

RELAÇÃO ENTRE ALTURA DA LÂMINA DE ÁGUA E PRECIPITAÇÃO NO LAGO CURUPIRA

Tainá Sampaio Xavier Conchy^{1} & Rômulo Augusto Jucá Oliveira² & Robson Azevedo de
Oliveira³ & Joecila Santos Da Silva⁴ & Stéphane Calmant⁵ & Marie Paule Bonnet⁶*

Resumo – O objetivo deste estudo é relacionar o comportamento da altura da lâmina de água com episódios de precipitação no lago Curupira, baseados em dados altimétricos (intervalos de 35 dias) e pluviométricos (diários), durante o período de 2002 a 2010, obtidos utilizando-se dados de precipitação do satélite TRMM e dados altimétricos do satélite ENVISAT. Os resultados denotam que existe defasagem na resposta hidrológica em relação à precipitação: 02 meses no período chuvoso e 03 meses no período de estiagem, quando o lago está desconectado ao rio Madeira.

Palavras-Chave – Lago Curupira, altimetria espacial, precipitação.

RELATIONSHIP BETWEEN WATER LEVELS AND RAINFALL IN THE CURUPIRA LAKE

Abstract – The aim of the research is the comparison between water level and rainfall in the Curupira lake (located in Brazilian Amazon) based on altimetric data (35 days) and rainfall (daily) from 2002 to 2010, obtained using the TRMM and ENVISAT data. The results show that there is lag in the hydrological response in relation to precipitation: 02 months in the rainy season and 03 months in the dry season when the lake is disconnected from the Madeira River.

Keywords – Curupira lake, spatial altimetry, rainfall.

1 – INTRODUÇÃO

Na Amazônia, a precipitação é fundamental na caracterização do clima, que se dá a partir das interações de fenômenos meteorológicos atuantes na região, como circulações de macro e mesoescala e processos dinâmicos. Contribuem também a nebulosidade (Fisch *et al.*, 1998) e fatores que vão desde local, à exemplo da topografia e o tipo de cobertura do solo (Oliveira e Angelis, 2011), assim como os sistemas de grandes rios e sua influencia nos sistemas de brisa (Dias de Paiva *et al.*, 2011). Esses grandes rios têm seus leitos conectados a uma rede de lagos, caracterizando as extensas zonas úmidas da Amazônia que cobrem superfícies estimadas entre 91.000 km² (Sippel *et al.*, 1998) e 300.000 km² (Junk, 1983; Melack, 1984; Junk e Weber, 1996 e Hess *et al.*, 2003) e segundo Birkett (1995) são indicadores indiretos de mudanças climáticas.

¹Universidade do Estado do Amazonas – UEA / Escola Superior de Tecnologia – EST. Av. Darcy Vargas, 1200, 69065-020, Manaus - AM, Brasil conchynha@live.com^{1*}, joecila@yahoo.fr⁴

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE : romulo.augusto@cptec.inpe.br²

³Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Mestrado em Clima e Ambiente, CLIAMB, Campus II; Av. André Araújo 2936, Aleixo, 69060-001, Manaus-AM, Brasil, robsonaz@ig.com.br

^{5,6}Institut de Recherche pour le Développement – IRD / UMR 5566 LEGOS (CNES/CNRS/IRD/UT3) 14 Av. Edouard Belin, 31400, Toulouse, France: stephane.calmant@ird.fr⁴, marie-paule.bonnet@ird.fr⁵

Sabendo quão grande é a bacia amazônica e a dificuldade de obtenção de informações por meio de redes hidrométricas convencionais, neste estudo foi utilizado a altimetria espacial com a finalidade de completar e melhorar o monitoramento dessa zona úmida. Na altimetria espacial, a medida é feita através do cálculo da altura instantânea da superfície oceânica através da emissão de uma onda eletromagnética no nadir do satélite e pela medida do intervalo de tempo que separa a emissão da onda, da recepção de um eco. Esses satélites possuem cobertura global, sendo possível obter alturas da superfície da lâmina de água em hidrossistemas continentais. Como a resolução espacial possui vasta cobertura, gera resultados em locais de difícil acesso, onde não há redes de monitoramento hidrológicas convencionais ou mesmo quando tais redes existem, podem complementar os dados *in situ* quando os mesmos foram interrompidos. Sendo, portanto, uma técnica alternativa para obtenção de medidas de nível de água na região Amazônica.

Este estudo tem como o objetivo avaliar o desempenho de produtos advindos de técnicas de sensoriamento remoto (nível de água e precipitação), sobre o Lago Curupira - AM, através da comparação entre os dados de nível de água obtidos ao aplicar a técnica de altimetria espacial, utilizando o algoritmo *Ice-1*, que se adapta às medições altimétricas em águas continentais (Frappart *et al.*, 2006, Silva *et al.*, 2010), do satélite ENVISAT e os dados de precipitação provenientes do produto MERGE, que é uma combinação entre os dados de estimativa de chuva do satélite TRMM com dados observados de estações pluviométricas disponibilizada através da rede GTS (Rozante *et al.*, 2010).

2 – ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho é o lago Curupira incluso no planalto rebaixado da Amazônia próximo à foz do rio Madeira, onde são encontradas grandes extensões de áreas aplainadas que têm como características a ausência de drenos definitivos, denominada planície ou várzea amazônica (Silva *et al.*, 2009).

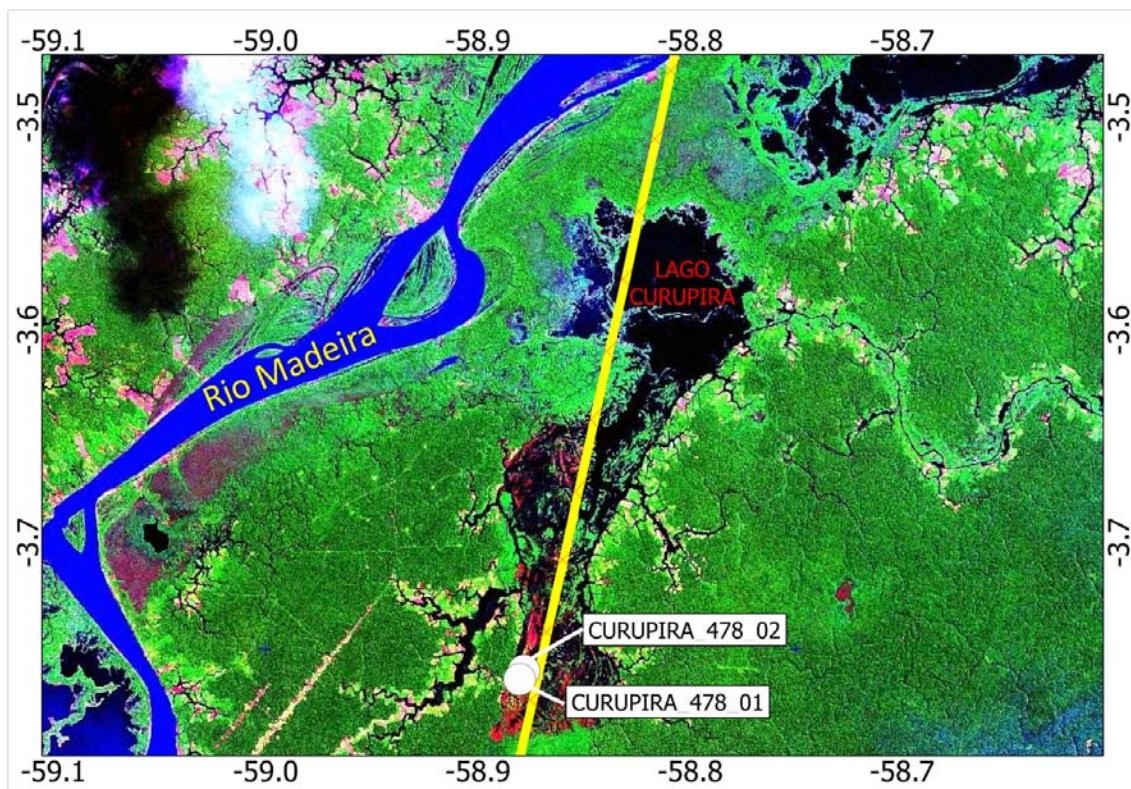


Figura 1 – Localização do lago Curupira, objeto deste estudo, estações virtuais (pontos em branco).

3 – MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Dados Altimétricos do ENVISAT

Para a obtenção dos dados altimétricos, foi feito uso do satélite ENVISAT, que contava com 10 instrumentos que permitiram estudos científicos mais detalhados da Terra; estando incluso um altímetro radar nadir (RA-2) (Silva, 2010). Foram usados dados de vida útil do satélite para o período de outubro de 2002 a outubro de 2010, totalizando 93. O algoritmo usado para tratamento dos dados foi o *Ice-1*, que permitiu calcular a posição à 20Hz (*i.e.*, 1/20éssimo de segundo) da medida altimétrica com data, latitude, longitude e altura do plano de água, bem como as devidas correções ambientais e geofísicas estruturados em uma base de dados para utilização no programa *Virtual ALtimetry Station – VALS* (VALS, 2011), onde foram feitas 2 estações virtuais: uma dentro do lado ($3,714^{\circ}\text{S}$ e $58,868^{\circ}\text{W}$) e uma na margem ($3,763^{\circ}\text{S}$ e $58,879^{\circ}\text{W}$).

3.2. Dados de Precipitação do TRMM

Para a obtenção dos dados de precipitação, foi feito uso do satélite TRMM, equipado com um radar meteorológico, um sensor de micro-ondas passivo e um sensor óptico no infravermelho (para mais detalhes acesse: <http://trmm.gsfc.nasa.gov>). Especificamente, foram usados os acumulados diários de janeiro de 2002 a dezembro de 2010 do algoritmo 3B42 Versão 6 (3B42_V6) (Huffman *et al.*, 2007). Conforme descrito em Rozante *et al.* (2010), para obtenção do produto *Merge* são localizados todos os pontos de estações existentes sobre o domínio de interesse da grade do TRMM; depois, nos ‘grid box’ que existem 3 observações, são desconsiderados os valores de precipitações estimados pelo TRMM. Com a finalidade de dar mais peso para os dados pluviométricos, são desconsiderados também os outros 24 ‘grid box’ que estão em torno do que contem a estação. Por

meio do campo de precipitação restante do TRMM, gera-se uma lista em formato ascii contendo um identificador qualquer, a latitude, a longitude e os valores da precipitação para cada ponto de grade válido, contém ainda a informação obtida a partir das observações de superfície, utilizando como identificador o código da estação.

3.3. Análise de Dados

Por fim, para melhor análise da diferença espaço-temporal entre os dados altimétricos e de precipitação, calculou-se as médias mensais referentes ao período de estudo (2002-2010) para elaboração dos cotagramas dos níveis de água e as climatológicas de precipitação.

4 – RESULTADOS

A Figura 2 representa uma comparação entre os dados de chuva e cota sobre o lago Curupira, mostrando também o comportamento médio do regime hidrológico do lago, fortemente influenciado pelo rio Madeira.

Nota-se que os máximos e mínimos de precipitação, em março com 400,61 mm/mês e agosto com 68,50 mm/mês, respectivamente, não acompanham os de cotas nem na margem nem no lago, onde em ambos o máximo ocorre preferencialmente no mês de maio, com a altura da lâmina de água 18,95 m e 18,912m e o mínimo no mês de novembro, com 13,91 m e 10,19 m. Apresentando, portanto uma defasagem entre 02 e 03 meses na resposta hidrológica em relação a precipitação.

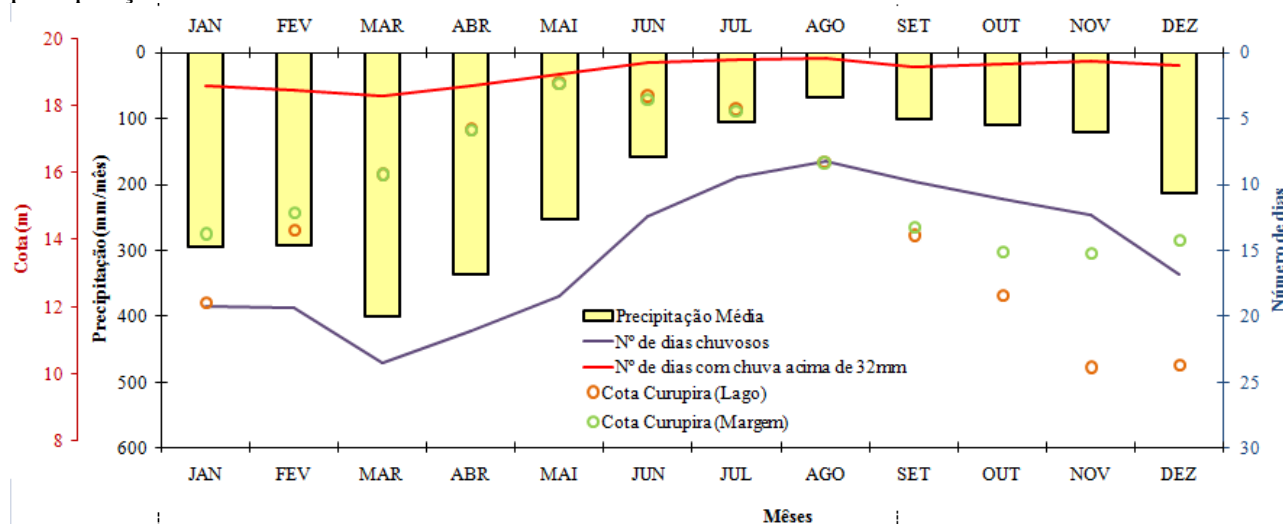


Figura 02 – Gráfico de médias de precipitação (barras), de número de dias com chuva (linha contínua azul claro) e com chuva superior a 32 mm (linha contínua azul marinho), de cota no lago Curupira (bolinhas vermelhas) e de cota na margem do lago Curupira (bolinhas bordô).

Pode ser observado na figura 2 que a quantidade de dias com chuva superior a 32 mm segue ritmo semelhante à linha de dias com precipitação, principalmente no período chuvoso. Observa-se também que a cota do lago tem resposta mais rápida na cheia, onde o regime do lado acompanha a cota do rio Madeira, pois neste período há uma conexão entre esses corpos hídricos. Já no período de estiagem a estação virtual localizada na margem atinge rapidamente o fundo do lago, não sendo

possível observar variações de cota no período de outubro a janeiro. Quanto à estação virtual localização dentro do lago, foi notado que a resposta da cota com relação ao período de menor precipitação é entendida em um mês com relação a resposta do período mais chuvoso, isso se deve ao fato de que neste intervalo de tempo o lago é totalmente desconectado do flúvio, não sofrendo influência do escoamento do rio, desta forma a cota sofrerá influência da evaporação e drenagem profunda, diminuindo o ritmo de resposta.

5 – CONCLUSÕES

Neste estudo, foram analisados dados espaciais das missões TRMM (3B42_V6) e ENVISAT (*Ice-1*). A utilização destes dados espaciais oferecem possibilidades de medida de precipitação e cotas em zonas úmidas ainda não instrumentadas tradicionalmente como o Lago Curupira, permitindo a discriminar a diferença nas variações entre os máximos e os mínimos de chuvas e cotas com defasagens de aproximadamente 02 meses para os máximos e 03 meses para os mínimos.

AGRADECIMENTOS

Este estudo se insere nos projetos de pesquisa CASAM e HIDRAS (CNPq), DS BIODIVA e CLIVAR (FAPEAM), Dinâmica Fluvial do Sistema Solimões-Amazonas (CPRM) e FOAM (CNES/TOSCA). Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pela bolsa de Iniciação Científica cedida ao primeiro autor. A Agência Nacional de Águas - ANA, pelos dados das réguas. Ao Centre de Topographie des Océans et de l'Hydrosphère - CTOH do Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales - LEGOS, pelos Geophysical Data Records - GDRs e as correções troposféricas correspondentes e à European Space Agency- ESA pela garantia do uso dos dados da missão ENVISAT disponibilizados para o estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIRKETT, C. M., 1995. *The global remote sensing of lakes, wetlands and rivers for hydrological and climate research*. IEEE Trans. 1979 - 1981.

FISCH, G. et al, 1998. Uma revisão geral do clima da Amazônia. *Acta Amazonica*, 28(2): 101-126.

FRAPPART, F. et al, 2006. Preliminary results of ENVISAT RA-2-derived water levels validation over the Amazon Basin. *Remote Sensing of Environment*, v. 100, n. 2, p. 252–264.

Hess, L. L.; Melack, J. M.; Novo, E. M. L. M., et al. 2003. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. *Remote Sensing of Environment*, 87(4): 404-428. doi: 10.1016/j.rse.2003.04.001

HUFFMAN, G. J. et al, 2007. The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *Journal of Hydrometeorology*, 8, 38-55.

Junk, W. J. 1983. As águas da Região Amazônica. In: Salati, E.; Schubart, H. O. R.; Junk, W.; Oliveira, A. E. *Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*. São Paulo: Brasiliense, (Brasília): Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 45-100 pp.

JUNK, W. S.; WEBER, G. E. 1996. Amazonian Floodplains: a limnological perspective. *Verth int. Ver Limnol.* n. 26: 149-157.

MELACK, J. M. 1984. Amazon floodplain lakes: Shape, fetch, and stratification. *Verth int. Ver Limnol.* v. 22, p. 1278-1282.

OLIVEIRA, R. A. J. e ANGELIS C. F., 2011. Características e tendências da precipitação estimada por satélite sobre uma região de intenso desmatamento na Amazônia Legal: Uma comparação entre áreas de Floresta e Desmatadas. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2263.

PAIVA, R. C. D. *et al.* 2011. Reduced precipitation over large water bodies in the Brazilian Amazon shown from TRMM data. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L04406, doi:10.1029/2010GL045277.

ROZANTE, J. R. *et al.* 2010. Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation over South America. *Wea. Forecasting*, 25, 885–894. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/2010WAF2222325.1>

SILVA, J. S. *et al.* 2009. Avaliação de superfícies inundáveis em zonas úmidas da bacia Amazônica por meio de dados espaciais. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*, Natal, RN, Brasil, 15 a 30 de abril de 2009, INPE p.4883

SILVA, J. S., 2010. *Altimetria Espacial em Zonas Úmidas da Bacia Amazônica - Aplicações Hidrológicas*. Saarbrücken (GE), Édition Universitaires Européennes. 360p.

SILVA, J. S. *et al.* 2010. Water levels in the Amazon Basin derived from the ERS 2- ENVISAT radar altimetry missions. *Remote Sensing of Environment*, v. 114, p. 2160-2181.

SIPPEL, S. J.; *et al.* 1998. Passive microwave observations of inundation area and the area/stage relation in the Amazon River floodplain. *International Journal of Remote Sensing*, 19(16): 3055–3074. doi: 10.1080/014311698214181

VALS, 2013, Virtual ALtimetry Station, Versão 1.06, 05/2013, COCHONNEAU, G. CALMANT, S. Disponível em: <http://www.mpl.ird.fr/hybam/outils/1>