



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

# ANÁLISE DA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM NO ESTADO DE ALAGOAS

*Augusto Hugo Farias da Cunha<sup>1</sup>; Laís de Almeida Marques<sup>2</sup>; Cleber Henrique de Araújo Gama<sup>3</sup>;  
Sofia Melo Vasconcellos<sup>4</sup>; Christopher Freire Souza<sup>5</sup>.*

**Resumo** – O objetivo deste trabalho é avaliar as estimativas de precipitação no semiárido alagoano pelos subprodutos 3B42 e 3B43 versões 6 e 7 do satélite TRMM, além de analisar incertezas na estimativa de ocorrência de precipitação para produto 3B42 do satélite, com discretização de 3 horas, acumulados mensalmente. Ambas as análises foram feitas comparando os dados do satélite com dados de postos pluviométricos da região de interesse. A análise se deu de duas formas, a primeira através dos conceitos estatísticos de precisão, tendenciosidade e acurácia, tendo como estudo de caso a bacia experimental do riacho do Olho D'água em Delmiro Gouveia –AL e seu entorno. A segunda forma através da metodologia proposta por PAZ e COLLISCHONN (2000) para o estado todo sob duas frentes: análise integrada no tempo e análise integrada no espaço. O estudo, apesar de limitado pela quantidade de dados disponíveis, mostra que o satélite TRMM apresenta algumas deficiências para estimativa de chuva, principalmente para a região do semiárido.

**Palavras-Chave** – TRMM, incertezas, precipitação

## ANALYSIS OF PRECIPITATION ESTIMATIVE FROM TRMM SATELLITE IN THE STATE OF ALAGOAS

**Abstract** – This work aims to evaluate the precipitation estimatives in the semi-arid region of Alagoas by the products 3B42 and 3B37, versions 6 and 7 of TRMM satellite, and also to analyse uncertainties in the precipitation occurrence estimative by the 3B42 product, with 3 hours discretization, accumulated monthly. Both the analyses were made comparing the satellite data with pluviometric stations data in the region of interest. The analyse was made in two ways, the first through the statistic concepts of precision, bias and accuracy, with the Riacho do Olho D'água experimental basin in Delmiro Gouveia – AL and its surrounding. The second way was made by the methodology proposed by PAZ and COLLISCHONN (2000) to the entire state, on two fronts: integrate analysis in time, and integrate analysis in space. The study, despite having some limitations by the available data, shows that TRMM satellite presents some deficiencies in precipitation estimates, mainly in the semi-arid region.

**Keywords** – TRMM, uncertainties, precipitation

<sup>1</sup> Hugo\_farias-@hotmail.com

<sup>2</sup> laisalmeida06@yahoo.com.br

<sup>3</sup> cleber.hag@gmail.com



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

### INTRODUÇÃO

A precipitação é, sem dúvidas, o componente mais importante do ciclo hidrológico, e essencial na gestão de recursos hídricos, pois através da modelagem hidrológica permite estimar a disponibilidade de água no tempo e no espaço. O processo tradicional de quantificação da chuva é feito com pluviômetros, porém, devido ao fato de serem equipamentos pontuais de precipitação, possuem deficiências na representação quantitativa espacial da chuva em áreas mais extensas. (COLLISCHONN, 2006).

A medição da precipitação é realizada usualmente (SANTOS *et al.* 2001) por meio de quantificação do total de água coletada em intervalos específicos de tempo (pluviômetros) ou de volumes (pluviógrafos).

Em função da baixa densidade de medidores em solo nas diferentes regiões do planeta, as estimativas de precipitação pluviométrica através de satélites surgiram como uma fonte alternativa para estimar precipitações, por fornecerem estimativas válidas para áreas (pixels), e não apenas para pontos, e com aferições temporais mais discretas em relação aos pluviômetros convencionais. Sensores remotos têm sido aplicados à estimativa de precipitação, destacando-se o radar e o satélite TRMM (JENSEN, 2009).

O TRMM fornece estimativas válidas para a região compreendida entre 50°S e 50°N do globo terrestre, com resolução espacial de 0,25° x 0,25° (aproximadamente 770 km<sup>2</sup>) e discretizações temporais variadas. O produto 3B42 possui estimativas de 3 em 3 horas ou diárias, enquanto que o produto 3B43, versões v6 e v7, se constituem de estimativas mensais. Há suspeita, por exemplo, que as estimativas não sejam boas para o semiárido em função das características de formação de eventos de precipitação (disponibilidade, altura e movimentação de nuvens) na região, bem como, por provavelmente não ter considerado informações de pluviômetros da região para calibração do TRMM.

Não se espera que esta abordagem substitua a medição direta de chuva por meio de pluviômetros, mas que complemente por ter mais refinada resolução espacial e temporal de informação. Atualmente, as instituições brasileiras que disponibilizam dados são a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo que a primeira com informações diárias e a segunda inclui dados horários.

Como não se sabe o grau de incertezas de estimativas de precipitação via TRMM, parece oportuno investigar se seus dados representam informações de alguma das fontes que disponibilizam dados medidos por meio de pluviômetros e, ainda, comparar o desempenho destas estimativas para diferentes regiões do estado de Alagoas. Uma vez que os dados diários e mensais dos produtos supracitados do TRMM resultam de metodologias diferentes para obtenção dos dados e não apenas do acúmulo de informações estimadas para intervalos menores, mostra-se interessante compará-los. Uma forma usual de quantificar o grau de acerto ou concordância entre os valores estimados ou previstos de chuva e os valores observados consiste em comparar direta e pontualmente a chuva estimada com a observada em pluviômetros (PAZ E COLLISCHONN, 2011).

O objetivo deste estudo é analisar incertezas na estimativa dos produtos do TRMM no estado de Alagoas. Especificamente, objetiva-se identificar se a precipitação estimada via sensores do TRMM, por meio de seus diferentes produtos, se aproxima ao que é medido em cada estação convencional.

### METODOLOGIA

A comparação entre os dados estimados e observados de precipitação será feita por dois métodos, sendo eles:

- I.      **Através dos conceitos estatísticos de tendenciosidade, precisão e acurácia**



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Para este método, a área escolhida para estudo foi a bacia experimental do riacho Olho D'água, que está instalada na Fazenda Amarela, no município de Delmiro Gouveia, sendo uma sub-bacia da região hidrográfica do riacho Talhada no extremo oeste do semiárido Alagoano. A região está situada entre as Latitudes  $-9.455^{\circ}$  e  $-9.528^{\circ}$  e Longitudes  $-37.957^{\circ}$  e  $-37.921^{\circ}$  em graus decimais. Selecionamos visualmente por mapa gerado usando a plataforma ARCGis os postos pluviométricos que se encontram no pixel da bacia experimental, buscando os postos mais próximos do centro da célula, mas se necessário, dos pixels vizinhos com o objetivo de se obter o maior número de informações possível.

Os produtos do TRMM e dos pluviômetros da ANA e do INMET, por vezes, apresentam falhas nos dados, ou seja, dias em que não há informação de precipitação por motivos diversos. Dessa forma, escolhemos o período de dados com o mínimo de falhas entre os pares (posto x pixel), e para isso, fazemos uso do Diagrama de Gantt gerado pelo programa LOU (SOUZA, 2009). No diagrama, temos os postos escolhidos dispostos no eixo das abscissas, e a discretização temporal no eixo das ordenadas. O diagrama de Gantt fornece em cada célula a quantidade de falhas nos dados no período de tempo disponibilizado. Logo, a célula que apresenta o valor zero, corresponde à zero falha nos dados daquele posto no referente período.

As comparações foram feitas entre os dados do produto 3B42 do TRMM com os dados horários do INMET. Como os dados daquele são disponibilizados a cada 3 horas, foi feito o acúmulo dos dados do INMET a cada três horas. Da mesma forma, também compararamos em nível diário, os mesmos produtos acumulados para 24h, com os dados da ANA (diários) e com os dados diários e horários acumulados do INMET. Por fim, compararamos em nível mensal, os dados dos produtos 3B43 v6 e v7 com os dados da ANA e do INMET, acumulando as séries de dados quando necessário. Para o acúmulo dos dados, consideramos que os dias que tivessem pelo menos uma hora com falha seriam dias considerados falhos, e cinco dias com falhas no mesmo mês, seria um mês falho, não considerando os anos que tivessem pelo menos um mês falho.

Por fim, fazemos uso dos conceitos estatísticos de tendenciosidade, precisão e acurácia. A tendenciosidade representa a diferença média dos resultados de testes ou medidas de uma dada referência ou valor real. Ou seja, caracteriza a subestimação ou superestimação de um valor real (BAINBRIDGE, 1985 apud WALTHER e MOORE, 2005). Já a precisão utiliza apenas valores estimados, caracterizando a variabilidade total produzida por erros de medida, variação da amostra e variância da estimativa. A acurácia, por sua vez, é definida pela distância total entre valores estimados (ou observados) e um valor verdadeiro (BAINBRIDGE, 1985 apud WALTHER e MOORE, 2005). Os três conceitos se combinam e, quanto mais tendencioso e menos preciso for uma fonte de estimativa, menos acurácia ela apresenta.

A tendenciosidade pode ser obtida pelo desvio absoluto médio (Equação 2), que nada mais é que a média entre todas as diferenças entre o valor estimado e o valor real (Equação 1), dividido pelo número de ocorrências:

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - A) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde A é o total dos valores reais,  $E_j$  é o valor da j-ésima estimativa, e n o tamanho da série de dados.

A precisão é obtida através do coeficiente de variação (Equação 3), que é a razão entre o desvio padrão (Equação 2) e a média dos dados, comumente multiplicado por 100 para se obter uma porcentagem:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Equação 2})$$

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde "n" é o número de ocorrências,  $x_i$  é o elemento dado e  $\bar{x}$  é a média dos dados.

A acurácia é representada pelo erro quadrático médio (Equação 4), que é obtido pela média do erro de previsão ao quadrado (Equação 4):

$$EQM = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - A)^2 \quad (\text{Equação 4})$$

$$REQM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - A)^2} \quad (\text{Equação 5})$$

É comum calcular a raiz quadrada do erro quadrático médio (Equação 5), que também é uma medida representativa da acurácia, e avaliam a extensão da variação dos dados.

## II. Comparação pixel a pixel e tabelas de contingência

Para aplicar este método, se faz necessário utilizar o mesmo período de dados contínuos para todos os postos do estudo. Para que a comparação pixel x posto seja feita para todo o estado, foi necessário regionalizar as precipitações medida, estimando a precipitação no centro de cada célula utilizando o método do inverso dos quadrados das distâncias. O método é dado por:

$$p(mm) = \frac{p_1 * d_1 + p_2 * d_2 + \dots + p_n * d_n}{\sum_i^n \frac{1}{d_i^2}} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde  $p$  é a precipitação no pixel,  $p_1$  é a precipitação no primeiro posto,  $p_2$  é a precipitação no segundo posto e  $p_n$  a precipitação no enésimo posto. De maneira análoga,  $d_1$  é a distância do primeiro posto para o centro do pixel,  $d_2$  é a distância do segundo posto para o centro do pixel e  $d_n$  a distância do enésimo posto para o centro. O denominador da fórmula representa o somatório do inverso dos quadrados das distâncias de cada posto (de  $i$  até  $n$ ) ao centro da célula.

Após a obtenção desses dados, o método de comparação se dá pela formação de tabelas de contingência, como proposto por PAZ e COLLISCHON (2010) e explanado na Figura 1, e a utilização de índices de performance. Os índices de performance permitem um enfoque mais restrito e garantem uma análise integral das estimativas sob diferentes aspectos (CHERUBINI et al, apud PAZ e COLLISCHON, 2010). Os índices utilizados no trabalho foram proporção correta (PC), probabilidade de detecção (POD), taxa de alarme falso (FAR), índice de sucesso crítico (CSI) e o índice BIAS, elucidados na tabela 1.

**Figura 1: Esquema da tabela de contingência com análise comparativa dos acertos e erros na ocorrência um determinado evento**

		<u>observado</u>			
		sim	não		
estimado	sim	a	b	Quantidade de vezes em que não ocorreu o evento mas sua ocorrência foi estimada.	
	não	c	d	Quantidade de vezes em que ocorreu o evento mas sua ocorrência não foi estimada.	
Quantidade de vezes em que ocorreu o evento e sua ocorrência foi estimada.				Quantidade de vezes em que não ocorreu o evento e sua ocorrência não foi estimada.	

**Fonte: PAZ e COLLISCHON, 2010**

**Tabela 1: Relação dos índices de performance derivados da tabela de contingência**

Índice	Formulação	Significado	Valor
PC (proporção correta)	$PC = \frac{a + d}{n}$ , onde $n = a + b + c + d$	Percentual de acertos geral, sem distinção entre acertos da ocorrência ou não ocorrência do evento.	Varia de 0 a 1; Quanto maior o valor, melhor a performance.
POD (probabilidade de detecção)	$POD = \frac{a}{a + c}$	Dado que o evento ocorreu, percentual de acertos em estimar sua ocorrência.	Varia de 0 a 1; quanto maior o valor, melhor a performance.
FAR (taxa de alarme falso)	$FAR = \frac{b}{a + b}$	Dentre as vezes em que foi estimada a ocorrência do evento, percentual em que o evento não ocorreu.	Varia de 0 a 1; quanto menor o valor, melhor a performance.
CSI (índice de sucesso crítico)	$CSI = \frac{a}{a + b + c}$	Percentual de acertos nas estimativas, descontando as vezes em que a não ocorrência do evento foi corretamente prevista.	Varia de 0 a 1; quanto maior o valor, melhor a performance.
BIAS (taxa de tendência)	$BIAS = \frac{a + b}{a + c}$	Relação entre o número de estimativas de ocorrência do evento e o número de eventos ocorridos.	Assume qualquer valor > 0; Quanto mais próximo de 1 melhor a performance; se > 1 indica superestimativa da ocorrência do evento; se <1 indica subestimativa.

Fonte: PAZ e COLLISCHONN, 2010

A análise se dá sob duas frentes: análise integrada no tempo e análise integrada no espaço. Na análise integrada no espaço, obteremos os índices a, b, c e d da tabela de contingência para cada dia no mesmo espaço, e calcularemos os índices de performance para cada instante de tempo, obtendo assim como produto, uma série temporal para cada índice de performance considerado. Na análise integrada no tempo, obteremos os índices a, b, c e d e somaremos esses valores ao longo do tempo para cada pixel. No fim, calcularemos os índices de performance para cada pixel em todo período de tempo em análise e obteremos uma imagem para cada índice.

## RESULTADOS

### I. Conceitos estatísticos de tendenciosidade, precisão e acurácia

A tabela 2 apresenta os resultados das análises estatísticas de tendenciosidade, acurácia e precisão:

**Tabela 2. Parâmetros estatísticos das comparações pluviômetro X pixel para os produtos do TRMM analisados.**

Posto	3B42			3B43-6			3B43-7		
	EM	REQM	CV(%)	EM	REQM	CV(%)	EM	REQM	CV(%)
A411	-0.36	4.8	403.8	-166	166.4	120.4	-144	151.7	150.5
82989	-0.79	19.2	385.9	-95	187.3	308.6	-69	177.9	463.2
937028	-1.04	7.9	485.5	-81	102.8	99.48	-51	60.5	125.9
937013	-2.23	15.9	272.1	-140	182	220.8	-114	165	343.3
937023	-2.44	16.6	421.5	-153	199.1	209.4	-116	168.8	326.2

Para o produto 3B42, o erro médio (EM), negativo em todas as análises, indica uma leve superestimação em termos médios diários da precipitação por parte do TRMM, mostrando baixa tendenciosidade, pois os valores estão próximos de zero, além de similares aos encontrados por

Anjos et al, 2013. Já em relação à magnitude do erro das estimativas, a tendenciosidade variou de 4.8mm/dia a 19.2mm/dia, tendo um valor médio de 12.8mm/dia. Estes valores foram semelhantes aos encontrados por Viana et al (2010) no sul do Brasil, e um pouco inferiores aos encontrados por Curtarelli et al (2013) na região do Tocantins-Araguaia.

Os resultados para o 3B43 v6 e v7 mostram uma tendência geral de superestimativa de precipitação pelo satélite, haja vista que o EM foi negativo em todos os casos analisados. O 3B42 apresentou maior tendenciosidade. Em ambos os casos do 3B43, a magnitude do erro (REQM) foi mais significativa, variando de 102.8 mm/mes a 199.1 mm/mes para o 3B43 v6, e de 60.5mm/mes a 177.9 mm/mes para o 3B43 v7.

Com relação à precisão dos dados do TRMM, expressa através do coeficiente de variação, os valores encontrados para o 3B42 estão entre 272.1% e 485.5%, fazendo uma média de 393.4%. Já o valor médio do 3B43 v6 foi 191.4% e o da versão 7 foi 281.6%. Estes valores relativamente altos e todos superiores a 100%, são função da heterogeneidade das séries de dados, que considera também os dias em que não choveu.

## II. Comparação pixel a pixel e tabelas de contingência

Após a análise do Diagrama de Gantt, utilizamos apenas 4 postos do INMET com discretização horária nos anos de 2009 à 2010, devido principalmente a quantidade de falhas existentes nos outros postos analisados.

A análise integrada no espaço resulta em séries temporais dos índices de performance, onde cada valor da série de um determinado índice traduz de forma global o grau de acertos/erros do campo de chuva estimado para um instante de tempo. Geramos os gráficos desta análise para cada índice, a partir de um algoritmo feito em Java, destacando os índices que parecem mais interessantes para análise.

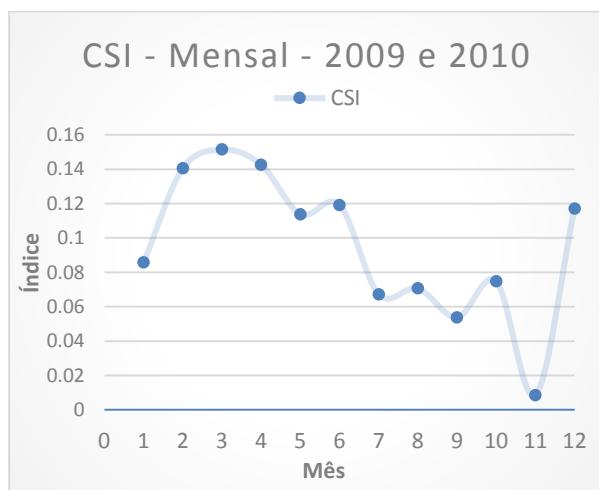


Gráfico 1 – Gráfico de sucesso crítico (CSI) – médias mensais no período de 2 anos.

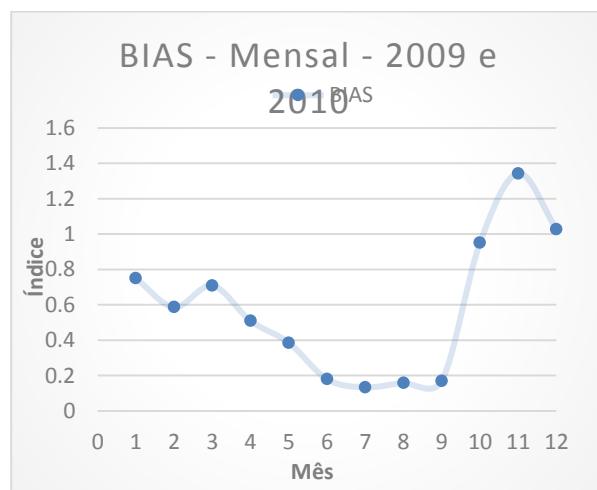
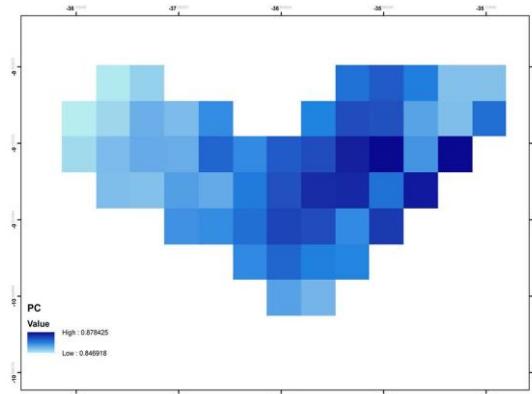


Gráfico 2 – Gráfico - taxa de tendência (BIAS) – médias mensais no período de 2 anos.

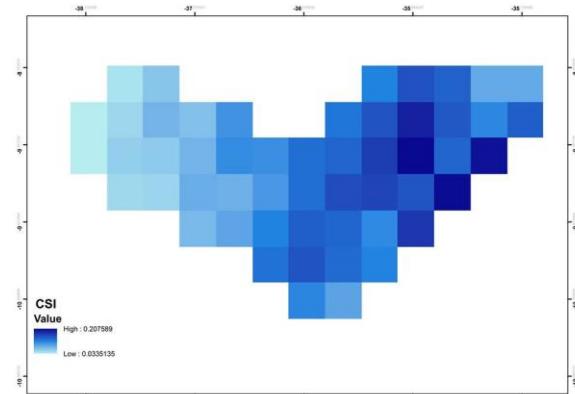
Pela limitação do período sem falhas, algumas análises foram prejudicadas pelo curto tempo de dados disponíveis. Assim, somente os índices CSI e BIAS apresentaram produtos interessantes para análise. A porcentagem de sucesso crítico (CSI) é inferior a 20%, o que nos mostra que o TRMM não estima bem as ocorrências de chuva. Observando o **gráfico 2**, vimos que se comporta de maneira semelhante aos resultados de PAZ e COLLISCHONN (2011) melhorando a performance das estimativas de ocorrência de precipitação em períodos de seca (mês 9 à mês 4), e subestimando a ocorrência do evento no período do inverno (mês 4 à mês 9). Contudo, os dados mostram que em períodos de seca, o TRMM representa bem as ocorrências de precipitação, quando se relaciona a

ocorrência e a não ocorrência da chuva, mas, para acertos críticos, vimos que o satélite não é preciso quanto às estimativas.

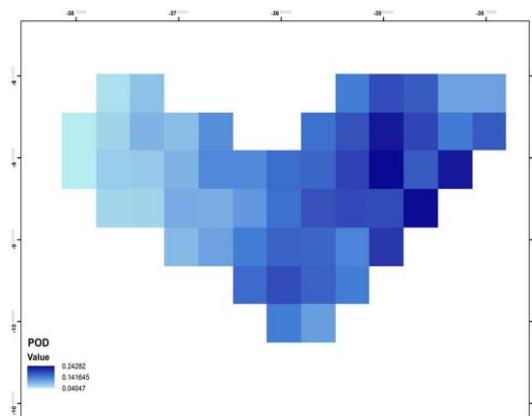
Na Análise integrada no tempo, foram gerados 5 mapas que representam a distribuição espacial de cada índice sobre a malha de pixel na qual Alagoas está contida.



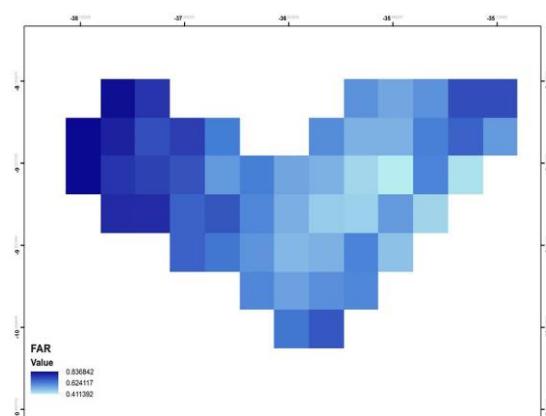
**Figura 2 – Distribuição espacial do índice de proporção correta (PC)**



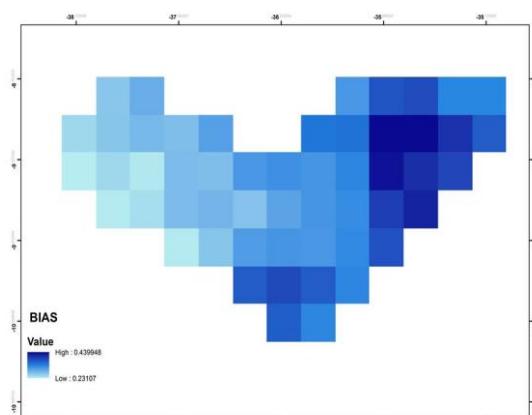
**Figura 3– Distribuição espacial do índice de sucesso crítico (CSI)**



**Figura 4 – Distribuição espacial do índice de probabilidade de detecção (POD)**



**Figura 5 – Distribuição espacial do índice de taxa de alarme falso (FAR)**



**Figura 6 – Distribuição espacial do índice de taxa de tendência (BIAS)**

Para o índice PC, POD e CSI, vimos um gradiente decrescente do sentido oeste para leste. O índice PC nos mostra o percentual de acertos no geral, e o POD o percentual de acertos que o TRMM teve ao estimar a ocorrência de chuva. Os índices decrescem conforme avançamos no semi-árido, note



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

que para estes 3 índices a performance diminui quando os índices se aproximam de 0. O mapa gerado a partir do índice FAR indica que na região do semi-árido temos maiores incidências de alarme falso, ou seja, o evento de precipitação foi estimado pelo satélite, porém, não ocorreu. O índice BIAS mostra que o TRMM tem uma tendência de subestimar a ocorrência de precipitação para toda Alagoas.

Segundo Molion (2000), um maior aquecimento provoca intensificação da convergência e convecção local, que são chuvas que ocorrem devido à evaporação, sendo local, intensa e rápida. As Normais Climatológicas publicadas pelo INMET indicaram que no ciclo anual, a temperatura média do ar atinge seu valor máximo no mês de março, que geralmente é o mais chuvoso, em média, na maior parte do NE, particularmente em seu interior.

O semiárido alagoano segue bem essas características, o que reforça os resultados gerados pela análise integrada no tempo. O TRMM mostra baixa eficiência nos índices devido às características dos seus sensores, e as características da formação de chuva na região. Pois, quando chuvas rápidas e intensas acontecem entre os períodos de estimativas do TRMM, o satélite não estima essa chuva, subestimando assim a ocorrência da mesma (BIAS). Essa variação na formação da chuva reflete em todos os parâmetros, mostrando que não é razoável utilizar dados do TRMM para análises hidrológicas no estado de alagoas, em especial na região do semiárido, onde temos as piores performances dos índices.

## CONCLUSÕES

Quanto às estimativas de precipitação do TRMM, no caso do produto 3B42, o erro médio (EM), negativo em todas as análises, indica uma leve superestimação em termos médios diários da precipitação. Já o 3B43 v6 e v7 mostraram uma tendência geral de superestimava de precipitação, muito mais elevada do que a do produto anterior. Vimos que a magnitude do erro do produto 3B43 V6 (102.8 a 199.1) e 3B43 V7 (60.5 a 177.9) é muito discrepante em relação ao produto 3B42 (4.8 a 19.2).

A análise integrada no tempo e no espaço mostra que não é razoável utilizar dados do TRMM para análises hidrológicas no estado de alagoas, em especial na região do semiárido, visto que os índices não apresentam bom desempenho, como o índice de acerto crítico de estimativas (CSI), que é inferior a 20% para todo estado, e os mapas, que evidenciam que a dinâmica da formação das chuvas na região e as características das estimativas do sensor prejudicam a utilização da ferramenta.

O estudo em questão possui algumas limitações, como o reduzido conjunto de dados, uma baixa densidade da rede pluviométrica no estado, período de análise reduzido, por limitações tanto da rede pluviométrica quanto do TRMM que possui dados apenas a partir de 1998.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Educação Tutorial (PET) Engenharia Ambiental pela concessão de bolsas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, ANA.HidroWeb. *Sistema de Informações Hidrológicas*. 2005. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 16 mai. 2014.



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

-ANJOS, R.S. NOBREGA, R.S. ARAUJO, F.E. SANTOS, P.F.C. (2013). “*Uso da estimativa de precipitação do TRMM para a cidade de CARUARU-PE*”. In Anais do I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, Campina Grande, Dez, 2013. Online. Disponível em <<http://www.editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/anais.php>>.

COLLISCHONN, B. *Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído*. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto e Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Março 2006. 196p.

-CURTARELLI, M. P. ALCANTARA, E.H. STECH, J. L. LORENZZETTI, J. A. KAMPEL, M. “*Avaliação do produto do TRMM 3B42 diário sobre a região hidrográfica do Tocantins- Araguaia até o reservatório Tucuruí- PA*” in Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Online. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0072.pdf>>. Acesso em Julho de 2014.

EUA. *TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)*. Disponível em: <[http://trmm.gsfc.nasa.gov/data\\_dir/data.html](http://trmm.gsfc.nasa.gov/data_dir/data.html)>. Acesso em Maio de 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOREOLOGIA. INMET. *Banco de dados Metereológicos para Ensino e Pesquisa*. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>, Acesso em 20 de maio.2014.

JENSEN, J.R. *Sensoriamento Remoto: uma perspectiva dos recursos terrestres*. São José dos Campos-SP. Parêntese, 2009. p. 269

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S.O. **Dinâmica das chuvas sobre o Nordeste brasileiro**, In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Anais Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET CL00132, Rio de Janeiro, RJ, 2000, 1 CD-ROM.

SOUZA, C. (2009). *Vazões Ambientais em Hidrelétricas: Belo Monte e Manso*. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 163p.

-VIANA, D.R.; FERREIRA, N.J.; CONFORTO, J.C. (2010). “*Avaliação das estimativas de precipitação 3B42 e 3B43 do satélite TRMM na região Sul do Brasil*”. In Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET), 16., 2010, Belém, PA. Online. Disponível em: <[http://www.cbmets2010.com/anais/artigos/787\\_15704.pdf](http://www.cbmets2010.com/anais/artigos/787_15704.pdf)>. Acesso em Julho de 2014.