

Estimativa da precipitação na bacia do Rio Pardo no verão 2013/14 e seus efeitos nos municípios da UGRHI – 17

Anderson Luiz dos Santos Safre^{1,2}
Rodrigo Lilla Manziane^{1,3}

¹Universidade Estadual Paulista - UNESP/Campus de Ourinhos
Caixa Postal 19910-206 – Ourinhos – SP, Brasil

²andersonsafre@hotmail.com

³manziane@ourinhos.unesp.br

Abstract. São Paulo State, Brazil, has been suffering a water shortage never record since the rain measurements started in the 19th century. The diminished of rainfall rates over 2013-2014 summer influences the whole hydrological cycle once rain is the main source of water in the watersheds. The shortfall of this phenomenon is a worrying indication, requiring plans and decisions to assure the human water supply. The Pardo River is the main superficial water body of Médio Paranapanema hydrographic region. Its waters are responsible for urban supply in several cities of the region, as well industrial activities and agriculture. In addition, many cities discharge wastewater without any treatment directly in the Pardo river waters. The rainfall estimative obtained by remote sensing products provides valuable information about precipitation events and can be related with river condition in the geographic space. The objective of this paper was to compare the rainfall data estimated by the Tropical Rainfall Measuring Mission satellite (TRMM), in the Pardo river basin, during the summer of 2013-2014 with the decennial data for the period of 2001 to 2011, looking for the spatial distribution of the rainfall events all over the hydrographic basin. The results showed a decrease of rainfall in the springs of the three main rivers that form the basin (Pardo, Claro and Novo) over 30%.

Palavras Chave: Bacia Hidrográfica, Sensoriamento Remoto, Precipitação, Geotecnologias, TRMM.

1. Introdução

O último verão (21 de dezembro a 20 de março) no estado de São Paulo foi caracterizado por um extenso período de estiagem que se prolongou durante todo o ano de 2014, provavelmente associado a um forte e persistente bloqueio atmosférico que impediu a entrada de sistemas frontais sobre a região. Dessa forma observou um declínio no nível das águas superficiais, devido à diminuição das taxas de precipitação que são a principal fonte de entrada de água no sistema.

Nos últimos anos o sensoriamento remoto no âmbito de satélites ambientais, vem contribuindo de forma significativa para a estimativa de precipitação pluvial, pois é possível a análise de grandes extensões territoriais a um baixo custo se comparado com os métodos convencionais. Uma grande quantidade de trabalhos vem demonstrando a precisão do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), para estimativas de precipitação através do sensor PR (Precipitation Radar) dentre eles: Nóbrega (2008); Short *et al.*,(2000), LIAO *et al.*, (2009), Fisher (2004).O satélite TRMM, está em orbita desde novembro de 1997, em uma parceria entre a NASA (National Aeronautics and Space Administration) e a JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), com o objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nas áreas tropicais (Collischonn *et al.*, 2007). Esse satélite de orbita polar monitora eventos de chuva, nuvens, raios e demais características do ciclo hidrológico entre os 35 graus de latitude Norte e Sul a uma altura de 405 km, fazendo 16 orbitas por dia. O Satélite TRMM possui cinco instrumentos sensores: radiômetro no visível e infravermelho (VIRS), radar de precipitação (PR), imageador de micro-ondas (TMI), sensor de energia radiante da superfície terrestre e das nuvens (CERES), e o sensor de imageamento de relâmpagos (LIS). O sensor utilizado para o seguinte trabalho foi o radar de precipitação (PR),

que fornece informações sobre a intensidade e a variabilidade espacial da chuva, o tipo da chuva, a profundidade da tempestade, da altura em que os cristais de gelo se transformam em chuva. O radar de precipitação possui uma resolução horizontal de 5 km e uma largura de faixa de 247 km, e é o primeiro capaz de produzir mapas tridimensionais das nuvens de precipitação. De acordo com Barrera (2005), em função de ser o satélite melhor equipado em termos de instrumentos para estimativa de precipitação, o satélite TRMM fornece estimativas mais precisas do que as técnicas indiretas, baseadas em imagens de outros satélites.

A bacia hidrográfica do Rio Pardo está localizada na região Centro/Sudoeste do Estado de São Paulo, fazendo parte da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema, uma bacia Federal por conter áreas nos estados de São Paulo e Paraná. De acordo com o sistema paulista de gerenciamento de recursos hídricos, a bacia do Rio pardo é componente da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI – 17). O Rio Pardo nasce no município de Pardinho - SP, na Serra do Limoeiro, a 1.002 metros de altitude, e possui sua foz na cidade de Salto Grande – SP, a 387 metros, onde desagua no Rio Paranapanema. A área total da bacia é de 4.801,095 km², e contém 3.281 nascentes, originando 476 microbacias. O rio possui 264 km de extensão passando por quinze municípios: Botucatu, Itatinga, Pardinho, Prátania, Avaré, Cerqueira Cesar, Iaras, Aguas de Santa Barbara, Óleo, Manduri, Bernardino de Campos, Santa Cruz do Rio Pardo, Chavantes, Canitar e Ourinhos.

Os principais afluentes do Rio Pardo são:

1 – Rio Claro, que nasce no município de Botucatu, tem sua confluência com o Rio Pardo no município de Iaras, possui 72 km de extensão.

2 – Rio Novo, que nasce no município de Itatinga, tem sua confluência no Rio Pardo no município de Aguas de Santa Barbara, possui 77 km de extensão.

3 – Rio Turvo, que nasce no município de Agudos, tem sua confluência no Rio Pardo no município de Ourinhos, possui 130 km de extensão, é o principal afluente do Rio Pardo.

Durante sua extensão o Rio Pardo possui três represamentos artificiais: a represa da cascata Vêu da Noiva em Botucatu, a represa do Mandacaru onde está localizada a captação de água para o município de Botucatu, e a PCH no distrito de Lobo, município de Itatinga, construída em 1.927 para gerar energia para o município de Botucatu. O Rio Pardo é fonte de desenvolvimento nos diversos setores da economia da sua bacia, e considerado um dos rios mais bem preservados do estado de São Paulo, contribuindo com suas águas para a irrigação, dessedentação de animais e consumo humano. Diversos municípios captam água do Rio Pardo para abastecimento público, dentre elas: Pardinho, Botucatu, Santa Cruz do Rio Pardo e Ourinhos. Dessa maneira fica evidente a importância das águas superficiais e subterrâneas da bacia para o desenvolvimento e manutenção das atividades humanas da região.

Devido às condições de estiagem observadas no estado de São Paulo no último ano hidrológico, se faz necessário um estudo sobre as mudanças no regime de chuvas para a bacia hidrográfica do Rio Pardo. Dessa maneira o objetivo desse trabalho é estimar o volume precipitado na bacia do Rio Pardo no verão 2013-2014, fazendo uma comparação com a média decenal de precipitação durante o verão 2001-2011, verificando o comportamento espacial e temporal desse fenômeno na área de estudo através do uso de geotecnologias. O estudo deve auxiliar na tomada de decisões quanto a assuntos de diferentes interesses na área agrícola e urbana.

2. Metodologia de Trabalho

A área encontra-se na porção norte da Bacia do Paranapanema e Leste da bacia do Paraná, entre os paralelos 22° 15' e 23° 15' de Latitude e os meridianos 48° 15' e 50° 00' de Longitude (Figura 1). De acordo com o IBGE (2002) o clima da região é classificado como Tropical Brasil Central, subquente (com temperaturas médias entre 15 e 18° C em pelo menos um mês), úmido. Ao sul do Planalto, nas margens do Rio Paranapanema aparecem faixas de clima tropical, com verão quente, sem estação seca no inverno, do tipo Cfa (Piroli, 2013).

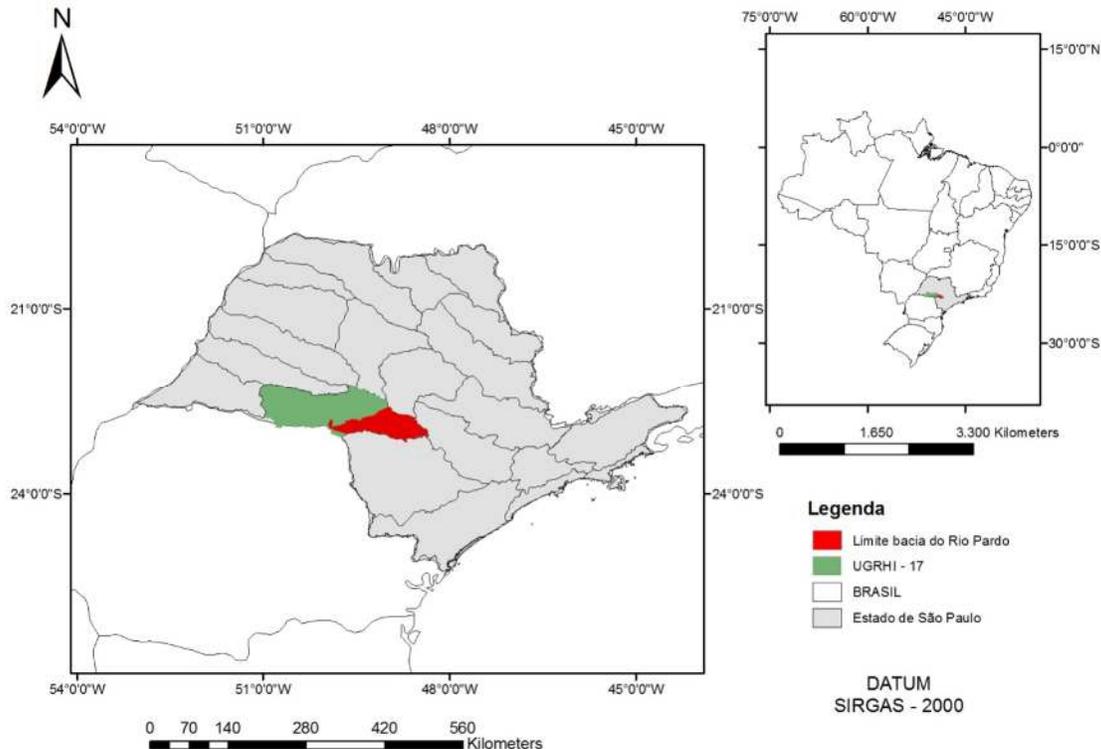


Figura 1: Localização da área de estudo.

Os dados de precipitação acumulada foram obtidos através dos dados do algoritmo 3B42 do satélite TRMM, que gera estimativas de precipitação de três em três horas. Os dados foram agrupados por períodos, considerando os verões de 2001 a 2011, de 21 de dezembro a 20 de março, e o verão 2013-2014. Após a obtenção dos dados referentes à chuva acumulada para os períodos determinados, calculou-se a média para o decênio 2001-2011 e em seguida as informações foram tratadas através de técnicas de Geoprocessamento, aplicada pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). O software adotado para o processamento dos dados foi o ArcGis.

A metodologia escolhida foi a interpolação dos dados através do método de Krigagem. Segundo Camargo (1998), a diferença entre a krigagem e outros métodos de interpolação é a maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras. Na krigagem, o procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, exceto que aqui os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, baseada no semivariograma experimental que mede a variância dos dados em função da distância entre amostras. Além disso, a krigagem fornece em média, estimativas não tendenciosas e com variância mínima.

Após a obtenção dos mapas interpolados com os dados referentes ao verão de 2013-2014 e à média decenal dos verões de 2001 a 2011, foi aplicada a técnica de álgebra de mapas (Cordeiro et al., 1998) utilizando a função *raster calculator* do ArcGis para obtenção do percentual de precipitação incidente na área de estudo em relação a média dos últimos 10 anos através da Equação 1:

$$Diferença \% = \frac{(Chuva\ Ver\tilde{a}o\ 2013-2014)*100}{Chuva\ M\acute{e}dia\ Ver\tilde{o}es\ 2001-2011} \quad (1)$$

Por fim, o mapa com as diferenças percentuais foi reclassificado, exibindo faixas com percentuais de precipitação.

3. Resultados e Discussão

Através dos dados foram gerados produtos cartográficos, que permitiram uma análise inicial sobre a distribuição espacial da precipitação ao longo da bacia do Rio Pardo. Dessa maneira foi possível identificar os pontos críticos da bacia e os municípios que apresentaram déficit de chuva. A estimativa do Satélite TRMM, comprovou a diminuição de precipitação na bacia do Rio Pardo durante o verão 2013-2014 (Figura 2) em comparação com a média do decênio 2001-2011 (Figura 3). A média aritmética de precipitação foi de 553,88mm durante os verões de 2001 a 2011, enquanto que no ano 2013-2014 a média foi de 484,40 mm.

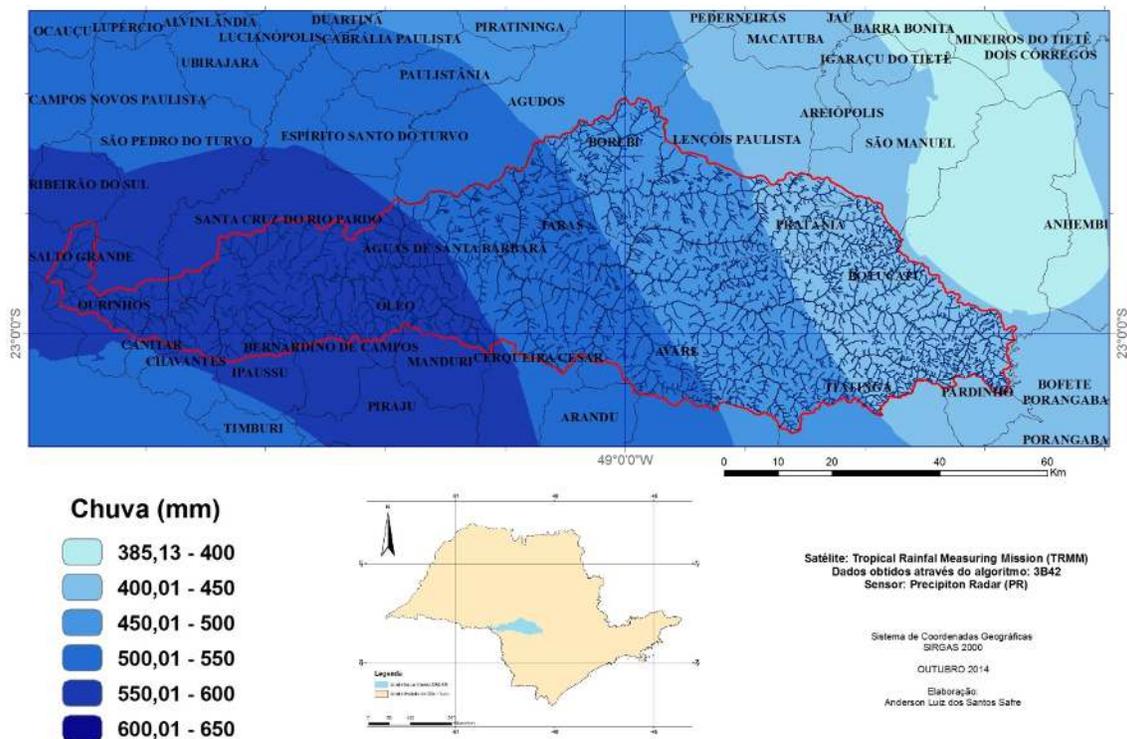


Figura 2. Média de precipitação durante o verão 2013-2014 na bacia do Rio Pardo – SP.

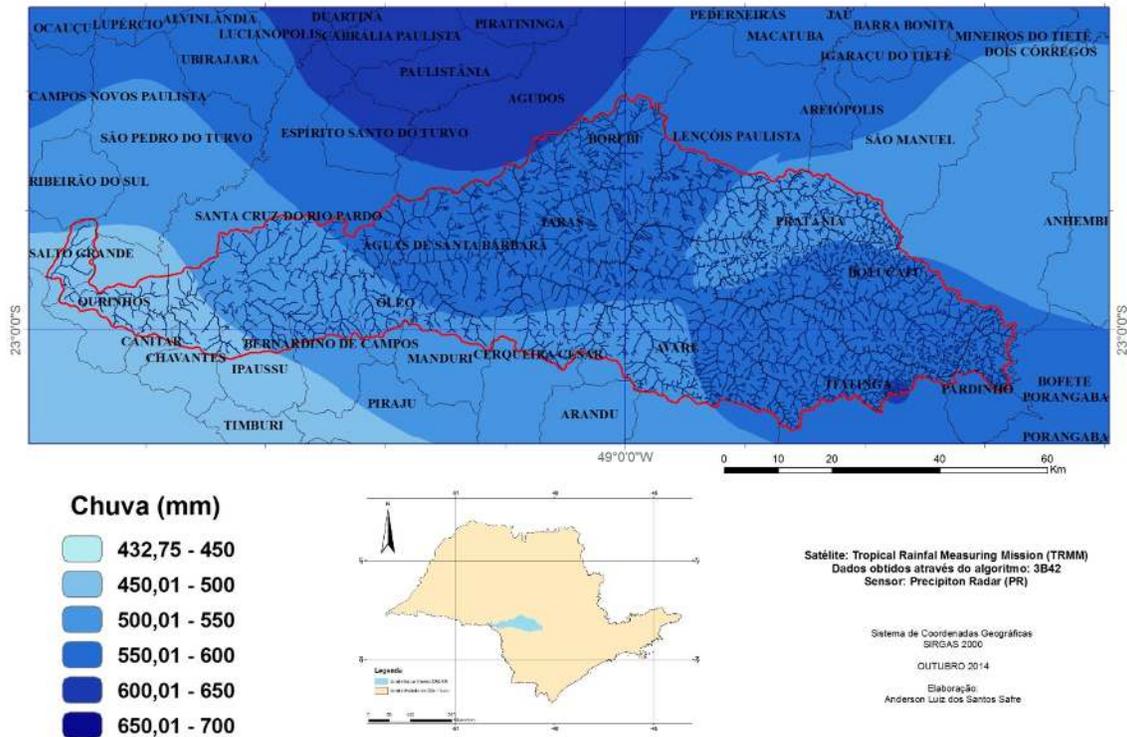


Figura 3: Média de precipitação no verão durante o período 2001-2011 na bacia do Rio Pardo

Na Figura 2, é possível identificar que o fenômeno de precipitação apresentou variabilidade espacial com volumes próximos a 650 mm a jusante da bacia, na confluência dos Rios Turvo, Pardo, e Paranapanema próximos aos municípios de Ourinhos e Salto Grande. Os menores volumes precipitados foram a montante da bacia nas cabeceiras de drenagem do Rio Novo e Rio Claro, os valores estão entre 400 e 450 mm.

Na Figura 4, é possível analisar a porcentagem de volume precipitado no verão de 2013-2013, em relação à média decenal do verão de 2001-2011. Os resultados demonstram que as áreas mais afetadas pela falta de chuva foram as cabeceiras de drenagem, mas especificamente a rede de nascentes dos Rios Pardo, Novo e Claro próximos ao município de Botucatu, Itatinga e Pratânia, respectivamente, com o saldo entre -29 e -20% configurando um déficit no volume precipitado em relação aos outros verões.

Referências Bibliográficas

- Barrera, D. F. Precipitation estimation with the hydro-estimator technique: its validation against raingage observations. In: Congresso da IAHS, 7, 2005. Foz do Iguaçu. **Anais...**Foz do Iguaçu: IAHS, 2005. CD-Rom
- Camargo, E.C.G. Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: Câmara, G.; Medeiros, J.S, (org.). **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2ª edição – Revisada e Ampliada. São Jose dos Campos, SP. 1998, cap. 5, p. 01-36
- Collischonn, B.; Allasia, D.; Collischonn, W.; Tucci, C.E.M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, Porto Alegre, v.59, n.1, p.93-99, 2007.
- Cordeiro, J.P.; Barbosa, C.C.F.; Câmara, G. Álgebra de mapas. In: CAMARA, G. et al (org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos.2001. Cap 8, p. 01-26
- Fisher, B.L. Climatological Validation of TRMM TMI and PR Monthly Rain Products over Oklahoma. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, n. 43, 519–535, 2004.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2002.
- Liao, L.; Meneguini, R. Validation of TRMM Precipitation Radar through comparison of its multiyear measurements with ground-based radar. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v.48, p.804-817, 2009.
- Nóbrega, S.N. **Modelagem de impactos do desmatamento nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Jamari (RO) utilizando dados de superfície e TRMM**. 2008. 186f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campinas Grande – UFCA. Campinas Grande, PB, 2008.
- Pirolí, E.L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente nos corpos d'água da bacia hidrográfica do Rio Pardo**. 2013. 150 f. Tese (Livre Docência em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento), Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2013.
- Silva, D.F.; Pantano, A.P.; Camargo, M.B. Análise de dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o vale do médio Paranapanema – SP. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.21, n.2, p.138-147,2013.
- Silva, D.F.; Rocha, J. V. Interpolação dos dados observados de precipitação pluvial e comparados com dados estimados pelo satélite TRMM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p 4086-4092. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1275.pdf>>. Acesso em: 05 de nov. 2014.
- Short, D.A.; Nakamura, K. TRMM radar observations of shallow precipitation over the tropical oceans. **Journal of Climate**, v.13, p.4107–4124. 2000.