

**Fases do Enos e características da precipitação pluvial e temperatura na região de
Guarapuava, Sul do Brasil**

**Enso phases and characteristics of rainfall and temperature in the Guarapuava region,
southern Brazil**

**Fases del Enos y características de lluvia y temperatura en la región de Guarapuava,
Sur de Brasil**

Recebido: 20/03/2020 | Revisado: 21/03/2020 | Aceito: 26/03/2020 | Publicado: 28/03/2020

Janaina Cosmedamiana Metinoski Bueno

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0359-2078>

Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

E-mail: janainametinoski@gmail.com

Sidnei Osmar Jadoski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6064-2767>

Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

E-mail: sjadoski@unicentro.br

Vanderlei aparecido de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1569-8723>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: valima66@gmail.com

Natana Maria Metinoski Bueno

ORCID: <https://orcid.org/00000-0003-2484-6521>

Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

E-mail: natanamariametinoski@outlook.com

Resumo

O Enos (El Niño-Oscilação Sul), é um sistema cujas fases positiva ou negativa, são capazes de modificar os padrões das variáveis que determinam o clima no hemisfério Sul. Contudo são ainda escassas as informações sobre a influência em características climáticas regionais, considerando que existem aspectos localizados que também interferem na configuração do clima. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento das variáveis temperatura com suas componentes de média, mínima e máxima e precipitação pluvial, sob influência das fases do Enos na região de Guarapuava-PR no Sul do Brasil. Utilizou-se série temporal com dados climáticos do período 1976 a 2018. Avaliação estatística foi realizada por análise descritiva e

multivariada com e análise de componente principal (ACP) e cluster hierárquico (HCA) com apresentação de resultados na forma de mapas de calor. Verificou-se que em períodos de Neutralidade e La Niña a primavera e verão são mais chuvosos em relação ao outono e inverno. Com predomínio de El Niño, ocorrem dois períodos de precipitação mais intensa, um na primavera e início do verão, e outro nos meados do outono e início de inverno com índices mais elevados em relação ao primeiro. O mês de agosto apresenta os menores índices de precipitação pluvial, independente da fase Enos estabelecida.

Palavras-chave: El Niño; La Niña; Variáveis climáticas.

Abstract

Enso (El Niño South Oscillation), is a system whose positive or negative phases can modifying the patterns of the variables that determine the climate in the southern hemisphere. However, information about the influence on regional characteristics is still scarce, considering that there are site aspects that also interfere in the climate configuration. The objective of this work was to evaluate the behavior of temperature with the components of average, minimum and maximum and rainfall, under the influence of the Enos phases of the region of Guarapuava-PR in southern Brazil. Was used time serie with climatic data from 1976 to 2018. The statistical evaluation was performed by descriptive and multivariate analyzes with principal component analysis (ACP) and hierarchical cluster (HCA) with presentation of results in the form of heat maps. It was found that in periods of La Niña and neutrality, spring and summer are rainier compared to autumn and winter. With the predominance of El Niño, occur two rainfall periods, one in spring and early summer, and other in mid-autumn and early winter with higher rates compared to the first. The month of August presents the lowest levels of rainfall, regardless of the Enos phase.

Keywords: El Niño; La Niña; Climatic variables.

Resumen

Enos (El Niño Oscilación Sur), es un sistema cuyas fases positivas o negativas pueden modificar los patrones de las variables que determinan el clima en el hemisferio sur. Sin embargo, las informaciones sobre la influencia en las características climáticas regionales aún son escasas, considerando que hay aspectos localizados que también interfieren con la configuración del clima. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de las variables temperatura con sus componentes promedio, mínimo y máximo y precipitación, bajo la influencia de las fases de Enos en la región de Guarapuava-PR, en el sur de Brasil. Se

utilizó una serie temporal con datos climáticos de 1976 a 2018. La evaluación estadística se realizó mediante análisis descriptivo y multivariado con análisis del componente principal (ACP) y grupo jerárquico (HCA), con presentación de resultados en forma de mapas de calor. Se encontró que en los períodos de Neutralidad y La Niña, la primavera y el verano son más lluviosos en relación con el otoño y el invierno. Con un predominio de El Niño, hay dos períodos de lluvias más intensas, uno en primavera y principios de verano, y otro a mediados de otoño y principios de invierno, con tasas más altas en comparación con el primero. El mes de agosto presenta los niveles más bajos de lluvia, independientemente de la fase de Enos establecida.

Palabras clave: El Niño; La Niña; Variables climáticas.

1. Introdução

O Enos (El Niño Oscilação Sul) é a variabilidade interanual que influencia o clima global (Messié & Chavez, 2011), refere-se a um sistema acoplado entre oceano e atmosfera no Oceano Pacífico equatorial, com oscilação de 3 a 6 anos e representa 18% da variação total do clima mundial (Lizumi et al., 2014). Seus efeitos são observados em diferentes setores da economia no mundo (Heino et al., 2018).

As fases do Enos são moduladas pela ODP (Oscilação Decadal do Pacífico), essa modulação ocorre porque o ODP pode alterar a TSM no Pacífico tropical onde o ENOS ocorre, além de poder intensificar ou enfraquecer as fases do ENOS (Wang, Guilardi & Jin, 2014).

O ENOS é mensurado pelo Índice Oceânico de Niño (ION), por meio da anomalia de temperatura da superfície do mar, que é utilizada como critério para a classificação da intensidade (fraco, moderado, forte e muito forte) de suas fases. Essa classificação ocorre na região Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W) (SU et al., 2018). Recentemente Lin & Qian (2019), demonstraram que a passagem entre a fase quente do Enos para a fase fria ocorre por uma onda oceânica subterrânea que inicia no Pacífico ocidental e atinge o Pacífico central/leste que leva ao surgimento de anomalia de temperatura da superfície do mar.

A variação da temperatura da superfície do mar, ocasiona mudanças na convecção sobre o Pacífico, que altera os padrões climáticos locais em diferentes partes do mundo (Su, Lian, Zhang & Chen, 2018) modificando os valores da temperatura, precipitação, estiagens (Schubert et al., 2016) e tornados (Sparrow & Mercer, 2016). O Fenômeno é dividido em duas fases extremas, El Niño e La Niña. El Niño representa a fase quente porque está

associado a elevação da TSM, a fase de La Niña representa a fase fria, em que ocorre o resfriamento TSM. Enquanto que a ausência das duas fases é denominada de neutralidade atmosférica (Warner & Oberheide, 2014).

No Sul do Brasil, as fases do ENOS podem alterar os valores de precipitação e temperatura, sendo que em episódios de El Niño é observado elevação da temperatura aliado com o aumento da pluviosidade, enquanto que em La Niña ocorre a diminuição da temperatura do ar e redução das chuvas, evidenciando que essa região é altamente influenciada pelo sinal do ENOS (Schossler, Simões, Auino & Viana, 2018). Avaliando efeitos das fases do Enos, Marcuzzo & Romero (2013), verificaram que os fenômenos climáticos das fases do Enos afetam a dinâmica climática local, com influência sazonal, ocasionando mudanças significativas no regime das chuvas máximas diárias, podendo aumentar ou diminuir o volume de precipitação em períodos do el niño e la niña, respectivamente,

Em avaliações de características ambientais associadas as fases do Enos, Bernert, Jadoski, Watzlawick, Lima & Zerbieli (2020) verificaram adequada eficiência da utilização de série temporal de dados em estatística multivariada com aplicação de Análise dos Componentes Principais (PCA), para verificação de padrões e efeitos climáticos. Stival et al. (2018) descrevem que uso de análise multivariada em avaliações de dados, apresenta-se como um sistema funcional e eficiente, geralmente possibilitando maior clareza e interpretabilidade na análise de fenômenos complexos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento das variáveis temperatura com suas componentes de média, mínima e máxima e precipitação pluvial sob influência das fases do Enos na região de Guarapuava-PR, no Sul do Brasil.

2. Material e Métodos

Foi utilizada uma série temporal histórica de 43 anos de dados climáticos composta pelas variáveis de temperaturas (média, mínima e máxima) e precipitação pluvial do período entre 01 de janeiro de 1976 a 31 de dezembro de 2018. Os dados climáticos foram obtidos do acervo da estação meteorológica da UNICENTRO-IAPAR, situada em Guarapuava-PR, tendo como suporte dados do Sistema Meteorológico do Paraná-SIMEPAR. O método de trabalho compreendeu pesquisa exploratória, a partir de base de dados climáticos, conforme caracterizam Pereira et al. (2018).

Guarapuava localiza-se no Terceiro Planalto, na região Centro-Sul do estado do

Paraná, tendo como coordenadas centrais 25° 23' 43"S e 51° 27' 29"W (IBGE, 2020), com área de 3.168,087 km² (IBGE, 2020), sendo o maior município do estado em extensão territorial do estado. A altitude média local é de aproximadamente 1150 metros, com predominância de solo do tipo Latossolo Bruno (Bhering et al., 2013).

O clima na região de Guarapuava é do tipo Cfb (Subtropical Úmido Mesotérmico), segundo critérios da classificação de Köppen (Wagner, Jadoski, Saito, Suchoronzek & Scabeni, 2009), sem estação seca e a média do mês de menor temperatura inferior a 18°C. A temperatura média anual é de 17°C, enquanto que a precipitação média anual é superior a 1700 mm, bem distribuída durante o ano, com predominância de intensidade moderada (Salton, Morais, Caramori & Borrozzino, 2016).

No Estado do Paraná, as chuvas são mais abundantes na primavera, sendo influenciadas pela convergência horizontal de umidade, monções, incursões de frentes frias e relevo (Grimm e Zilli (2009); Salton, Morais, Caramori & Borrozzino, 2016), além, do posicionamento do jato subtropical e dos ventos, com suave diminuição da precipitação no inverno ocasionados pelo bloqueios atmosféricos (Marques & Rao, 1999).

A temperatura média diária foi obtida pelo o método do INMET, que relaciona a maior e a menor temperatura do dia, além da temperatura das 9 e das 21 horas, conforme descrevem Medeiros, Tavares, Kassar, Silva & Silva (2012).

Para diferenciar as fases do ENOS no período de estudo foram utilizados o banco de dados da NOAA (Nacional Oceanic and Atmospheric Administration), que é apresentado de modo mensal, obtido pelo *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature - (ERSST) v5*, medido pelo Índice Oceânico Niño (ION), na região Niño 3.4 (5° N-5° S, 120°-170° W), no Oceano Pacífico (NOAA, 2019).

Foram empregados recursos da estatística descritiva, para obter a frequência das fases durante o período de estudo e durante as estações do ano. A média foi utilizada para caracterizar o comportamento das variáveis climáticas durante os meses do ano para as três fases do Enos.

As variáveis analisadas foram temperatura nas suas componentes de média, mínima e máxima e precipitação pluvial. Foi utilizada análise multivariada para estabelecer as relações de similaridade e agrupamento entre as variáveis nos períodos de ocorrência de cada fenômeno, a partir da análise de componente principal (ACP) e análise de cluster hierárquico (HCA). O HCA foi utilizado como método de ligação a distância Euclidiana com o nível de corte entre 2 e 4, sendo os resultados demonstrados na forma de mapa de calor (*Two-Way Joining*).

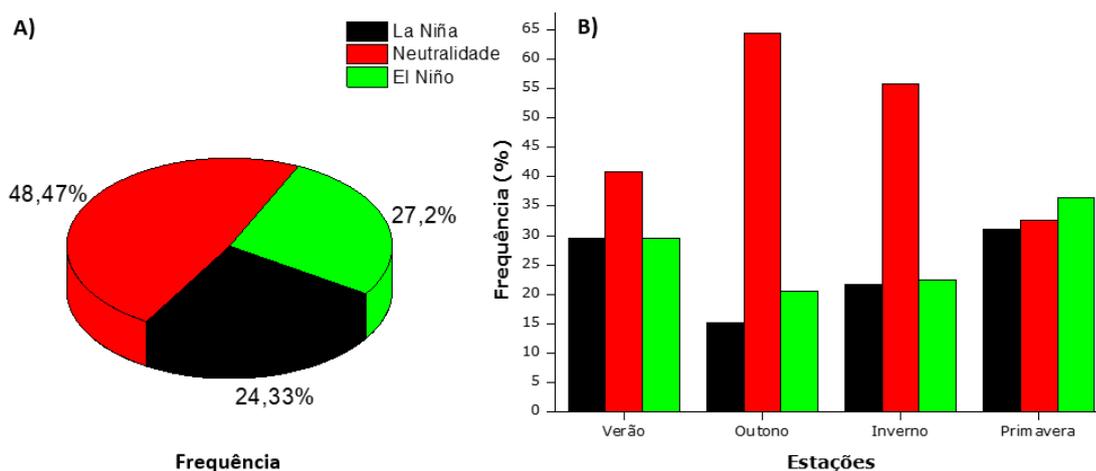
As análises foram realizadas com o software R (The R Project for Statistical Computing, v.3.5.3) e no software Statistic versão 8, Devido as variáveis apresentarem escalas diferentes foi utilizada normalização dos dados pelo método de padronização Z (*Z score*) com média zero de desvio padrão 1, Conforme descrito em Hyndman & Athanasopoulos (2019).

A opção pela análise multivariada levou em consideração Nascimento, Reis, Roeser & Fonseca (2019) e Khaledian et al. (2018) que descrevem sobre sua importância para o reconhecimento de padrões, além de Reis et al. (2019) que destacam a relevância deste processo de análise e uso de ACP como ferramenta estatística, visando auxiliar na detecção e compreensão de resultados, notadamente em estudos ambientais.

3. Resultados e Discussão

A estatística descritiva de frequência (Figura 1) demonstra que existe uma distribuição distinta em relação a ocorrência das fases do ENOS para a América do Sul e também para as estações do ano durante série temporal analisada.

Figura 1 - (A) Ocorrência dos fenômenos climáticos ao longo do período de 1976-2018, e (B) Frequência das fases do ENOS nas estações do ano no período de 1976-2018, na América do Sul. Medido na região Niño 3.4 (5° N-5° S, 120°-170° W).



Fonte: Elaborado pelos autores.

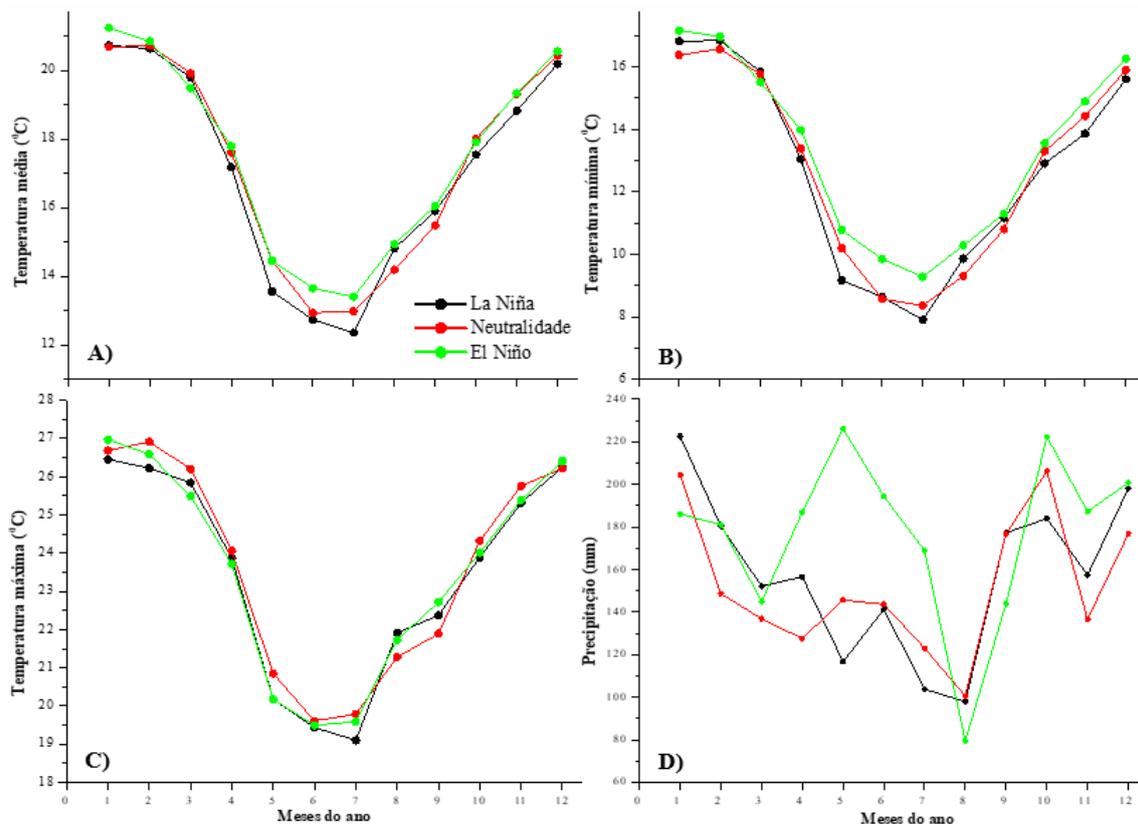
Na Figura 1A é apresentada a distribuição porcentual da ocorrência dos fenômenos na série temporal avaliada, na qual pode-se verificar que El Niño e La Niña representam juntos mais de 50% do período. Ocorrendo El Niño em 27,2% e La Niña em 24,33% do período,

respectivamente. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Welhouse, Lazzara, Keller, Tripoli & Hitchman (2016), que analisando o período entre 1950 a 1997, relatam a frequência de El Niño de 31%, La Niña com 23% e neutralidade com 46%. (CPTEC, 2020) demonstra maior frequência temporal de neutralidade e valores aproximadamente similares para a ocorrência de El Niño e La Niña. Assim como Junges, Bremm & Fontana (2019).

Já a Figura 1B evidencia que a frequência das fases opostas do Enos, com El Niño e La Niña alcança os maiores índices nas estações de primavera e verão e da Neutralidade nas estações de outono e inverno. Entretanto, somente na primavera a frequência de Neutralidade não é superior a de El Niño e La Niña. Os Resultados estão de acordo com relatos de Oliveira (2001) que verificou aumento da frequência das fases do ENOS na primavera.

A Figura 2A evidência que os fenômenos de neutralidade atmosférica são mais frequentes e predominam em 48,47% do tempo.

Figura 2 – (A) Comportamento da temperatura média, (B) Comportamento da temperatura mínima, (C) Comportamento da temperatura máxima e (D) Comportamento da precipitação ao longo dos meses nos diferentes fenômenos ENOS.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As variações da temperatura média mensal entre as fases extremas do ENOS e Neutralidade são apresentada na Figura 2A. Evidencia-se que em condições do fenômeno El Niño a temperatura média mensal é notadamente mais elevada nos meses de inverno e no início do verão, destacando-se o mês de janeiro. Já com o predomínio de La Niña, os meses de maio, junho e julho apresentam temperaturas médias mais baixas em relação aos demais fenômenos, o que ocorre com menor intensidade também nos meses de outubro, novembro e dezembro. Na condição de Neutralidade, destacam-se os meses de agosto e setembro, com tendência de temperatura mais baixa.

Para a temperatura mínima, apresentada na Figura 2B, As tendências são de determinada similaridade com o comportamento da temperatura média. Destacam-se valores mais elevados nas condições de El Niño, notadamente no inverno e primavera, com exceção do mês de março. A condição de La Niña apresenta situação oposta, com tendência de temperatura mínima mais baixa em relação a períodos de El Niño. Em Neutralidade atmosférica são evidenciadas menores mínimas nos meses de agosto e setembro no inverno e janeiro e fevereiro no verão.

O comportamento temporal da temperatura máxima é apresentado na Figura 2C. As evidências mais destacadas são para os maiores valores em condição de neutralidade atmosférica, em que as máximas superaram os valores verificados em relação aos demais fenômenos na maioria dos meses do ano, com exceção evidente no inverno, quando em agosto e setembro as máximas são mais baixas nesta condição e intermediárias em dezembro.

Diante destes resultados, nota-se que em condições de El Niño nos meses de meados de outono e inverno podem ser esperadas condições de menor amplitude térmica, com temperaturas mínimas e médias mais elevadas. A amplitude térmica das estações também tende a ser menor em períodos de La Niña, porém, de forma oposta a El Niño, com temperatura mais baixas. A Neutralidade atmosférica por sua vez, apresenta extremos de temperatura que denotam aumento de amplitude térmica a partir das diferenças entre as mínimas e as máximas mensais no período de final de outono e início do inverno, nos meses de maio, junho e julho. Neste sentido, verifica-se em Guimarães & Reis (2012), que analisaram 265 estações em todo o Brasil, que os episódios de El Niño e La Niña alteram os valores de temperaturas mínimas e máximas para a região Sul, de acordo com o Fenômeno estabelecido, porém com particularidades em função das características locais.

As análises considerando a precipitação pluvial demonstram que em condições de El Niño, inicia-se no mês de março um período de elevação da precipitação média, que atinge um pico no mês de maio, permanecendo acima da média verificada nas condições de La Niña

e neutralidade até meados do mês de julho. Resultados que caracterizam o outono e terço inicial do inverno como mais chuvosos quando a fase quente do Enos está estabelecida. Neste caso ainda ocorre um segundo pico de precipitação no mês de outubro, contudo ajustando-se aos valores médios dos demais fenômenos em novembro.

Em períodos de La Niña e de Neutralidade, a precipitação apresenta tendências aproximadamente similares, sendo ambos com menores índices entre abril e julho, e outubro e novembro em comparação a presença de El Niño. Os resultados demonstram também que em condições de neutralidade, o período de dezembro a abril tende a apresentar menores índices de precipitação em relação aos demais fenômenos, inclusive La Niña.

Considerando tais resultados, entende-se que a precipitação pluvial na região é bem caracterizada. Com índices distribuídos de forma a não apresentar definição quanto estação seca ou chuvosa. Entretanto com primavera e verão mais chuvosos em relação ao outono e inverno em períodos de Neutralidade e La Niña. Já com predomínio de El Niño, ocorrem dois picos de precipitação, um na primavera e verão que tende a manter elevados os índices de precipitação, porém sendo estes menores em relação ao segundo, no outono, e início de inverno. Independente do fenômeno presente, o mês de agosto apresenta-se como mais seco.

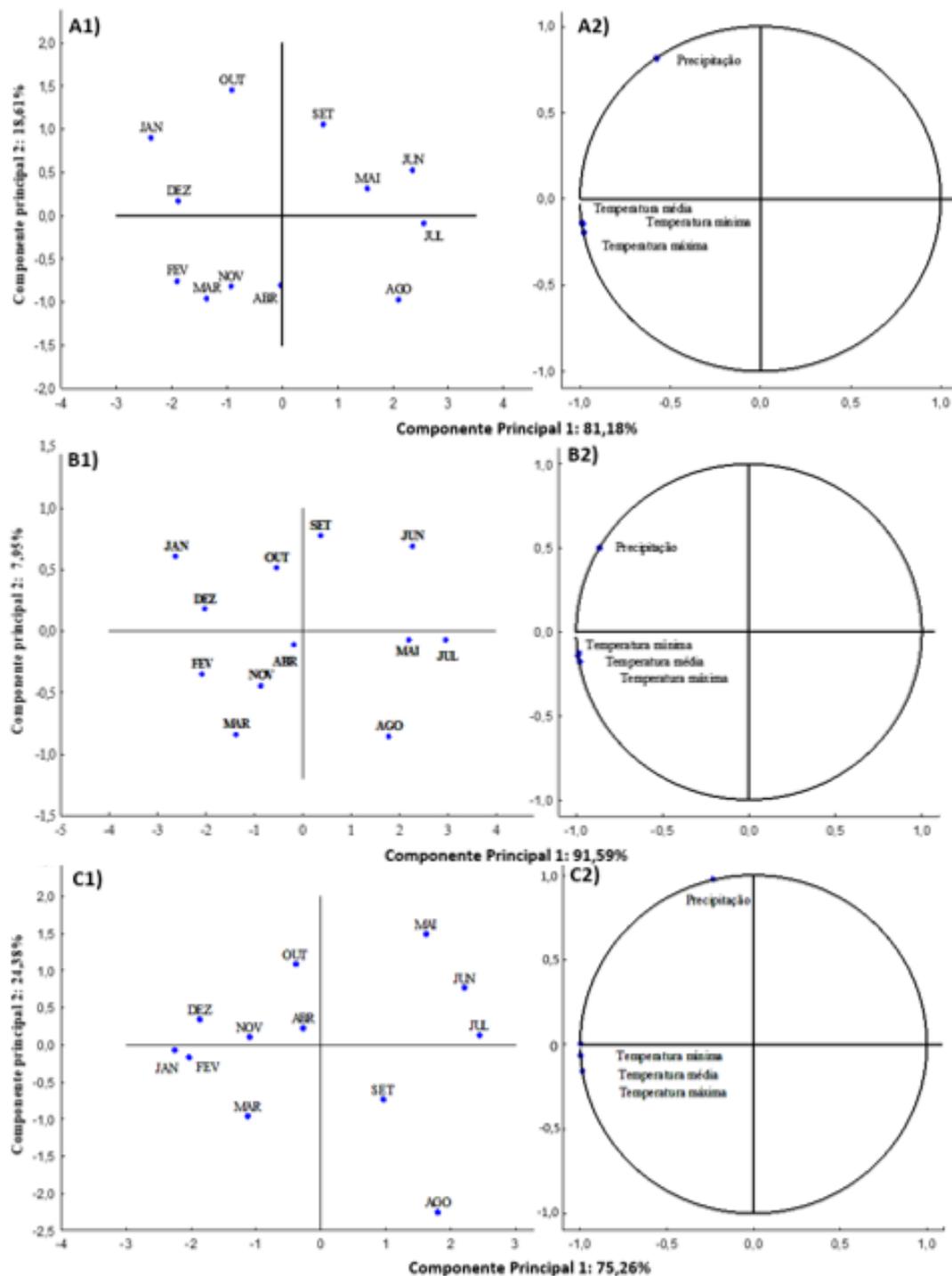
A elevação dos índices de precipitação em períodos de El Niño no Sul do país pode ser observada em CPTEC (2019) e Matzenauer, Radin & Maluf (2017), sendo que estes últimos descrevem que a elevação da taxa da precipitação no Sul ocorre a partir da primavera.

Além das fases do Enos, as chuvas de primavera são também evidentes em período de neutralidade. Assim, apesar dos resultados com tendências das variáveis na presença dos diferentes fenômenos, é importante considerar que eles não ditam o clima da região Sul, mas contribuem sazonalmente. Nestes sentido, Salton, Morais, Caramori & Borrozzino (2016), descrevem que além do Enos, as chuvas na primavera, são em parte afetadas por convergência horizontal de umidade, monções, incursões de frentes frias e relevo. Grimm & Zilli (2009) e Salton, Morais, Caramori & Borrozzino (2016), descrevem variações climáticas ocorrentes na região Sul associadas as fases do Enos, porém, ressaltam que além das condições ditadas por El Niño e La Niña, existem ainda outros mecanismos climáticos como o jato subtropical e sua interação com os ventos. Wollmann & Sartori (2009) relatam a influência do El Niño sobre o fortalecimento do Anticiclone do Atlântico Sul e conseqüente barramento do deslocamento de frentes polares, ocasionando aumento das temperaturas e das chuvas.

A análise de componente principal (ACP), é apresentada na Figura 3. Destaca-se que nas diferentes fases da avaliação foram verificados elevados valores de representação da

variabilidade dos dados em conjunto pelas componentes 1 e 2, inferindo elevada credibilidade aos resultados da análise.

Figura 3 – Análise de componente principal (ACP) formado a partir de valores médios da precipitação e das temperaturas (média, mínima e máxima) para Neutralidade (A1,2), La Niña (B1,2) e El Niño (C1,2), para a região de Guarapuava-PR.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 3 A e B, observa-se que para ambas as fases do Enos e também para neutralidade, a componente principal 1 alocou a precipitação no quadrante 1 e a temperatura com suas componentes de média, máxima e mínima, no quadrante 2, indicando similaridades com agrupamentos estatisticamente significativos e representativos do comportamento das variáveis na série temporal avaliada.

Verifica-se na Figura 3A, que em condições de neutralidade, o agrupamento dos meses de outubro, dezembro e janeiro e também dos meses de maio, junho e setembro, ocorre devido suas similaridades referentes aos maiores índices de precipitação. Assim como o período de outubro a abril, devido as temperaturas mais elevadas. Além disso, destaca-se a semelhança dos meses de julho e agosto por baixos índices de temperatura e precipitação.

Em La Niña, os meses de maio, julho e agosto destacam-se por semelhança de condições de baixa temperatura e reduzida precipitação, assim como outubro, dezembro e janeiro por apresentar maiores índices de precipitação (Figura 3B).

Na Figura 3C observa-se que em períodos de El Niño, existe a formação de grupos englobando os meses de outubro, novembro, dezembro e abril e os meses de maio, junho e julho, conforme suas similaridades nos índices de precipitação, que são mais elevados dentro dos referidos grupos. Assim como verifica-se agrupamento no período de outubro a abril, por suas similaridades inerentes aos maiores índices de temperatura.

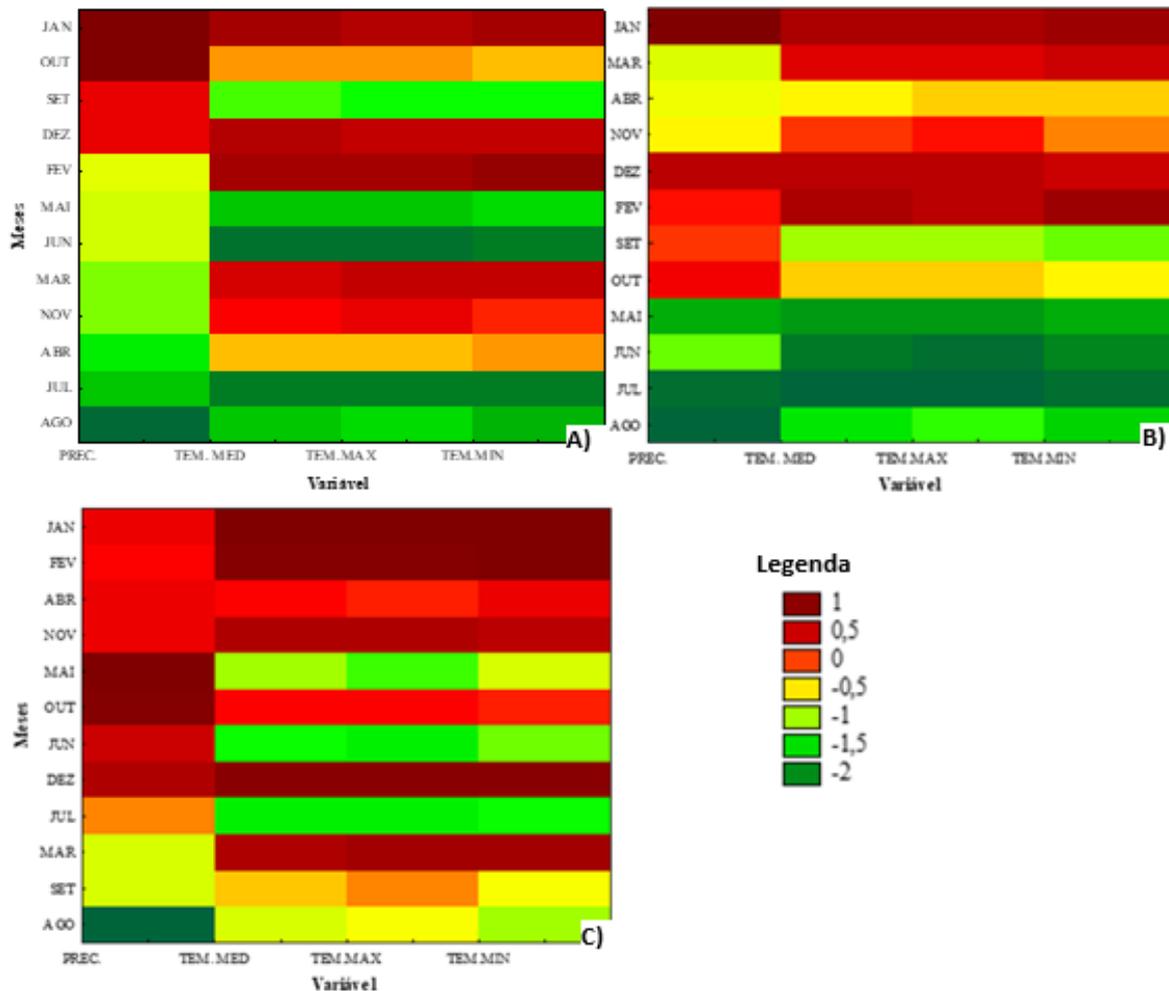
A partir dos resultados apresentados na Figura 3, e ainda para averiguar e compreender as relações de similaridade entre as variáveis, foi realizada nova análise da formação de agrupamentos, por meio de mapa de calor (*Two-Way Joining*), apresentada nas Figuras 4. A, B e C, para Neutralidade, La Niña e El Niño, respectivamente. Nesta figura, a legenda apresenta os dados das variáveis de precipitação e temperaturas (média, mínima e máxima), ajustados pelo método de padronização Z, considerando que são variáveis com grandezas de escalas diferentes.

Conforme pode ser observado na Figura 4 A, os maiores índices médios mensais de precipitação pluvial para períodos de neutralidade, são encontrados nos meses de setembro, outubro, dezembro e janeiro, com valores máximos em janeiro e outubro. Os meses de março e abril, julho e agosto, incluindo também novembro, apresentam as menores médias, sendo a de agosto a mais baixa média de precipitação pluvial dentre os meses do ano.

Em anos de neutralidade, a temperatura apresenta variações marcantes e bem características da região Sul, sendo as menores verificadas de maio a setembro, particularmente em junho e julho. Os meses de abril e outubro apresentam características de estações intermediárias, o primeiro como uma transição para período mais frio e o segundo

para aquecimento. As temperaturas mais elevadas são observadas no período de novembro a março, nas estações de primavera e verão, juntamente com as maiores taxas de precipitação (Figura 4A).

Figura 4. Representação das distribuição e agrupamento das variáveis precipitação e de temperaturas (média, mínima e máxima) para os meses do ano em períodos de A) Neutralidade atmosférica, B) La Niña e C) El Niño, na região de Guarapuava-PR.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados de agrupamento por similaridade entre as variáveis para períodos com presença de La Niña, são apresentados na Figura 4B. Observa-se que maio, junho, julho e agosto apresentam as menores médias de temperaturas e de precipitação. O agrupamento por índices de precipitação mais elevados engloba o período de setembro a fevereiro, exceto novembro com índice médio e similar a março e abril. Janeiro e fevereiro são os meses mais quentes e chuvosos.

Referente a comportamento da temperatura, com índices distintamente mais baixos em

neutralidade e La Niña no outono-inverno, é pertinente enfatizar que a altitude média de Guarapuava e entornos, é superior a 1.100m acima do nível do mar, contribuindo em parte para o clima Cfb regional. O que evidencia a tendência deste local ser mais frio em relação a outras regiões do estado, e considerando descrições de Aparecido, Rolim, Richetti, Souza & Johann (2016), também a outras parte da região Sul. Este aspecto auxilia na no entendimento dos resultados, considerando que a fase fria do Enos, que tende a reduzir a temperatura, depende de sua intensidade para caracterizar um maior resfriamento na região, nas estações frias. Já os efeitos de aquecimento inerentes ao El Niño, podem ter efeitos mais diretamente impactantes no clima regional, inclusive no aumento da precipitação, como entende-se a partir de Britto, Barletta & Mendonça (2008).

Contrapondo as médias pluviiais entre períodos com La Niña e neutralidade (Figuras 4A e 4B), constata-se que janeiro permanece com grandes valores médios de pluviosidade em ambos os fenômenos. Já outubro, que demonstra médias elevadas em neutralidade, apresentou reduções, e dezembro, por outro lado, aumentos na pluviosidade média em condições de La Niña. Na comparação entre os menores índices de precipitação, agosto se apresenta como o mês mais seco para ambos os episódios, seguido de julho em fenômenos de La Niña.

A análise de agrupamento para El Niño é apresentada na figura 4C. Verificam-se as temperaturas mais elevadas no período de outubro a abril, Estando as maiores médias nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Os dois últimos são os meses mais semelhantes entre si, quando analisado simultaneamente as variáveis de precipitação e temperaturas. Os meses de maio, junho e julho apresentam as menores temperaturas. Observa-se que em El Niño, o período de maiores temperaturas é ampliado em relação aos anos de neutralidade e de La Niña.

Os dados de precipitação apontam que em El Niño, maio e outubro apresentam os maiores índices de precipitação (Figura 4C). É evidenciado que o período de outubro a abril apresenta similaridades pelos maiores índices de precipitação e de temperatura, e que maio, junho e julho assemelham-se por associar elevados índices de precipitação com as menores temperaturas. O menor índice de precipitação é encontrado no mês de agosto, o que devido às semelhanças também com períodos de Neutralidade e La Niña, caracteriza o mês de agosto como o mais seco do ano na região, independente da fase Enos em curso.

Considerando a série temporal de dados climáticas avaliada, os resultados evidenciam que na América do Sul, períodos de neutralidade atmosférica apresentam predominância em relação as fases quente e fria do Enos. Esta fase neutra apresenta frequência mais elevada em meses de outono e inverno, enquanto que com El Niño e La Niña alcançam os maiores índices

nas estações de primavera e verão. Na região de Guarapuava, a neutralidade é caracterizada por maior amplitude térmica entre as estações extremas. De forma característica, as temperaturas tendem a ser mais elevadas em El Niño e mais baixas em La Niña, sendo estas diferenças mais evidentes na maior parte do outono e inverno, período em que as temperaturas verificadas para neutralidade são também mais baixas em relação ao El Niño, e tendem a se aproximar dos índices de La Niña.

Para os resultados observa-se que Minaki & Montanher (2019), verificaram períodos outono-inverno e primavera-verão, aproximadamente similares com relação as influências das fases do Enos, para a variável de precipitação na região de Maringá-PR, entretanto os resultados demonstraram a anomalia positiva de precipitação em meses de El Niño, e não foram conclusivos para La Niña. Ely & Dubreuil (2017) também salientam elevadas variações na precipitação anual histórica do estado do Paraná, sendo esta decorrente, principalmente do estabelecimento das diferentes fases do ENOS. No norte do estado, Terassi, Oliveira-Júnior, Góis & Galvani (2018), verificaram a existência de correlação positiva entre a ocorrência de La Niña e El Niño e respectiva redução e aumento dos índices de precipitação na série temporal avaliada. Porém, discutem sobre o nível de influência destes fenômenos nas anomalias das chuvas na região.

Guimarães e Reis (2012) e Schossler, Simões, Auino & Viana (2018) descrevem que o Enos exerce marcante influência sobre a variabilidade climática em diferentes regiões do Brasil. O fenômeno La Niña tende a provocar diminuição das temperaturas no Sul e outras regiões no Brasil. Entretanto, sua influência é muito menor em relação ao que ocorre em anos de El Niño. Da mesma forma, Firpo, Sansigolo & Assis (2012) verificaram influência do El Niño sobre a ocorrência de temperaturas acima da média e dos eventos de La Niña sobre temperaturas abaixo da média no Sul do Brasil, demonstrando que na presença dos fenômenos existe uma tendência provável de elevação ou redução das temperaturas, conforme período do ano.

Ponderando os resultados, entende-se que a precipitação pluvial na região é bem caracterizada, com índices distribuídos de forma a não apresentar definição quanto estação seca ou chuvosa. Entretanto com primavera e verão mais chuvosos em relação ao outono e inverno em períodos de Neutralidade e La Niña. Já com predomínio de El Niño, em geral ocorrem dois períodos com índices de precipitação mais elevados, um na primavera e verão, e outro nos meados do outono e início de inverno, com índices mais elevados em relação ao primeiro.

A variação da temperatura do ar e da precipitação na região de Guarapuava é

condicionada por diversos fatores, dentre eles destacam-se a altitude associada ao clima tipo Cfb, portanto, não se pode atribuir às fases do Enos a determinação das características climáticas regionais. Entretanto, ambas as variáveis, temperatura e precipitação apresentam comportamentos característicos distintos, para El Niño e La Niña, em relação a períodos de Neutralidade atmosférica, sendo que as referidas fases extremas do Enos prevalecem em mais de 50% do tempo, conforme demonstrado ao longo deste trabalho.

4. Conclusões

Considerando dados inerentes a série temporal de 1976 a 2018, verificou-se que:

- O Índice Oceânico Niño (ION), na região Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170° W) representativo da América do Sul, apresentou:

Maior ocorrência de neutralidade atmosférica (48,5%), seguidos de El Niño (27, 2%) e de La Niña (24,3%).

Neutralidade, El Niño e La Niña com frequência de 40, 20 e 20% no verão, 65, 20 e 15% no outono, 40, 20 e 20% no inverno e 33, 37 e 30% na primavera, respectivamente.

- Na região de Guarapuava-PR as temperaturas médias mensais seguem em geral as características do fenômeno climático estabelecido. As variações mais expressivas devidas ao Enos, são verificadas no outono-inverno, no período de maio a agosto, quando são mais elevadas em El Niño e mais baixas em La Niña e Neutralidade atmosférica.

A precipitação pluvial é distribuída sem a presença de uma estação seca definida. Entretanto em períodos de Neutralidade e La Niña a primavera e verão são mais chuvosos em relação ao outono e inverno.

Com predomínio de El Niño, predomina a ocorrência de dois períodos de precipitação de maior intensidade, um na primavera e início do verão, e outro nos meados do outono e início de inverno, que tende a ser mais intenso.

Em neutralidade atmosférica a precipitação pluvial no inverno apresenta índices ligeiramente mais elevados em relação a La Niña.

O mês de agosto apresenta os menores índices de precipitação pluvial, independente do estabelecimento de Neutralidade, El Niño ou La Niña.

Estes resultados evidenciam as variações climáticas normais a partir da análise da série temporal entre 1976 e 2018. Com esta base de informações, é pertinente também assinalar a importância de se considerar as evidências atuais de alterações climáticas, para nortear futuras investigações, buscando-se identificar e compreender possíveis tendências, que possam

apontar para alterações nos índices de temperatura e precipitação da região nos próximos anos.

Agradecimento

Agradecimento a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, fornecendo bolsa de mestrado, suporte financeiro 001.

Referências

Aparecido, L. E. de O., Rolim, G. de S., Richetti, J., Souza, P. S. de & Johann, J. A. (2016). Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, 40(4), 405 – 417.

Bernert, M. R., Jadoski, S. O., Watzlawick, Lima, V. A. de & Zerbieli, L. C. (2020). Influência de variáveis ambientais no incremento radial dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* L. *Research, Society and Development*, 9(3), 1-21. Acesso em: 11 março/2020, em: <https://rsd.unifei.edu.br/index.php/rsd/article/viewFile/2472/1952>.

Bhering, S. B., Santos, H. G., Manzatto, C. V., Bognola, I., Fasolo, P. J., Carvalho, A. P. et al. (2013). Mapa de solos do Estado do Paraná. Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônômico do Paraná. Rio de Janeiro, 74 p.

Britto, F. P., Barletta, R., Mendonça, M. (2008). Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: Influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. *Revista Brasileira de Climatologia*, 3, 1-12.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2020). Brasil, 2020. El Niño e La Niña. Acesso: 10 fevereiro/2020, em: < <http://enos.cptec.inpe.br/>>.

Ely, D. F. & Dubreuil, V. (2017). Análise das tendências espaço-temporais da precipitações anuais para o estado do Paraná-Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21(1): 553-569.

Firpo, M. A. F., Sansigolo, C. A. E. & Assis, S. V. (2012). Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associadas ao ENOS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27, 95-106.

Grimm, A. M. & Zilli, M. T. (2009). Interannual variability and seasonal evolution of summer monsoon rainfall in South America. *Journal of Climate*, 22(9), 2257-2275. Acesso: 14 fevereiro/2020, em: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/2008JCLI2345.1>

Guimarães, D. P. & Reis, R. (2012). Impactos do Fenômeno Enos Sobre a Temperatura no Brasil. *Revista Espinhaço*, 1(1), 34-40.

Heino, M., Puma, M.J., Ward, P.J., Gerten, D., Heck, V., Siebert, S. & Kummu, M (2018). Two-thirds of global cropland area impacted by climate oscillations. *Nature Communications*, 9(1), 1-10. Acesso: 28 janeiro/2020, em: <https://europemc.org/article/med/29593219>

Hyndman, R.J. & Athanasopoulos, G. (2019). Forecasting: principles and practice. 3rd edition, OTexts: Melbourne/2019. Acesso: 09 janeiro/2020, em: <OTexts.com/fpp3>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2020). Séries históricas. Brasil, 2020. Acesso em: 09 março/2020, em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=series-historicas>.

Junges, A., Bremm, C. & Fontana, D. C. (2019). Climatologia, variabilidade e tendências da precipitação pluvial em Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(3), 160-166. Acesso: 11 janeiro/2020, em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662019000300160&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

Khaledian, Y. Ebrahimi, S., Natesan, U. Basatnia, N., Nejad, B. B., Bagmohammadi, H. & Zeraatpisheh, M. (2018). Assessment of water quality using multivariate statistical analysis in the Gharaso River, Northern Iran. *Urban ecology, water quality and climate change*, (84)1, 227-253. Acesso: 04 fevereiro/2020, em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3->

319-74494-0_18.

Lin, J. & Qian, T. (2019). Switch Between El Niño and La Niña is Caused by Subsurface Ocean Waves Likely Driven by Lunar Tidal Forcing. *Scientific Reports*, 9(1), 1-10. Acesso: 14 fevereiro/2020, em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aac53f/meta>.

Lizumi, T., Luo, J-J., Challinor, A. J., Sakurai, G., Yokozawa, M., Sakuma, H., Brown, M. E., Yamagata, T. (2014). Impacts of El Niño Southern Oscillation on the global yields of major crops. *Nature Communications*, 5(1), 1-7. Acesso: 03 março/2020, em: <https://waseda.pure.elsevier.com/en/publications/impacts-of-el-ni%C3%B1o-southern-oscillation-on-the-global-yields-of-m>.

Marcuzzo, F. F. N. & Romero, V. (2013). Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28(4), 429 – 440.

Marques, R. F. C., Rao, V. B. A. (1999). Diagnosis of a Long-Lasting Blocking Event over the Southeast Pacific Ocean. *Monthly Weather Review*, 127, 1761-1776. Acesso: 10 fevereiro/2020, em: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/1520-0493%281999%29127%3C1761%3AADOALL%3E2.0.CO%3B2>.

Matzenauer, R., Radin, B. & Maluf, J. R. T. (2017). O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul. *Agrometeoros*, 25(2), 323-331.

Medeiros, R. M., Tavares, A. L., Kassar, C. B. Silva, J. A. S. & Silva, V. P. R. (2012). Metodologias de cálculo da temperatura média diária do ar: Aplicação para os municípios de Parnaíba, Picos e Gilbués, PI. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 6(4), 283-295.

Messié, M. & Chavez, F. (2011). Global modes of sea surface temperature variability in relation to regional climate indices. *Journal of Climate*, 24(1), 4314-4331. Acesso: 16 fevereiro/2020, em: <https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/2011JCLI3941.1>.

MinakI, C. & Montanher, O. C. (2019). Influência do el-niño-oscilação sul na precipitação em Maringá-PR, no período de 1980 a 2016. *Caminhos da Geografia*, 20(69), 266-281.

Nascimento, L. P. do, Reis, D. A. dos, Roeser, H. M. P. & Fonseca, S. A. da F. (2019). Relationship between land use and water quality in a watershed impacted by iron ore tailings and domestic sewage. *Revista Ambiente & Água*, (14)5, e2383 – 1-11.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2019). *Climate Prediction Center*. U. S. A., 2019. Acesso: 20 dezembro/2019, em:
<<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml> >

Pereira, A.S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em:
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 21 fevereiro/2020.

Reis, D. A. dos, Santiago, A. da F., Nascimento, L. P. do, Oliveira, E. G. de, Marques, L. S. & Roeser, H. M. P. (2017). Influência dos fatores ambientais e antrópicos nas águas superficiais no rio Matipó, afluente do rio Doce. *Gestão de Águas da América Latina*, (14)2, 2017.

Salton, F. G., Morais, H., Caramori, P. H. & Borrozzino, E. (2016). Climatologia dos Episódios de Precipitação em Três Localidades no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(4), 626-638.

Schossler, V., Simões, J. C., Aquino, F. E. & Viana, D. R.(2018). Precipitation anomalies in the Brazilian Southern coast related to the SAN and ENSO climate variability modes. *Brazilian Journal of Water Resources*, 23(14), 1-10.

Schubert, S. D., Stewart, R. E., Wang, H., Barlow, M., Berbery, E.W.H., Cai, W. et al. (2016). Global meteorological drought: a synthesis of current understanding with a focus on SST drivers of precipitation deficits. *Journal of Climate*, 29(1), 3989-4019. Acesso: 26 janeiro/2020, em: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JCLI-D-15-0452.1>.

Sparrow, K. H. & Mercer, A. E. (2016). Predictability of US tornado outbreak seasons using ENSO and northern hemisphere geopotential height variability. *Geoscience Frontiers*, 7(1), 21-31. Acesso: 18 janeiro/2020, em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987115000869>.

Stival, A. H. S. M, Souza, G. de., Oliveira, I., Bandeira, J. B., Marinho Junior, J.L., Cintra, L. da. et al. (2018). Multivariate Analysis Applied to Forestry Agricultural Sciences: The Model-Directed Study. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*. 5(11), 217–225. Acesso: 02 março/2020, em: <https://ijaers.com/issue-detail/vol-5-issue-11/>.

Su, J., LiaN, T., Zhang, R. & Chen, D. (2018). Monitoring the pendulum between El Nino and La Niña events. *Environmental Research Letters*, 13(1), 1-8, 2018. Acesso: 16 fevereiro/2020), em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aac53f/meta>.

Terassi, P. M. de B., Oliveira-Júnior, J. F. de., Góis, G. de.. & Galvani, E. (2018). Variabilidade do Índice de Precipitação Padronizada na Região Norte do Estado do Paraná Associada aos Eventos de El Niño-Oscilação Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33(1), 11-25, 2018.

Wagner, M.W., Jadoski, S.O., Saito, L.R., Suchoronczek, A. & Scabeni, C.J. (2009). Comportamento de características climáticas para o manejo de culturas agrícolas em Guarapuava, centro-sul do estado do Paraná. *Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia*, 2(2), 41-49.

Wang, G., Guilyardi, E. & Jin, F.F. (2014). Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, 4, 111–116, 2014. Acesso: 23 fevereiro/2020, em: <https://www.nature.com/articles/nclimate2100>.

Warner, K. & Oberheide, J. 2014. Nonmigrating tidal heating and MLT tidal wind variability due to the El Niño-Southern Oscillation. *Journal Geophysical Res.* 119(1), 1249-1265. Acesso: 22 janeiro/2020, em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/2013JD020407>.

Wollmann, C. A. & Sartori, M. G. B. (2009). Sazonalidade dos episódios de enchentes ocorridos na bacia hidrográfica do Rio Caí – RS, e sua relação com a atuação do fenômeno El Niño, no período de 1982 a 2005. *Revista Brasileira de Climatologia*, 7(1), 103-118.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Janaina Cosmedamiana Metinoski Bueno – 40%

Sidnei Osmar Jadoski – 20%

Vanderlei aparecido de Lima – 20%

Natana Maria Metinoski Bueno -- 20%