INVESTIGAÇÃO DAS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NA AGRICULTURA PARANAENSE COM USO DE DADOS CHIRPS (1981 – 2022)

Tânia Beatriz Hoffmann [1], Philipe Souza Simões [2], Yosio Shimabukuro [1]

[1]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Av. dos Astronautas, 1.758 - Jardim da Granja, São José dos Campos – SP, {tania.hoffmann, yosio.shimabukuro}@inpe.br;
[2]Geopixel–- Inteligência Municipal - Estrada Dr. Altino Bondensan, 500, Eugênio de Melo São José dos Campos – SP, philipe.simoes@geopixel.com.br

RESUMO

A produção agrícola do Paraná é fundamental para a economia brasileira, especialmente com as culturas de soja e milho. No entanto, a variabilidade no regime de chuvas afeta significativamente a produção de alimentos. Dados do sensor CHIRPS (1981-2022) indicam uma precipitação média mensal de 140 mm, mas meses com apenas 9,7 mm foram registrados. O coeficiente de variação anual supera 50%, revelando variação na distribuição das chuvas. O estudo identificou 16 anos com precipitação insuficiente para o cultivo de soja e milho, sendo 12 desses anos com a atuação dos fenômenos El Niño ou La Niña. Somente o fenômeno La Niña e anos neutros foram observados no período de primeira safra. Diante desses desafios, é crucial adotar estratégias que mitiguem os impactos na agricultura e fortaleçam a segurança alimentar frente à crescente variabilidade climática.

Palavras-chave **—** Precipitação, Agricultura, El Niño, La Niña, Variabilidade Climática.

ABSTRACT

Agricultural production in Paraná is essential to the Brazilian economy, particularly with soybean and corn crops. However, variability in rainfall patterns significantly affects food production. Data from the CHIRPS sensor (1981–2022) indicate an average monthly precipitation of 140 mm, with some months recording as little as 9.7 mm. The annual coefficient of variation exceeds 50%, highlighting fluctuations in rainfall distribution. The study identified 16 years with insufficient rainfall for soybean and corn cultivation, 12 of which were influenced by El Niño or La Niña phenomena. Only La Niña and neutral years were observed during the first harvest season. Given these challenges, adopting strategies to mitigate the impacts on agriculture and strengthen food security amid increasing climate variability is crucial.

Key words **—** *Precipitation, Agriculture El Niño, La Niña, Climatic Variability.*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido como um dos principais produtores de grãos do mundo e desempenha um importante papel no setor agrícola mundial através da exportação de commodities, como soja, milho, algodão e carnes. No contexto específico da produção e exportação da soja, o Brasil foi responsável por cerca de 39% da produção mundial do insumo, com base na safra de 2023 [1]. Do total produzido, conforme dados da safra 2023, a maior concentração da produção está dividida em três estados, sendo eles: Mato Grosso responsável por 26% da produção nacional, Paraná com 15% e Rio Grande do Sul com cerca de 14% da produção nacional [1].

Em relação à produção de milho no estado do Paraná espera-se a produção de 17,8 milhões de toneladas para a safra 23/24. Destas, estima-se que 3,8 milhões sejam produzidos na 1ª safra e 14 milhões de toneladas na 2ª safra [2], principalmente em áreas onde foi cultivada a soja na primeira safra.

O atraso e a escassez das chuvas, como ocorrido em 2021, por exemplo, desencadearam perdas expressivas na produtividade dos cultivos de 1ª e 2ª safra no Sul do país. Na Tabela 1 é possível analisar a média de produtividade da soja e do milho no estado do Paraná no comparativo dos anos 2020, 2021 e 2022 [3].

Cultura	2020	2021	2022
Soja	62,8	58,0	40,0
Milho	97,0	67,7	85,35

Tabela 1. Produção agrícola no Paraná (em sacas/ha).
Fonte: IBGE, 2024.

Além dos prejuízos econômicos gerados aos produtores rurais, a baixa produção de alimentos também impacta o mercado global. Com um volume menor disponível para o comércio, o valor das commodities aumenta, resultando no aumento do preço dos alimentos. Esse cenário é ainda mais preocupante para populações que vivem em situação de insegurança alimentar.

Para o adequado desenvolvimento da soja, são necessários, no mínimo, 450 mm de precipitação, distribuídos principalmente nas fases iniciais, após o plantio, até a fase de enchimento de grãos [4]. O período de cultivo da soja ocorre geralmente entre os meses de outubro e dezembro/janeiro do ano seguinte [5]. Por outro lado, o milho requer, no mínimo, 600 mm para seu adequado desenvolvimento [6] e é cultivado entre os meses de janeiro e abril [5]. No entanto, nem sempre as condições ideais são

encontradas pelos produtores rurais, que enfrentam cenários de escassez e má distribuição das chuvas ao longo do desenvolvimento das culturas.

A escassez hídrica durante a produção de alimentos é uma preocupação constante para diversos países ao redor do mundo. Diversos estudos têm buscado identificar essas ocorrências, bem como entender seus impactos [7, 8, 9]. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo identificar os anos com precipitação acumulada durante o período de plantio e desenvolvimento da soja (safra) e do milho (safrinha) no estado do Paraná e verificar se essas ocorrências coincidem com os anos de El Niño e La Niña.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Paraná é um estado situado na região Sul do Brasil, com uma área aproximada de 199.314 km² e uma população de cerca de 11,5 milhões de habitantes [10]. O estado conta com 65.820,27 km² destinados à agricultura, sendo 55.151,59 km² destinados ao cultivo de soja 1ª safra [11], além de outros cultivos 2ª safra, como milho e trigo. A localização do estado pode ser vista na Figura 1.



Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2 Dados de precipitação e eventos anômalos

Para compreender as transformações na agricultura, é fundamental contar com uma base de dados de precipitação, visto que a agricultura no Brasil é predominantemente baseada em produções de sequeiro. Devido ao número restrito de estações meteorológicas disponíveis no país, uma alternativa é o uso de dados obtidos por meio de sensoriamento remoto, que têm sido amplamente utilizados em estudos climáticos [12, 13]. Um exemplo são os dados do *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station data* (CHIRPS), com resolução espacial de 5 km.

Paralelo à aquisição de dados de precipitação é importante compreender também as ocorrências de eventos extremos. Estudos recentes têm buscado investigar eventos anômalos, como El Niño e La Niña e compreender seus impactos em diferentes escalas, sendo elas globais e regionais [7, 8].

Para conduzir o estudo, foi obtida a série temporal completa dos dados de precipitação do CHIRPS, referente ao período entre 1981 e 2022. Os dados foram extraídos por meio de um script na plataforma *Google Earth Engine* (GEE). A seleção dos meses baseou-se na análise do calendário agrícola do Paraná. Os dados foram organizados e analisados conforme o período de cultivo das culturas analisadas (soja primeira safra e milho safrinha).

Para os eventos anômalos, foram analisadas as tabelas de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña divulgadas pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) selecionando os anos com atuação forte dos eventos. Os dados também foram confrontados com outros estudos científicos [7] como segunda verificação.

2.3 Metodologia

Os dados brutos do CHIRPS estavam organizados em intervalos de 5 dias, como etapa inicial os valores foram recalculados para totais mensais e, posteriormente, analisados. Para selecionar os anos com potencial de quebra de safra, foram adotados limiares para o acumulado de precipitação ao longo do desenvolvimento dos cultivos de soja e milho, conforme o calendário agrícola do estado.

Para definir os anos com déficit hídrico potencial, foram consideradas as somas da precipitação durante os meses em que as culturas estavam em desenvolvimento no campo: outubro a dezembro para a soja e janeiro a abril para o milho. Para ajustar os valores de precipitação foi adicionado um incremento de 5% nos valores originais como medida de erro.

Já os dados da NOAA, após extração, foram organizados em tabelas para posterior análise de sobreposição com os dados de precipitação. Os anos selecionados foram validados com outros trabalhos semelhantes [7].

3. RESULTADOS

Desde 1981 a 2022 eventos anômalos, como El Niño e La Niña, têm alterado a dinâmica das chuvas. No estado do Paraná, o acumulado de chuvas ao longo dos ciclos agrícolas foi insuficiente para o desenvolvimento da soja nos anos de 1985, 1988, 1989, 1992, 1999, 2013, 2019, 2020 e 2021. Nenhum dos anos com precipitação insuficiente esteve sob a influência de El Niño, enquanto quatro anos foram associados à influência do fenômeno La Niña. O gráfico que apresenta os valores de precipitação (em mm), bem como os anos com as ocorrências de La Niña, pode ser visualizado na Figura 2.

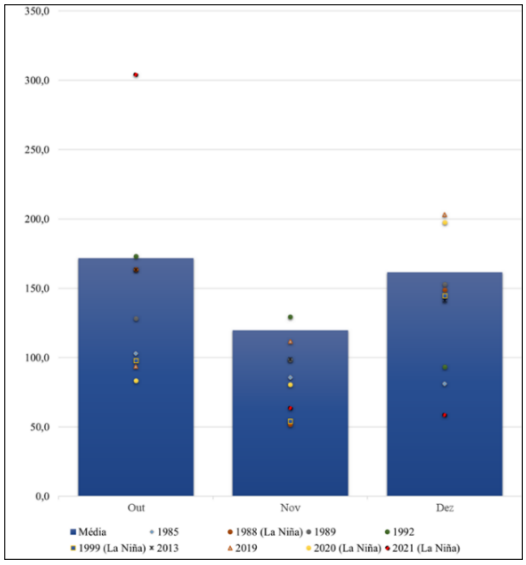


Figura 2. Anos com precipitação abaixo do necessário para desenvolvimento da soja e ocorrência de eventos anômalos (1981 – 2022).

Para o cultivo de milho, a insuficiência hídrica ocorreu nos anos de 1982, 1988, 1991, 2000, 2002, 2004, 2005, 2006, 2009 e 2020. Os anos de 1982, 1991, 2002, 2004, 2006 e 2009 estavam sob influência do evento El Niño durante o período de plantio e crescimento do milho. Já os anos de 1988, 2000, 2005 e 2020 estavam sob influência do fenômeno La Niña. A distribuição das chuvas é apresentada na Figura 3.

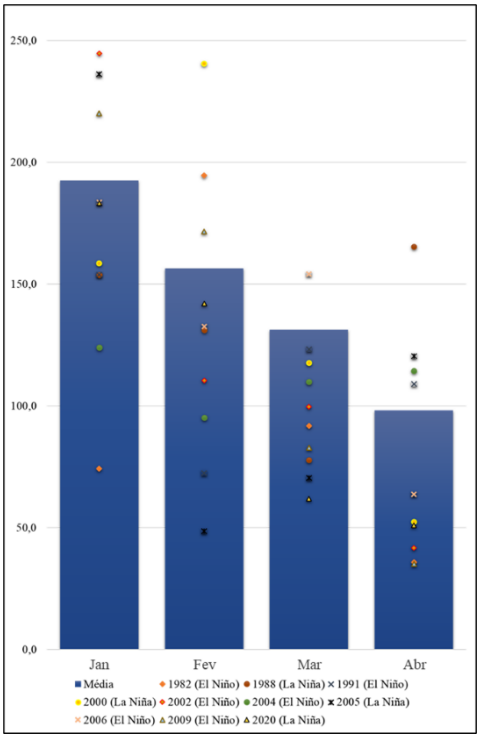


Figura 3. Anos com precipitação abaixo do necessário para desenvolvimento do milho e ocorrência de eventos anômalos (1981 – 2022).

Os anos 2000, 2002 e 2005, por exemplo, são anos em que a precipitação nos meses de janeiro e fevereiro foram muito acima da média e valores muito baixos nos meses posteriores. As implicações desse cenário no âmbito agrícola são diversificadas, desde a perda do calendário de plantio ocasionada pelo excesso de chuvas até a escassez hídrica na lavoura durante o desenvolvimento da lavoura. Além disso, casos como esse podem ter mascarado outras ocorrências de possível quebra de safra ao longo da série, onde apenas um mês contou com valores altos de precipitação.

Analisando os anos com atuação dos fenômenos El Niño e La Niña ao longo da série histórica foi possível constatar que a precipitação para a soja em anos de El Niño foi 22,67% superior quando comparada aos anos de atuação do La Niña. Também foi possível observar que nos anos de atuação de El Niño a precipitação foi 14,57% superior aos anos de ocorrência de La Niña no cultivo de milho.

A elevação nos níveis de precipitação não necessariamente corresponde a uma distribuição equilibrada das chuvas ao longo dos períodos analisados (Figura 2). Com base nas estatísticas de precipitação é possível identificar variações expressivas dentro da série histórica. Os valores mínimos mensais encontrados foram de 43,7 mm na 1ª safra (novembro de 1998) e de 16,4 mm na 2ª safra (abril de 2021). O coeficiente de variação é superior a 50% ao longo da série e o desvio padrão de 69,6 (Tabela 2).

Período	Mínima (mm)	Máxima (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coeficiente de variação (%)
1ª safra	43,7	341,1	63,9	39,5
2ª safra	16,4	340,3	64,2	41,4
1981 - 2022	9,7	346,5	69,6	50,7

Tabela 2. Estatística descritiva para a precipitação no período de safra, safrinha e série histórica obtido pelo sensor CHIRPS (1981 – 2022) para o Paraná.

4. DISCUSSÃO

A falta, o excesso e a má distribuição de chuvas podem gerar atrasos no plantio e comprometer o desenvolvimento das lavouras. Quando o atraso ocorre no plantio da soja (1ª safra) a semeadura do milho (2ª safra) também é impactada, porque o plantio do milho é realizado, em muitos casos, imediatamente após a colheita da soja. No presente estudo não foram analisados os anos com atrasos de plantio, a seleção dos meses foi realizada conforme o calendário agrícola da CONAB. Validações de atrasos de plantio podem ser exploradas com uso de outras metodologias em trabalhos futuros.

Além disso, não foi encontrada uma relação direta entre todas as ocorrências de precipitação abaixo do necessário para o desenvolvimento das culturas e a atuação dos fenômenos El Niño ou La Niña na série analisada. Foram identificados anos neutros, aqueles sem a atuação de nenhum

fenômeno, com baixa precipitação. Contudo, analisando especialmente o período de safra, podemos observar que não foram identificados anos com ocorrência de El Niño, isso ocorre porque nos anos deste fenômeno há uma intensificação das chuvas durante a primavera e início do verão, contudo, como fenômeno oposto, durante a atuação do La Niña é possível identificar a precipitação abaixo da média histórica durante o verão.

Outros fatores, sejam eles climáticos globais ou ocorrências regionais, podem contribuir na variabilidade das chuvas na região. Cabe destacar que o presente estudo não teve como objetivo avaliar os anos com excesso de chuva no desenvolvimento dos cultivos, tais ocorrências também trazem impactos para a produção de alimentos. Outros conjuntos de análise, com diferentes configurações, podem ser explorados em novos estudos para a região em trabalhos futuros.

5. CONCLUSÕES

O estudo acerca da precipitação acumulada no Paraná, nos períodos de 1ª e 2ª safra, ao longo dos anos de 1981 e 2022 mostrou que a influência desses fenômenos na distribuição das chuvas é complexa e variável ao longo dos anos, exigindo uma abordagem mais abrangente nos estudos e na gestão agrícola.

A disponibilidade de dados de precipitação, obtidos por meio de sensoriamento remoto, pode ser utilizada como uma fonte de dados alternativa para entender o acúmulo de chuva ao longo dos ciclos de monitoramento de safra e safrinha como indicadores de possível quebra de safra. O conjunto de dados históricos pode ser utilizado para entender os desafios enfrentados pelos produtores rurais no passado, realizar análises atuais e projeções futuras acerca da precipitação e ocorrência de eventos anômalos.

O estudo exploratório apresentado foi útil na identificação de possíveis ocorrências de quebra de safra a partir do acumulado de precipitação, contudo novos métodos são indicados para análise mais precisas de quebra de safra no estado do Paraná, podendo considerar fatores como atraso de plantio, novos e diferentes agrupamentos nos volumes de precipitação e de distribuição das chuvas ao longo dos períodos de safra e safrinha nos cultivos da soja e do milho no estado.

8. REFERÊNCIAS

[1] UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. Soybean 2023 - World Production. 2024a. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2222000>. Acesso em: 02 mai. 2024.

[2] GOVERNO DO PARANÁ. Área de soja deve crescer e de milho diminuir no Paraná, aponta estimativa da safra 23/24. 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Area-de-soja-deve-crescer-e-de-milho-diminuir-no-Parana-aponta-estimativa-da-safra-2324>. Acesso em: 03 mai. 2024.

[3] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.
Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2024. Disponível em: sidra.ibge.gov.br/tabela/6588. Acesso em: 09 set. 2024.

[4] EMBRAPA. Soja - Informações. 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/exigencias-climaticas/agua#:~:text=A%20necessidade%20total%20de%20%C3%A1gua,da%20dura%C3%A7%C3%A3o%20do%20seu%20ciclo. Acesso em: 08 abr. 2024.

[5] COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Mapeamentos agrícolas. 2023a. Disponível em:<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/mapeamentos-agricolas?start=30>. Acesso em: 28 abr. 2024.

[6] EMBRAPA. Cultivo do Milho. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2024.

[7] Mu, Y., Jones, C., Carvalho, L., Xue, L., Liu, C., & Ding, Q. (2024). Pacific decadal oscillation and ENSO forcings of northerly low-level jets in South America. npj Climate and Atmospheric Science, 7(1), 1-12.

[8] Liu, Y., Donat, M. G., England, M. H., Alexander, L. V., Hirsch, A. L., & Delgado-Torres, C. (2023). Enhanced multi-year predictability after El Niño and La Niña events. nature communications, 14(1), 6387.

[9] NIÑO, El. Relação dos fenômenos El Niño, La Niña e Ano neutro na agricultura brasileira. Boletim Agronômico do Agro Extensão, 1-12, 2023.

[10] IBGE. Cidades - Paraná. 2022. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/panorama. Acesso em: 10 ago. 2023.

[11] MAPBIOMAS. Plataforma. 2024. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 18 abr. 2024.

[12] Paredes-Trejo, F. J., Barbosa, H. A., & Kumar, T. L. (2017). Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. In Journal of arid environments, 139, pages 26-40.

[13] dos Santos, B. C., Sanches, R. G., de Melo Bolleli, T., de Souza, P. H., & Bourscheidt, V. (2023). On the quality of satellite-based precipitation estimates for time series analysis at the central region of the state of São Paulo, Brazil. In Theoretical and Applied Climatology, 151(1-2), pages 467-489.