

## Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo MSWEP para a bacia Amazônica.

Hugo de Oliveira Fagundes<sup>1</sup>  
Sly Wongchuig Correa<sup>1</sup>  
Rodrigo Cauduro Dias de Paiva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas IPH - Caixa Postal 15029  
Porto Alegre – RS, Brasil  
h.o.fagundes@hotmail.com  
xinox010@gmail.com  
rodrigocdpaiva@gmail.com

**Abstract.** Precipitation is one of the hydrological variables that has high difficulty level to estimate and has a great importance to many applications. Trying to solve this limitation, many products have been produced to estimate rainfall over quasi global coverage and usually used in places without data. The most recent of them is provided by Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation (MSWEP) database, with global coverage, 0.25° spatial and 3-hourly temporal resolution, which merged satellite imagery information, rain gauges and reanalysis data to precipitations estimation. This paper therefore aims assess precipitations provided by MSWEP to Amazon basin, comparing them with in situ precipitations data provided by Brazilian Water National Agency (ANA). The methodology used was a construction of monthly precipitation time series, with 25 years extension and after long term average for each month. Also calculated cumulative average annual rainfall of long period with both MSWEP data as to rain gauges, which they were spatially interpolated in order to obtain a grid of the same spatial resolution. From the calculation of absolute errors, it was noted that most of areas had good results considering errors between -50mm and 50mm. The cumulative average annual precipitation of long period also allowed us to observe characteristic patterns of the Amazon basin, described by other authors, such as high values over Andes regions.

**Palavras-Chave:** precipitação, Amazônia, satélite, reanálise, precipitation, Amazon, satellite, reanalysis.

### 1. Introdução

Segundo Bertoni e Tucci (2009), a precipitação é a variável mais importante do ciclo hidrológico, uma vez que na forma de chuva, essa possui a capacidade de produzir escoamento. O conhecimento do volume precipitado e sua distribuição espacial em uma bacia hidrográfica tem sido utilizados tanto para o planejamento do uso da água quanto em diversas aplicações, como controle de cheias, irrigação, abastecimento humano e animal, previsão do tempo e clima, validação de modelos de previsão de vazões, entre outros. Com um comportamento variável ao longo do tempo e sendo uma variável de ampla utilização é importante que seus valores sejam determinados com boa precisão.

Alguns problemas que podem dificultar as estimativas de precipitação em grandes bacias, como a Bacia Amazônica é a baixa densidade de estações pluviométricas, muitas vezes ocasionada por falta de recursos ou por dificuldades em acessar determinadas regiões. Além disso, em alguns locais que se tem a informação, essa se encontra indisponível, pois, por abranger vários países, esses não compartilham a informação. Collischonn et al. (2008) ressaltam que a representatividade da informação obtida nos pluviômetros só é expressiva para um pequeno raio em seu entorno, o que reforça a necessidade de uma rede de monitoramento mais densa.

Uma das maneiras que vem sendo empregadas para a estimativa de chuva, alternativamente a medição com pluviômetros, é por meio do sensoriamento remoto, utilizando imagens de satélite. De acordo com Collischonn et al. (2008) vários esforços tem sido realizados nesse sentido e vários métodos vem sendo empregados para diferentes bandas do espectro

eletromagnético, sendo as séries do *Geostationary Operational Environmental System* (GOES) e o *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) provavelmente os mais conhecidos.

Pereira et al. (2013) compararam os dados de precipitação de 183 estações meteorológicas espalhadas pelo Brasil com 13 anos de dados de precipitação estimados pelo TRMM e constataram que as precipitações mensais apresentaram uma concordância de aproximadamente 97% e que também havia boa concordância entre os padrões espaciais para as precipitações anuais. Para Collischonn et al. (2008), as incertezas das estimativas de chuva por satélite crescem a medida que a densidade da rede de medição diminui, principalmente em regiões em que ocorrem muitas chuvas convectivas, como é o caso da Amazônia.

Uma terceira alternativa para a estimativa de precipitação, que surgiu em meados dos anos 90, são as reanálises. Uma reanálise consiste da combinação de um modelo de previsão que fornece dados meteorológicos e um sistema de assimilação de dados, em que são combinadas as observações com o modelo, gerando assim uma nova análise (QUADRO et al., 2012). Duas das principais vantagens em se utilizar as reanálises são o tamanho e a continuidade de suas séries históricas (Pinto et al., 2006).

Acreditando que as bases de dados de precipitação atualmente existentes não exploraram todo o potencial dos dados de satélite e de reanálises, Beck et al. (2016) resolveram desenvolver o *Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation* (MSWEP). O MSWEP é uma base de dados de cobertura global com informações de 1979-2015, com resolução temporal de 3 horas e espacial de 0,25° (25 km) que mescla informações de redes pluviométricas, produtos de satélite e de reanálise.

Ao optarem por mesclar esses produtos, os autores levaram em conta vários estudos (Smith et al., 2005; Ferraro et al., 1998; Ebert et al., 2007; Kidd e Levizzani, 2011; Kidd et al., 2012; Laviola et al., 2013) *apud* (Beck et al., 2006) que mostraram que os satélites possuem a vantagem de representar bem os eventos de chuva convectivos e heterogêneos próximo as trópicos, o que não seria bem representado pelas reanálises, enquanto essas últimas seriam mais adequadas para simular a evolução de sistemas meteorológicos em grande escala. Dentre as motivações que levaram os autores a desenvolver essa nova abordagem está a falta de consenso sobre qual método seria mais adequado para utilização nas aplicações hidrológicas, uma vez que cada um possui suas vantagens e desvantagens.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho consiste em avaliar as precipitações fornecidas pelo MSWEP para a Bacia Amazônica, na porção localizada em território brasileiro, comparando-os com os dados de precipitação *in situ* fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) do Brasil. Ademais, será abordada a forma da distribuição espacial em toda a Bacia Amazônica.

## 2. Metodologia

### 2.1 Área de estudo

A Bacia Amazônica (Figura 1) é a maior bacia hidrográfica do mundo, cobrindo uma superfície de cerca de 6 milhões de km<sup>2</sup>, se estendendo desde de 79° de longitude Oeste (rio Chamaya, Peru) até 48° de longitude Oeste (rio Pará, Brasil), e de 5° de latitude Norte (rio Cotingo, Brasil) a 20° de latitude Sul (rio Parapeti, Bolívia) (FILIZOLA et al., 2002). A bacia abrange áreas de diversos países da América do Sul, sendo a maior parte localizada no território brasileiro.

Segundo Cohen et al. (2007) a Amazônia exerce importante influência no clima local e global devido aos fluxos de energia e água. Na Amazônia se origina a massa de ar Equatorial Continental (mEc) devido à baixa pressão e grande concentração de umidade presente na bacia, caracterizada como uma massa de ar quente, úmida e instável (PEREIRA et al., 2013). Cohen et al. (2014) apontam mais três grandes sistemas atmosféricos de grande escala que atingem a

Amazônia: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que tem influência direta na definição das estações seca e chuvosa; eventos de El Niño; e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS. Figueroa et al. (2005) e Fisch et al. (1998) mostraram ainda que outro importante fenômeno são as fortes convecções que ocorrem na Amazônia, conhecido como Alta da Bolívia, um anticiclone formado na alta troposfera.

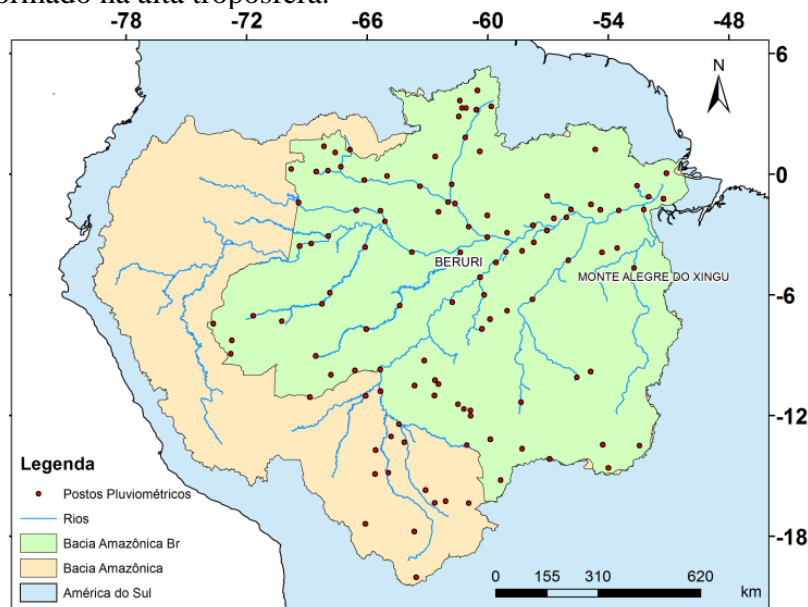


Figura 1: Bacia Amazônica

Atuando em uma escala menor, as brisas também possuem seu papel importante nos padrões de circulação que atuam sobre a bacia Amazônica. A brisa marítima proveniente do Atlântico Sul está associada à formação de um grande conglomerado de *cumulonimbus* que se adentram para o continente (FISCH et al., 1998). As brisas fluviais, possíveis pela grande extensão dos rios amazônicos, são causadas pelo aquecimento diferenciado da superfície líquida e de suas regiões vizinhas. Esse efeito, durante o dia, faz com que haja menor concentração de nuvens sobre os rios (Fisch et al., 1998; Fitzjarrald et al., 2008) e a noite o processo inverso ocorre (Paiva et al., 2011), sendo que durante o dia essa brisa pode atingir vários quilômetros para dentro da porção terrestre (Cohen et al., 2014).

## 2.2 MSWEP

A base de dados MSWEP foi desenvolvida com o objetivo principal de gerar uma nova base de dados de precipitação envolvendo diversos produtos já existentes (satélite, reanálises e postos pluviométricos) para alimentar a modelagem hidrológica. Essa combinação permitiu construir um produto de abrangência global, com alta resolução temporal (3 horas), uma resolução espacial de  $0,25^\circ$  e um período de 37 anos de dados (1979-2015).

A variabilidade temporal do MSWEP foi determinada pela média ponderada das anomalias de precipitação de sete bases de dados: duas baseadas somente na interpolação de observações medidas em campo (CPC Unified e GPCC), que somam juntas 116.356 estações; três em sensoriamento remoto por satélite (CMORPH, GSMaP-MVK e TMPA 3B42RT (uma combinação de estimativas de precipitação de vários sensores de satélite obtidos utilizando micro-ondas passiva e infravermelho termal com dados do TRMM)); e duas reanálises de modelos atmosféricos (ERA-Interim e JRA-55). Para cada célula do *grid*, os pesos atribuídos aos dados das medições em campo foram definidos conforme a densidade da rede de monitoramento, enquanto os pesos atribuídos às informações provenientes dos satélites e das

reanálises foram dados conforme seu desempenho, se comparado com os medidores do entorno, para aquela região do *grid*.

Neste trabalho, os dados diários de precipitação do MSWEP foram utilizados para toda a Bacia Amazônica em um período de 25 anos (1990-2014). Foram observados seus comportamentos espacial e temporal a partir das médias dos totais mensais acumulados de longo período para cada mês e o total anual acumulado médio.

É importante destacar que o satélite TRMM foi lançado nesse espaço de tempo e que seus dados têm importante contribuição para a composição do produto, conforme destacado pelos próprios autores, especialmente porque a área de estudo se localiza próximo aos trópicos, uma das regiões de foco do satélite.

### 2.3 Estações Pluviométricas e interpolação dos dados

As estações pluviométricas utilizadas foram adquiridas do banco de dados da ANA, o hidroweb. Utilizaram-se dados das estações que tinham pelo menos 25 anos de dados no período de 1979-2014, sendo que para cada ano da série de cada estação não deveria existir nenhuma falha, alcançando um total de 117 estações. Por fim, selecionaram-se os últimos 25 anos com dados (não necessariamente ininterruptos) de cada estação.

Para cada estação foram acumulados os totais mensais precipitados e calculadas as médias dos totais mensais acumulados de longo período para cada mês. A partir dessas médias, acumulou-se o total anual precipitado. Para que a comparação dos dados das estações e do MSWEP fosse factível, interpolaram-se, utilizando o método de Krigagem Ordinária, os valores dos postos pluviométricos para um formato matricial com resolução espacial de 0,25°.

### 2.4 Comparação das precipitações

Após a obtenção das médias das precipitações do banco de dados do MSWEP e das interpolações dos dados de chuva medidos em campo, calculou-se o erro absoluto entre elas pela Equação 1:

$$EA = P_{MSWEP} - P_{postos} \quad (1)$$

Em que  $P_{MSWEP}$  são os valores das médias do MSWEP,  $P_{postos}$  são os valores das médias dos postos pluviométricos e EA é o erro absoluto. Essa equação foi aplicada para cada célula da grade, que correspondiam a uma mesma região espacial da bacia. Foram gerados mapas com esses erros, que foram então reclassificados a fim de conhecer a magnitude dos erros calculados.

Duas estações foram selecionadas a fim de avaliar a variação ao longo do ano das precipitações. Os dados dessas estações foram comparados com os dados interpolados e do MSWEP.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Precipitações Acumuladas Mensais Médias de Longo Período

Na Figura 2 são apresentados os mapas de erros absolutos da comparação entre as precipitações estimadas pelo MSWEP e aquelas calculadas através da interpolação das estações, para cada mês do ano. Os erros médios para cada mês variaram entre -7,08 (junho) e 28,83 (outubro). Os meses em que mais ocorreram superestimativas foram março, maio, outubro e novembro, meses que são caracterizados pelas fases de transição entre os períodos secos e úmidos nas regiões norte e sul da bacia, de acordo com Espinoza Villar et al. (2009). Já as subestimativas foram mais intensas nos meses de janeiro, fevereiro, maio, junho e julho, que, exceto maio, são meses que caracterizam as estações secas e chuvosas nas regiões norte e sul

da bacia. Os resultados permitiram observar que somente os meses de junho e julho tiveram a tendência de subestimar, para mais de metade da região, os valores de precipitação do MSWEP em relação aos valores dos postos pluviométricos.

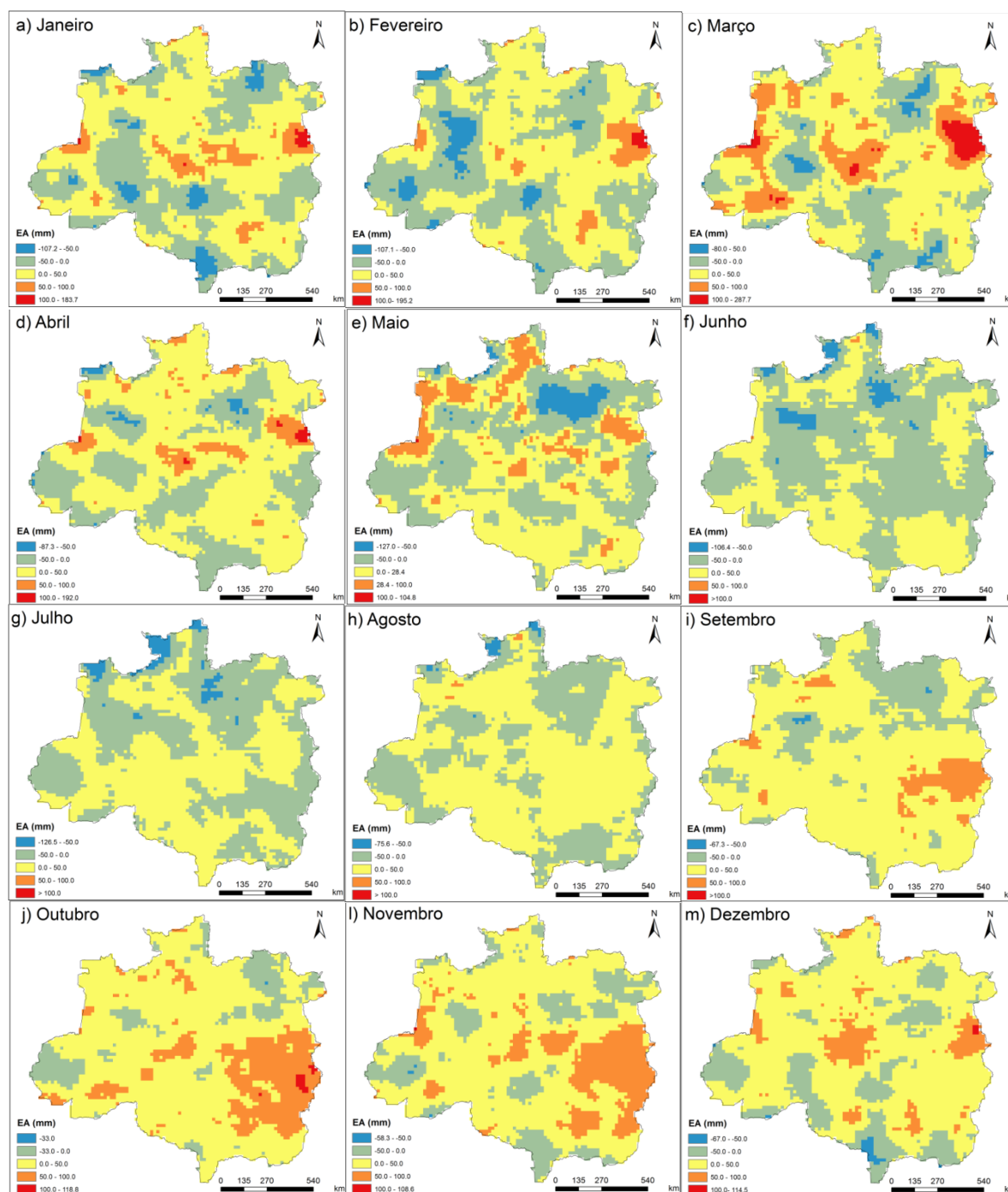


Figura 2: EA das precipitações médias de longo período para cada mês do ano.

Na Figura 3 são apresentados os resultados da precipitação calculada de duas estações e aqueles estimados pela interpolação e pelo MSWEP. A Figura 3-a é referente aos dados da estação n° 452000 – Monte Alegre do Xingu, localizada na parte leste da bacia (Figura 1), que apresentou erros absolutos superiores a 50mm para metade dos meses. A Figura 3-b é referente aos dados da estação n° 361000 – Beruri, localizada na região norte da bacia (Figura 1) e que apresentou erros absolutos entre -50mm e 50mm para 11 dos 12 meses.

A Figura 3-a mostra que os dados reais da estação e os dados da interpolação são praticamente coincidentes e que os valores de precipitação do MSWEP superestimam esses dados em todos os meses. Em termos absolutos, o pior resultado é encontrado no mês de março, em que o MSWEP superestima os dados reais em aproximadamente 160mm. Em termos relativos, o pior resultado é encontrado para o mês de outubro, em que o erro chega a 108,0%. Nota-se ainda que o período em que ocorre as maiores superestimativas, em termos absolutos, é justamente no período de dezembro a maio, que como já citado, é onde ocorre os maiores percentuais de precipitação.

Na Figura 3-b, observa-se um comportamento diferente, onde a tendência, para a maior parte dos meses, é do MSWEP subestimar as precipitações, mas os dados de forma geral possuem valores próximos, com o maior erro relativo sendo de -27,0% no mês de julho. Nota-se que para o mês de outubro e dezembro há uma leve diferença entre os valores de precipitação real e aquele estimado via interpolação, que pode ser devido a influência dos postos vizinhos.

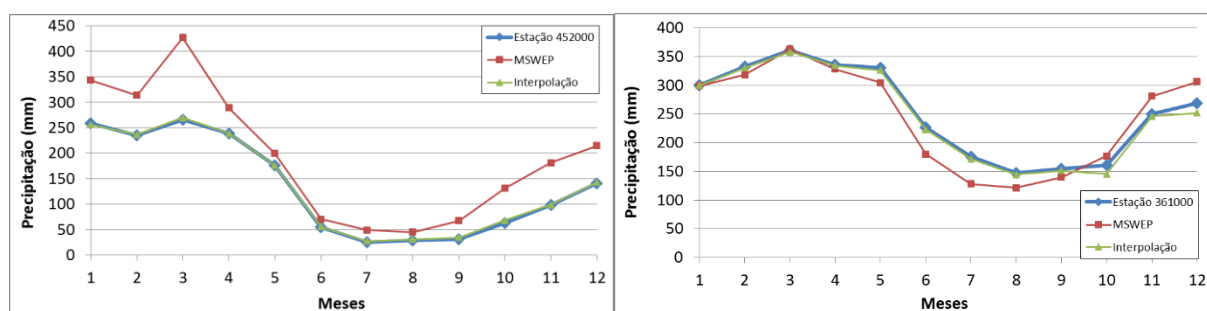


Figura 3: Comparação das precipitações médias de longo período (mm) para cada mês a partir dos valores da interpolação dos dados e da base de dados MSWEP e da: a) estação Monte Alegre do Xingu (452000); b) estação Beruri (361000).

### 3.2 Precipitação Anual Acumulada Média de Longo Período

Na Figura 4 percebe-se que os erros são de certa forma minimizados, devido ao somatório das precipitações que ora eram superestimadas pelo MSWEP, ora eram subestimadas. Contudo, percebe-se certo padrão espacial nas regiões em que isso ocorre, como as superestimativas nas regiões próximas a estação Monte Alegre do Xingu (Figura 1).

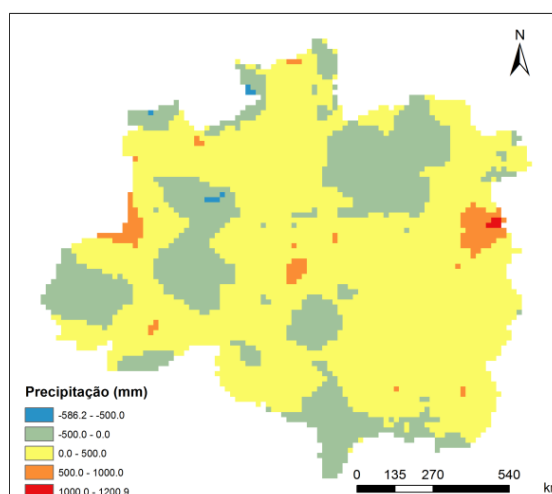


Figura 4: EA da precipitação anual acumulada média de longo período.

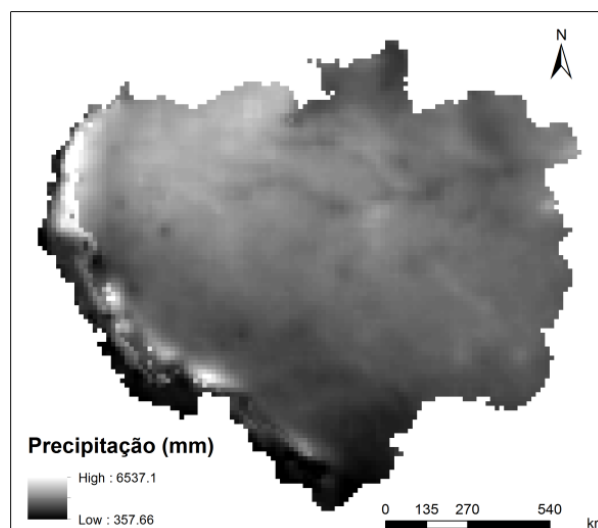


Figura 5: Distribuição espacial da precipitação anual acumulada média (mm) de longo período, calculada a partir do MSWEP.

A Figura 5 apresenta o resultado da precipitação anual acumulada média de longo período do MSWEP. Observando essa imagem, dois comportamentos chama a atenção: a distribuição das chuvas na porção oeste da bacia e a presença de padrões que se assemelham aos rios amazônicos, principalmente no quadrante nordeste.

O primeiro comportamento nos mostra que há um forte gradiente de precipitação nas regiões próximas à Cordilheira dos Andes o que também foi descrito por Fisch et. al (1998) . Da Rocha et al. (2009) identificou que devido ao aquecimento diurno, existe uma convergência de ventos nordeste vindo da bacia para os Andes, aumentando a intensidade das precipitações nessa região. Roche et al. (1992) mostra que a tendência é que as precipitações mais elevadas nos Andes tendem a aumentar de sul para norte. Entretanto, a variabilidade espacial nessa área é muito grande, com variações que vão de 300 mm/ano a mais de 6000 mm/ano em função de fatores orográficos, o que corrobora os valores de precipitações apresentados pelo MSWEP. Vale ressaltar ainda que essa base de dados levou em conta fatores de correção específicos para locais com altas elevações por causa dos efeitos de orografia que tendiam a subestimar as precipitações.

O segundo comportamento também foi identificado no trabalho de Paiva et al. (2011) que constatou que os dados do satélite TRMM 3B42 apresentavam reduções nos valores de precipitação ao redor dos grandes corpos d'água, como os rios Amazonas, Negro, Solimões e Tapajós. Os autores relacionaram o problema ao efeito das brisas fluviais, que segundo Garstang e Fitzjarrald (1999) reduz a precipitação nas proximidades dos rios e aumenta a precipitação nas regiões mais afastadas devido às circulações das massas de ar. Observa-se na Figura 1 que as estações estão em sua maioria localizadas nas proximidades dos corpos d'água, o que motiva o entendimento de que a interpolação dos dados tende a subestimar os valores para as regiões mais afastadas desses grandes rios.

#### 4. Conclusões

A avaliação das precipitações obtidas por meio da interpolação dos dados dos postos pluviométricos com aquelas estimadas pela base de dados MSWEP permitiu observar que essa última apresentou resultados que ora subestimavam e ora superestimavam os valores dos postos. Para as médias mensais de longo período, os erros absolutos, para grande parte das áreas, apresentaram valores entre -50mm e 50mm. De forma geral, os dados do MSWEP apresentaram uma tendência de superestimar os dados dos postos pluviométricos.

Estudos como o de Roche et al. (1992) apontam para uma concordância entre os valores de precipitações anuais encontrados na região dos Andes e o de Paiva et al. (2011) reforçam a importância e o cuidado ao se utilizar os dados das estações pluviométricas, uma vez que essas, por geralmente estarem localizadas próximos aos cursos d'água, tendem a subestimar as precipitações, quando especializadas por meio de interpolações.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro na elaboração deste trabalho.

### Referências

- Beck, H.E., A.I.J.M. van Dijk, V. Levizzani, J. Schellekens, D.G. Miralles, B. Martens, A. de Roo: MSWEP: 3-hourly 0.25° global gridded precipitation (1979–2015) by merging gauge, satellite, and reanalysis data. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, doi:10.5194/hess-2016-236, 2016.
- Bertoni J.C.; Tucci, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2007. p. 177-241.
- Cohen, J. C. P.; Beltrão, J. C.; Gandu, A. W.; Silva, R. R. Influência do desmatamento sobre o Ciclo Hidrológico na Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 03, p. 36-39, 2007.
- Cohen, J. C. P.; Fitzjarrald, D. R.; D'oliveira, A. F.; Saraiva, I. Barbosa, I. R. S. Gandu, A. W. Kuhn, P. F. Radar-observed spatial and temporal rainfall variability near the Tapajós-Amazon confluence. **Revista Brasileira de Meteorologia**. V 29, p; 23-30. 2014.
- Collischonn, B.; Collischonn, W.; Tucci, C. E. M. Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates, **J. Hydrol.**, v. 360, p. 207–216. 2008.
- Cutrim, E. M. C.; Molion, L. C. B.; Nechet, D. Chuvas na Amazônia durante o século XX. In.: Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000.
- Da Rocha, R. P., C. A. Morales, S. V. Cuadra, and T. Ambrizzi (2009), Precipitation diurnal cycle and summer climatology assessment over South America: An evaluation of Regional Climate Model version 3 simulations, **J. Geophys. Res.**, 114, D10108, doi:10.1029/2008JD010212.
- Figueroa, S. N. Satumrty, P. Dias, P. L. S. Simulations of the Summer Circulation over the South America Region with an Eta Coordinate Model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, Estados Unidos, v. 52, p. 1573-1584, 1995.
- Filizola, N.; Guyot, J. L.; Molinier, M.; Guimarães, V.; De Oliveira, E.; De Freitas, M. A. V. Caracterização Hidrológica da Bacia Amazônica. In: Rivas & Freitas (Org.). **Amazônia uma perspectiva interdisciplinar**. Manaus: Ed. EDUA. p.33-53. 2002.
- Fisch, G.; Marengo, J. A.; Nobre, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 28, n.2, p. 101-126. 1998.
- Fitzjarrald, D. R., R. K. Sakai, O. L. L. Moraes, R. Cosme de Oliveira, O. C. Acevedo, M. J. Czikowsky, and T. Beldini (2008), Spatial and temporal rainfall variability near the Amazon-Tapajós confluence, **J. Geophys. Res.**, 113, G00B11, doi:10.1029/2007JG000596.
- Garstang, M., and D. R. Fitzjarrald. **Observations of Surface to Atmosphere Interactions in the Tropics**. Oxford University Press, USA, 1999.
- Paiva, R. C. D.; Buarque, D. C.; Clarke, R. T.; Collischonn, W.; Allasia, D. G. Reduced precipitation over large water bodies in the Brazilian Amazon shown from TRMM data. **Geophysical Research Letters**. V. 38, 2011.
- Pereira, G.; Silva, M. E. S.; Moraes, E. C.; Cardozo, F. S. Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. V. 18, nº3, p. 139-148. 2013.
- Pinto, L. I. C.; Diniz, L. M. F.; Costa, M. H. Comparação entre os campos de precipitação de reanálise do CPTEC e NCEP/NCAR para a América do Sul. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Florianópolis, 2006.
- Quadro, M. F. L.; Dias, M. A. F. S.; Herdies, D. L.; Gonçalves, L. G. G. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**. V.27, nº2, p. 152-162, 2012.
- Roche, M.; Jauregui, C. F.; Rivera, A. A.; Mendez, J. P.; Rada, E. S.; Vargas, J. L. M. **Balance Hídrico Superficial de Bolivia**. Publicación PHICAB, p. 28. La Paz, 1992.
- Espinoza Villar, J. C.; Ronchail, J.; Guyot, J. L.; Cochonneau, G.; Naziano, F.; Lavado, W.; Oliveira, E.; Pombosa, R.; Vauchel, P. Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). **J. Climatol**. V. 29, p. 1574 – 1594. 2009.