Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Frequência e intensidade pluviométrica e a relação com El Niño-Oscilação Sul na Mesorregião Noroeste Paranaense, Brasil

Nathan Felipe da Silva Caldana, Universidade Estadual de Londrina, e-mail: nathancaldana@gmail.com (Autor Correspondente). Luiz Gustavo Batista Ferreira, Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva. Universidade Estadual de Londrina

Artigo recebido em 14/03/2020 e aceito em 17/07/2020

RESUMO

O clima do planeta está mudando em frequência e magnitude de seus eventos atmosféricos. As atividades agrícolas são altamente dependentes do clima. Mesmo com avanços da tecnologia e da pesquisa, a variabilidade da produção é afetada pelas variáveis climáticas. Para o planejamento agrícola e para as demais atividades humanas, conhecer o clima é importante para minimizar os riscos das atividades e garantir resultados satisfatórios. A Mesorregião Noroeste Paranaense é a área mais quente e seca do Estado do Paraná carecendo de estudos que contribuam para a tomada de decisão na região. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade pluviométrica, a intensidade e a frequência da precipitação na MRNOP, bem como avaliar a associação entre os totais de pluviosidade e extremos com a ocorrência do modo de variabilidade El Niño Oscilação Sul - ENOS. Para isso utilizou-se as escalas temporais anual, mensal e diária com o recorte temporal de 1976 a 2018. Foram elaborados mapas temáticos por meio de interpolação e regressões e gráficos de box plot para a análise da variabilidade. Por meio dos resultados, identificou-se grande discrepância nas alturas pluviométricas anuais, mensais e diárias, com parte expressiva dos eventos extremos e maiores alturas de precipitação ocorrendo em períodos de El Niño e neutralidade, enquanto os períodos secos predominam em condições de La Niña. Palavras-chave: risco climático, eventos extremos, temperatura da superfície do mar.

Rainfall Frequency And Intensity And Relation With El Niño-Southern Oscillation In The Northwest Mesoregion Of Parana State, Brazil

ABSTRACT

The planet's climate is changing in frequency and magnitude of its atmospheric events. Agricultural activities are highly climate dependent. Even with advances in technology and research, agricultural production is affected by climatic variables. For agricultural planning and for other human activities, knowing the climate is important to minimize the risks of activities and ensure satisfactory results. The northwest Paraná mesoregion is the warmest and driest area in the State of Paraná and lacks studies that contribute to decision making in the region. Therefore, the objective of this work was to analyze rainfall variability, intensity and frequency of precipitation in MRNOP, as well as assessing the association between rainfall totals and extremes with the occurrence of the El Niño-Southern Oscillation – ENSO. variability mode. The annual, monthly and daily time scales were used from 1976 to 2018. Thematic maps were developed with interpolation and regressions and graphs of box graphics for an analysis of the variability. A large discrepancy was identified at annual, monthly and daily rainfall heights, with significant part of extreme events and higher precipitation heights occurring in El Niño periods and neutrality, while dry periods predominate under La Niña conditions.

Keywords: climate risk, extreme events; sea surface temperature.

Introdução

A compreensão da variabilidade climática é advinda tanto das escalas de tempo quanto de espaço. O seu ritmo é diferente de um ano para outro, e de década para década (Sanches et al., 2014; Caldana et al., 2018). O clima e sua interação com o ambiente é resultado de um processo complexo que envolve a dinâmica da atmosfera, a energia solar, o oceano, cobertura e temperatura da

superfície, albedo e entre outros, sendo que suas variações de flutuações podem variar a curto, médio e longo prazo (Conti, 2005; Bruijn et al., 2018). Apesar da incerteza remanescente, é amplamente aceito que o clima está mudando (IPCC, 2013; Sanches et al., 2014; Caldana et al., 2018).

Diversos trabalhos discutem tendências das mudanças climáticas globais, e pesquisas demonstram que os eventos extremos

podem estar aumentando em frequência e magnitude. As alterações climáticas continuarão a ter um efeito cada vez mais dramático no ambiente térmico global, incluindo aumentos nas temperaturas médias locais e a frequência das ondas de calor (Caldana et al., 2019a; Zanolco et al., 2019; Chen et al., 2020; Mendenhall et al., 2020; Nguyen, 2020; Oka et al., 2020). Isso mostra que a variabilidade climática tem papel sobre as atividades humanas, pois propicia oscilações de temperatura, precipitação e frequência de eventos extremos, como secas e chuvas intensas, resultando em impactos na agricultura, nos recursos hídricos, na saúde e sobre o meio ambiente em escala local ou regional. As consequências dessa eventualidade no desenvolvimento urbano, na gestão da cidade e planejamento agrícola serão de grande alcance e carecem de estudos que auxiliem na redução de riscos (Karimi et al., 2019a; Karimi et al., 2019b; Maia et al., 2018).

Quando se trata de produção agrícola, o clima ainda é a variável de maior destaque. Mesmo com avanços tecnológicos e científicos gradativos, a instabilidade do clima afeta em até 80% a variabilidade da produção agrícola, dadas pelas variações e condições meteorológicas, causando impactos severos nas culturas de maior expressão (Caramori et al., 2008). Independentemente do processo produtivo, das tecnologias, dos investimentos e insumos que são aplicados nos sistemas de produção agrícola, as variáveis naturais são as mais significativas e oriundas do clima (Pell et al., 2007; Caramori et al., 2008).

Nessa conjuntura clima-produção, a precipitação pluviométrica é o elemento mais importante, tratando-se do atributo climático de maior expressão e significância para as regiões de clima tropical e subtropical. O seu regime e distribuição anualmente e períodos de chuva extrema e seca interferem nas diversas atividades humanas (Agovino et al., 2018; Gelcer et al., 2018).

Para se estabelecer um planejamento agrícola é de suma importância o conhecimento do clima onde se deseja praticar agricultura (Gelcer et al., 2018). Para tanto, trabalhos que identifiquem e prevejam períodos de seca, chuvas intensas, vendavais, granizo e geadas visam fomentar tais planejamentos, no manejo das culturas e na tomada de decisões, com objetivo de minimizar os riscos das atividades agrícolas e garantir sucesso e bons resultados (Caramori et al., 2008; Conceição et al., 2018). Pela diversidade de clima que o Planeta

Terra apresenta, muitos trabalhos têm sido discutidos com o objetivo de melhorar a relação entre o regime de chuvas e as distintas produções agrícolas, para os zoneamentos e planejamento agrícola (Mancillas et al., 2015; Carvalho et al., 2018; Damascena, 2018; Albuquerque et al., 2018).

Em áreas urbanas os desastres naturais ocorrem quase sempre por conta dos episódios extremos de precipitação. Com 59% de registros, a inundação é a principal causa de eventos extremos do clima (Marcelino, 2007). As instabilidades atmosféricas severas provocam grandes volumes de chuva em um curto espaço de tempo, e junto a isso, a baixa drenagem e escoamento ligado à ocupação de áreas inadequadas agravam os quadros de inundações. Trabalhos que identifiquem a frequência e a intensidade desses eventos extremos podem ser instrumentos para auxiliar na tomada de decisões e planejamento urbano regional (Bertilsson et al., 2018; Huang et al., 2018; Jamali et al., 2018; Mustafa et al., 2018).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade pluviométrica, a intensidade e frequência da precipitação na Mesorregião Noroeste Paranaense (MRNOP), bem como avaliar a associação entre os totais de pluviosidade e extremos com a ocorrência do modo de variabilidade El Niño Oscilação Sul - ENOS. Para isso, utilizaram-se as escalas temporais anual, sazonal, mensal e diária com o recorte temporal de 1976 a 2018.

Material e métodos

A MRNOP (Figura 01) conta com aproximadamente 700 mil habitantes (IBGE, 2019). Possui uma importante área de produção agrícola (De Lima et al., 2006), demonstrando a importância de estudos das variáveis meteorológicas. A região possui grande parte de sua área com clima “cfa” (subtropical, sem estação seca e verão quente), é também a mais quente e com menores volumes pluviométricos anuais do estado do Paraná (Nitsche et al., 2019). O solo da MRNOP é predominantemente arenoso (Bhering et al., 2007).

Foram utilizados dados de 41 estações pluviométricas (Figura 01 e Tabela 01) da Agência Nacional das Águas (ANA), Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Instituto das Águas do Paraná (Figura 01).

Tabela 01 - Informações das estações meteorológicas utilizadas

Órgão responsável	Estação (Município)	Longitude	Latitude	Altitude	Recorte Temporal
ANA	Altônia	-53,88	-23,85	330m	1976 - 2018
ANA	Alto Piquiri	-53,46	-24,03	427m	1976 - 2018
ANA	Amaporã	-52,78	-23,08	396m	1976 - 2018
ANA	Aparecida do Ivaí	-53,06	-23,18	300m	1976 - 2018
ANA	Bairro Guruaia (São Jorge do Patrocínio)	53,90	-23,65	365m	1976 - 2018
ANA	Brasilândia do Sul	-53,53	-24,20	396m	1976 - 2018
ANA	Cidade Gaúcha	-52,55	-23,22	400m	1976 - 2018
ANA	COMUR (Planaltina do Paraná)	-52,91	-23,11	362m	1976 - 2018
ANA	Cristo Rei (Paranavaí)	-52,46	-22,76	400m	1976 - 2018
ANA	Deputado José Afonso (Paranavaí)	-52,66	-23,08	450m	1976 - 2018
ANA	Diamante do Norte	-52,86	-22,65	370m	1976 - 2018
ANA	Douradina	-53,28	-23,36	450m	1976 - 2018
ANA	Fazenda Aurora (Paranavaí)	-52,53	-22,88	410m	1976 - 2018
ANA	Fazenda Erechim (Loanda)	-53,03	-22,93	488m	1976 - 2018
ANA	Fazenda Guanabara (Paranapoema)	-52,15	-22,63	299m	1976 - 2018
ANA	Gauchinha (Planaltina do Paraná)	-52,93	-23,15	354m	1976 - 2018
ANA	Icaraíma	-53,61	-23,38	450m	1976 - 2018
ANA	Icatu (Querência do Norte)	-53,40	-22,98	399m	1976 - 2018
ANA	Igarité (Cianorte)	-52,63	-23,80	600m	1976 - 2018
ANA	Jardim Olinda	-52,05	-22,56	270m	1976 - 2018
ANA	Leoni (São Pedro do Paraná)	-53,15	-22,80	419m	1976 - 2018
ANA	Marco Preto (Alto Paraíso)	-53,71	-23,46	365m	1976 - 2018
ANA	Mariluz	-53,16	-23,98	345m	1976 - 2018
ANA	Ouro Verde (Tapejara)	-52,97	-23,66	447m	1976 - 2018
IAPAR	Paranavaí	-52,26	-23,05	480m	1976 - 2018
ANA	Pérola	-53,67	-23,79	438m	1976 - 2018
ANA	Pindorama (Xambrê)	-53,71	-23,71	405m	1976 - 2018
ANA	Planaltina do Paraná	-52,92	-23,02	433m	1976 - 2018
ANA	Porto Paraíso do Norte (Paraíso do Norte)	-52,66	-23,32	250m	1976 - 2018
ANA	Querência do Norte	-53,48	-23,08	349m	1976 - 2018
ANA	Rio Bonito (Francisco Alves)	-53,95	-24,08	350m	1976 - 2018
ANA	Santa Cruz do Monte Castelo	-53,28	-22,96	400m	1976 - 2018
ANA	Santa Eliza (Umuarama)	-53,46	-23,52	400m	1976 - 2018
ANA	Santa Mônica	-53,01	-23,43	370m	1976 - 2018
ANA	Santo Antônio do Caiuá	-52,35	-22,73	420m	1976 - 2016
ANA	Serra dos Dourados (Umuarama)	-53,36	-23,61	500,00	1977 - 2018
ANA	Tapira	-53,07	-23,32	401m	1976 - 2018
ANA	Terra Rica	-52,61	-22,73	450m	1976 - 2018
IAPAR	Umuarama	-53,17	-23,44	480m	1976 - 2018
ANA	Vila Carbonela (Maria Helena)	-53,32	-23,54	440m	1976 - 2018
ANA	Xambrê	-53,48	-23,73	412m	1976 - 2018

Fonte - ANA e IAPAR (2019); organizado pelos autores

Figura 01 - Localização das estações pluviométricas e o relevo da Mesorregião Noroeste Paranaense.

Fonte dos dados: IBGE (2018); organizado pelos autores.

Procedimentos técnicos

A distribuição espacial dos dados

pluviométricos foi obtida por meio de interpolação utilizando o método Inverse distance weighted (IDW), com o auxílio do Software Qgis. O IDW é

um interpolador recomendado para a espacialização de dados pluviométricos (Mueller, 2004). Sua funcionalidade estatística é fundamentada no modelo do inverso das distâncias, que confere maior peso entre os pontos amostrados mais próximos entre si, por meio do cálculo da média ponderada dos pesos amostrais pelo inverso de suas distâncias (Ely e Dubreuil, 2018).

Os dados pontuais das estações pluviométricas foram inseridos no Software Qgis e transformados em um arquivo tipo raster, com o auxílio do interpolador IDW. Este novo arquivo exibe uma superfície regular ajustada a estes dados pontuais de interesse com pixel de resolução espacial de 1 km por 1 km. Posteriormente foram inseridas isoietas e seus valores para melhor visualização das áreas com precipitação similar.

Além disso, para auxiliar na apresentação da distribuição de frequência dos dados em estudo foram utilizados os gráficos no formato de Box Plot. Por meio destes gráficos, é possível analisar: a medida de suas dispersões ao entorno da média por meio do desvio padrão, a posição de sua mediana, a que demonstra onde se encontra 50% dos dados, sua assimetria e a presença de pontos discrepantes ou outliers e extremos (Lem et al., 2013; Schneider e da Silva, 2014).

Os box plots representam cinco classificações de valores, são eles: mediana, outliers discrepantes e extremos e valores máximos e mínimos. Dentro box plot caixa são classificados três quartis (Q) com 25% dos dados cada, além do valor da mediana, que equivale ao segundo quartil - 50% dos dados (Lem et al., 2013; Schneider e da Silva, 2014). Os outliers são divididos em discrepantes (valores acima do considerado máximo, mas que não são extremos) e extremos, sendo considerados quaisquer valores superiores a $Q3 + 1,5 (Q3 - Q1)$ ou inferiores a $Q1 - 1,5 (Q3 - Q1)$. Os máximos e mínimos são considerados os maiores valores da série, mas que não são extremos ou discrepantes.

Para a análise por meio de Box Plot, foram utilizados dados de quatro estações meteorológicas, sendo uma em cada extremo da região e com discrepâncias nas alturas pluviométricas. Dessa forma, utilizaram-se as estações de Mariluz, Paranavaí, Querência do Norte e Umuarama (Figura 01). As escalas temporais analisadas por meio do box plot foram anuais, sazonais e mensais para as alturas pluviométricas e número de dias com chuva. Os gráficos foram tabulados e editados nos softwares Sigmaplot e Statistica.

Os dados de variabilidade climática ENOS foram obtidos na base de dados de Oceanic Niño Index (ONI), divulgados pelo Climate Prediction Center da National Oceanic Atmosphere Administration (NOAA, 2019), com o intuito de comparar a ocorrência de anos secos, chuvosos e os eventos extremos com a incidência dos eventos de El Niño e La Niña. O ONI é classificado por média móvel trimestral para determinar a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico Equatorial, na região El Niño 3.4 para cada mês (Trenberth et al., 2019). Para caracterizar El Niño, é necessário que ocorram pelo menos cinco trimestres móveis com a TSM com desvio igual ou superior a $0,5^{\circ}\text{C}$ acima da média histórica. O La Niña se estabelece quando as temperaturas médias permanecem inferiores a $-0,5^{\circ}\text{C}$ por pelo menos cinco trimestres móveis, enquanto os valores intermediários são classificados como neutros ou neutralidade (Tabela 01). O recorte temporal analisado foi de 1976 a 2018.

A detecção de frequência pluviométrica foi realizada por meio do número de dias com chuva e a comparação entre as estações. Enquanto a comparação dos eventos extremos com o ENOS foi realizada por meio da extração das dez maiores alturas pluviométricas da série nas escalas anuais, mensais e diárias e a identificação da fase de influência do fenômeno no período.

Quadro 01. Anos e meses de ocorrência do ENOS (El Niño em vermelho, La Niña em azul, e Neutralidade em preto) entre 1976-2018.

	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1976	-1,5	-1,1	-0,7	-0,4	-0,3	-0,1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,8
1977	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	0,8
1978	0,7	0,4	0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,1	0
1979	0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,6
1980	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0,2	0	0,1	0,1	0
1981	-0,2	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	0
1982	0	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,5	1,9	2,1	2,1
1983	2,1	1,8	1,5	1,2	1,0	0,7	0,3	0	-0,3	-0,6	-0,8	-0,8
1984	-0,5	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	-0,6	-0,9	-1,1
1985	-0,9	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3
1986	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,2	0,4	0,7	0,9	1,0	1,1
1987	1,1	1,2	1,1	1,0	0,9	1,1	1,4	1,6	1,6	1,4	1,2	1,1
1988	0,8	0,5	0,1	-0,3	-0,8	-1,2	-1,2	-1,1	-1,2	-1,4	-1,7	-1,8
1989	-1,6	-1,4	-1,1	-0,9	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1
1990	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4
1991	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	1,2	1,4
1992	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0,5	0,2	0	-0,1	-0,1	0
1993	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,9	1,0
1995	0,9	0,7	0,5	0,3	0,2	0	-0,2	-0,5	-0,7	-0,9	-1,0	-0,9
1996	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5
1997	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	0,6	1,0	1,4	1,7	2,0	2,2	2,3	2,3
1998	2,1	1,8	1,4	1,0	0,5	-0,1	-0,7	-1,0	-1,2	-1,2	-1,3	-1,4
1999	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,2	-1,4	-1,6
2000	-1,6	-1,4	-1,1	-0,9	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8
2001	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,3
2002	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,1
2003	0,9	0,7	0,4	0	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
2004	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7
2005	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2	0	-0,1	0	-0,2	-0,5	-0,7
2006	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,9
2007	0,7	0,4	0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,6	-0,9	-1,1	-1,3	-1,3
2008	-1,4	-1,3	-1,1	-0,9	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,6	-0,7
2009	-0,7	-0,6	-0,4	-0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	1,1	1,3
2010	1,3	1,2	0,9	0,5	0,0	-0,4	-0,9	-1,2	-1,4	-1,5	-1,4	-1,4
2011	-1,3	-1,0	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,6	-0,8	-0,9	-1,0	-0,9
2012	-0,7	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	-0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,1	-0,2
2013	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3
2014	-0,5	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,4	0,5	0,6
2015	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,2	2,3
2016	2,5	2,2	1,7	1	0,5	0	-0,3	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6
2018	-0,3	-0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,2	-0,1	-0,4	-0,7	-0,9	-1
2018	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	0,9	0,8

Fonte: NOAA/CPC (2019); adaptado pelos autores.

Resultados e discussão

A precipitação pluviométrica média anual apresenta grande variabilidade na Mesorregião Noroeste (figura 02). A porção Norte, próximo à foz dos Rios Ivaí e Paranapanema no Rio Paraná (menores altitudes da região - 200 a 300m), apresenta as menores alturas pluviométricas, oscilando de 1380 a 1480mm, em média. Enquanto a porção, relativamente mais alta, na porção sul (300 a 800m), sendo principalmente localizadas no extremo sudeste (600-800m), apresentam as

maiores alturas pluviométricas médias, variando de 1500 a 1630mm. As exceções ocorrem em pequena porção no centro-sul da bacia, uma mancha na representação com precipitação média de 1480mm. A distribuição das chuvas no Estado do Paraná vinculadas aos fatores altitude e latitude foram identificados em vários trabalhos (Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019; Ely, 2019), além de impactos no leste da África (Gleixner et al., 2016) leste da Ásia (Chen et al., 2018) e Austrália (van Rensch et al., 2018).

Figura 02 - Precipitação Média Anual na Mesorregião Noroeste Paranaense.

A precipitação na região, e em boa parte do estado do Paraná tem três principais meios de formação que interferem na sua distribuição

regional. Primeiro as frentes frias, que são caracterizadas pelo encontro da Massa de Ar Polar com a massa de ar quente continental; com o

advento da umidade geram uma forte instabilidade atmosférica, podendo levar à formação de cumulonimbus e acarretar na formação de tempestades severas, podendo vir acompanhada de fortes rajadas de vento e de precipitação de granizo. Porém, podem trazer chuvas de intensidade fraca a moderada, mas com duração maior de dias, se essa vier a ser estacionária (Berezuk e Sant'anna Neto, 2006; Berezuk, 2018; Punge et al., 2018; Sanchez et al., 2018). Essas têm atuação, principalmente, no outono, inverno e início da primavera e são responsáveis pelas elevadas alturas pluviométricas na região no inverno (Nitsche, 2019). A Massa de Ar Polar tem trajetória favorecida pela calha do Rio Paraná, impactando na chuva da MRNOP. São identificados em imagens de satélite por uma grande linha de instabilidade que avança no estado do Paraná no sentido Sudoeste – Nordeste. O relevo da região é descendente no sentido Norte-Sul, não contribuindo para o choque/atrito da massa de ar com o relevo, não forçando o ar a ascender e contribuir para a maior formação de chuvas, como nas regiões, oeste, centro-sul, sudoeste e Metropolitana de Curitiba Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019b).

Os outros dois principais meios de formação de precipitação na MRNOP são os Sistemas Convectivos e os Complexos Convectivos de Mesoescala - CCM, que têm atuação durante todo o ano, mas com predomínio nas estações de primavera e verão. Os CCM são identificados em imagens de satélite pelo seu formato aproximadamente circular e por uma vasta área de abrangência de tempestades. São definidos como um aglomerado de cumulonimbus cobertos por uma densa camada de cirros, sendo ainda sistemas de nuvens convectivas, com rápido crescimento vertical e horizontal num intervalo de tempo de 6 a

12 horas (Punge e Kunz, 2016; Dafis et al., 2018; Punge et al., 2018; Trefault et al., 2018). Dependendo de sua intensidade, podem criar vários núcleos com formação de tempestades e incidência de granizo. Seu deslocamento pelo Paraná é, normalmente, no sentido Oeste – Leste, advindos do Paraguai (Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019b). O relevo da região tem inclinação considerável, em algumas partes, no sentido Oeste – Leste, no sentido da calha do Rio Paraná para o interior da região. Podendo contribuir para o choque dos sistemas com o relevo, mesmo que não sejam grandes desníveis.

Os sistemas convectivos se diferenciam dos CCM pela menor abrangência espacial, formando-se pelo processo de transferência de calor por condução que ocorre em intensos movimentos verticais, levando assim ao rápido processo de condensação e a formação de Cumulonimbus (Middleton e Mcwaters, 2002; Dafis et al., 2018; Trefault et al., 2018; Caldana et al., 2018; Caldana et al., 2019c). Em ambos os sistemas, o atrito com o relevo também pode contribuir para a ascensão do ar mais quente e úmido, podendo formar núcleos de condensação e chuva. Isto explica as maiores alturas pluviométricas médias nas partes mais elevadas da região. A latitude também se mostrou um elemento determinante, uma vez que a porção sul da região se mostrou mais chuvosa que a norte.

Para melhor compreender a distribuição pluviométrica foram utilizados gráficos de box plot para algumas estações com precipitações discrepantes na região (Figura 03). Observa-se que as quatro estações apresentaram valores outliers, com grande diferença entre os valores máximo e mínimo e pequena diferença entre as medianas das estações.

Figura 03 - Variabilidade da Precipitação Pluviométrica Anual na Mesorregião Noroeste Paranaense.

Na estação de Mariluz não houve eventos extremos ou discrepantes. Nesta estação observou-se a maior inclinação dentre os box plots analisados, com assimetria a esquerda. Pela mediana foi à estação que apresentou maiores volumes pluviométrico com 1670 mm. A maior altura pluviométrica anual identificada nesta estação foi de 2438 mm no ano de 2015, observado como influência de El Niño.

Identificou-se na estação de Querência do Norte, no extremo oeste da região, observou-se as menores alturas pluviométricas anuais, havendo um valor discrepante na parte superior do box plot, referente ao ano de 1983 com altura pluviométrica de 2990mm. Cabe ressaltar, que nesse ano houve influência de um El Niño forte. Enquanto, na parte inferior do box plot houve outro valor discrepante referente ao ano de 1985 com 1111mm, quando houve a influência do fenômeno La Niña. A mediana desta estação foi de 1002mm. Houve nesta estação o ano mais seco dentre os analisados, fato ocorrido em 1978, com altura pluviométrica de

700mm, em período de neutralidade da TSM. O referido ano se mostrou anômalo em todas as estações analisadas.

Em Paranaíba, observou-se a menor discrepância entre os valores dos quartis 1 e 3, variando de 1380 a 1640mm mediana de 1475mm. Observou-se um valor extremo de 2436mm no ano de 2015, como já mencionado, sob influência de El Niño. Ocorreram ainda dois valores discrepantes, um em cada lado do diagrama. Na parte superior a precipitação foi de 2104mm, ocorrida no ano de 1997, sob influência de El Niño, enquanto na parte inferior do diagrama a altura pluviométrica foi de 977mm no ano de 1985, período com anomalia de La Niña. O El Niño do ano de 1997 demonstrou influência em parte do hemisfério Sul do globo, sentido os impactos positivos da anomalia de chuva também no Peru (Ramírez, 2019), leste da Austrália (Van Rensch et al., 2019) e da Ásia (Lin et al., 2019; Zheng et al., 2019)

Já a estação de Umuarama apresentou mediana de 1641 mm, a segunda mais chuvosa da

MRNOP. Constatou-se um valor discrepante, sendo o ano mais chuvoso dentre as estações analisadas com altura pluviométrica de 2625mm, também no ano de 2015. A diferença entre quartis foi de 1510 a 1802mm, com leve assimetria à direita.

Observou-se que a estação de Mariluz, a mais chuvosa da região, registrou número de dias com chuva inferior a Paranavaí e Umuarama (Figura 04), com mediana de 85 dias com chuva por ano. Indicando maior concentração na precipitação nas estações a sul da Mesorregião. Um fator que

pode justificar este padrão é a altitude da estação, uma vez que é a maior dentre as analisadas, com 450m, além do fator latitudinal, sendo a estação mais ao sul dentre as analisadas. A altitude ascende no sentido oeste-leste em mais 250m próximo a esta estação, podendo contribuir para as chuvas que se formam nesse sentido, como já mencionado. Ainda em Mariluz houve um ano com valor discrepante no número de dias com chuva com 125 dias no ano de 2015, sendo o mais chuvoso na série.

Figura 04 - Variabilidade do número de dias com chuva na Mesorregião Noroeste Paranaense

Em Querência do Norte, a estação mais seca dentre as analisadas, observou-se também menor frequência nas chuvas a mediana foi de 79 dias e o ano com menor número de dias com chuva foi 1994 com 41 dias, a precipitação neste ano de 985mm não sendo o mais seco na estação. A TSM influente nesse período foi de neutralidade.

As estações de Paranavaí e Umuarama apresentaram distribuição parecida no número de

dias com chuva, mesmo a estação de Paranavaí possuindo alturas pluviométricas anuais menores. As medianas foram de 115 e 119 dias, respectivamente. Os dois diagramas possuem distribuição parecida entre os quartis, variando em média 20 dias. O ano com maior número de dias com chuva em ambas as estações foi 2015, com 142 e 147 dias com chuva, respectivamente.

Para a precipitação sazonal (Figura 05) identificou-se distribuição similar à precipitação anual, com Mariluz com as maiores alturas pluviométricas e Querência do Norte com as menores. Os volumes de chuva decaem durante o

ano, ocorrendo às máximas no verão, com redução sentido outono, atingido o pico negativo na estação mais seca de inverno e voltando a aumentar na primavera.

Figura 05 - Variabilidade da Precipitação Pluviométrica Sazonal na Mesorregião Noroeste Paranaense.

Em Mariluz o outono foi a estação com maior variação entre quartis (210-470mm) e entre os valores máximos e mínimos (170-807mm). A estação de verão mesmo sendo a mais chuvosa, apresentou valores inferiores à mediana da estação mais seca de inverno (236mm). O verão mais seco ocorreu em 1978, com 210mm, período caracterizado com neutralidade da TSM, enquanto

o mais chuvoso ocorreu em 1997, com 841mm, também em período de neutralidade.

Já em Paranavaí, identificou-se o mesmo padrão de distribuição sazonal da precipitação que na estação de Mariluz, porém com discrepância menos significativas pela diferença entre quartis nos diagramas. Identificaram-se três valores discrepantes na série, sendo um no verão, no

valor de 877.9mm ocorridos no ano de 1997 (neutralidade); um no outono com altura pluviométrica de 861.4mm no ano de 1992 (El Niño); e a maior altura pluviométrica sazonal da série ocorrida na primavera de 2015, com 1043.6mm (El Niño). A menor precipitação sazonal nesta estação foi no inverno de 2010 com 64mm (La Niña).

Para a estação de Querência do Norte observou-se novamente, as menores alturas pluviométricas da série. Identificou-se dois valores discrepantes, sendo um no verão de 2016 com 970mm (El Niño) e um no outono de 1983 com 690mm (El Niño). Ainda observou-se a menor altura pluviométrica registrada em uma estação do ano, no inverno de 1988 com 32mm (La Niña).

Ely (2018); Caldana et al., (2019) também identificaram a abrangência e magnitude da precipitação de 1983 no Estado do Paraná. Esse padrão e aumento na precipitação nesse ano foram percebidos em toda a América do Sul (Kayano e Mourasa, 1986).

Em Umuarama identificou-se no verão a menor diferença entre quartis, variando de 452 a 560mm, indicando pouca variação da precipitação nesta estação, se comparada com as demais. Ao todo foram seis valores discrepantes para esta estação, sendo três superiores a 800mm. Dois destes valores foram registrados no outono, o primeiro e mais chuvoso foi em 1992 com 927mm (El Niño) e, em seguida, 830mm em 1983 (El Niño). Ainda houve um valor na primavera com 912mm em 2015 (El Niño).

Mensalmente (Figura 05), as estações demonstraram maior variação e incidência de eventos discrepantes e extremos. A distribuição da precipitação é similar à sazonal, com as maiores alturas pluviométricas observadas na estação de Mariluz e as menores em Querência do Norte.

Na estação de Mariluz, observou-se um valor extremo no mês de julho de 2015, com precipitação de 432mm, referente a um período de El Niño forte. Foram observados ainda 14 valores discrepantes na série analisada. O mês mais chuvoso na estação foi outubro, com mediana de 182mm, enquanto o mais seco foi agosto, com mediana de 77mm, mesmo apresentando maior variação e ocorrência de meses mais chuvosos que julho. Ao todo foram nove ocorrências de meses sem chuva nesta estação, entre os meses de abril, junho, julho, agosto e setembro. Com destaque para os meses de julho e agosto de 1988, marcando um período de pelo menos 60 dias sem chuva, sob influência da anomalia de La Niña.

Nascimento Junior et al., (2019) identificaram padrão similar da distribuição da chuva em toda a região norte do Estado do Paraná, com maiores alturas pluviométricas no verão e primavera, respectivamente. E utilizando testes estatísticos de tendência identificaram que essa distribuição tende a se intensificar nas próximas décadas com o processo de tropicalização da região, indicando que as chuvas devem ter uma ligeira concentração nestas estações e diminuir no outono e inverno.

Figura 06 - Variabilidade da Precipitação Pluviométrica Mensal na Mesorregião Noroeste Paranaense.

Na estação de Paranavaí observou-se onze valores discrepantes, além de um valor extremo de 518mm identificado no mês de novembro de 2015, ano discrepante em todos os métodos de análise. Esse mesmo mês também apresentou grande discrepância, variando do valor já citado à 21,3mm no ano seguinte de 2016 (La Niña), com quase 500mm de diferença de ano para o outro no mês de análise. Diferente de Mariluz, o mês mais chuvoso desta estação foi janeiro com mediana de 159mm. O janeiro mais chuvoso foi em 359mm em 2005 sob anomalia de El Niño. Foram oito ocorrências de meses sem chuvas, todas nos meses de inverno, com destaque para agosto, com quatro das ocorrências.

Em Querência do Norte, localizada na área mais seca da região, constatou-se a maior altura pluviométrica mensal, ocorrida no mês de dezembro de 2015 com 535mm. Em seguida, identificou-se um valor extremo no mês de julho do mesmo ano

com 295mm, considerado um valor extremo para este mês considerado seco. Assim como em Paranavaí, o mês mais chuvoso foi janeiro com mediana de 148mm, enquanto o mais seco foi agosto com mediana de 47mm, a menor mediana mensal dentre todas as estações analisadas.

Em Umuarama, identificou-se a maior discrepância em um mês sem valor extremo ou discrepante, ocorreu em maio com variação de 9,2mm em 2011 (La Niña) a 493mm em 2002 (neutralidade). Foi a estação com o mês de maio mais chuvoso aumentando em mais de 30mm em relação a abril e se diferenciando pela redução da chuva durante os meses de outono e inverno. O mês mais chuvoso nesta estação, assim como em Mariluz, foi outubro com mediana de 189mm. Foram identificados dois valores extremos em abril de 2002 com 493,5mm (El Niño) e em julho de 2015 com 437mm (El Niño).

As maiores alturas pluviométricas anuais, mensais e diárias foram retiradas para identificar os eventos extremos de precipitação, e assim comparar com o período correspondente da TSM. Para a precipitação anual e diária foram retiradas as dez maiores alturas pluviométricas das 07, 08 e 09.

Para a precipitação anual (Figura 06), observou-se em Mariluz que das dez maiores alturas

pluviométricas, sete foram em períodos de El Niño, sendo destes, os três anos mais chuvosos da série. Ainda houve quatro em períodos de neutralidade, e cabe destacar apenas um dos anos mais chuvosos na estação foram observados em períodos de La Niña.

Figura 07 - Maiores alturas pluviométricas anuais na Mesorregião Noroeste Paranaense e a comparação com El Niño-Oscilação Sul.

Em Paranavaí e Querência do Norte, nenhum dos dez anos mais chuvosos ocorreu em período de influência de La Niña. Destacam-se os eventos ocorridos em período de neutralidade, em Querência do Norte chegaram a se equiparar em eventos com El Niño. Já em Umuarama identificou-se seis eventos em período de El Niño, inclusive a maior altura pluviométrica anual das estações analisadas ocorrida em 2015 com 2625mm.

Em alguns anos, em condições de neutralidade do ENOS podem ocorrer períodos de precipitação elevada na região Sul do Brasil, pois há redução nos bloqueios atmosféricos na faixa subtropical, enquanto na faixa tropical da América do Sul o ar que ascende a oeste (baixa pressão atmosférica) tende a descer sobre as águas frias a

leste (alta pressão atmosférica). Em consequência, tem-se ausência de nuvens e de precipitação nesta região (Rao e Hada, 1990; Berlato et al., 2005; Anderson et al., 2018). Fator que justifica as precipitações elevadas em alguma das análises para o período de neutralidade na região.

Na Mesorregião Sudoeste Paranaense (Caldana et al., 2019) identificaram padrão similar de influência da TSM nas chuvas da região, assim como no Noroeste do Estado. Houve predominância de anos com mais chuvas em anos de El Niño e neutralidade, assim como, em eventos pluviométricos extremos.

Para a precipitação mensal (Figura 07), observou-se na estação de Chopinzinho que a maioria das precipitações mais elevadas por mês

ocorreu em períodos de El Niño, incidindo em sete dos doze meses do ano e ainda sendo as sete maiores alturas pluviométricas mensais registradas. O mês de outubro, o mais chuvoso da estação, também apresentou a maior altura pluviométrica mensal com 473mm em período de neutralidade. A maior altura pluviométrica foi registrada em julho de 1983. Apenas o mês de março mais chuvoso ocorreu em período de anomalia de La Niña, com 286mm no ano de 2018. Nesta estação, novamente observou-se

as maiores alturas pluviométricas em boa parte dos meses.

Em Paranavaí observou-se predomínio de El Niño nos meses mais chuvosos, em seis dos doze meses. A maior altura pluviométrica mensal desta estação ocorreu em novembro de 2015, ano de El Niño que se destaca em todos os métodos de análise. Houve duas ocorrências em períodos de La Niña, nos meses de setembro e dezembro.

Figura 08 - Maiores alturas pluviométricas mensais na Mesorregião Noroeste Paranaense e a comparação com El Niño-Oscilação Sul.

Querência do Norte foi à estação com mais influência de El Niño nos meses mais chuvosos da série, com oito dos doze meses analisados. Incluindo ainda o mês mais chuvoso dentre as estações analisadas que ocorreu em dezembro de 2015. Já Umuarama foi à estação com menor influência de El Niño, em apenas três dos meses analisados, a mesma quantidade de La Niña. Nesta estação destacaram os eventos em neutralidade da TSM, com seis eventos, incluindo o

mais chuvoso na estação com 493mm em maio de 2012.

Terassi et al. (2018) trabalharam com índice de o Índice de Precipitação Padronizada (SPI) mensal em todo o norte do Estado do Paraná, e diferente desse trabalho e da literatura consultada pelos autores, encontraram por meio parâmetros estatísticos empregados que indicaram predominantemente baixas correlações e coeficiente de determinação, e um índice de

concordância mal e péssimo entre os resultados obtidos pelo modelo de desempenho (SPI_1 vs. ENOS). As diferenças deste trabalho com o presente podem ser identificadas pelos métodos empregados, uma vez que o presente trabalhou apenas com os eventos discrepantes e/ou maiores de cada variável, enquanto o dos autores trabalhou com toda a série e com o SPI.

Para as maiores precipitações no intervalo de 24 horas (Figura 09), identificou-se em Mariluz houve predomínio de eventos extremos diários em período de neutralidade e El Niño com quatro das maiores alturas pluviométricas diárias em cada, sendo a maior registrada em junho de 2014, com 237mm.

Figura 09 - Maiores alturas pluviométricas em 24 horas na Mesorregião Noroeste Paranaense e a comparação com El Niño-Oscilação Sul

Fonte dos dados: Águas Paraná; ANA; IAPAR e INMET (2019); NOAA/CPC (2019), organizado pelos autores (2019).

A estação de Paranavaí, mesmo não sendo a mais seca na região, foi a que registrou as menores alturas pluviométricas máximas diárias, com a maior em junho de 2012, também em período de neutralidade. Houve predomínio de eventos em período de El Niño, com metade dos maiores eventos.

Em Querência do Norte e Umuarama observou-se, dentre os métodos analisados, a maior influência de La Niña nos eventos extremos diários, com três das dez maiores alturas pluviométricas, e ainda sendo a maior precipitação diária em Umuarama, com 158mm em junho de 1982. Destaca-se também que Umuarama foi à única

estação a registrar o maior número de eventos em neutralidade, dentre todos os métodos analisados.

Considerações finais

Constatou-se que os eventos de maiores alturas pluviométricas na região ocorreram normalmente em períodos de El Niño ou, com menor frequência, em neutralidade, enquanto que períodos de La Niña ocorreram em boa parte dos períodos secos e em poucos eventos chuvosos extremos.

Grandes precipitações pluviométricas foram identificadas em período de 24 horas na região, sendo a maior, de 237mm, na estação de Mariluz, superior à mediana da maioria dos meses em todas as estações. As estações de Paranavaí e Umuarama apresentaram maior frequência na chuva e menor intensidade, uma vez que, apresentaram

maior quantidade de dias com chuva e menores alturas pluviométricas que a estação de Mariluz, a mais chuvosa dentre as analisadas, possuindo menor número de dias com chuva e maior concentração nos dias que essa ocorre.

Portanto, a precipitação média anual da MRNOP é influenciada, principalmente pelo relevo, altitude e latitude que interferem no desenvolvimento e avanço dos sistemas atmosféricos. As regiões mais altas e com rápida ascensão no relevo apresentaram os maiores valores pluviométricos anuais. Enquanto a precipitação sazonal e mensal apresentou discrepâncias durante o ano com maiores alturas pluviométricas no verão, com redução no outono, atingindo o pico negativo nos meses de inverno e, voltando a ascender na primavera sentido aos meses de verão na MRNOP.

Referências

- Agovino, M., Casaccia, M., Ciommi, M., Ferrara, M., Marchesano, K., 2019. Agriculture, climate change and sustainability: The case of EU-28. Ecological Indicators. [online] 105. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.064>. Acesso em: 24 nov. 2018.
- Albuquerque, F. da S., de França, Ê. F., Lopes, P. M. O., de Albuquerque Moura, G. B., da Silva, B. B., & Barros, A. H. C. 2018. Aptidão climática de culturas agrícolas importantes para comunidades indígenas do semiárido brasileiro. Irriga, [online] 22. Disponível: <https://doi.org/10.15809/irriga.2018v22n1p59-73>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.
- Anderson, W., Seager, R., Baethgen, W., & Cane, M. (2018). Crop production variability in North and South America forced by life-cycles of the El Niño Southern Oscillation. Agricultural and Forest Meteorology, [online] 239. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.03.008>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.
- Berezuk, A.G., Neto, J.L.S.A., 2006. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, nos anos de 1997, 1998 e 2001. Revista Brasileira de Climatologia, [online] 2. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v2i0.25370>. Acesso em: 21 nov. 2019.
- Berezuk, A.G. 2018. Eventos extremos: estudo da chuva de granizo de 21 de abril de 2008 na cidade de Maringá-PR. Revista Brasileira de Climatologia, [online] 5. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v5i0.50483>. Acesso em: 21 nov. 2019.
- Berlato, M. A., Farenzena, H., & Fontana, D. C. 2005. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, [online] 40. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500001>. Acesso em: 21 nov. 2019.
- Bertilsson, L., Wiklund, K., de Moura Tebaldi, I., Rezende, O. M., Veról, A. P., & Miguez, M. G. 2019. Urban flood resilience—A multi-criteria index to integrate flood resilience into urban planning. Journal of Hydrology, [online] 573. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.052>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.
- Bhering, S. B., dos Santos, H. G., Bognola, I. A., Curcio, G., Carvalho Junior, W. D., Chagas, C. D. S., ... & Silva, J. D. S. 2009. Mapa de solos do Estado do Paraná, legenda atualizada. In Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios: anais. [Viçosa, MG]: SBCS; Fortaleza: UFC, [online]. Disponível em: alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/578217/1/SP5507.pdf. Acesso em: 20 de agosto de 2019.
- Buijn, K., Buurman, J., Mens, M., Dahm, R., & Klijn, F. (2018). Resilience in practice: Five principles to enable societies to cope with extreme weather events. Environmental Science & Policy, [online] 70. [online] Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.02.001>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.
- Caldana, N.F. da S., Junior, G.M.Y., de Moura, D.A.V., da Costa, A.B.F., Caramori, P.H., 2018. Ocorrências de Alagamentos, Enxurradas e Inundações e a Variabilidade Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu. Revista

- Brasileira de Climatologia, [online] 23. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.60584> Acesso em: 22 nov. 2018.
- Caldana, N. F. da S., Martelócio, A. C., Rudke, A. P., Nitsche, P. R., & Caramori, P. H. (2019). Frequência, Intensidade e Variabilidade Pluviométrica na Mesorregião Sudoeste Paranaense. *Revista Brasileira de Climatologia*, [online] 25. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.64516> Acesso em: 22 nov. 2019.
- Caldana, N.F. da S., Rudke, A.P., da Silva, I., Nitsche, P.R., & Caramori, P.H., 2019b. Gênese, Impacto e a Variabilidade das Precipitações de Granizo na Mesorregião Centro-Sul Paranaense, Brasil. *Caderno de Geografia*, [online] 29. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n56p61> Acesso em: 10 out. 2019.
- Caldana, N.F. da S., Martelócio, A.C., Rudke, A.P., Nitsche, P.R., Caramori, P.H. 2019c. Frequência, Intensidade E Variabilidade Pluviométrica Na Mesorregião Sudoeste Paranaense. *Revista Brasileira de Climatologia*, [online] 25. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.64516>. Acesso em: 10 out. 2019.
- Caramori, P. H., Caviglione, J. H., Wrege, M. S., Herter, F. G., Hauagge, R., Gonçalves, S. L., ... & Ricce, W. D. S. 2008. Zoneamento agroclimático para o pessegueiro e a nectarineira no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Fruticultura*, [online] 30. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400033> Acesso em: 10 out. 2019.
- Carvalho, A. A., de Assunção Montenegro, A. A., Santos, C. S., & Silva, T. G. F. 2018. Zoneamento agrometeorológico da moringa para o Estado de Pernambuco em condições atuais e projeções futuras. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, [online] 2. Disponível em: <https://doi.org/10.24221/jeap.2.3.2018.1419.194-202> Acesso em: 23 de setembro de 2019.
- Chen, J., Wang, X., Zhou, W., Wang, C., Xie, Q., Li, G., & Chen, S. (2018). Unusual rainfall in southern China in decaying august during extreme El Niño 2015/16: role of the Western Indian Ocean and North Tropical Atlantic SST. *Journal of Climate*, [online] 31. Disponível em: <https://doi.org/10.24221/jeap.2.3.2018.1419.194-202> Acesso em: 03 de abril de 2020.
- Chen, X., Wang, L., Niu, Z., Zhang, M., & Li, J. 2020. The effects of projected climate change and extreme climate on maize and rice in the Yangtze River Basin, China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 282. [online] Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107867> Acesso em: 22 de março de 2020.
- Conceição, M. A. F., Tonietto, J., & de Souza, R. T. 2018. Índices hídricos climáticos para a viticultura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [online] 53. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/24309> Acesso em: 20 de agosto de 2019.
- Conti, J. B. 2005. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. *Revista do Departamento de Geografia*, [online] 16. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0007> Acesso em: 20 de agosto de 2019.
- Dafis, S., Lagouvardos, K., Kotroni, V., Giannaros, T. M., Bartzokas, A., 2018. Observational and modeling study of a mesoscale convective system during the HyMeX—SOP1. *Atmospheric research*, [online] 187. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.12.001> Acesso em: 21 nov. 2019.
- Damascena, A. P. 2018 Zoneamento Agroclimático Para o Cultivo do Abacaxi no Espírito Santo Mediante Interpolação Espacial. *Revista Univap*, [online] 22. Disponível: <http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v22i40.811> Acesso em: 10 out. 2019.
- Ely, D., Dubreuil, V., 2018. Análise das tendências espaço-temporais das precipitações anuais para o estado do Paraná—Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, [online] 21. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.48643> Acesso em: 12 jan. 2019.
- Ely, D. F. 2019. Padrões Espaciais Das Tendências Das Precipitações Sazonais E Mensais No Estado Do Paraná—Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, Edição Especial 1. [online]. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.48643> Acesso em: 12 mar. 2020.
- Gelcer, E., Fraisse, C. W., Zotarelli, L., Stevens, F. R., Perondi, D., Barreto, D. D., ... & Southworth, J. 2018. Influence of El Niño-Southern oscillation (ENSO) on agroclimatic zoning for tomato in Mozambique. *Agricultural and forest meteorology*, [online] 248. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.10.002> Acesso em: 10 out. 2019.
- Gleixner, S., Keenlyside, N., Viste, E., & Korecha, D. 2017. The El Niño effect on Ethiopian summer rainfall. *Climate Dynamics*, [online] 49. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3421-z> Acesso em: 20 de agosto de 2019.
- Huang, K., Chen, L., Zhou, J., Zhang, J., & Singh, V. P. 2018. Flood hydrograph coincidence analysis for mainstream and its tributaries. *Journal of hydrology*, [online] 565, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.07.031> Acesso em: 20 de agosto de 2019.

- <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.007>
Acesso em: 10 out. 2019.
- IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2018. Censo Demográfico: Brasil, 2018. Rio de Janeiro: IBGE, [online]. Disponível:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>
Acesso em: 24 nov. 2019.
- Jamali, B., Löwe, R., Bach, P. M., Urich, C., Arnbjerg-Nielsen, K., & Deletic, A. 2018. A rapid urban flood inundation and damage assessment model. *Journal of hydrology*, [online] 564. Disponível:
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.07.064>
Acesso em: 24 nov. 2019.
- Karimi, V., Karami, E., Keshavarz, M. 2018. Vulnerability and adaptation of livestock producers to climate variability and change. *Rangeland ecology & management*, [online] 71. Disponível:
<https://doi.org/10.1016/j.rama.2018.09.006>
Acesso em: 12 jan. 2019.
- Karimi, V., Karami, E., Keshavarz, M., 2018. Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. *Journal of Integrative Agriculture*, [online] 71. Disponível:
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61794-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61794-5)
Acesso em: 12 jan. 2019.
- Kayano, M. T., & Moura, A. D. 2018. O El Niño de 1982-83 e a precipitação sobre a América do Sul. *Brazilian Journal of Geophysics*, [online] 4. Disponível:
<http://dx.doi.org/10.22564/rbgf.v4i2.1055>
Acesso em: 03 abr. 2020.
- Lem, S., Onghena, P., Verschaffel, L., & Van Dooren, W. 2013. The heuristic interpretation of box plots. *Learning and Instruction*, [online] 26. Disponível:
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.01.001>
Acesso em: 19 out. 2019.
- de Lima, J. F., Alves, L. R., Piffer, M., & Piacenti, C. A. (2006). Análise regional das mesorregiões do estado do Paraná no final do século XX. *Análise Econômica*, [online] 24. Disponível em:
<https://doi.org/10.22456/2176-5456.10845>
Acesso em: 20 de agosto de 2019.
- Lin, Y. F., & Wu, C. R. (2019). Distinct impacts of the 1997–98 and 2015–16 extreme El Niños on Japanese eel larval catch. *Scientific reports*, [online] 9. Disponível em:
<https://doi.org/10.22456/2176-5456.10845>
Acesso em: 03 de abril de 2020.lin
- Maia, A. G., Miyamoto, B. C. B., & Garcia, J. R. (2018). Climate change and agriculture: do environmental preservation and ecosystem services matter?. *Ecological economics*, [online] 152. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.05.013>
Acesso em: 20 de agosto de 2019.
- Marcelino, E.V., Nunes, L.H., Kobiyama, M. 2006. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. *Caminhos de Geografia*, 7(17) 72-84.
- Mendenhall, E., Hendrix, C., Nyman, E., Roberts, P. M., Hoopes, J. R., Watson, J. R., ... & Sumaila, U. R. 2020. Climate change increases the risk of fisheries conflict. *Marine Policy*, [online] 117. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103954>
Acesso em: 20 de março de 2020.
- Middleton, S., McWaters, A., 2002. Hail netting of apple orchards—Australian experience. *Compact Fruit Tree*, 35(2), 51-55.
- Mueller, T.G., Pusuluri, N.B., Mathias, K.K., Cornelius, P.L., Barnhisel, R. I., Shearer, S.A., 2004. Map quality for ordinary kriging and inverse distance weighted interpolation. *Soil Science Society of America Journal*, [online] 68. Disponível:
<https://doi.org/10.2136/sssaj2004.2042>
Acesso em: 17 nov. 2019.
- Mustafa, A., Bruwier, M., Archambeau, P., Erpicum, S., Pirotton, M., Dewals, B., & Teller, J. 2018. Effects of spatial planning on future flood risks in urban environments. *Journal of environmental management*, [online] 225. Disponível:
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.090>
Acesso em: 24 nov. 2019.
- Nascimento Júnior, L., Silvestre, M. R., & Neto, J. L. S. A. 2019. Trends and rainfall tropicalization in Paraná State, south of Brazil. *Atmosfera*, [online] 33. Disponível:
<https://doi.org/10.20937/ATM.52441>
Acesso em: 03 de abril de 2020.
- Nguyen, T. H. 2020. Linking climate change to urban storm drainage system design: An innovative approach to modeling of extreme rainfall processes over different spatial and temporal scales. *Journal of Hydro-environment Research*. [online] 29. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.jher.2020.01.006>
Acesso em: 20 de março de 2020.
- Nitsche, P. R., Caramori, P. H., Ricce, W. D. S., & Pinto, L. F. D. 2019. Atlas Climático do Estado do Paraná. Londrina, PR: IAPAR, Disponível:
<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>
Acesso em: 15 de janeiro de 2019.
- NOAA/CPC - National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Prediction Center. 2019. Oceanic Niño Index. [online] Disponível em:

- http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml Acesso em: 15 de janeiro de 2019.
- Oka, K., Mizutani, W., & Ashina, S. 2020. Climate change impacts on potential solar energy production: A study case in Fukushima, Japan. *Renewable Energy*, [online] 153. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.126> Acesso em: 20 de março de 2020.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00298818/> 15 de janeiro de 2019.
- Perera, A. T. D., Nik, V. M., & Scartezzini, J. L. 2019. Impacts of extreme climate conditions due to climate change on the energy system design and operation. *Energy Procedia*, [online] 159 Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.002> Acesso em: 20 de março de 2020.
- Punge, H. J., Kunz, M., 2016. Hail observations and hailstorm characteristics in Europe: A review. *Atmospheric Research*. [online] 176. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.02.012> Acesso em: 17 nov. 2018.
- Punge, H. J., Bedka, K.M., Kunz, M., Reinbold, A., 2018. Hail frequency estimation across Europe based on a combination of overshooting top detections and the ERA-INTERIM reanalysis. *Atmospheric research*, [online] 198. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.07.025> Acesso em: 17 nov. 2018.
- Ramírez, I. J. (2019). Exploring Tropical Variability and Extremes Impacts on Population Vulnerability in Piura, Peru: The Case of the 1997–98 El Niño. In *Tropical Extremes*. [online] Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809248-4.00008-X> Acesso em: 03 de abril de 2020.
- Rao, V. B., & Hada, K. 199). Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*, [online] 42. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00868215> Acesso em: 20 de agosto de 2019.
- Van Rensch, P., Arblaster, J., Gallant, A., Cai, W., Nicholls, N., & Durack, P. (2018, April). Understanding regional teleconnections from strong El Niño events: a case study of east Australian springtime rainfall. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* [online] 20, Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018EGUGA..2011618V/abstract> Acesso em: 03 de abril de 2020.
- Van Rensch, P., Arblaster, J., Gallant, A., Cai, W., Nicholls, N., & Durack, P. J. 2019. The Unusual Impact of the 1997 El Niño on East Australian Spring Rainfall. *AGUFM*, 2019, [online] 1223. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019AGUFMGC31D1223V/abstract> Acesso em: 03 de abril de 2020.
- Sanches, F. de O., Verdum, R., & Fisch, G. 2014. Tendência de longo prazo das chuvas diárias no Sudoeste do Rio Grande do Sul: os eventos extremos e a arenização. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7(06), 1100-1109.
- Sanchez, J.L., Merino, A., Melcón, P., García-Ortega, E., Fernández-González, S., Berthet, C., Dessens, J., 2018. Are meteorological conditions favoring hail precipitation change in Southern Europe? Analysis of the period 1948–2015. *Atmospheric research*, [online] 198. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.08.003> Acesso em: 17 nov. 2018.
- Schneider, H., & da Silva, C. A. 2014. O uso do modelo box plot na identificação de anos-padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. *Revista do Departamento de Geografia*, [online] 27. Disponível: <https://doi.org/10.11606/rdg.v27i0.495> Acesso em: 17 nov. 2019.
- Terassi, P. D. B., Oliveira Júnior, J. F., Gois, G., & Galvani, E. (2018). Variabilidade do índice de precipitação padronizada na região norte do estado do paran associada aos eventos de el nio-oscilao sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, [online] 33. Disponível: <https://doi.org/10.1590/0102-7786331002> Acesso em: 17 nov. 2019.
- Trenberth, K.; National Center For Atmospheric Research Staff (Eds). ltima alterao em 02 fev 2016. "The Climate Data Guide: Nio SST Indices (Nio 1+2, 3, 3.4, 4; ONI and TNI)." Disponível <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/Nio-sst-indices-Nio-12-3-34-4-oni-and-tni>. Acesso em 22 de janeiro 2019.
- Zanocco, C., Boudet, H., Nilson, R., & Flora, J. 2019. Personal harm and support for climate change mitigation policies: Evidence from 10 US communities impacted by extreme weather. *Global Environmental Change*, [online] 59, Disponível: <https://doi.org/10.11606/rdg.v27i0.495> Acesso em: 17 nov. 2019.
- Zheng, J., Liu, Q., & Chen, Z. (2019). Contrasting the impacts of the 1997–1998 and 2015–2016

extreme El Niño events on the East Asian winter atmospheric circulation. Theoretical and Applied Climatology, [online] 136, Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2525-2> Acesso em: 03 de abril de 2020.