



## CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS DA INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL SOBRE A PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO PARANÁ EM ESCALA MENSAL

*Contribution to studies of the influence of El Niño Southern  
Oscillation on monthly scale rainfall in the Paraná State, Brazil*

*Contribución a los estudios de la influencia de El Niño-  
Oscilación del Sur (ENOS) sobre la precipitación en el Estado  
de Paraná a escala mensual*

Deyse Márcia Pacheco Gebert  

Departamento de Matemática e Estatística, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)  
dmpgebert@uepg.br

Airton Kist  

Departamento de Matemática e Estatística, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)  
kist@uepg.br

**Resumo:** A precipitação pluvial é o elemento meteorológico de maior influência sobre a disponibilidade hídrica, do qual depende grande parte da economia do Paraná. Sendo o El Niño Oscilação Sul (ENOS) um dos responsáveis pela variabilidade, entender sua atuação na dinâmica do regime de chuvas é de suma importância para o planejamento estratégico e, assim, mitigar os impactos negativos que sua ocorrência pode causar. O objetivo principal desse trabalho foi aprofundar a análise da influência do ENOS, em escala mensal, sobre a quantidade e distribuição espacial da precipitação no Estado no período de 1974 a 2020. Agosto e julho são os meses mais secos e outubro, dezembro, janeiro e fevereiro os mais chuvosos. Os meses de mudança na dinâmica de precipitação no Paraná são abril de novembro, pois, em média, os maiores acumulados de janeiro a março ocorreram no litoral, e de maio a outubro, em geral, na região sudoeste. Em geral choveu acima da média histórica mensal durante o El Niño e abaixo da média nos períodos Neutros. Mapas de precipitação e desvios para cada fase do ENOS (quente, fria e neutra) mostram que maio a julho e novembro, com destaque para maio e novembro, são os meses em que o ENOS é mais intenso, com diferenças mais significativas entre o El Niño e La Niña principalmente na porção centro-sul, sul, sudoeste e oeste do Estado.

**Palavras-chave:** Fenômeno ENOS. Variabilidade climática. Geoestatística. Mapas de precipitação. Mapas de desvios.

**Abstract:** Rainfall is the meteorological element with the most significant influence on water availability, on which much of Paraná's economy depends. Since the El Niño Southern Oscillation (ENSO) is one of the responsible for variability, understanding its role in the dynamics of the rainfall regime is of primal importance for strategic planning and, thus, mitigating the adverse effects that its occurrence can cause. The main objective of this work was to deepen the analysis of the influence of ENSO, on a monthly scale, on the amount and spatial distribution of rainfall in the state, considering the period from 1974 to 2020. August and July are the driest months, while October, December, January, and February are the wettest. The months of change in the precipitation's dynamics in Paraná are April and November, since, on average, the highest accumulations from January to March occurred on the coast, and from May to October, in general, in the southwest region. Overall, it rained above the monthly historical average during El Niño and below average in neutral periods. Precipitation maps and deviations for each ENSO phase (hot, cold and neutral) show that May to July and November, with emphasis on May and November, are the months in which ENSO is more intense, with more significant differences between El Niño and La Niña mainly in the center-south, south, southwest and west of the state.

**Keywords:** ENSO phenomenon. Climate variability. Geostatistics. Rainfall maps. Deviation maps.

**Resumen:** La precipitación pluvial es el elemento meteorológico de mayor influencia sobre la disponibilidad hídrica, del cual depende gran parte la economía paranaense. Por ser El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) uno de los responsables por la variabilidad climática, entender su actuación en la dinámica del régimen de lluvias es de suma importancia para el planeamiento estratégico y así poder mitigar los impactos negativos que su ocurrencia puede causar. El objetivo principal de este trabajo fue profundizar el análisis de la influencia de ENOS a escala mensual, sobre la cantidad y distribución espacial de la precipitación en el Estado de Paraná durante el período de 1974 a 2020. Agosto y julio son los meses más secos; octubre, diciembre, enero y febrero, los más lluviosos. Los meses de cambio en la dinámica de precipitaciones son abril y noviembre, pues en promedio, los mayores acumulados ocurrieron en el litoral de enero a marzo y de mayo a octubre, generalmente en la región suroeste. En general, llovió por encima del promedio histórico mensual durante El Niño y por debajo del promedio, en los períodos Neutros. Mapas de precipitación y desvíos para cada fase de ENOS (caliente, fría y neutra) muestran que, de mayo a julio y noviembre, con destaque para mayo y noviembre, son los meses en que el ENOS es más intenso, con diferencias más significativas entre El Niño y La Niña principalmente en sectores de la región centro-sur, sur, suroeste y oeste del Estado de Paraná.

**Palabras clave:** Fenómeno ENOS. Variabilidad climática. Geoestadística. Mapas de precipitación. Mapas de desvíos.

Submetido em: 24/02/2023

Aceito para publicação em: 24/09/2023

Publicado em: 26/09/2023

## 1. INTRODUÇÃO

O Paraná é um estado de grande importância econômica e têm grande parte de sua economia baseada no setor agropecuário. Sendo o clima o fator de maior relevância para as atividades desse setor e sua variabilidade o maior causador de sucesso ou fracasso das safras, na produção animal, nas oscilações dos preços do mercado e, conseqüentemente, das tomadas de decisões de toda a cadeia produtiva (NITSCHKE et al., 2019). Dentre os elementos meteorológicos, a precipitação influencia diretamente a disponibilidade hídrica para o setor agropecuário e a distribuição temporal da vazão nos rios que pode afetar o abastecimento de água e geração de energia.

O conhecimento da variabilidade da precipitação pluviométrica é essencial na tomada de decisões para o planejamento das atividades produtivas em geral. Esta variável apresenta significativa variabilidade no Paraná, seja em escala interanual, sazonal, trimestral ou mensal, e parte da qual é explicada pelo fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul) (GRIMM et al., 2000; BARROS; SILVESTRI, 2002; KIST; GEBERT, 2022).

Análises de séries de precipitação pluvial do Paraná, que cobrem todo o Estado, bacias hidrográficas ou regiões específicas do Estado, escalas e períodos distintos e sob diferentes abordagens, já foram realizadas por diversos pesquisadores. Por exemplo, a avaliação do padrão pluviométrico realizada por Gebert et al. (2018), Fritzsos et al. (2011), Mello e Sampaio (2019) e Nitsche et al. (2019), e outros pesquisadores analisaram a relação do El Niño Oscilação Sul com essa variável meteorológica (CALDANA et al., 2019, DE SOUZA et al., 2002, KIST; GEBERT, 2022, NERY et al., 2005, TEIXEIRA; MARTÍN-VIDE, 2013, TERASSI et al., 2018). Também têm estudos sobre a influência do El Niño e da Oscilação Decadal do Pacífico no regime de chuvas (BORGES et al., 2021; NASCIMENTO JÚNIOR; SANT'ANA NETO, 2016) e estudos de tendência (ELY, 2019; ELY; DUBREUIL, 2017, NASCIMENTO JÚNIOR et al., 2020).

Estudos recentes, como os de Nitsche et al. (2019), apresentam mapas de distribuição espacial das médias climáticas de vários elementos meteorológicos em escala anual, por estação do ano e mensal, do período de 1976 a 2015, com base em dados de 479 estações pluviométricas e meteorológicas do Paraná. Já Kist e Gebert (2022), que analisaram dados de 400 estações do período de 1974 a 2020, além de apresentarem mapas da distribuição espacial da precipitação média anual, por estação chuvosa e seca e por estação do ano do

Paraná, também trazem estes mapas por fase do fenômeno ENOS (quente, fria e neutra) e mapas de desvios em relação à média em cada um desses casos. Evidenciando assim as regiões do Estado que apresentam precipitação acima/abaixo da média e onde o fenômeno ENOS tem mais influência em termos anual, sazonal e trimestral.

Sendo a precipitação o elemento meteorológico de maior influência sobre a disponibilidade hídrica, do qual depende grande parte da economia do Paraná, e sendo o ENOS um dos responsáveis de sua variabilidade (JOZAMI et al., 2015), entender a dinâmica ou regime de chuvas quando da sua ocorrência é de suma importância para o planejamento estratégico e assim minimizar os impactos negativos que a ocorrência desse fenômeno pode causar.

Este trabalho tem como objetivo quantificar e caracterizar a influência do ENOS, em cada uma de suas fases, sobre a precipitação do Paraná em uma escala mensal. Fornece uma complementação ao trabalho de Kist e Gebert (2022) que fizeram o estudo em escala trimestral, sazonal e anual.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Nessa pesquisa foram utilizadas as mesmas séries históricas mensais de precipitação pluvial usadas por Kist e Gebert (2022) no estudo da influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação no estado do Paraná, ou seja, séries do período de 1974 a 2020 de 400 estações pluviométricas espalhadas pelo Estado do Paraná. As séries foram acessadas no site do Instituto da Água e Terra (<http://www.iat.pr.gov.br/>) do governo do estado do Paraná. Somente séries consistentes, de no mínimo 40 anos de dados, do período analisado, e com baixo percentual de dados faltantes (que não foram preenchidos) foram selecionadas para participar do estudo.

Após a obtenção das séries, assim como em Kist e Gebert (2022), os dados das séries de precipitação pluvial mensal de cada uma das 400 estações pluviométricas foram agrupados de acordo com a ocorrência do fenômeno ENOS (El Niño, La Niña e Neutro), segundo a classificação da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (NOAA, 2021).

Para cada uma das 400 estações pluviométricas, com os dados do período de 1974 a 2020, calculou-se: a precipitação média mensal local, a precipitação média mensal local para

cada fase do ENOS (quente, fria e neutra) e a média dos desvios em relação à média mensal local do respectivo mês para cada fase do ENOS. Também se calculou a média mensal estadual do período, o desvio médio e o desvio da média local de cada estação em relação a essa média estadual para localizar as regiões do Estado onde chove acima/dentro/abaixo da média estadual. Aplicando técnicas geoestatísticas, às médias e aos desvios, foram elaborados mapas de precipitação média mensal do período, mapas de precipitação mensal por fase do ENOS e respectivos mapas dos desvios. Com os mapas das médias é possível identificar as regiões do Estado com maior/menor precipitação média, além de quantificar essa precipitação. Já com os mapas dos desvios é possível identificar as regiões do Estado onde o fenômeno ENOS tem maior influência.

Os mapas da caracterização espacial dos dados foram elaborados no software R 4.1.1 (R Core Team, 2021), utilizando o pacote geoR (RIBEIRO JR et al., 2020) por meio de técnicas geoestatísticas, onde o método de interpolação adotado foi a krigagem ordinária (MELLO et al., 2005). Em uma análise empírica o modelo que melhor ajustou-se aos semivariogramas omnidirecionais foi o gaussiano, com distância máxima 1.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

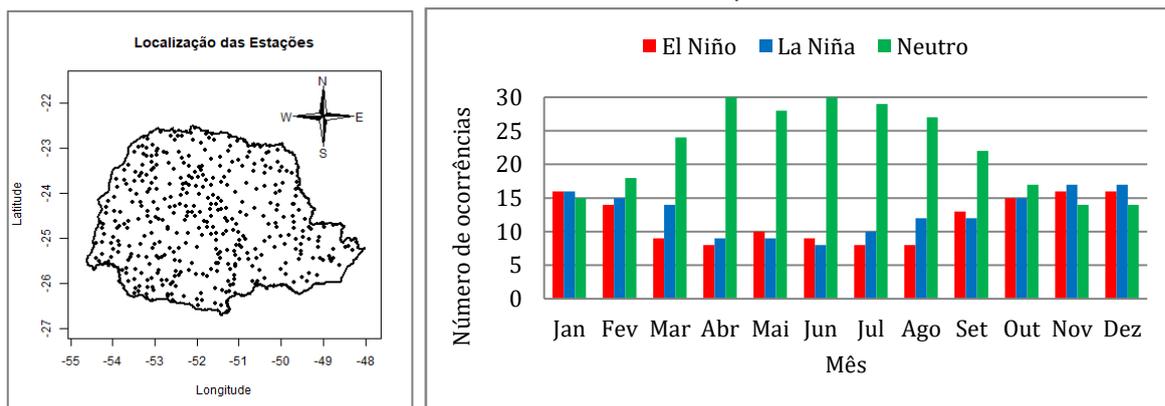
A Figura 1 apresenta a localização das estações pluviométricas e número de ocorrências dos eventos El Niño, La Niña e Neutro por mês do período analisado. As estações pluviométricas utilizadas no estudo apresentam uma boa distribuição e cobertura por todo o Estado, o que promove uma interpolação de dados mais consistente quando as técnicas geoestatísticas são aplicadas. Segundo a classificação da [NOAA](#) (NOAA, 2021) no período de 1974 a 2020 ocorreram 29 eventos ENOS, sendo 14 eventos quentes e 15 frios, o que corresponde a 52,48% dos meses do período analisado (Figura 1). Houve uma maior prevalência de eventos ENOS de outubro a fevereiro.

As médias mensais de precipitação e médias agrupadas por evento ENOS, no Paraná, do período analisado estão apresentadas na Figura 2. A média estadual de cada mês é ponderada pela quantidade de eventos ENOS do respectivo mês do período estudado. No Paraná, de acordo com a Figura 2, o mês de agosto, com precipitação de 82,9 mm em média, seguido de julho com 97,6 mm são os meses mais secos. O período mais chuvoso, com

precipitações acima de 150 mm, em média, foi de outubro a fevereiro, sendo janeiro o mês com as maiores precipitações, 196,5 mm, em média, e em seguida os meses de outubro, dezembro e fevereiro com precipitações médias acima de 170 mm. A precipitação média e os meses com maior e menor precipitação corroboram com os resultados obtidos por Mello e Sampaio (2019) que avaliaram a precipitação no Paraná no período de 1977 a 2006.

Em geral, com base no período analisado, no Paraná choveu em média poucos milímetros abaixo da média histórica nos períodos Neutros, com exceção para setembro e dezembro, quando choveu acima da média. Sob efeito do El Niño em dez meses do ano em média as precipitações foram acima da média estadual, com destaque para maio, julho e novembro (Figuras 2 e 3) que apresentaram chuvas com mais de 40 mm acima da média histórica. Ainda sob influência do El Niño, somente nos meses agosto e setembro (Figuras 2 e 3), em média, choveu abaixo da média histórica do período e em contraponto apenas em setembro e dezembro choveu acima da média em período Neutro. Os maiores desvios em relação à média ocorrem no El Niño e La Niña, sendo maio e novembro os meses com os maiores valores para ambos, com precipitação acima da média para El Niño e abaixo da média com La Niña.

**Figura 1** - Localização das estações pluviométricas e número de ocorrências dos eventos El Niño, La Niña e Neutro durante os meses do ano no período 1974-2020.

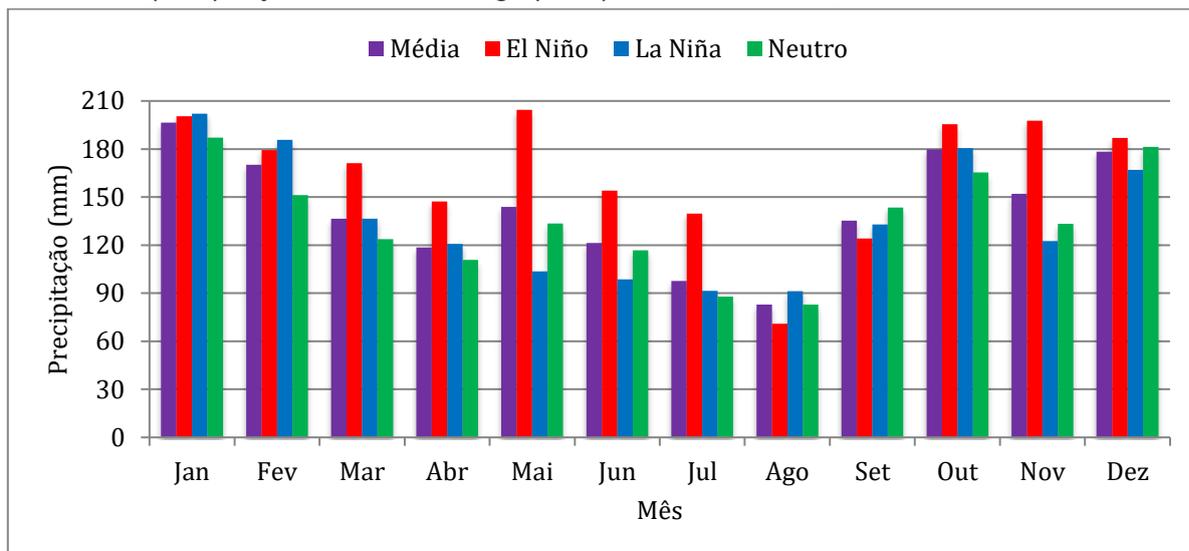


Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Observando a Figura 3, de maneira geral, pode-se dizer que no Paraná, em média, a influência do El Niño foi mais forte, com chuvas acima da média, nos meses de março a julho e no mês de novembro, os quais apresentaram os maiores desvios positivos. Já a influência do La Niña ficou mais evidente para os meses de maio, junho e novembro, com chuvas abaixo da

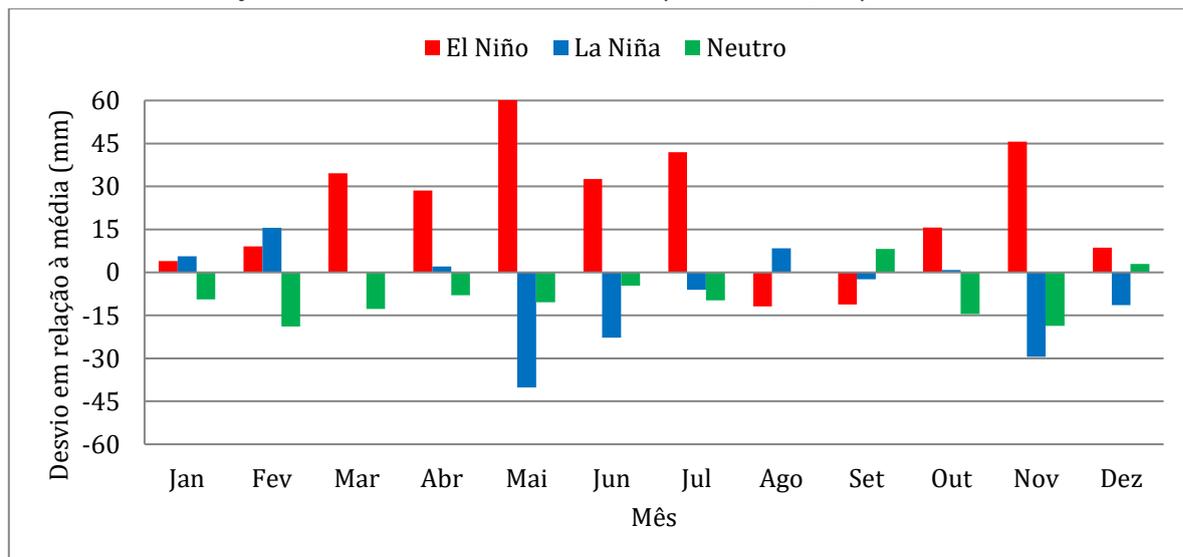
média. Nos quatro meses mais chuvosos (outubro, dezembro, janeiro e fevereiro) e nos meses de agosto e setembro foram os meses que, em média, apresentam os menores desvios da precipitação pluvial média mensal entre as fases do ENOS em relação à média mensal do respectivo mês.

**Figura 2** - Precipitação pluvial média mensal (mm) no Paraná do período de 1974 a 2020 e precipitação média mensal agrupada por eventos El Niño, La Niña e Neutro.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

**Figura 3** - Desvio médio da precipitação pluvial média mensal (mm) em eventos El Niño, La Niña e Neutro em relação à média mensal histórica do respectivo mês, do período de 1974 a 2020.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Em seu estudo Ely (2019), que analisou dados pluviométricos de 330 (323 do Paraná)

postos e estações do período de 1977 a 2016, demonstra uma relação da variabilidade anual da precipitação com o ENOS, com maior frequência de anos úmidos na fase positiva de ENOS e com predominância de anos mais secos na fase negativa de ENOS. Salton et al. (2021), com base em dados de precipitação diária de 140 estações meteorológicas do período de 1977 a 2015, relacionou a maior frequência de secas severas e moderadas com o La Niña e as secas mais fracas com o El Niño. Resultado que em termos médios corrobora com os obtidos por Kist e Gebert (2022) e o presente estudo em escala mensal (Figuras 2 e 3), apesar de usar outra metodologia para separar/agrupar os dados em relação a ocorrência do ENOS. Em uma escala mais local esses resultados podem mudar de região para região (ver as Figuras de 6 a 11 do presente artigo).

Como a distribuição da precipitação no Paraná não é homogênea, isto é, possui regiões mais secas e outras mais chuvosas, os valores médios (Figura 2) por mais que sejam importantes, eles não são uma medida ideal para representar a precipitação em termos de distribuição espacial. Para representar essa variabilidade e distribuição espacial da precipitação média mensal, e assim poder identificar as regiões com as maiores e menores precipitações mensais, foram elaborados mapas de médias (Figura 4) e, para localizar as regiões onde chove acima/dentro/abaixo da média estadual, mapas de desvios em relação a essa média (Figura 5). Com os mapas de distribuição espacial também é possível identificar áreas homogêneas dentro do Paraná, as quais representam regimes pluviométricos semelhantes e as regiões do Estado onde essas diferenças ocorreram com mais intensidade.

A Figura 4 apresenta a distribuição espacial da precipitação mensal média no Paraná de todo período avaliado. O litoral é destacadamente a região com as maiores precipitações durante os meses de janeiro a março, de maio a outubro chove mais na região sudoeste, tendo em setembro a mesma média em porções do litoral, sul e central do Estado. O mês de abril apresenta quantidades de precipitação similares em porções do litoral, sudoeste e oeste, já novembro em pequenas porções do litoral, sudoeste e oeste. Isso mostra que os meses de abril e novembro são os meses de mudança na dinâmica da precipitação no Paraná. No mês de dezembro chove mais em uma pequena porção do litoral, mas não há a caracterização bem clara de uma única região mais chuvosa no Estado. De abril a outubro o noroeste, norte e região metropolitana são as regiões mais secas. Em janeiro, que é o mês mais chuvoso no Paraná, a região extremo oeste e noroeste apresentam as menores precipitações.

Mapas de distribuição espacial da precipitação média mensal, anual e por estação do ano do Paraná foram elaborados por Nitsche et al. (2019), com base em 479 estações pluviométricas e meteorológicas do período de 1976 a 2015, e Mello e Sampaio (2019), que usaram séries de 30 anos (1977 a 2006) de 437 a 452 estações. Apesar de diferenças nos períodos de abrangência dos estudos, com base na análise dos mapas de precipitação mensal, aparentemente não há diferenças substanciais, em termos de quantidade e dinâmica da precipitação, entre os estudos anteriores e o atual. Como Nitsche et al. (2019) e Mello e Sampaio (2019) usaram uma escala de cores para diferenças de 20 e 25 mm de precipitação, respectivamente, os seus mapas podem apresentar um maior detalhamento.

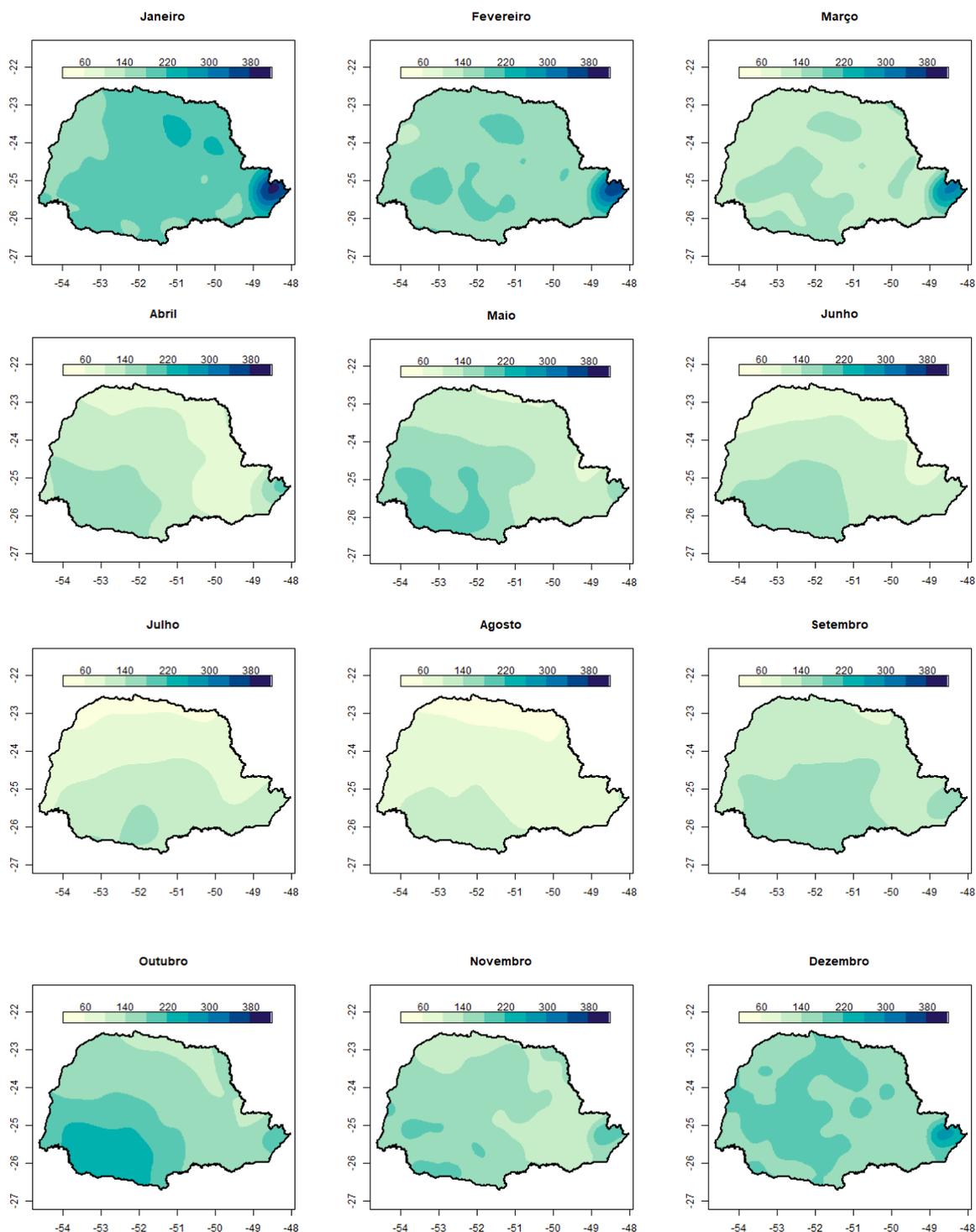
O padrão de precipitação acumulada mensal de abril a novembro se dá com os maiores acumulados na porção sudoeste, diminuindo em direção norte/nordeste. Nos meses de junho, julho e agosto uma distribuição com padrão longitudinal, com maiores acumulados na porção sul e menores na porção norte. De março a novembro a porção norte passando pela metropolitana estão sempre entre as regiões com as menores precipitações, dinâmica que muda em dezembro e janeiro, sendo a porção oeste e alguns pontos no sul do Estado com os menores acumulados em janeiro.

A Figura 5 apresenta a distribuição espacial do desvio médio mensal (mm) em relação à média mensal estadual do período de 1974 a 2020. Mapas de distribuição espacial dos desvios em relação à média estadual, em escala anual, sazonal e trimestral são apresentados em Kist e Gebert (2022). Com esse tipo de mapa é possível quantificar e localizar as regiões do Estado onde chove abaixo/dentro/acima da média mensal estadual, cujos valores médios estão representados na Figura 2.

Analisando os mapas de desvios da Figura 5 pode-se observar um padrão semelhante ao visto nos mapas de médias da Figura 4, o que é esperado. Neles é possível perceber que durante o ano há uma mudança na dinâmica em relação às regiões do Estado onde chove acima ou abaixo da média mensal estadual. De novembro a abril, a região litorânea apresenta os maiores desvios positivos, indicando chuvas bem acima da média (em abril e novembro também em uma porção do sudoeste). Nesse mesmo período, as demais regiões do Estado se mesclam em partes de até 40 mm acima/abaixo da média mensal estadual. Nos meses de abril a novembro, exceto em julho, desvios positivos se apresentam principalmente na região sudoeste e em porções do oeste, sul e litoral do Estado, sendo as regiões noroeste, norte e

metropolitana as regiões com desvios negativos, chuvas abaixo da média estadual de até 80 mm em algumas porções. No mês de julho, boa parte da região metropolitana passa a ter chuvas acima da média de até 40 mm.

**Figura 4 -** Distribuição espacial da precipitação pluvial média mensal (mm), para o estado do Paraná, do período de 1974 a 2020.



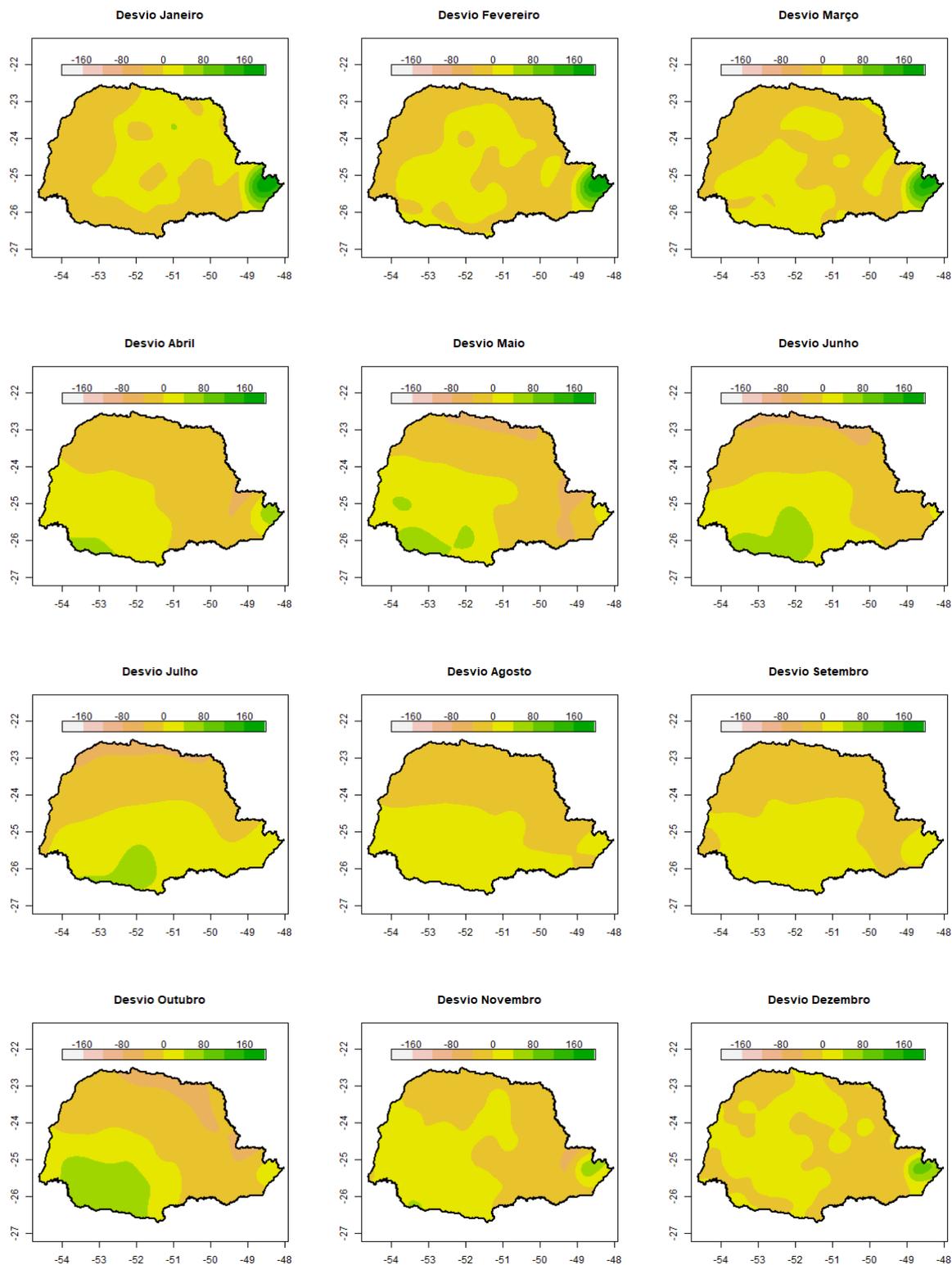
**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

Ainda na Figura 5, nos meses de agosto e setembro, a distribuição dos desvios é muito similar, com desvios negativos de até 40 mm na metade superior do Estado incluindo a região metropolitana e com desvios positivos de até 40 mm na metade inferior. Os meses de abril a julho e em outubro e novembro apresentam as maiores discrepâncias entre os desvios positivos e negativos. Em algumas porções do Estado essa discrepância supera os 40 mm, sendo negativa em geral em porções das regiões norte e metropolitana e positiva em porções do sudeste e litoral (novembro).

Os mapas das Figuras 6, 7 e 8 mostram a distribuição espacial da precipitação pluvial média mensal agrupada de acordo com a influência de eventos ENOS (El Niño, La Niña e Neutro). Esses mapas espacializam os resultados de precipitação média mensal estadual por evento ENOS apresentados na Figura 2. Com esse agrupamento e espacialização é possível estimar a precipitação por evento ENOS em qualquer porção do Estado, bem como identificar as regiões, e ver a dinâmica da precipitação nas diferentes fases do ENOS. Em conjunto com as Figuras 9, 10 e 11, que apresentam a distribuição espacial do desvio médio mensal (mm) em relação à média mensal de cada estação pluviométrica de acordo com a influência de eventos ENOS, é possível identificar as regiões do Estado onde o ENOS tem influência, isto é, chove acima da média em uma fase e abaixo da média em outra, e as regiões sem influência do ENOS.

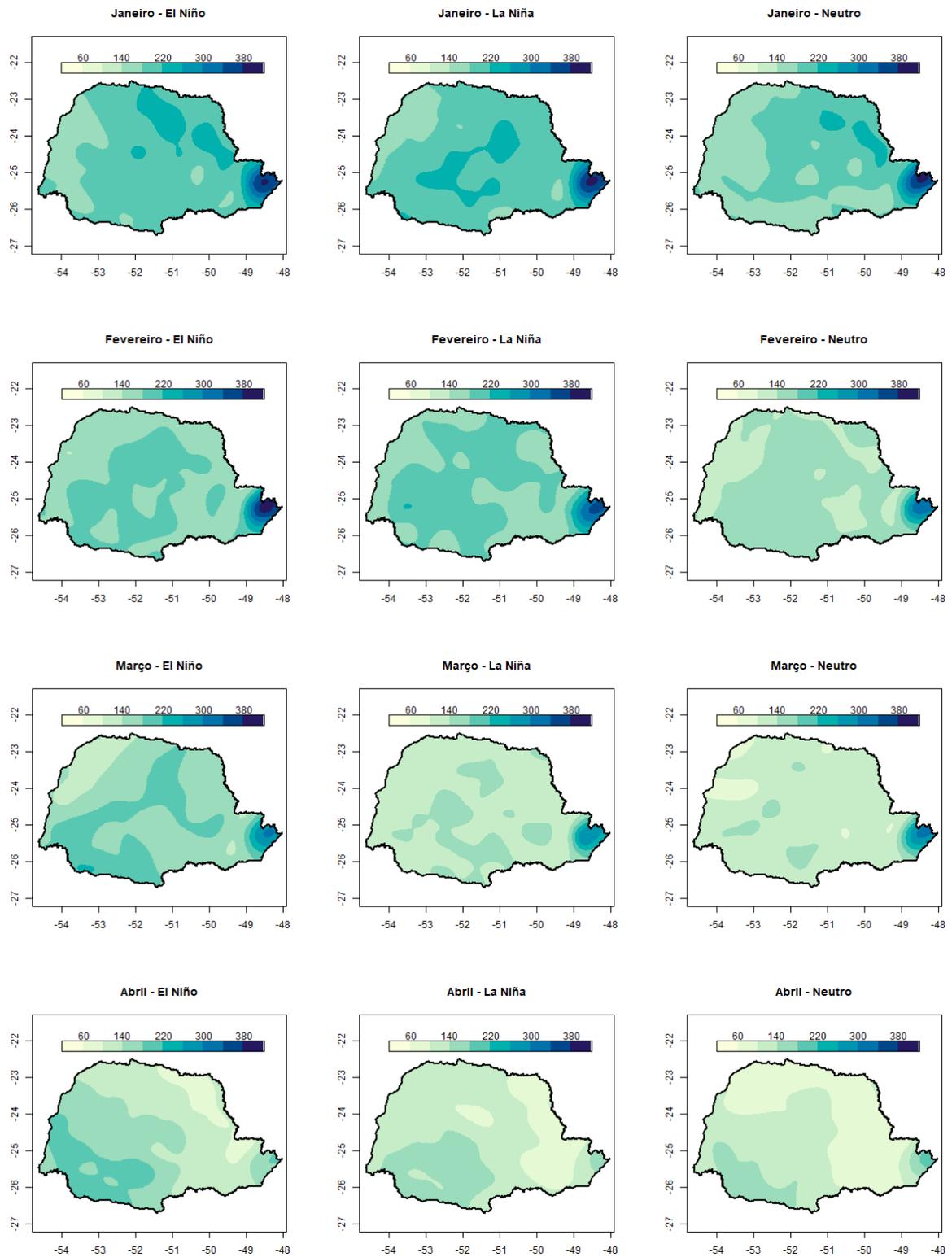
Nos meses de maio, junho e novembro, com destaque para maio, em quase todas as regiões do estado chove mais no El Niño e menos com La Niña e um valor intermediário na fase Neutra, evidenciando a influência do ENOS nesses meses, o que está de acordo com os resultados médios apresentados nas Figuras 2 e 3. Em julho também chove mais no El Niño, mas na fase Neutra chove mais que com La Niña na região sul e menos que La Niña na porção norte, mostrando assim uma mudança na dinâmica na atuação do ENOS de junho para julho. A distribuição espacial de acordo com a fase do ENOS, em agosto, o mês historicamente mais seco, não apresenta grandes diferenças, o mesmo ocorrendo em setembro. Nesses dois meses, agosto e setembro, em média chove menos com El Niño e um pouco acima da média com La Niña em agosto e em setembro na fase Neutra (Figura 3).

**Figura 5** - Distribuição espacial do desvio médio mensal (mm) em relação à média mensal estadual do período de 1974 a 2020.



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

**Figura 6** - Distribuição espacial da precipitação pluvial média mensal agrupada de acordo com a influência de eventos ENOS, no período de 1974 a 2020, para os meses de janeiro a abril.



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

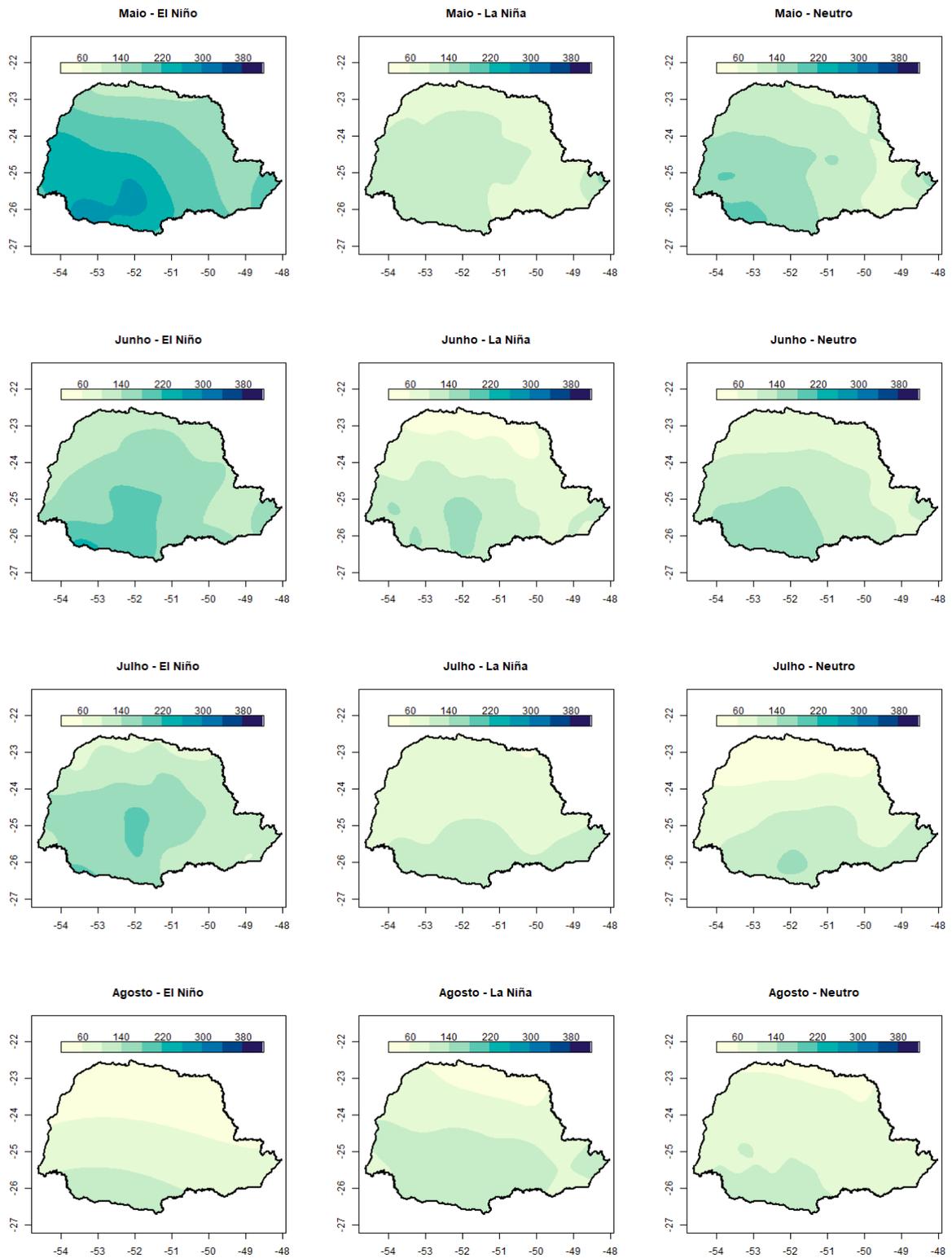
O trimestre mais chuvoso (dezembro, janeiro e fevereiro) não apresenta grande influência do ENOS. Em dezembro, em quase todas as regiões do Estado chove abaixo da média no La Niña, exceto no litoral e algumas porções do centro, norte pioneiro e noroeste do Estado. Nos meses de janeiro e fevereiro as menores precipitações ocorrem na fase Neutra, com chuva abaixo da média em quase todo o Estado em janeiro e em todo o Estado em fevereiro. Além disso, apresenta precipitação acima da média na fase La Niña em todo o Estado no mês de fevereiro e em quase todas as regiões sob efeito do El Niño nos meses de janeiro e fevereiro. Essas diferenças de precipitação entre as fases do ENOS ficam até 40 mm abaixo ou acima da média, dependendo da porção do Estado, evidenciando assim uma atuação suave do ENOS sobre o Paraná nesses três meses, resultado que corrobora com o encontrado por Kist e Gebert (2022) na análise por trimestre.

Em onze meses do ano (Figuras 6, 7 e 8), exceto em maio, no litoral do Estado, que é a região com os maiores acumulados anuais, os mapas de precipitação, agrupada por evento ENOS, não apresentam diferenças muito significativas, mostrando assim que o ENOS pouca ou nenhuma influência nessa região do Estado, o que corrobora com os estudos de Salton et al. (2021) e de Kist e Gebert (2022). Isso ocorre devido a orografia dessa região, que é um fator atuante na dinâmica dos elementos constituintes do clima, de forma a intensificar ou reduzir os totais pluviométricos (FRITZSON et al., 2011; TERASSI et al. 2017).

De maneira geral, com os mapas de desvios das Figuras 9, 10 e 11 é possível identificar as regiões do Estado de maior influência do ENOS. Nos meses mais chuvosos (janeiro, fevereiro, outubro, dezembro) e os meses de agosto e setembro, pode-se verificar que no Paraná em todas as fases do ENOS as chuvas ficaram até em torno de 40 mm abaixo/acima da média local. Em meses chuvosos essa diferença pode ser não significativa, indicando pouca ou nenhuma atuação do ENOS, mas em meses mais secos essas menores diferenças na precipitação podem ser significativas.

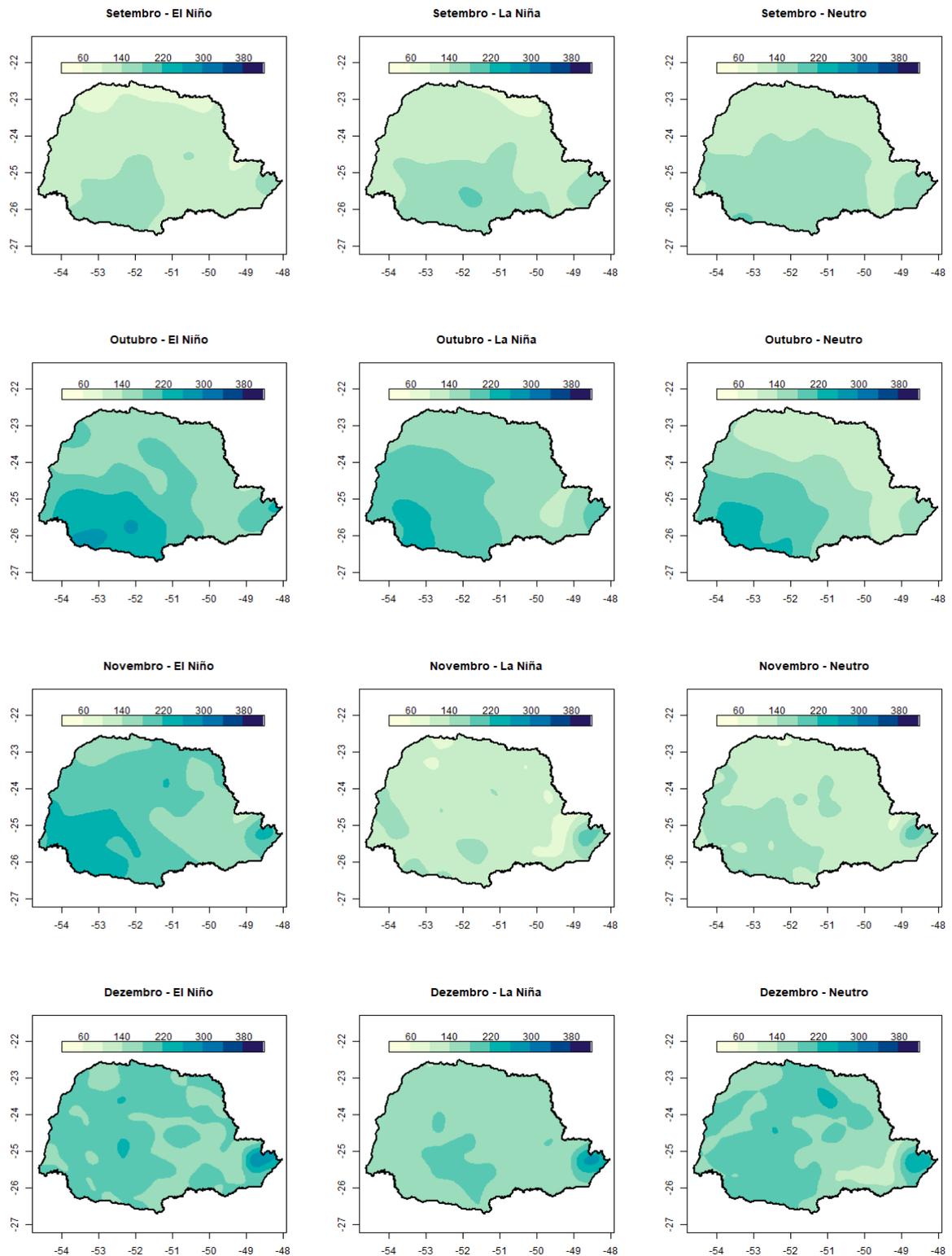
Nos meses de março a julho e novembro, as diferenças na precipitação entre as fases do ENOS ficam mais evidentes, principalmente entre as fases El Niño e Neutra, com chuvas acima da média local de até 80 mm em diversas regiões. Maio é o mês com as maiores diferenças, com esses desvios chegando a 120 mm em uma pequena porção das regiões sul e sudoeste do Estado, resultados que corroboram com os desvios apresentados na Figura 3.

**Figura 7 -** Distribuição espacial da precipitação pluvial média mensal agrupada de acordo com a influência de eventos ENOS, no período de 1974 a 2020, para os meses de maio a agosto.



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

**Figura 8** - Distribuição espacial da precipitação pluvial média mensal agrupada de acordo com a influência de eventos ENOS, no período de 1974 a 2020, para os meses de setembro a dezembro.



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

Nesse mesmo período, sob o efeito da La Niña, observou-se chuvas acima da média,

em algumas regiões do Estado, apenas nos meses de março, abril e julho. O efeito La Niña se destacou negativamente no mês de maio, em quase metade do Estado (oeste, sudoeste e partes do sul, centro e noroeste) apresentando chuvas abaixo da média de até -80 mm, e uma porção do sudoeste com até -120 mm. Uma pequena porção da região sudoeste e do oeste, no mês de novembro, também apresentaram chuvas abaixo da média de até -80 mm sob efeito de La Niña.

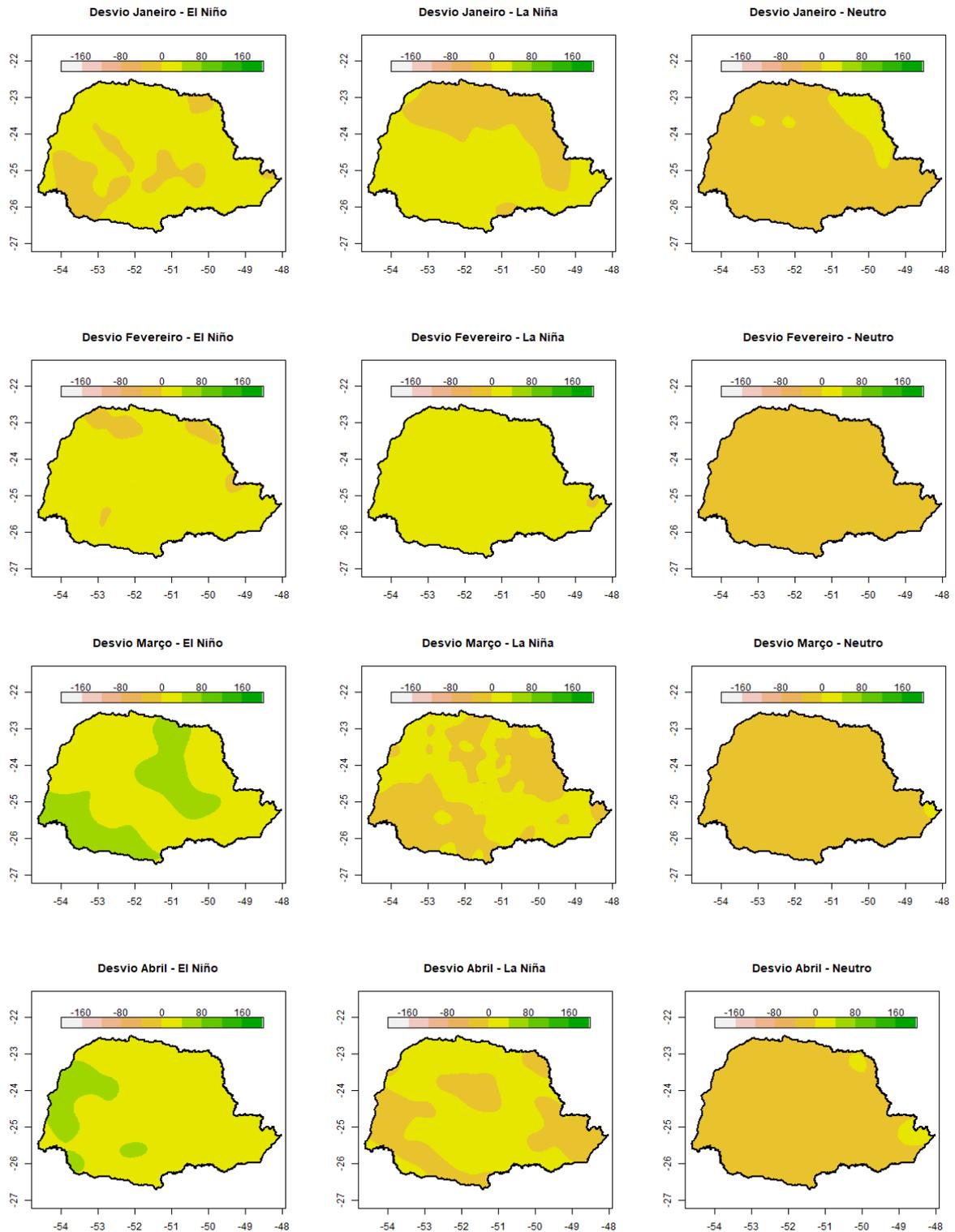
Fazendo uma análise do comportamento dos desvios em relação à média local, para cada fase ENOS (Figuras 9, 10 e 11), ao longo dos meses do ano, pode-se dizer que a fase Neutra tem destaque nos meses de agosto, setembro e dezembro, pois apenas nestes meses foram observados desvios positivos em regiões maiores do que nos demais meses. Sob efeito La Niña, ao longo dos meses do ano, ocorreram desvios positivos de janeiro a abril, na maior parte do Estado. Nos meses de maio a julho a predominância é de desvios negativos, com destaque para o mês de maio que apresentou os maiores desvios negativos nesta fase.

Em agosto há predominância de chuvas acima da média em quase todo o Estado, em setembro e outubro há uma mescla de regiões com desvios variando de -40 a 40 mm, e por fim, em novembro e dezembro a predominância no Estado, sob efeito de La Niña, são de desvios negativos, indicando chuvas abaixo da média nessa fase do ENOS. Por fim, na fase El Niño, os meses de maio, julho e novembro se destacam por apresentarem as maiores regiões do Estado com desvios positivos acima de até 80 mm. De acordo com o exposto, aparentemente o mês que mais sofre efeito de El Niño e La Niña é maio (Figuras 3 e 10), seguido de novembro e julho (Figuras 3, 10 e 11) apresentando maior discrepância apenas para El Niño.

Kist e Gebert (2022) em uma análise de dados agrupados em escala anual, sazonal e trimestral, concluíram que, em uma escala anual, a região sudoeste é a região mais afetada pelo ENOS com chuvas acima da média com El Niño e abaixo da média com La Niña e o litoral e região metropolitana são as regiões menos afetadas. Em uma escala sazonal (seco e chuvoso) há uma maior influência do ENOS na estação seca (abril a setembro) do que na estação chuvosa, com destaque para a região sudoeste que apresenta as maiores diferenças entre a fase quente e fria do ENOS. Resultado parecido foi encontrado na análise trimestral para o outono (abril, maio e junho). A estação seca engloba quatro dos seis meses de maior influência em escala mensal e os três meses do outono e dessa forma o resultado em escala

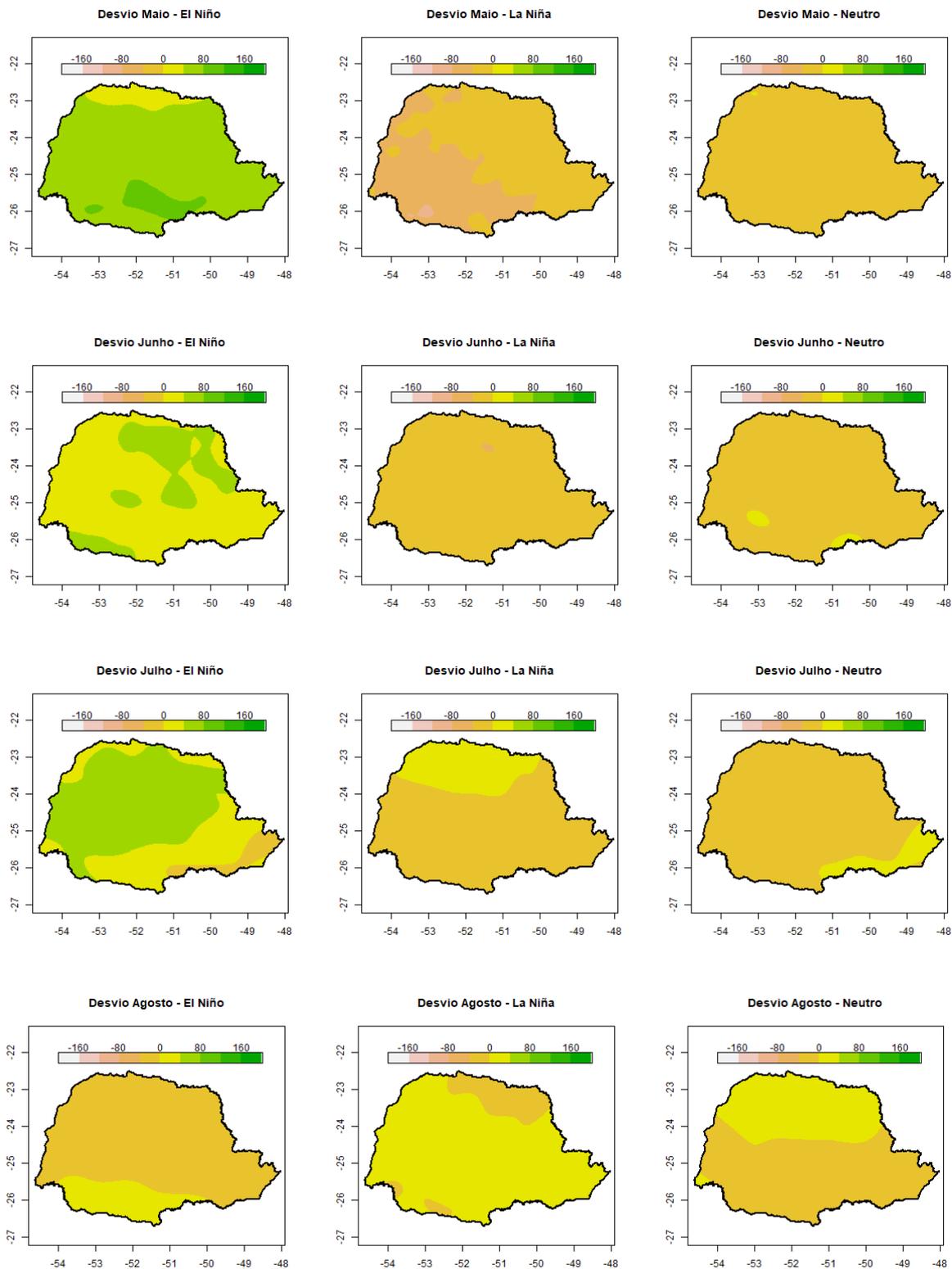
mensal confirmam os resultados da escala sazonal e trimestral.

**Figura 9** - Distribuição espacial do desvio médio mensal (mm) em relação à média mensal de cada estação pluviométrica de acordo com a influência de eventos ENOS, no período de 1974 a 2020, para os meses de janeiro a abril.



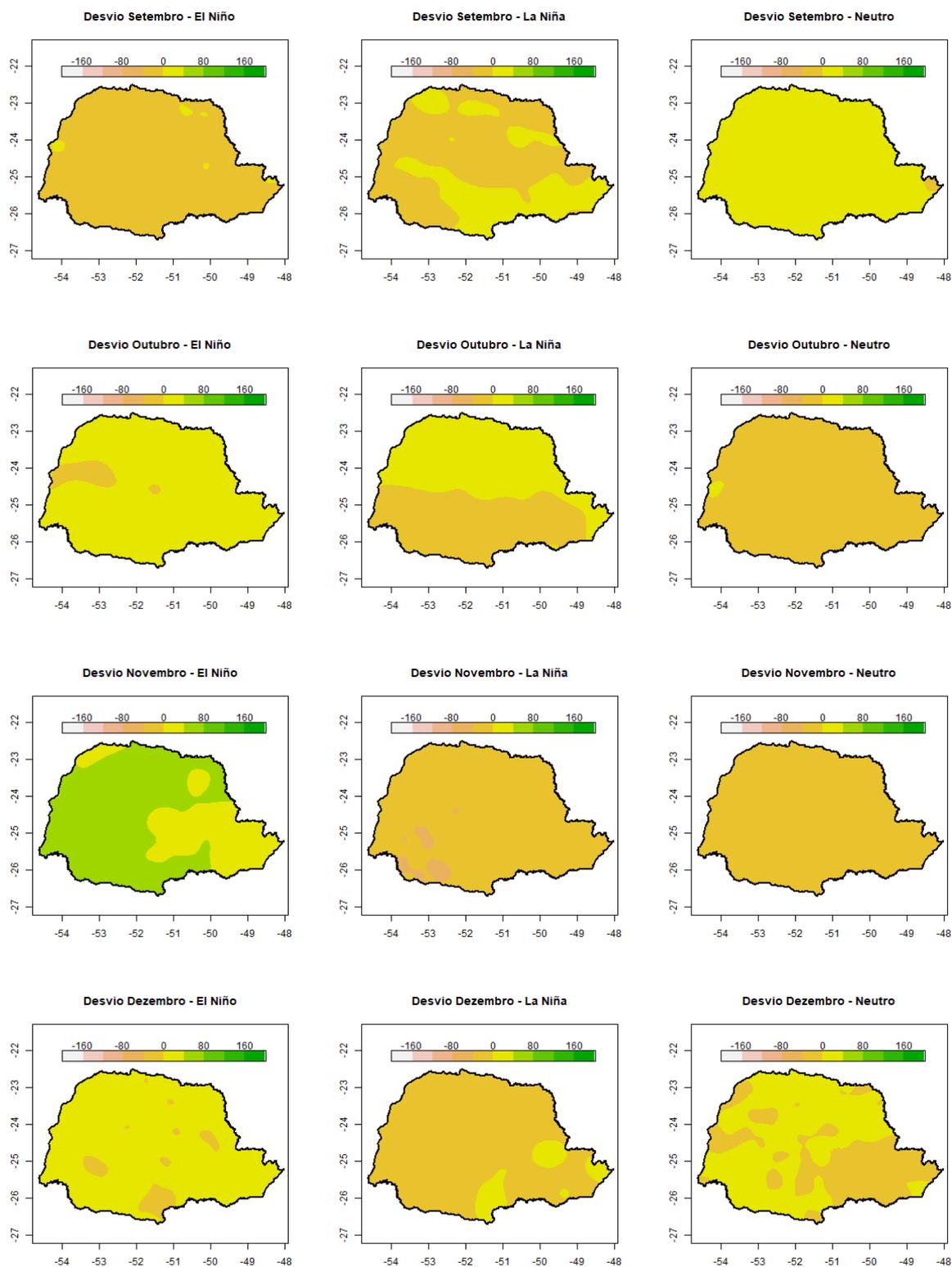
**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

**Figura 10** - Distribuição espacial do desvio médio mensal (mm) em relação à média mensal de cada estação pluviométrica de acordo com a influência de eventos ENOS, no período de 1974 a 2020, para os meses de maio a agosto.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

**Figura 11** - Distribuição espacial do desvio médio mensal (mm) em relação à média mensal de cada estação pluviométrica de acordo com a influência de eventos ENOS, no período de 1974 a 2020, para os meses de setembro a dezembro.



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023).

O presente estudo fez uma abordagem da influência do ENOS em termos médios, mostrando o que acontece em média, quando estamos sob a influência de uma das fases do ENOS. Estudos mais detalhados são necessários para inferir se a intensidade do ENOS afeta de forma mais significativa a precipitação do Paraná. Por exemplo, Vanhoni e Mendonça (2008) que estudaram o clima do litoral do Paraná concluíram que, em escala anual, o ENOS, dependendo da intensidade tem uma influência maior ou menor. Além disso, é importante destacar a necessidade de estudos de outros fenômenos, como por exemplo o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e as diferentes fases do Modo Anular Sul (SAM), e a forma como esses podem, associados ou não ao ENOS, influenciar na precipitação sobre o estado do Paraná.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Paraná os meses mais secos são agosto e julho com precipitação abaixo dos 100 mm, em média. Por outro lado, outubro, dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos, com precipitação mensal acima dos 170 mm.

Ao longo dos meses do ano, no período de 1974 a 2020 em geral choveu acima da média histórica do Estado quando da ocorrência do El Niño, com destaque para maio, julho e novembro, e abaixo da média nos períodos Neutros. Os maiores desvios médios em relação à média mensal ocorrem no El Niño e La Niña, sendo maio o mês com os maiores valores para ambos, acima da média para El Niño e abaixo da média com La Niña.

Com base nos mapas de distribuição espacial da precipitação mensal média e dos desvios, o litoral é destacadamente a região com as maiores precipitações durante os meses de janeiro, fevereiro e março. De maio a outubro chove mais na região sudoeste, tendo em setembro a mesma média em porções do litoral, sul e central do Estado. O mês de abril apresenta quantidades de precipitação similares em porções do litoral, sudoeste e oeste, já novembro em pequenas porções do litoral, sudoeste e oeste. Isso mostra que os meses de abril e novembro são os meses de mudança na dinâmica da precipitação no Paraná.

Os mapas dos desvios médios servem tanto para apresentar a distribuição espacial do desvio médio em relação à média mensal estadual, localizando a região do Estado onde chove abaixo/dentro/acima da média mensal, como para localizar e quantificar a atuação do ENOS sob

um local específico. É possível identificar as regiões do Estado onde o ENOS tem influência, isto é, chove acima da média em uma fase e abaixo da média em outra, e as regiões sem influência do ENOS.

De maneira geral, a dinâmica dos desvios mensais, em relação à média estadual, durante o ano mostrou que no período de novembro a março a região litorânea se destaca com chuvas bem acima da média estadual. De maio até o mês de julho, alguns pontos da região sudoeste e centro sul é que passam a se destacar com chuvas de até 80 mm acima da média estadual. Já em agosto e setembro, praticamente todo o estado se divide em duas partes, metade superior com chuvas abaixo da média (até -40 mm) e metade inferior com chuvas acima da média (até 40 mm), exceto região dos campos gerais. Em outubro a região sudoeste voltou a apresentar chuvas de até 80 mm acima da média. Confirmando novamente a mudança na dinâmica da precipitação no Paraná nos meses de abril e novembro.

As diferenças mais significativas entre as fases do ENOS ocorrem nos meses de março a julho e em novembro, sendo assim os meses de maior influência do ENOS sobre a precipitação do Paraná. Nesses meses, exceto em julho, na região litorânea e uma porção sul do Estado, chove acima da média histórica local em todas as estações meteorológicas durante o El Niño, abaixo da média na fase Neutra em praticamente todo o Estado e abaixo/acima da média dependendo da região e mês considerado.

Maio, e novembro, com diferenças acima de 120 e 80 mm, respectivamente, na precipitação entre o El Niño e La Niña em algumas porções do Estado, são os dois meses em que o ENOS é mais intenso. As diferenças mais significativas se localizam na porção centro-sul, sul, sudoeste e oeste do Estado e sendo menor na porção norte. Em novembro há uma maior influência do ENOS na região sudoeste, enquanto no litoral e porções das regiões metropolitana, central, noroeste e nordeste essa diferença é consideravelmente menor. No mês de junho, em uma porção do sudoeste e em porções do centro e nordeste do Estado e em julho em porções do oeste e central do Estado também apresentam uma influência significativa do ENOS sobre o Paraná.

O verão (dezembro, janeiro e fevereiro) é a estação com atuação mais suave do ENOS sobre o Estado. A fase Neutra apresenta chuvas abaixo da média, de até -40 mm, em praticamente todo Estado, nos meses de janeiro e fevereiro, e chuvas de até 40 mm acima da média em dezembro na maior parte do Estado, excetuando principalmente a porção leste. O

verão sob efeito de La Niña provocou chuvas de até 40 mm acima da média em todo o Estado e abaixo da média (até -40 mm) em dezembro, em praticamente todo o Estado, e em janeiro principalmente nas porções noroeste, norte e campos gerais. Sob efeito El Niño, os meses do verão apresentaram chuvas acima da média (até 40 mm) em quase todo o Estado, apresentando algumas regiões abaixo da média um pouco maiores no mês de janeiro.

Analisando os mapas de precipitação média mensal do Paraná (Figura 4) e comparando-os com os mapas de médias mensais agrupadas por fase do ENOS (Figuras 6, 7 e 8) e comparando os mapas entre as fases do ENOS percebe-se que há um ganho significativo de informação sobre a dinâmica da precipitação no Estado. Essa diferença nos mapas é um indício que o ENOS efetivamente tem atuação sobre as quantidades médias mensais de precipitação no Paraná. Essa atuação é mais forte em algumas regiões e menos forte em outras e muda de mês para mês. No litoral do Estado, que é a região com os maiores acumulados anuais, o ENOS, não apresentam diferenças muito significativas, mostrando assim pouca ou nenhuma influência nessa região do Estado. Isso é justificado em outros estudos devido a sua orografia.

## REFERÊNCIAS

BARROS, Vicente R.; SILVESTRI, Gabriel E. The relation between sea surface temperature at the subtropical south-central Pacific and precipitation in southeastern South America. **Journal of climate**, v. 15, n. 3, p. 251-267, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<0251:TRBSST>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<0251:TRBSST>2.0.CO;2)

BORGES, Anderson; FUJITA, Rafaela Harumi; BINDA, Andrey Luis. As chuvas do baixo rio Iguaçu (Sudoeste do Paraná) no período de 1976 a 2016. **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 635-658, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e71496>

CALDANA, Nathan Felipe da Silva; MARTELÓCIO, Alan Carlos; RUDKE, Anderson Paulo; NITSCHKE, Pablo Ricardo; CARAMORI, Paulo Henrique. Frequência, intensidade e variabilidade pluviométrica na mesorregião sudoeste Paranaense. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, n.15, p. 161-181, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.64516>

DE SOUZA, Patrícia; NERY, Jonas T.; MARTINS, Maria de L. O. F.; **Análise da Precipitação no Estado do Paraná Associada com o Índice de Oscilação do Pacífico**. In Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12., 2002, Foz do Iguaçu-PR.

ELY, Deise Fabiana; DEBREUIL, Vincent. Análise das tendências espaço-temporais das precipitações anuais para o estado do Paraná - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p.553-569, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v21i0.48643>

ELY, Deyse Fabiana. Padrões espaciais das tendências das precipitações sazonais e mensais no estado do Paraná - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, p. 83-105, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v0i0.66375>

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; WREGGE, Marcos Silveira; NETO, Anselmo Chaves. Análise da pluviometria para definição de zonas homogêneas no Estado do Paraná. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 23, p. 555-572, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v23i0.24921>

GEBERT, Deyse Márcia Pacheco; KIST, Airton; DAS VIRGENS FILHO, Jorim Sousa. Determinação de regiões homogêneas de precipitação pluviométrica no estado do Paraná por meio de técnicas de análise multivariada e geoestatística. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.60406>

GRIMM, Alice M.; BARROS, Vicente R.; DOYLE, Moira E. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of climate*, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2)

JOZAMI, Emiliano; CONSTANZO, Marta B.; CORONEL, Alejandra S. Influencia de “El Niño-Oscilación Sur” sobre las precipitaciones en Paraná y Lucas González (Entre Ríos, Argentina). **Revista de Climatología**, v. 15, p. 85-92, 2015. Disponível em: <http://www.climatol.eu/reclim/reclim15h.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2020.

KIST, Airton; GEBERT, Deyse Márcia Pacheco. Contribuição aos estudos da influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 31, p. 207-229, 2022. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.15743>

MELLO, José Marcio de; BATISTA, João Luís Ferreira; RIBEIRO JUNIOR, Paulo Justiniano; OLIVEIRA, Marcelo Silva de. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, v.69, p. 25-37, 2005. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr69/cap02.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2020.

MELLO, Yara Rúbia de; SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. Análise Geoestatística da Precipitação Média Para o Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, p. 643-660, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.64468>

NASCIMENTO JÚNIOR, Lindberg; RODRIGUES SILVESTRE, Miriam; SANT'ANNA NETO, João Lima. Trends and rainfall tropicalization in Paraná State, south of Brazil. **Atmosfera**, v. 33, n. 1, p. 1-18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20937/atm.52441>

NASCIMENTO JÚNIOR, Lindberg; SANT'ANNA NETO, João Lima. Contribuição aos estudos da precipitação no estado do Paraná: a oscilação decadal do Pacífico-ODP. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 35, p. 314-343, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v35i0.42048>

NERY, Jonas Teixeira; STIVARI, Sonia Maria Soares; MARTINS, Maria de Lourdes O. F.; SILVA, Eraldo Schunk; SOUSA, Patricia. Estudo da precipitação do estado do Paraná e sua associação à temperatura da superfície do Oceano Pacífico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 1, p. 161-171, 2005. Disponível em: <http://sbagro.org/files/biblioteca/1460.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.

NITSCHKE, Pablo Ricardo; CARAMORI, Paulo Henrique; RICCE, Wilian da Silva; PINTO, Larissa Fernandes Dias. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. 216 p. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>. Acesso em: 14 out. 2021.

NOAA - Cold & Warm Episodes by Season. Climate Prediction Center. Disponível em: [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php). Acesso em: 08 fev. 2021.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 29 out. 2022.

RIBEIRO JR, Paulo J.; DIGGLE, Peter J.; SCHLATHER, Martin; BIVAND, Roger; RIPLEY, Brian (2020). geoR: Analysis of Geostatistical Data. R package version 1.8-1. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=geoR>. Acesso em: 29 out. 2022.

SALTON, Flávia Galvanini; MORAIS, Heverly; LOHMANN, Marciel. Períodos Secos no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 36, n. 2, p. 295-303, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863620163>

TEIXEIRA, Nivaldo Fernandes; MARTÍN-VIDE, Javier. Influência do ENOS na distribuição das precipitações no estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 12, n. 1, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v12i1.30484>.

TERASSI, Paulo Miguel de Bodas; CORREA, Márcio Greyck Guimarães; GALVANI, Emerson. Caracterização espacial da precipitação pluviométrica em bacias hidrográficas do Leste do Estado do Paraná. **Ciência e Natura**, v. 39, p. 125-141, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X27417>

TERASSI, Paulo Miguel de Bodas; OLIVEIRA JÚNIOR, José Francisco; GALVANI, Emerson; DE GOIS, Givanildo. Frequência e Intensidade Pluviométrica na Região Norte do Estado do Paraná, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 121-133, 2018. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v35i0.134610>

VANHONI, Felipe; MENDENÇA, Francisco. O clima do litoral do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, p. 49-63, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v3i0.25423>