sazonais de chuva. Catende, por sua vez, obteve o único resultado de correlação negativa (menos de -0,4) da pesquisa registrada para o ano de 2011. Isto de certa forma não é um bom resultado para o satélite, pois trata-se de um resultado no qual o mesmo subestimou os dados

observados na estação chuvosa e superestimou os dados na estação seca, em outras palavras, é como se houvesse uma inversão sazonal por parte dos dados estimados.

3.5 Diferença entre a precipitação total observada e estimada

Essa diferença é aqui exposta com o propósito de se constatar o quão variaram os dados de precipitação estimada em relação aos dados de precipitação observada. Essa analogia está atrelada aos métodos anteriormente expostos, pois põe em teste, as estimativas do satélite. De forma resumida, a variação dessa diferença, podendo ela ser negativa ou positiva, indicar o nível de acerto da estimativa. Como em todos os municípios, houve subestimação ou superestimação de dados, não houve também uma estimativa perfeita. O gráfico 6 sugere, portanto, uma forte variação interanual dessa diferença. Como o cálculo foi feito subtraindo os dados de estação pelos dados estimados, nos municípios onde houve subestimação de dados constatado pelo erro médio, a diferença aqui tenderá a ser positiva, enquanto que nos locais onde o erro médio verificou superestimação, a diferença poderá ser negativa. Portanto Água Preta, Caruaru e São Benedito do Sul apresentaram diferença negativa, enquanto que os demais obtiveram diferença positiva no somatório dos anos.

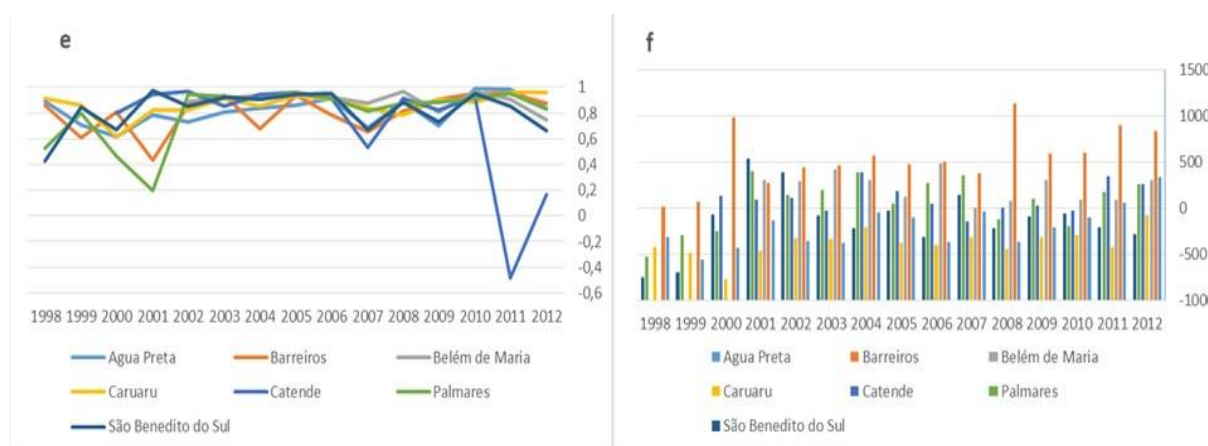


Figura 3: O gráfico (e) representa resultados do coeficiente de correlação linear na bacia do rio Una ao longo de 10 a 15 anos. A proximidade com o valor máximo (1), indica uma excelente correlação entre os dados estimados e os observados. Representação interanual da diferença acumulada total entre os dados de estação e estimados na bacia do rio Una ao longo de 10 a 15 anos. A proximidade com o valor máximo (1), indica uma excelente correlação entre os dados estimados e os observados (gráfico f). Fonte dos dados: APAC. Elaboração do gráfico: Caio Cesar.

4. Conclusões

O uso de satélites para monitoramento climático nos últimos anos está sendo cada vez mais aplicado no meio científico e acadêmico. Este método somado aos cálculos estatísticos aplicados a climatologia torna ainda mais efetivo, fortalecendo os estudos climáticos e meteorológicos. Comprova-se neste trabalho que o satélite TRMM pode ser usado para o monitoramento climático, porém ele parece ser mais efetivo e exato para Pernambuco, em áreas úmidas onde há mais cobertura de nuvens. Constata-se também que ao longo dos anos ele se tornou mais eficiente e conciso em suas estimativas, suavizando mais o erro das previsões e equilibrando seu próprio desempenho quando utilizado para vários municípios. Quando uma

anomalia é observada, o satélite pode ser usado para identifica-lo com mais exatidão através da estatística, assim como ele é capaz de prever grandes volumes de chuva, o que o torna de fato um importante instrumento para a prevenção de desastres naturais e climatológicos referentes a precipitação.

Referências bibliográficas

ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C.; ARAI, E. **avaliação dos dados de chuva mensal para a região amazônica oriundos do satélite *tropical rainfall measuring mission (trmm)* produto 3b43 versões 6 e 7 para o período de 1998 a 2010.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE

COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLINSCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 1, p. 93-99, 2007.

DINKU, T. CECCATO, P. GOVER-KOPEC, E.; et al. **Validation of satellite rainfall products over East Africa's complex topography.** *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 28, no, 7, p. 1503-1526. 2007

FU, Y.; LIN Y.; LIU G.; QUIANG, W. Seasonal Characteristics of Precipitation in 1998 over East Asia as Derived from TRMM PR. *ADVANCES IN ATMOSPHERIC SCIENCES*, VOL. 20, NO. 4, 2003, PP. 511–529

G. NAUMANN; P. BARBOSA; H. CARRAO; A. SINGLETON; AND J. VOGT. **Monitoring Drought Conditions and Their Uncertainties in Africa Using TRMM Data.** *JOURNAL OF APPLIED METEOROLOGY AND CLIMATOLOGY*, VOL 51, 2012, PP. 1867–1874

LEIVAS, J.F ; RIBEIRO, G.G; SOUZA, M.B; FILHO, J.R. **Análise comparativa entre os dados de precipitação estimados via satélite TRMM e dados observados de superfície em Manaus.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1611-1616.

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.

NÓBREGA, R.S.; SOUZA, E.P.; GALVÍNCIO, J.D. Análise da estimativa de precipitação do TRMM em uma sub-bacia da Amazônia ocidental. **Revista de Geografia**, v. 25, n. 1, p. 6-20, 2008.

TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission). Disponível em: http://trmm.gsfc.nasa.gov/data_dir/data.html

XU, W. Precipitation and Convective Characteristics of Summer Deep Convection over East Asia Observed by TRMM. *MONTHLY WEATHER REVIEW*. VOL 141, 2013, PP. 1577-1592.