CARACTERIZAÇÃO DE EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO RIO MADEIRA
DIAGNOSIS OF EXTREME PRECIPITATION EVENTS OVER MADEIRA RIVER BASIN

Laureanti, N. C. [1]*; Chou, S.C.* [2] *; Tavares., P.S.* [3]*, Baltazar, R.* [4]*; Nobre, P.* [5]

Rodovia Pres. Dutra km 39, Cachoeira Paulista, SP, CEP: 12630-000

[1]nicole.laureanti@inpe.br

[2]chou.chan@inpe.br

[3]priscila.tavares@inpe.br

Resumo - O regime de precipitação sobre a Bacia do Rio Madeira possui influências de diferentes mecanismos. Ao diagnosticar os extremos e suas principais componentes se cria um importante registro para futuras ocorrências. Neste trabalho, a caracterização de extremos se baseou em diferentes conjuntos de dados onde, além da variabilidade temporal de precipitação na estação chuvosa, se considerou a Análise de Componentes Principais, quando a variabilidade espacial também é considerada. Os registros de anos extremos estão de acordo com a literatura. O fator de modulação de variabilidade da bacia mais presente foi a variabilidade do Atlântico Tropical Norte (ATN) e o El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

Palavras-Chave: extremos, precipitação, caracterização

Abstract - Precipitation over the Madeira River basin is modulated by several mechanisms. Diagnosing the extremes and their main components forms factual evidence for future events. In this work, the diagnosis of extreme precipitation events is based on different datasets, whereby in addition to the temporal variability during the rainy season, the spatial variability is also taken into account in the Principal Component Analysis (PCA). The events recorded are consistent with the literature. The mechanisms during extreme events were the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and the variability of the Tropical North Atlantic (TNA).

Keywords: extremes, precipitation, diagnosis

INTRODUÇÃO

A Bacia do Rio Madeira (BRM) se estende da Região Norte do Brasil até a Bolívia e Peru. Devido à sua localização, sofre influências do regime pluviométrico monçônico e das águas da planície Boliviana e também de variação do regime de descarga de vazões do rio Amazonas, sendo o Rio Madeira o seu principal afluente. A precipitação média anual sobre a BRM é de aproximadamente 1834 mm, todavia, nas regiões

[1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

[2] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

[3] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

[4] Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

[5] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

andinas da bacia, os acumulados de precipitação podem atingir valores extremos superiores a 5000 mm/ano (Rodriguez et al., 2017; Espinoza et al., 2009). O período chuvoso na BRM ocorre entre os meses de dezembro a maio. O período de estiagem ocorre entre os meses de junho a novembro (Gomes et al., 2019).

A ocorrência de eventos de precipitação extremos sobre a BRM teve aumento nas últimas décadas e tem despertado um sinal de alerta na comunidade científica e no poder público (Rodriguez et al., 2017). Trabalhos citam como anos de seca na Região Amazônica os ocorridos em 2005 e 2010, e de enchentes, 2009, 2012, e 2014 (Ovando et al., 2016; Marengo & Espinoza, 2016; Marengo et al., 2011). Especificamente para a BRM, Gomes et al. (2019) classificaram 1994, 2001, 2008 e 2014 como os mais chuvosos e 2000 e 2010 como os mais secos. A variabilidade de precipitação na região amazônica como um todo é associada a índices climáticos como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), além da variabilidade da temperatura no Oceano Atlântico (Espinoza et al. 2019; Marengo & Espinoza 2016; Marengo et al., 2011). De modo geral, a fase positiva do ENOS está relacionada com a diminuição da precipitação, enquanto que a fase negativa está relacionada com aumento (Funatsu et al., 2021; Towner et al., 2020; Jimenez et al. 2018). Na enchente de 2014, por exemplo, os altos totais pluviométricos na BRM foram associados com a fase negativa do ENOS (Espinoza et al., 2014). Este trabalho se propõe a estudar eventos extremos de precipitação com uma nova metodologia buscando caracterizar os padrões climáticos que atuam sobre a BRM.

MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização dos eventos extremos na bacia foi baseada nos conjuntos de dados de precipitação diária do produto MERGE (Rozante et al., 2010), CHIRPS (Funk et al., 2015), CMORPH (Xie et al., 2019), CPC (Xie et al., 2010), CRU (Harris et al., 2020), GPCP (Adler et al., 2012; Adler et al., 2003), MSWEP (Beck et al., 2019), PERSIANN (Ashouri et al., 2015; Sorooshian et al., 2014) e Terraclimate (Abatzoglou et al., 2018) para toda a região que compreende a BRM. São consideradas séries médias mensais de precipitação para os meses de verão, dezembro-janeiro-fevereiro (DJF). A composição de campos de temperatura da superfície do mar (TSM) foi realizada com dados de reanálise ERA5 (Hersbach et al., 2020).

As séries médias de precipitação mensal de DJF foram submetidas a Análise Componentes Principais (ACP) (Wilks, 2006). O método classifica e agrupa regimes de variabilidade de precipitação dentro da amostra em modos ortogonais. A representatividade dos modos é classificada pela variância, onde se priorizam os resultados com maior variância. A intensidade é dada pela variação temporal de desvios padrão do modo. Neste trabalho, valores de desvio padrão próximos ou maiores que um classificam os anos extremos. Durante tais anos, foram observados os campos anômalos de variáveis meteorológicas derivadas de campos de reanálise ERA5. A diferença do padrão em anos extremos foi comparada com a climatologia e a significância estatística verificada com o teste T de Student (Wilks, 2006). A variação temporal do modo pode ainda estar relacionada com índices climáticos que atuam via teleconexões. A relação foi verificada

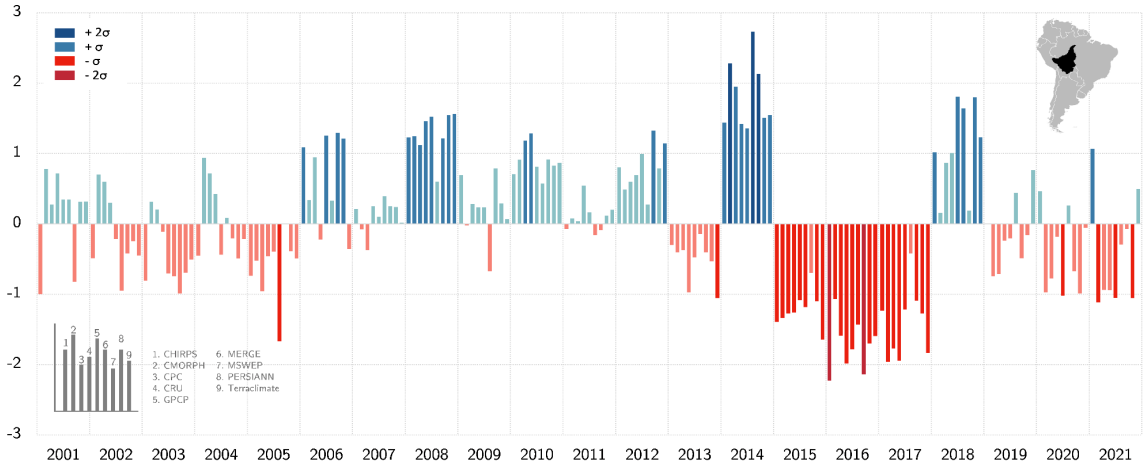
com o coeficiente de correlação de Pearson (Wilks, 2006) com séries do NOAA Physical Sciences Laboratory (PSL) (2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade de precipitação na bacia

A variação temporal da precipitação na bacia foi analisada através de anomalias padronizadas (Figura 1). As anomalias foram calculadas utilizando os valores médios de precipitação de DJF, sobre a BRM entre 2001 e 2021. Diferentes conjuntos de dados foram utilizados para verificar os extremos anômalos, destacando-se os mais chuvosos: 2006, 2008, 2014 e 2018 e os secos: 2005, 2016, 2017 e 2021.

FIGURA 1. Série temporal de anomalias padronizadas de precipitação média mensal de DJF extraídas para a BRM.



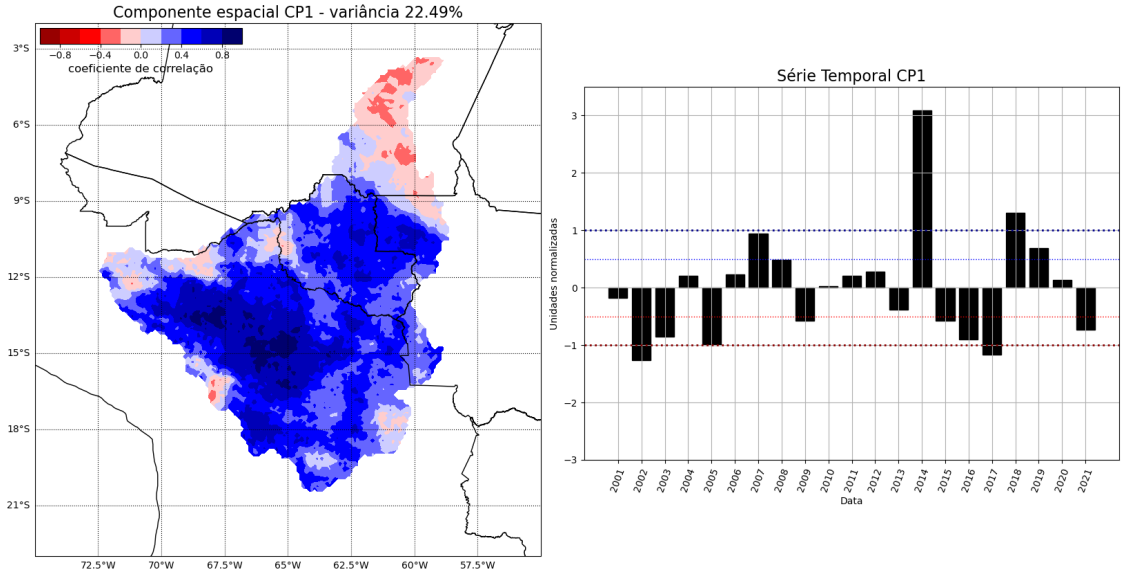
A seleção proposta na Figura 1 teve registros em comum com a literatura consultada, como 2005, 2008 e 2014 (Ovando et al., 2016; Marengo; Espinoza, 2016; Marengo et al., 2011). Entretanto, tal método despreza variações espaciais e, de forma a complementar a análise, se considerou a ACP.

O primeiro modo de variabilidade de precipitação em termos de variância está disposto na Figura 2, em suas componentes espacial e temporal. Nota-se que o regime de precipitação aliado a esse modo além de possuir sua variação temporal, possui uma distribuição espacial particular. O regime de precipitação na cabeceira da bacia ou Baixo Madeira é oposto ao que se registra do Alto e Médio, ou seja, durante anos chuvosos (secos) no Alto e Médio Madeira é comum que no Baixo Madeira seja mais seco (chuvoso). Tal regime pode estar aliado às condições topográficas da região. No caso, a proximidade com os Andes em contraste com a região de atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Entretanto, ainda deve-se considerar outras análises focadas nesse aspecto.

A caracterização dos anos extremos pela ACP está de acordo com a literatura, considerando os anos com registros extremos chuvosos 2014 e 2018 e os anos chuvosos impactantes (0.5 desvio padrão): 2007, 2008 e 2019. Como extremos secos se têm: 2002, 2005 e 2017 e secos impactantes: 2003, 2009, 2015, 2016 e 2021. Comparativamente, a ACP teve um registro de extremos bastante similar a da Figura 1, com pouca

disparidade entre os métodos para alguns conjuntos de dados. Ou seja, no geral, os padrões de ocorrência de precipitação extrema estão contemplados pela distribuição espacial apresentada na Figura 2.

FIGURA 2. 1º Componente Principal espacial e série temporal de autovalores da decomposição da precipitação em ACP para a BRM.



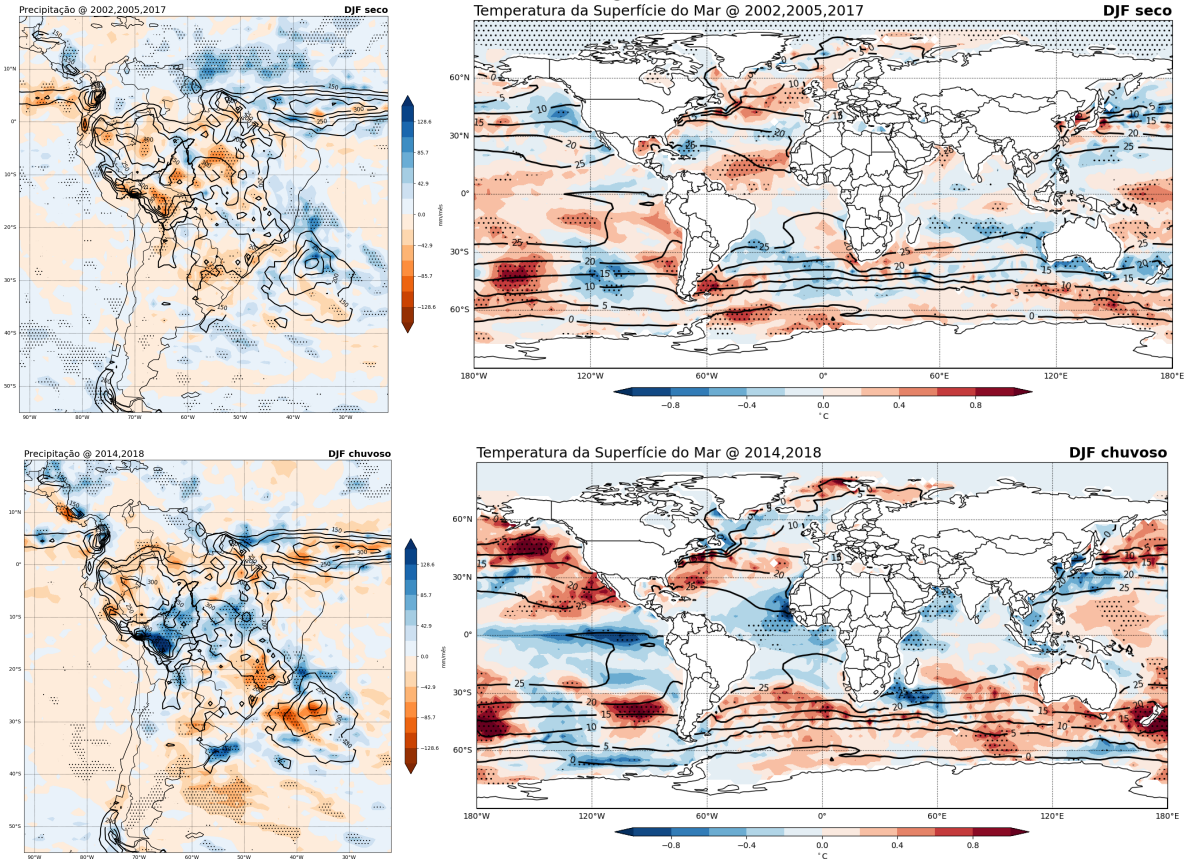
Campos anômalos

As tendências de variabilidade de precipitação na escala climática geralmente estão condicionadas a variações na TSM. Na Figura 3, são demonstrados padrões anômalos que relacionam tais variáveis em anos secos e chuvosos. É perceptível uma conexão com o Atlântico Tropical Norte (ATN) que, segundo Utida et al. (2019), ocorre devido ao deslocamento latitudinal da ZCIT. Assim, em anos mais secos, as anomalias de TSM são positivas sobre o ATN, indicando um posicionamento mais ao norte da ZCIT. Já nos anos chuvosos, o oposto se manifesta, com anomalias negativas de TSM sobre o ATN (Figura 3). A relação da precipitação na bacia com a TSM também foi analisada com correlação com índices climáticos. O maior valor do coeficiente de correlação de Pearson foi com a comparação da precipitação com o índice de variabilidade do ATN com valor de -0,35. A correlação com o índice ENOS também foi alta de -0,28 e -0,27 para o Niño3 e Niño3.4, respectivamente. Tal conexão pode ser observada principalmente em anos mais chuvosos, onde há uma anomalia significativa na região leste do Pacífico (170°W a 90°W), região de variabilidade do Niño3 e Nino3.4.

CONCLUSÃO

A variabilidade temporal de precipitação na BRM foi diagnosticada com diferentes conjuntos de dados e teve similaridade com o registro de extremos obtidos a partir da ACP e pela literatura. Com o uso da ACP se verificou que a bacia possui uma variabilidade espacial particular, que ainda possui causas indefinidas. Os conjuntos de registros extremos estão de acordo com a literatura. Um dos fatores de modulação de variabilidade da bacia mais presentes foi a variabilidade do ATN, além da presença do ENOS.

FIGURA 3. Médias mensais de DJF de anomalias de precipitação e TSM para anos de extremos chuvosos e secos na BRM. Os contornos são as médias climatológicas e as cores são anomalias. Hachuras são mostradas sobre anomalias significativas a um nível de 5%.



AGRADECIMENTOS

Este é um projeto financiado em conjunto, por acordo de cooperação FAPESP no. 2020/08796-2 e FAPEAM 01.02.016301.00268/2021 e apoio da CAPES-ANA.

REFERÊNCIAS

Abatzoglou JT, et al. (2018). TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. Scientific data, 5, 170191.

Adler, R. F., et al. (2003). The version-2 global precipitation climatology project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present). Journal of hydrometeorology, 4(6), 1147-1167. doi: 10.1175/1525-7541(2003)004<1147:TVGPCP>2.0.CO;2

Adler, R. F., Gu, G., Huffman, G. J. (2012). Estimating climatological bias errors for the Global Precipitation Climatology Project (GPCP). Journal of Applied Meteorology and Climatology, 51(1), 84-99. doi: 10.1175/JAMC-D-11-052.1

Ashouri, H., et al. (2015). PERSIANN-CDR: Daily precipitation climate data record from multisatellite observations for hydrological and climate studies. Bulletin of the American Meteorological Society, 96(1): 69-83. doi: 10.1175/BAMS-D-13-00068.1

Beck, H. E., et al. (2019). MSWEP V2 global 3-hourly 0.1° precipitation: methodology and quantitative assessment Bulletin of the American Meteorological Society 100(3), 473–500.Espinoza, J. C. E., Guyot, J. L., Ronchail, J., Cochonneau, G., Filizola, N., Fraizy, P., Vauchel, P. (2009) Contrasting regional discharge evolutions in the Amazon basin (1974–2004). Journal of Hydrology, 375(3-4): 297-311.

Espinoza, J. C., et al. (2014) The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. Environmental Research Letters, 9(12), 124007. doi: 10.1088/1748-9326/9/12/124007

Espinoza, J. C., et al. (2019) Contrasting North–South changes in Amazon wet-day and dry-day frequency and related atmospheric features (1981–2017). Climate Dynamics, 52(9): 5413-5430. doi: 10.1007/s00382-018-4462-2

Flantua, S. G. A.; Hooghiemstra, H.; Vuille, M.; Et Al. (2016) Climate variability and human impact in South America during the last 2000 years: synthesis and perspectives from pollen records. Climate of the Past, 12(2): 483–523.

Funatsu, B. M., et al. (2021) Assessing precipitation extremes (1981–2018) and deep convective activity (2002–2018) in the Amazon region with CHIRPS and AMSU data. Climate Dynamics, 57(3): 827-849.

Funk, C., et al. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. Scientific data, 2(1): 1-21. doi: 10.1038/sdata.2015.66

Gomes, D., et al. (2019) Variabilidade espaço-temporal da precipitação: Bacia Hidrográfica do Rio Madeira. Rev. Geogr. Acadêmica, 13(1): 90-104.

Harris, I., et al. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Scientific data, 7(1): 1-18.

Hersbach, H.; et al. (2020) The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, John Wiley and Sons, Ltd, 146(7): 1999–2049. ISSN 1477-870X.

Jimenez, J. C., Libonati, R., Peres, L. F. (2018) Droughts over Amazonia in 2005, 2010, and 2015: a cloud cover perspective. Frontiers in Earth Science, 6: 227. doi: 10.3389/feart.2018.00227

Marengo, J. A., et al. (2011). The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. Geophysical research letters, 38(12).

Marengo, J. A., Espinoza, J. C. (2016) Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. International Journal of Climatology, 36(3): 1033-1050. doi: 10.1002/joc.4420

NOAA Physical Sciences Laboratory (PSL). Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time-Series. 2022. Ovando, A.; Tomasella, J.; Rodriguez, D. A.; Martinez, J.M.; Siqueira Junior, J. L.; Pinto L. N.; Passy, P.; Vauchel, P.; Noriega, L.; Von Randow, C. (2016) Extreme flood events in the Bolivian Amazon wetlands. Journal of Hydrology: Regional Studies, 5: 293-308.

Rodriguez, D. A., et al. (2017) Previsões de cheias extremas nos horizontes sazonais e de curto e médio prazos na bacia do rio Madeira: estudo de caso da enchente de 30 de março de 2014 em Porto Velho. Revista Brasileira de Cartografia (2017), Nº 69/4, Edição Desastres Naturais e Impactos Ambientais: 827-836 Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. ISSN: 1808-0936

Rozante, J. R.; et al. (2010) Combining TRMM and surface observations of precipitation: Technique and validation over South America.

Sorooshian, S., Hsu, K., Braithwaite, D., Ashouri, H. (2014). NOAA CDR Program. NOAA Climate Data Record (CDR) of Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks (PERSIANN-CDR), 1. NOAA National Centers for Environmental Information.

Towner, J., et al. (2020) Attribution of Amazon floods to modes of climate variability: A review. Meteorological Applications, 27(5), e1949.

Utida G, et al. (2019) Tropical South Atlantic influence on Northeastern Brazil precipitation and ITCZ displacement during the past 2300 years. Sci Rep 9: 1698.

Wilks, D. S. (2006) Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 3ª ed. International Geophysics Series.

Xie, P., et al. (2019) NOAA CDR Program: NOAA Climate Data Record (CDR) of CPC Morphing Technique (CMORPH) High Resolution Global Precipitation Estimates, Version 1. NOAA National Centers for Environmental Information.

Xie, P., Chen, M., Shi, W. (2010). CPC unified gauge-based analysis of global daily precipitation. In Preprints, 24th Conf. on Hydrology, Atlanta, GA, Amer. Meteor. Soc (Vol. 2).