



**ESALQ**



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”  
PACES - PROJETANDO AGRICULTURA COMPROMISSADA EM  
SUSTENTABILIDADE

Giullia Ferreira Rodrigues de Paula  
Mariana Faria Miyazaki

**Fenômenos El Niño e La Niña e suas consequências na agricultura**

Piracicaba  
2024

GIULLIA FERREIRA  
MARIANA FARIA MIYAZAKI

**Fenômenos El Niño e La Niña e suas consequências na agricultura**

Revisão bibliográfica apresentada ao PACES  
- Projetando Agricultura Compromissada em  
Sustentabilidade, na Esalq - Escola Superior  
de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP -  
Universidade de São Paulo, no Departamento  
de Ciências do Solo (LSO).

Orientadores: Prof. Fernando Dini Andreote e  
Prof. Moacir Tuzzin de Moraes.

Coordenadores: Ana Clara Z. Bordignon e  
Kaio Eduardo P. Álvares.

Piracicaba  
2024

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2 CIRCULAÇÃO DA ATMOSFERA .....</b>	<b>5</b>
2.1 CONDIÇÕES NORMAIS .....	6
<b>3 EL NIÑO.....</b>	<b>8</b>
3.1 O FENÔMENO .....	10
3.2 EFEITOS CLIMÁTICOS .....	11
<b>3.2.1 Consequências na agricultura.....</b>	<b>13</b>
3.2.1.1 Região Sul.....	13
3.2.1.2 Região Nordeste .....	15
3.3 MEDIDAS DE MITIGAÇÃO .....	17
<b>4 LA NIÑA.....</b>	<b>19</b>
4.1 O FENÔMENO .....	19
4.2 EFEITOS CLIMÁTICOS .....	21
<b>4.2.1 Consequências na agricultura.....</b>	<b>22</b>
4.2.1.1 Região Sul.....	22
4.2.1.2 Região Nordeste .....	25
4.3 MEDIDAS DE MITIGAÇÃO .....	28
<b>5 PROJEÇÕES FUTURAS.....</b>	<b>29</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>32</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura é um setor de suma relevância no Brasil. Tendo em vista que as condições climáticas influenciam diretamente na produção agrícola, faz-se necessário o entendimento de fenômenos meteorológicos que possam vir a afetar esse setor (Las Schaab, 2018).

Nesse sentido, de acordo com a Embrapa, destaca-se o fenômeno do El Niño - Oscilação Sul (ENOS), sendo uma oscilação acoplada entre oceano-atmosfera, capaz de produzir anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) e dos ventos alísios do Oceano Pacífico Equatorial, possuindo duas fases distintas, a fase fria (La Niña) e a fase quente (El Niño).

Até a década de 1950, o fenômeno ENOS só despertava a atenção dos pescadores da costa do Peru, do Equador, do norte do Chile e daqueles que coletavam guano, um fertilizante produzido por aves marinhas na região, que notavam que a elevação do nível do mar e da temperatura reduziam a quantidade de peixes e a produção do fertilizante natural. Por ser um fenômeno mais intenso na época do Natal, deram-lhe o nome de El Niño, expressão em espanhol para “O menino”, referindo-se ao nascimento do menino Jesus (Pereira *et al.*, 2007).

A ocorrência do fenômeno acarreta secas ou excesso de chuvas, afetando diretamente o mercado agrícola de forma positiva ou negativa, já que a precipitação determina as melhores épocas de semeadura, os tratos culturais e a colheita, além de influir no processo de armazenagem e transporte da produção. Por exemplo, períodos mais chuvosos durante a semeadura, o florescimento e o enchimento dos grãos podem favorecer determinadas culturas. Porém, em outras, dependendo do momento do ciclo, como por ocasião da colheita, pode provocar o aumento da incidência de doenças e perdas na qualidade (Cunha *et al.*, 2019).

## 2 CIRCULAÇÃO DA ATMOSFERA

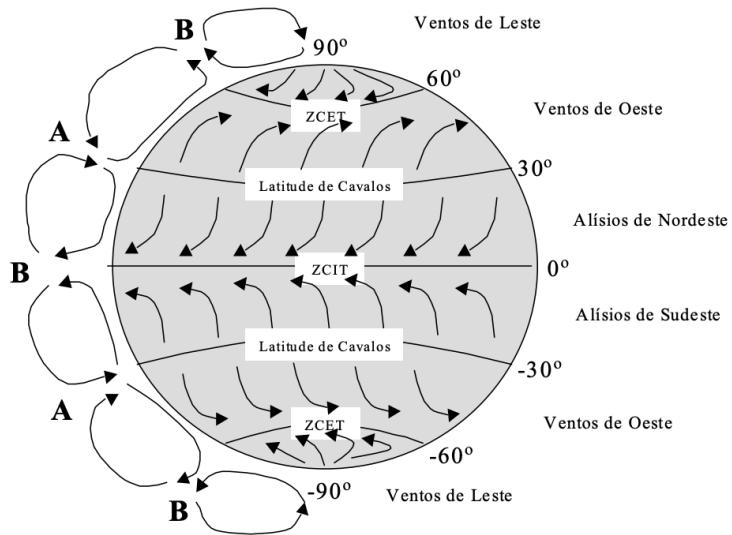
A atmosfera é a camada gasosa que recobre o planeta, caracterizada pelo seu constante movimento em resposta à diferença de pressão entre dois pontos. Essas pressões diferentes estão relacionadas à incidência e à absorção de radiação solar mais intensa nas regiões equatoriais em relação aos polos, de modo que o ar se expanda à medida que a temperatura aumenta (Pereira *et al.*, 2007).

Dessa forma, um volume de ar mais quente é menos denso e tende a subir, enquanto o mesmo volume de ar mais frio tende a descer, exercendo menor força sobre a superfície, isto é, apresenta uma menor pressão atmosférica. Assim, as massas frias dos polos, de maior pressão, avançam para a região equatorial, mais aquecida e de menor pressão atmosférica. Essa circulação é no sentido horário, formando uma célula (Pereira *et al.*, 2007).

Existe uma força na atmosfera denominada força de Coriolis, que atua a partir do movimento da Terra alterando a trajetória da massa de ar sem modificar sua velocidade. Ela altera o sentido dos ventos, deslocando-os para a esquerda no hemisfério Sul e para a direita no hemisfério Norte, originando os ventos predominantes em cada faixa de latitude. Tem-se os ventos alísios do Nordeste e Sudeste entre os trópicos e o equador, os ventos de Oeste entre os trópicos e as regiões sub-polares, e os ventos Leste nas regiões polares (Pereira *et al.*, 2007).

Na região equatorial, onde os ventos alísios dos dois hemisférios convergem, forma-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), caracterizada por elevação do ar quente e úmido, pouco vento, formação de um cinturão de nuvens e chuva convectiva. Há também a formação da Zona de Convergência Extratropical (ZCET), onde ocorre a convergência dos ventos de leste e de oeste, de ar frio e seco com ar quente e úmido, originando sistemas frontais (ciclones extratropicais) que afetam parte do Brasil (Pereira *et al.*, 2007). Tais zonas se dispõem na figura 1.

Figura 1 - Representação da circulação geral da atmosfera e ventos predominantes



Fonte: Pereira *et al.* (2007).

## 2.1 CONDIÇÕES NORMAIS

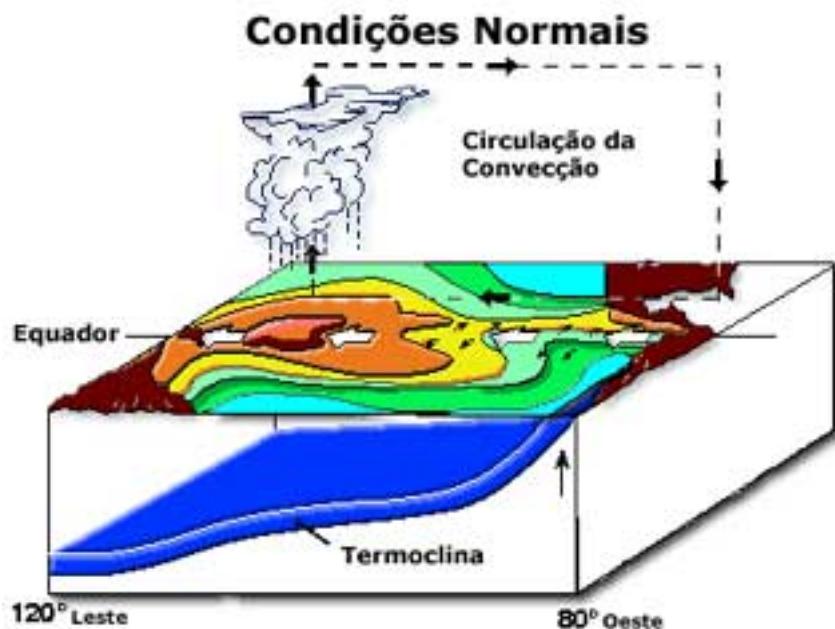
Em condições normais (Figura 2), os ventos alísios sobre o equador sopram de leste a oeste, carregando a água quente superficial nesse sentido. Esse movimento gera um aumento do nível do mar de aproximadamente 60 cm no Pacífico Oeste, além de uma grande diferença de temperatura entre essas águas. O direcionamento da água quente superficial para oeste acarreta o fenômeno de ressurgência a leste, em que as águas frias são trazidas à superfície carregando nutrientes que alimentam o fitoplâncton, sendo que, consequentemente, a fauna da região é favorecida (Fontana, 2001).

A partir desse fenômeno, o ar sobre as águas quentes do oeste torna-se mais quente e úmido em razão da elevada evaporação local, levando a ascensão de ar na atmosfera, formação de nuvens e precipitação. Esse ar que sobe a oeste apresenta baixa pressão atmosférica e tende a descer sobre as águas frias a leste, de maior pressão atmosférica, onde se tem a ausência de nuvens e precipitação (Fontana, 2001).

Esses movimentos ascendentes do ar no Pacífico Central-Ocidental e descendentes no oeste da América do Sul e os ventos alísios de leste para oeste

próximos à superfície e de oeste para leste em altos níveis da troposfera correspondem a chamada célula de Walker (Oliveira, 2001).

Figura 2 - Condições oceânica e atmosférica normais no Oceano Pacífico tropical



Fonte: Oliveira (2001).

### 3 EL NIÑO

O El Niño - Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala originado no Oceano Pacífico Tropical, sendo constituído por dois componentes: um de natureza oceânica (El Niño), associado a mudanças na temperatura das águas, e outro de natureza atmosférica (Oscilação Sul), relacionado à correlação inversa entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste desse oceano (Fontana, 2001).

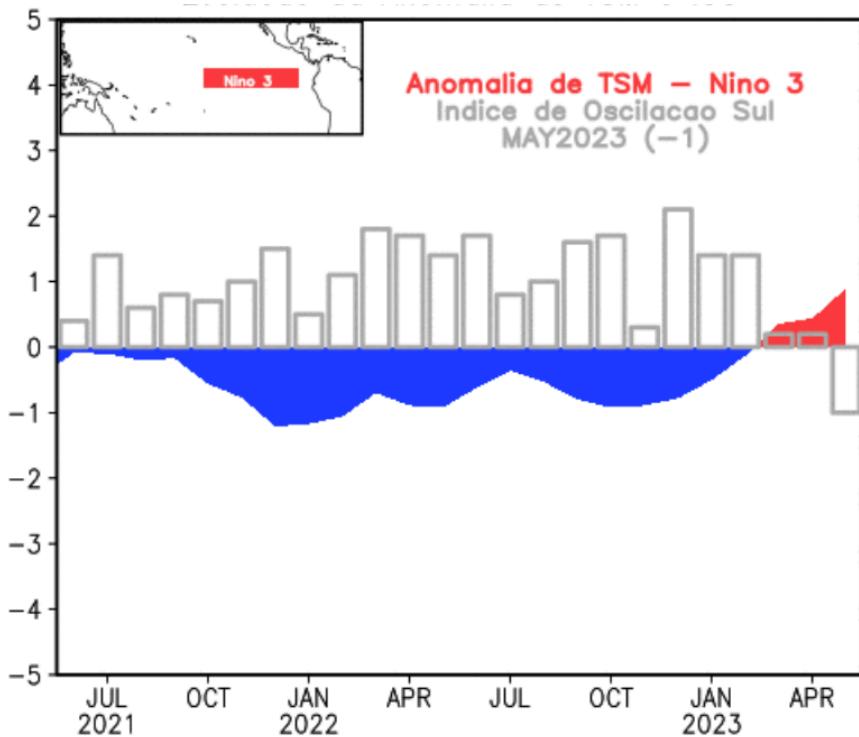
Quanto ao componente oceânico, o El Niño é caracterizado pelo estabelecimento de águas mais quentes que as normais no Oceano Pacífico Tropical Centro-Oriental, próximo à costa oeste da América do Sul. Pode-se dizer que ocorrem anomalias positivas da temperatura da superfície do mar (TSM) nesse local (Molian, 2017).

O Índice Oceânico Niño 3.4 se trata de um dos principais indicadores de El Niño, calculado a partir das temperaturas da superfície do Oceano Pacífico equatorial, entre a costa do Equador e Polinésia Francesa. De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), o fenômeno de El Niño pode ser declarado oficialmente quando se têm três trimestres consecutivos com anomalia acima de 0,5°C (Comunello *et al.*, 2023).

Em relação ao componente atmosférico, a Oscilação Sul corresponde a variação zonal da pressão atmosférica ao nível do mar (PNM) sobre o Pacífico Tropical, definida pela diferença de pressão medida entre dois centros, um em Tahiti na Polinésia (Pacífico Oriental) e outro em Darwin na Austrália (Pacífico Ocidental). Quando o Índice da Oscilação Sul (IOS) apresenta valor negativo, indica-se uma PNM mais baixa no Pacífico Oriental que no Pacífico Ocidental, caracterizando os eventos de El Niño (Molian, 2017).

Segundo dados registrados pelo INPE (2023), observou-se uma evolução na anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) e Índice de Oscilação Sul (IOS) ao longo de julho de 2021 a abril de 2023 (Figura 3), que caracterizou um evento de El Niño. Nesse período, houve aumento da TSM na região do oceano Pacífico Centro-Leste, denominada região Niño-3 e ilustrada pelo retângulo vermelho no mapa, e redução do IOS, dado pela diferença entre as anomalias padronizadas de pressão ao nível médio do mar em Tahiti e Darwin e representado pelas barras em cinza.

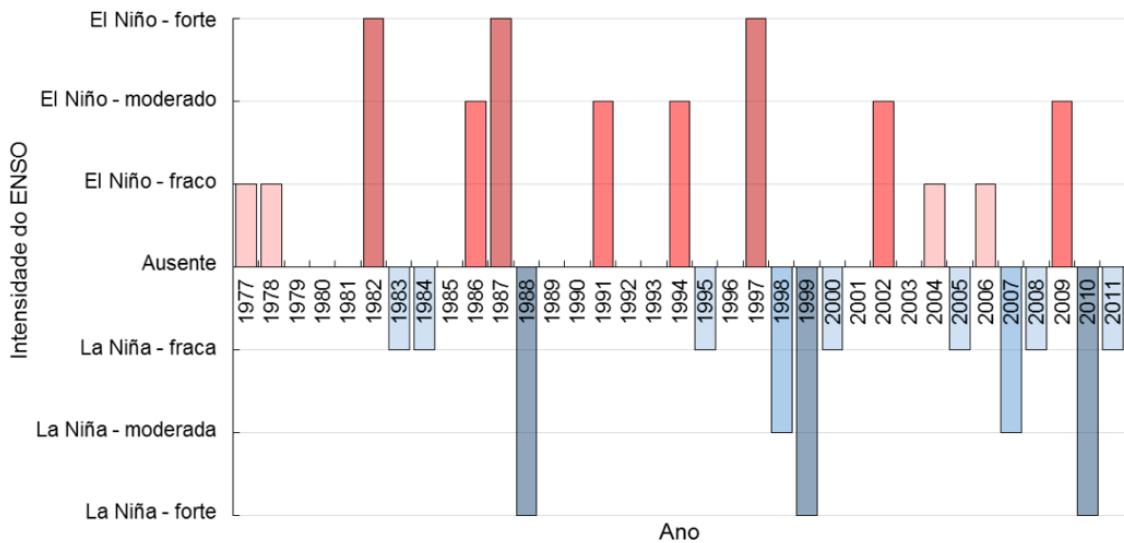
Figura 3 - Anomalia da TSM (série temporal em cores em oC) no Pacífico centro-leste (região Niño-3) e IOS (barras em cinza).



Fonte: INPE (2023).

O El Niño é um evento não cíclico, cuja frequência de ocorrência varia de três a sete anos, com intervalos irregulares (Fontana, 2001). Como demonstra a figura 4, além da variação temporal, há alteração na intensidade do fenômeno ao longo do tempo, sendo divididos em fracos (TSM de 0,5 a 0,9), moderados (TSM de 1,0 a 1,4) e fortes (TSM  $\geq 1,5$ ) (Eisemberg, 2015).

Figura 4 - Eventos de La Niña e El Niño no Pacífico 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W), divididos em fracos, moderados e fortes



Fonte: Eisemberg (2015).

### 3.1 O FENÔMENO

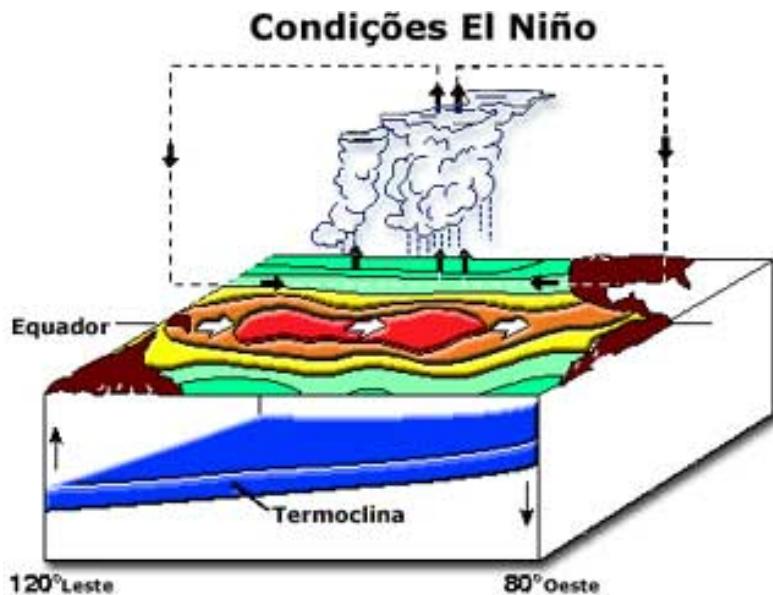
As condições anteriores ao evento do El Niño envolvem o acúmulo das águas no Oeste do Pacífico, que pressionam as camadas inferiores do oceano local para baixo. Uma vez que a água se trata de um fluido incompressível, eventualmente as camadas inferiores do oceano, denominadas termoclima, reagem bruscamente para cima expulsando as águas superficiais mais quentes. Esse movimento origina uma onda interna subsuperficial denominada onda de Kelvin, com cerca de 100 metros de espessura, que se propaga a Leste, levando aproximadamente três meses para cruzar o Pacífico (Molion, 2017).

Em condições de El Niño (Figura 5), o calor transportado pela onda de Kelvin aquece as águas superficiais da costa do Equador/Peru, o que reduz a PNM a leste, enfraquecendo ou invertendo os alísios, além de cessar a ressurgência e aumentar ainda mais as TSM a Leste. Assim, instala-se um El Niño, que pode persistir por seis a dezoito meses (Molion, 2017). Nessas condições, o nível da superfície do mar sobe até 25 cm próximo à costa da América do Sul (Fontana, 2001).

O ar passa a subir no Pacífico Central e a descer no Pacífico Oeste e Norte da América do Sul, diminuindo as chuvas nessas regiões. O aquecimento das águas do

Pacífico Leste no fenômeno, inicia-se no outono, atingindo o máximo no verão e dura cerca de um ano, variando quanto a evolução e duração (Fontana, 2001).

Figura 5 - Condições oceanica e atmosférica de El Niño no Oceano Pacífico tropical



Fonte: Oliveira (2001).

Molian (2017) afirma que a causa para ocorrência do fenômeno ENOS não é conhecida, sendo considerada por muitos apenas uma oscilação natural relacionadas aos impactos na circulação geral da atmosfera, mas que uma possível candidata seria a força gravitacional lunar atuante sobre as marés.

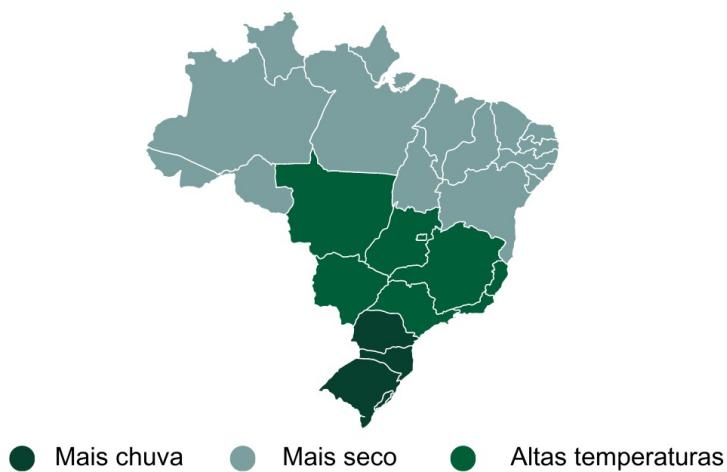
### 3.2 EFEITOS CLIMÁTICOS

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2023), nem todo El Niño gera impactos típicos, variando conforme a configuração e a intensidade do fenômeno (Figura 6). No entanto, os principais efeitos climáticos do evento no Brasil são:

- região Norte e Nordeste: secas de moderadas a intensas no norte e leste da Amazônia, aumentando a probabilidade de incêndios florestais, principalmente em áreas de florestas degradadas;

- b) região Nordeste: secas de diversas intensidades durante a estação chuvosa de fevereiro a maio. Vale ressaltar que sul e oeste da região não são significativamente afetados e que a região é muito influenciada também pelas variações do Oceano Atlântico Tropical;
- c) região Sudeste: moderado aumento das temperaturas médias, principalmente no inverno e no verão. No entanto, não há padrão característico de mudança das chuvas, exceto no extremo sul do estado de São Paulo. Também há aumento da probabilidade de queimadas no período seco, principalmente no inverno e no início da primavera;
- d) região Centro-Oeste: não há evidências de efeitos significativos nas chuvas, apenas uma tendência de chuvas acima da média e temperaturas mais altas no sul do Mato Grosso do Sul. Como no Sudeste, há aumento na probabilidade de queimadas no período seco;
- e) região Sul: precipitações abundantes, principalmente na primavera e verão, e aumento da temperatura média. As frentes frias que vêm do Sul podem ficar semi-estacionadas por vários dias sobre a Região, provocando chuvas ao longo de praticamente todo o dia.

Figura 6 – Representação dos efeitos do El Niño no Brasil



Fonte: adaptado de Honorato (2023).

### 3.2.1 Consequências na agricultura

É possível que o fenômeno El Niño traga impactos negativos na produção agrícola decorrentes da instabilidade na precipitação e na temperatura. Por exemplo, o excesso de chuvas pode impedir operações de manejo e tratos culturais, e as temperaturas altas podem afetar a fisiologia e a produção das culturas, além de favorecer pragas e doenças (Comunello *et al.*, 2023).

Dessa forma, pode-se ter um impacto econômico a partir da redução do potencial de produção e perdas na colheita, mas também a partir do encarecimento dos insumos necessários e práticas agrícolas necessárias, como controle de pragas e doenças (Comunello *et al.*, 2023).

#### 3.2.1.1 Região Sul

Um estudo realizado por Araújo (2012), reuniu os níveis médios de precipitação e temperatura na região Sul do Brasil em anos de neutralidade e de ocorrência de El Niño (Tabela 1), demonstrando níveis de precipitação acima da média, especialmente no verão e primavera.

Na região Sul, onde o El Niño gera precipitações elevadas, é possível observar bons rendimentos para soja e milho na safra de verão. Contudo, alguns cuidados devem ser tomados, uma vez que o aumento da umidade pode ser favorável ao estabelecimento de doenças. Para isso, podem ser escolhidas cultivares resistentes às principais doenças fúngicas que acometem a região e é necessário atentar-se à sanidade e tratamento de sementes. Além disso, considerando a tendência de crescimento elevado da soja nessas condições, pode-se optar por cultivares não suscetíveis ao acamamento e não colocar uma população acima de 400 mil plantas por hectare (Cunha, 2001).

Na safra de inverno, por sua vez, o excesso de chuvas pode ser desfavorável para os cereais, uma vez que pode coincidir com os períodos de floração, enchimento de grão e maturação. Essa alta umidade favorece o desenvolvimento de doenças da

espiga e perda da qualidade de grãos. Para minimizar os riscos, recomenda-se a realização de tratamentos fitossanitários e a agilidade na colheita quando o produto atingir a umidade adequada para a operação (Cunha, 2001).

**Tabela 1 - Níveis médios de precipitação (mm) e Temperatura (°C) da Região Sul em registro de El Niño e Neutralidade**

Sul	Neutralidade	El Niño 1982-83	El Niño 1997-98
<b>Precipitação (mm)</b>			
<b>Verão</b>	167,16	146,60	200,03
<b>Outono</b>	118,92	139,61	146,40
<b>Inverno</b>	120,59	177,57	147,33
<b>Primavera</b>	147,53	190,50	177,33
<b>Temperatura (°C)</b>			
<b>Verão</b>	23,23	23,09	26,51
<b>Outono</b>	19,75	19,65	25,12
<b>Inverno</b>	15,16	15,50	23,48
<b>Primavera</b>	19,26	18,95	25,41

Fonte: adaptado de Araújo (2012).

No estudo de Araújo (2012), a partir da confecção de painéis de dados envolvendo um período de 32 anos e 3.652 municípios, obteve-se que a produtividade para milho, arroz, trigo e soja na região Sul, durante os eventos de El Niño, registraram quedas em todos os estados da região (Tabela 2).

Tabela 2 – Variação média na produtividade de cana-de-açúcar, mandioca, milho e feijão no Nordeste

<b>Milho</b>				
<b>Região/Estados</b>	<b>Municípios</b>	<b>El Niño</b>	<b>La Niña</b>	<b>Produtividade Média</b>
<b>Sul</b>	588	-0,960	-1,229	2,366
<b>Parana</b>	277	-0,714	-1,240	2,455
<b>Santa Catarina</b>	180	-0,874	-1,177	2,566
<b>Rio Grande do Sul</b>	131	-1,597	-1,278	1,901
<b>Arroz</b>				
<b>Região/Estados</b>	<b>Municípios</b>	<b>El Niño</b>	<b>La Niña</b>	<b>Produtividade Média</b>
<b>Sul</b>	588	-0,011	-0,255	2,135
<b>Parana</b>	277	0,050	-0,219	1,612
<b>Santa Catarina</b>	180	-0,019	-0,265	2,578
<b>Rio Grande do Sul</b>	131	-0,133	-0,317	2,630
<b>Trigo</b>				
<b>Região/Estados</b>	<b>Municípios</b>	<b>El Niño</b>	<b>La Niña</b>	<b>Produtividade Média</b>
<b>Sul</b>	588	-0,053	-0,677	0,783
<b>Parana</b>	277	-0,008	-0,710	0,998
<b>Santa Catarina</b>	180	-0,041	-0,647	0,389
<b>Rio Grande do Sul</b>	131	-0,110	-0,676	0,868
<b>Soja</b>				
<b>Região/Estados</b>	<b>Municípios</b>	<b>El Niño</b>	<b>La Niña</b>	<b>Produtividade Média</b>
<b>Sul</b>	588	-0,960	-0,255	1,221
<b>Parana</b>	277	-0,714	-0,219	1,606
<b>Santa Catarina</b>	180	-0,874	-0,265	0,647
<b>Rio Grande do Sul</b>	131	-1,597	-0,317	1,198

Fonte: Araújo (2012).

### 3.2.1.2 Região Nordeste

O mesmo estudo supracitado foi realizado por Araújo (2012) na região Nordeste. Os resultados, apresentados na tabela 3, evidenciam maiores precipitações em anos de neutralidade, enquanto em períodos de El Niño foram menores em todas as estações. Esses níveis reduzidos não são capazes de suprir as necessidades fisiológicas de algumas culturas, como o milho. No que diz respeito à temperatura, apresentaram níveis médios mais elevados durante o fenômeno.

**Tabela 3 - Níveis médios de precipitação (mm) e Temperatura (C) da Região Nordeste em registro de El Niño e Neutralidade**

Nordeste	Neutralidade	El Niño 1982-83	El Niño 1997-98
<b>Precipitação (mm)</b>			
<b>Verão</b>	91,80	84,13	74,23
<b>Outono</b>	139,23	94,23	110,51
<b>Inverno</b>	66,05	47,96	56,23
<b>Primavera</b>	38,4	25,30	25,67
<b>Temperatura (°C)</b>			
<b>Verão</b>	26,27	26,52	26,39
<b>Outono</b>	25,41	25,70	25,79
<b>Inverno</b>	23,80	24,31	23,75
<b>Primavera</b>	25,78	26,11	26,05

Fonte: adaptado de Araújo (2012).

O Nordeste, abriga o maior número de estabelecimentos agrícolas familiares, com destaque para as atividades produtivas de feijão, milho, mandioca e cana-de-açúcar. No estudo, observou-se menores produtividades dessas culturas em períodos de ocorrência dos eventos de El Niño, conforme demonstra a tabela 4.

Essa perda na produtividade se dá pela redução de quase 80% do regime de chuvas na região, comprometendo o desempenho produtivo (Araújo, 2012).

Tabela 4 – Variação média na produtividade de cana-de-açúcar, mandioca, milho e feijão no Nordeste

Cana-de-açúcar				
Região/Estados	Municípios	El Niño	La Niña	Produtividade Média
<b>Nordeste</b>	1297	-0,912	-0,066	21,29
<b>Maranhão</b>	113	-0,114	0,4212	18,64
<b>Piauí</b>	80	-0,837	0,879	23,62
<b>Ceará</b>	138	-0,266	0,969	17,81
<b>Rio Grande Norte</b>	147	-0,470	1,257	23,31
<b>Paraíba</b>	168	-0,198	0,974	25,52
<b>Pernambuco</b>	163	-0,079	0,023	23,59
<b>Alagoas</b>	87	-0,666	-1,898	18,69
<b>Sergipe</b>	74	-1,638	-2,410	22,05
<b>Bahia</b>	327	-3,94	-0,811	19,38
Mandioca				
<b>Nordeste</b>	1297	-0,139	-0,014	1,875
<b>Maranhão</b>	113	-0,100	-0,014	1,395
<b>Piauí</b>	80	-0,131	0,003	2,62
<b>Ceará</b>	138	-0,116	0,013	2,016
<b>Rio Grande Norte</b>	147	-0,090	0,010	2,059
<b>Paraíba</b>	168	-0,087	0,035	1,917
<b>Pernambuco</b>	163	-0,09	0,025	2,479
<b>Alagoas</b>	87	-0,149	-0,055	1,172
<b>Sergipe</b>	74	-0,175	-0,079	1,831
<b>Bahia</b>	327	-0,230	-0,061	1,589
Milho				
<b>Nordeste</b>	1297	-0,279	-0,028	0,522
<b>Maranhão</b>	113	-0,239	-0,007	0,537
<b>Piauí</b>	80	-0,274	-0,034	0,541
<b>Ceará</b>	138	-0,247	0,026	0,502
<b>Rio Grande Norte</b>	147	-0,206	0,005	0,339
<b>Paraíba</b>	168	-0,207	0,008	0,405
<b>Pernambuco</b>	163	-0,216	-0,014	0,408
<b>Alagoas</b>	87	-0,270	-0,001	0,437
<b>Sergipe</b>	74	-0,313	0,031	0,716
<b>Bahia</b>	327	-0,402	-0,121	0,697
Feijão				
<b>Nordeste</b>	1297	-0,180	-0,146	0,367
<b>Maranhão</b>	113	-0,176	-0,160	0,420
<b>Piauí</b>	80	-0,181	-0,152	0,264
<b>Ceará</b>	138	-0,176	-0,158	0,285
<b>Rio Grande Norte</b>	147	-0,174	-0,157	0,280
<b>Paraíba</b>	168	-0,172	-0,158	0,276
<b>Pernambuco</b>	163	-0,173	-0,151	0,304
<b>Alagoas</b>	87	-0,178	-0,150	0,370
<b>Sergipe</b>	74	-0,184	-0,145	0,379
<b>Bahia</b>	327	-0,193	-0,123	0,522

Fonte: Araújo (2012).

### 3.3 MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

Além das medidas já citadas, Comunello *et al.* (2023) propõem outras práticas que podem ajudar a mitigar os efeitos do fenômeno do El Niño:

- a) diante de um cenário de chuvas intensas, evitar ou adiar práticas agrícolas que possam vir a desestruturar o solo, como a aração, subsolagem e escarificação, além de manter a palhada no solo;

- b) adotar o plantio escalonado, utilizando mais de uma data de plantio e com intervalo de alguns dias entre elas. Com partes da lavoura em diferentes estádios de desenvolvimento existe maior chance de escapar de eventos indesejados, como uma seca no período crítico ou chuva na colheita;
- c) seguir as recomendações do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), que indica épocas de cultivo com maior chance de sucesso produtivo, independentemente da ocorrência de El Niño ou La Niña;
- d) acompanhar atentamente as previsões de tempo para programar os tratos culturais. Destacam-se o não atraso das pulverizações de fitossanitários, especialmente nesse cenário de maior tendência a doenças e pragas, e do momento de dessecação para colheita, que não deve ser anterior aos períodos de chuva.

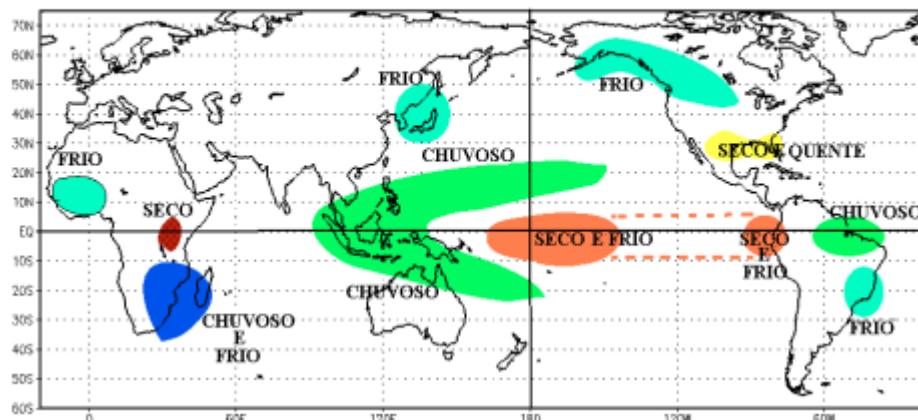
## 4 LA NIÑA

Oposto do fenômeno de El Niño, discorrido até agora, tem-se o La Niña, sendo definido como o resfriamento além do normal de águas do Oceano Pacífico (Pereira *et al.*, 2007).

### 4.1 O FENÔMENO

As temperaturas habituais da água do mar à superfície nesta região situam-se em torno de 25º C, ao passo que, durante o episódio La Niña, tais temperaturas diminuem para cerca de 22º a 23º C (Marengo; Oliveira, s.d.).

Figura 7 - Fenômeno de La Niña e seu impacto global



Fonte: Rizzi, Lopes e Maldonado (2001).

No Brasil, as consequências são intensificação das chuvas no Norte e no Nordeste e secas no Sul do País (Pereira *et al.*, 2007).

De acordo com o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, em geral, os episódios La Niña têm frequência de ocorrência em torno de 2 a 7 anos, e seus episódios têm periodicidade de aproximadamente 9 a 12 meses. Alguns poucos episódios persistem por mais de 2 anos. Na tabela 5, podem-se ver os anos de ocorrência, de 1892 até 2018, e suas intensidades.

Tabela 5 - Distribuição temporal de ocorrência dos eventos de La Niña, bem como a intensidade desses eventos

1892- 1893	1924-1925	1970-1971
1893-1894	1933-1934	1973-1974
1903-1904	1937-1938	1975-1976
1906-1907	1938-1939	1988-1989
1908-1909	1942-1943	1998-1999
1909 - 1910	1949-1950	1999-2000
1910-1911	1954-1955	2007-2008
1916-1917	1955-1956	2010-2011
1917-1918	1967-1968	2017-2018

Forte
Moderada
Fraca

Fonte: adaptado de CPTEC/INPE (2019).

Conforme o INEMA, um dos episódios mais intensos de La Niña ocorreu nos anos de 1988/89, quando as anomalias chegaram a 4 °C abaixo dessa média na faixa equatorial do Oceano Pacífico. A figura 8 mostra o mês de setembro de 1999, sendo que as áreas de cor azul indicam o quanto as águas estão mais frias do que a média histórica naquele mês.

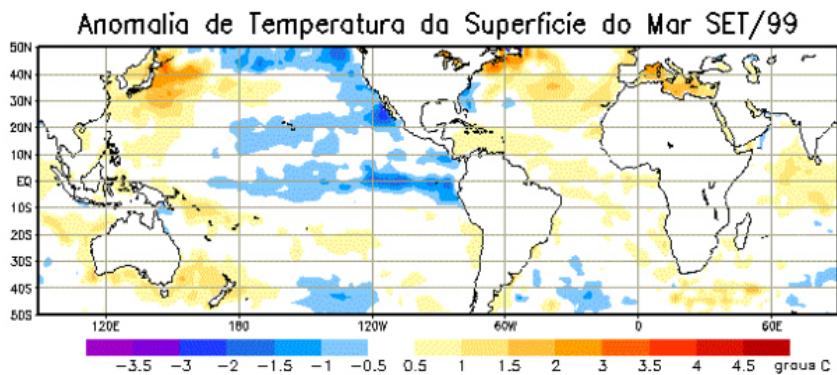
O último La Niña ficou ativo entre 2020 e 2023. Em alguns meses de 2021, ele atingiu categoria de nível moderado e causou secas históricas em lavouras de milho e soja no Sul do país, dos quais se discorre mais à adiante (Fantin, 2024).

No Rio Grande do Sul, em dezembro de 2021 cerca de 76 municípios já haviam decretado emergência devido a perdas pela seca. Em todo o estado, sobretudo na sua porção Centro-Norte, o milho foi o principal afetado, sendo que mais de 70% das lavouras deste gênero já registraram danos irreversíveis relacionados ao déficit hídrico dos solos.

Já no norte de Minas Gerais, Espírito Santo e sul da Bahia, o mesmo mês foi marcado por chuvas fortes, em que os volumes ultrapassaram a média histórica com mais de 500 mm, provocando, inclusive, grandes enxurradas. No norte do Mato

Grosso, o clima nebuloso tem dificultado o desenvolvimento das plantas devido à falta de incidência solar.

Figura 8 - Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) referente ao mês de setembro de 1999



Fonte: CPTEC/INPE (1999).

#### 4.2 EFEITOS CLIMÁTICOS

Como supracitado, no Brasil, pode-se perceber um aumento das chuvas nas regiões Norte e Nordeste e a intensificação de secas no sul do País (Figura 9). De acordo com a CPTEC, os principais efeitos climáticos são:

- a) frentes frias sobre a região Sul, com tendência de diminuição da precipitação nos meses de setembro a fevereiro, principalmente no Rio Grande do Sul, além do centro-nordeste da Argentina e do Uruguai;
- b) temperaturas próximas da média climatológica ou ligeiramente abaixo da média sobre a região Sudeste, não possuindo uma correlação clara com o fenômeno;
- c) chegada das frentes frias até a Região Nordeste, principalmente no litoral da Bahia, de Sergipe e de Alagoas;
- d) tendência de chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia;
- e) chuvas acima da média sobre a região semi-árida do Nordeste do Brasil. Essas chuvas só ocorrem se, simultaneamente ao La Niña, as condições atmosféricas e oceânicas sobre o Oceano Atlântico mostrarem-se favoráveis, isto é, com temperaturas da superfície do mar acima da média no Atlântico Tropical Sul e abaixo da média no Atlântico Tropical Norte.

Figura 9 - Estados do Brasil e como o fenômeno de La Niña os afetam



Fonte: adaptado de Nottus Meteorologia (2024).

#### **4.2.1 Consequências na agricultura**

##### **4.2.1.1 Região Sul**

Uma pesquisa trouxe índices de temperatura e precipitação na região Sul do país, em anos de La Niña, como 1973-76 e 1986-89 e anos de normalidade, como é possível ver na tabela 6.

Analizando a tabela 6, pode-se notar que, com exceção do outono, os níveis de precipitação são reduzidos, o que, segundo o INPE (2012), faz com que haja estiagens e secas severas. Comparando com os eventos de El Niño, já abordados, o La Niña tende a elevar as temperaturas da região Sul.

Vale ressaltar que estudos envolvendo os fenômenos de ENOS levam em conta décadas de dados, por isso os anos acima estão sendo levados em consideração.

Quando La Niña afeta o Sul e o Sudeste, uma das culturas mais prejudicadas é a soja. Devido à estiagem, o plantio atrasa, prolongando e complicando o ciclo de crescimento das plantas e retardando a colheita dos grãos. Isso pode prejudicar o

desenvolvimento das plantas e reduzir a produtividade da oleaginosa, além de atrasar o calendário do milho safrinha. Essas duas culturas, infelizmente, são as mais afetadas pelo fenômeno. O estudo de Araújo (2012) apresentou as variações dos níveis de produtividade agrícola das culturas de milho, trigo e soja nos estados da Região Sul, como visto na tabela 2.

Tabela 6 - Níveis médios de precipitação (mm) e Temperatura (°C) da Região Sul em registro de La Niña e Neutralidade

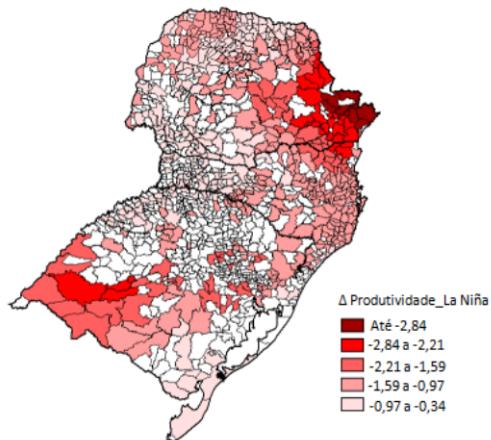
<b>Sul</b>	Neutralidade	La Niña 1973-76	La Niña 1986-89
<b>Precipitação (mm)</b>			
<b>Verão</b>	167,16	95,37	108,8
<b>Outono</b>	118,92	163,16	185,80
<b>Inverno</b>	120,59	70,35	78,45
<b>Primavera</b>	147,53	52,96	38,96
<b>Temperatura (°C)</b>			
<b>Verão</b>	23,23	26,13	26,39
<b>Outono</b>	19,75	25,12	25,79
<b>Inverno</b>	15,16	23,48	23,75
<b>Primavera</b>	19,26	25,41	26,05

Fonte: adaptado de Araújo (2012).

Com estes resultados, é notório o quanto a parte sul do país é sensível e vulnerável aos eventos extremos. Essas reduções de produtividade comprometem a renda agrícola da região, sendo o Rio Grande do Sul o mais prejudicado. Perdas nas culturas de soja e milho são significativas, haja vista a grande necessidade de água que possuem (Araújo, 2012).

Ainda no estudo de Araújo (2012), pode-se ver na figura 10, o quanto a produtividade da cultura do milho é afetada no fenômeno de La Niña, principalmente no leste paraense e no sudoeste do Rio grande do Sul.

Figura 10 - Variação no nível médio de produtividade agrícola da cultura do Milho na região Sul



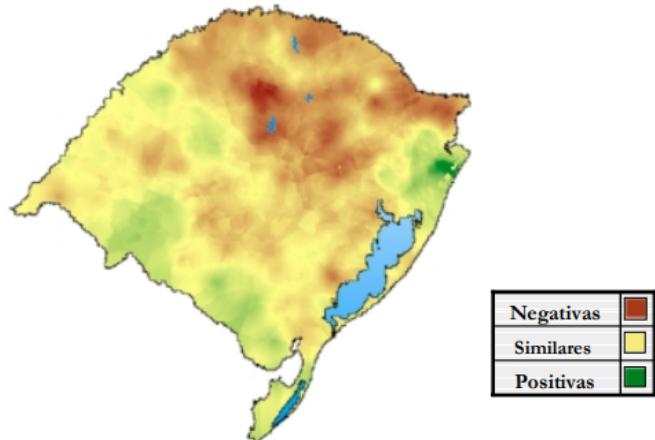
Fonte: Araújo (2012).

Um outro estudo conduzido no Rio Grande do Sul teve por objetivo avaliar dados pluviométricos em anos de La Niña e o rendimento de soja no Estado de Rio Grande do Sul (Rizzi; Lopes; Maldonado, 2001).

A figura 12 apresenta-se a relação das razões de pluviometria e das razões de rendimentos no estado. Valores de relações “similares” representam regiões onde a diminuição da chuva foi acompanhada de diminuição porcentual do rendimento de similar valor. Valores “positivos” apresentam uma diminuição de chuva maior que a dos rendimentos, enquanto os valores mais “negativos” são aqueles com um decréscimo porcentual de chuva que produziu o maior decréscimo porcentual nos rendimentos (Rizzi; Lopes; Maldonado, 2001).

Pode-se concluir, então, que existe influência negativa do fenômeno, principalmente na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, em relação ao rendimento da cultura da soja (Rizzi; Lopes; Maldonado, 2001).

Figura 12 - Distribuição espacial dos efeitos do evento “La Niña” no Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Rizzi, Lopes e Maldonado (2001).

#### 4.2.1.2 Região Nordeste

O estudo de Araújo (2012), debatido anteriormente, também foi realizado na região Nordeste do país, demonstrado na tabela 7.

Na tabela 7, são observados aumentos de precipitações em todas as estações, marcando assim as chegadas de frentes frias, sempre sopradas pelos ventos alísios. Além de ser responsável pela diminuição da temperatura. A estação com menor registro de precipitação foi a primavera, e, mesmo assim, a incidência de chuva pode ser elevada a 40% (Araújo, 2012).

Araújo (2012) também teve por objetivo mensurar os efeitos do fenômeno sobre o rendimento físico de culturas agrícolas, como cana-de-açúcar, mandioca, milho e feijão, na região Nordeste.

Como ilustra a tabela 4, o evento gerou reduções nos níveis de produtividade das referidas culturas, porém, menor quando se compara com o fenômeno de El Niño. Vale ressaltar que a cultura do feijão é bem sensível a esses eventos, sendo a mais prejudicada em ambos os fenômenos.

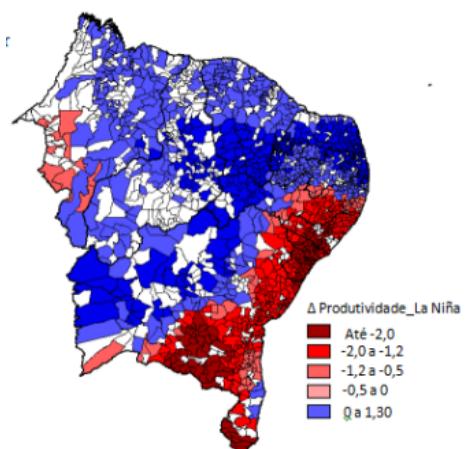
Tabela 7 - Níveis médios de precipitação (mm) e Temperatura (C) da Região Nordeste em registro de La Niña e Neutralidade

Nordeste	Neutralidade	La Niña 1973-76	La Niña 1986-89
<b>Precipitação (mm)</b>			
<b>Verão</b>	91,80	95,37	108,08
<b>Outono</b>	139,23	163,16	185,81
<b>Inverno</b>	66,05	70,53	78,45
<b>Primavera</b>	38,4	52,96	38,96
<b>Temperatura (C)</b>			
<b>Verão</b>	26,27	26,13	26,39
<b>Outono</b>	25,41	25,12	25,79
<b>Inverno</b>	23,80	23,48	23,75
<b>Primavera</b>	25,78	25,41	26,05

Fonte: adaptado de Araújo (2012).

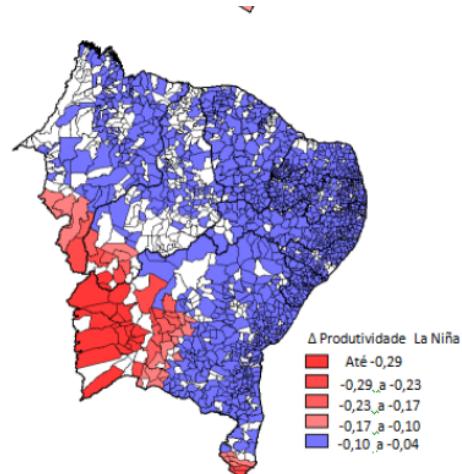
A região Nordeste apresentou resultados favoráveis em praticamente todo o semiárido nordestino. As culturas de milho, mandioca e cana-de-açúcar apresentaram resultados favoráveis, como podemos ver nas figuras 13, 14 e 15.

Figura 13 - Variação no nível médio de produtividade agrícola da cultura da Cana de açúcar na região Nordeste



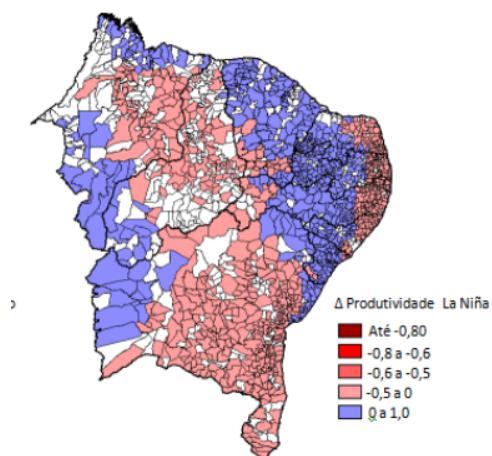
Fonte: Araújo (2012).

Figura 14 - Variação no nível médio de produtividade agrícola da cultura da Mandioca na região Nordeste



Fonte: Araújo (2012).

Figura 15 - Variação no nível médio de produtividade agrícola da cultura da Milho na região Nordeste



Fonte: Araújo (2012).

Quando estudados os resultados juntos, verifica-se que, nos meses de junho, julho e agosto, não há perdas agrícolas para as culturas nordestinas, que, neste período do ano, concentram-se nos cultivos de milho, mandioca e feijão da Bahia ao Maranhão.

#### 4.3 MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

Um estudo teve por objetivo tentar mitigar os efeitos do Fenômeno La Niña a partir da coinoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens* e *Azospirillum brasilense* com diferentes doses, em coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da soja, em condição de déficit hídrico (Spanevello, 2023).

Os experimentos foram conduzidos nos anos safra de 2021/22 e 2022/23, no Rio Grande do Sul (RS), ou seja, como já dito aqui, anos de La Niña e secas na região do Rio Grande do Sul. Houve déficit hídrico em momentos decisivos do ciclo da cultura, principalmente na fase reprodutiva, o que interfere direta e indiretamente no estabelecimento, no crescimento e na nodulação das plantas e produtividade final de grãos (Hungria; Vargas, 2000; Iqbal *et al.*, 2022; Jumrani; Bhatia, 2018; Jumrani; Bhatia; Pandey, 2017; Kasper *et al.*, 2019).

Mesmo com períodos de déficit hídrico no decorrer do ciclo, a produtividade média do experimento foi alta. A média dos tratamentos que receberam microrganismos resultou em 3203,93 kg/ha para o ano de 2021/2022 e 3461,40 kg/ha no ano de 2022/23, comparado a média do estado do Rio Grande do Sul que foi de 1.433 kg/ha e 1.986 kg/ha, respectivamente (CONAB, 2023), amenizando assim os efeitos de estresse. Entretanto, é de ressalta que a falta de água afeta sim o desenvolvimento dos microrganismos, acarretando sua eficiência (Spanevello, 2023).

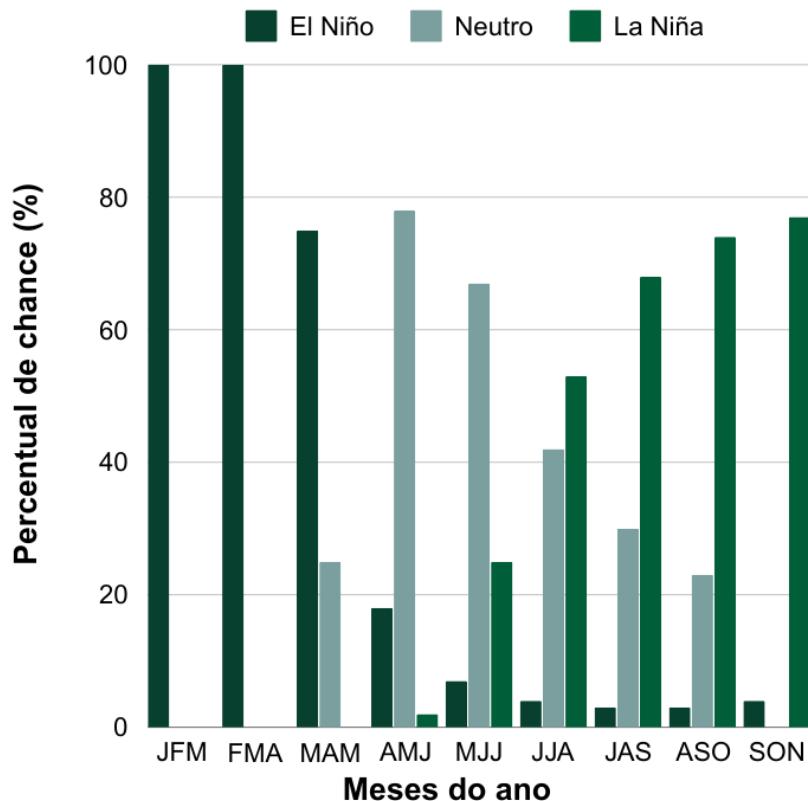
Ao final do experimento, chegou-se à conclusão de que apenas as coinoculações de *Bradyrhizobium japonicum* com *Bacillus subtilis* e *Bacillus aryabhattai* possibilitaram o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja (Spanevello, 2023).

## 5 PROJEÇÕES FUTURAS

De acordo com o Boletim Mensal da INPE (Instituto Nacional de Pesquisas espaciais), divulgado em 07 de março de 2024, desde junho do ano anterior, as condições de temperatura da superfície do mar observadas mostram um padrão típico do fenômeno El Niño. Entretanto, está sendo visto o seu enfraquecimento.

De acordo com as projeções estendidas do IRI (International Research Institute for Climate and Society), as anomalias de temperatura da superfície do mar irão atingir a neutralidade ainda no trimestre abril-maio-junho de 2024, com possibilidade da formação do fenômeno La Niña no segundo semestre deste ano.

Gráfico 1 - Probabilidades oficiais de fenômenos ENSO



Fonte: adaptado de Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) (2024).

Diante disso, o CENAD (Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres) vem atuando, em parceria com órgãos do Sistema Federal de Proteção e Defesa Civil, em ações de preparação e resposta para riscos de desastres.

Com enfoque na região Norte, destacando-se a seca e a estiagem, devido às chuvas bastante abaixo da normalidade, gerando o isolamento ou desabastecimento de diversos municípios e comunidades. Neste contexto, 138 municípios já se encontram em situação de emergência.

De acordo com o boletim mensal ainda, até então, há a possibilidade de chuvas intensas na região Sul, fazendo com que esteja em alerta e em monitoramento 24 horas por dia, em articulação com instituições parceiras.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura brasileira se destaca como uma das principais atividades econômicas do país. No entanto, a produção agrícola é vulnerável às condições climáticas, que são de difícil previsibilidade e afetam diretamente o desempenho produtivo.

A partir do estudo dos eventos de El Niño e La Niña, comprehende-se que ambos fazem parte de um mesmo fenômeno acoplado denominado El Niño – Oscilação Sul (ENOS), que se dá a partir de anomalias nos componentes atmosféricos e oceânicos do Pacífico, causando efeitos climáticos em todo o globo.

Ambos exercem grande influência na agricultura brasileira, especialmente nas regiões Sul e Nordeste do país. Em eventos de El Niño, observa-se um aumento na precipitação e na temperatura da região Sul, ao passo que na região Nordeste tem-se a ocorrência de secas. No fenômeno de La Niña, por sua vez, tem-se a situação contrária, marcado por chuvas excessivas no Norte e secas no Sul.

Essas condições climáticas anormais acabam por ocasionar redução na produtividade das principais culturas dessas regiões, como o milho, soja, arroz e cereais no Sul, e a cana-de-açúcar, milho, mandioca e feijão no Nordeste. Dessa forma, a importância da compreensão do fenômeno consiste, principalmente, na adoção de medidas que possam prevenir seus efeitos negativos sobre a produção agrícola.

## REFERÊNCIAS

**ARAÚJO, Paulo Henrique Cirino.** **Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões Nordeste e Sul do Brasil.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012.

**ASSIS, F.N.; MARTINS, S.R.; MENDEZ, M.E.G.** **Anomalias pluviométricas associadas a ocorrência de El Niño e de La Niña no Rio Grande do Sul.** In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, Piracicaba, 1997. Anais. Piracicaba: ESALQ/SBA, 1997. p.283-285.

**X CLIMATEMPO. Quando termina o El Niño e começa o La Niña | Climatempo.** Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/noticia/2024/03/01/quando-termina-o-el-nino-e-comeca-o-la-nina-4317>>. Acesso em: 12 mar. 2024.

**COMUNELLO, Éder et al.** **El Niño na agricultura: Estratégias para enfrentar um velho conhecido.** Brasília: Embrapa Agropecuária Oeste, 2023.

**CUNHA, Gilberto R.** **O fenômeno El Niño - Oscilação do Sul e suas aplicações na agricultura do sul do Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001.

**CUNHA, Gilberto Rocca et al.** **El Niño/La Niña-Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001.

**EISEMBERG, Carla C..** **Vulnerabilidade dos ninhos de três espécies do gênero Podocnemis (Testudines, Podocnemididae) às mudanças climáticas em áreas protegidas da Amazônia.** Brasil: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), 2015.

**FONTANA, Moacir A. Berlato e Denise Cybis.** **EL NIÑO E A AGRICULTURA DA REGIÃO SUL DO BRASIL.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001.

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE).** **Boletim mensal No. 06.** São José dos Campos, SP: INPE, 2024.

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE).** **Situação do Fenômeno El Niño no Oceano Pacífico Equatorial em Junho de 2023.** São José dos Campos, SP: INPE, 2023.

**La Niña em 2024: tudo o que sabemos sobre a chegada do fenômeno.** Disponível em: <<https://globorural.globo.com/previsao-do-tempo/noticia/2024/02/la-nina-em-2024-tudo-o-que-sabemos-sobre-a-chegada-do-fenomeno.ghtml>>.

LAS SCHAAB, Luana. **Impacto dos efeitos El Niño e La Niña sobre o setor agrícola brasileiro: uma análise de insumo-produto.** Revista da FAE, v. 21, n. 2, p. 131-146, 2018.

MARENGO, J.; SAMPAIO DE OLIVEIRA, G. **IMPACTOS DO FENÔMENO LA NIÑA NO TEMPO E CLIMA DO BRASIL: DESENVOLVIMENTO E INTENSIFICAÇÃO DO LA NIÑA.** [s.l.: s.n.].

MARIN, F.; SENTELHAS, P., VILLA NOVA, N. **Análise da influência dos fenômenos El Niño e La Niña no clima de Piracicaba.** Piracicaba: Esalq-Departamento de Ciências Exatas,s.d.

PEREIRA, Antonio Roberto *et al.* **METEOROLOGIA AGRÍCOLA.** Piracicaba: Esalq - Departamento de Ciências Exatas, 2007.

RIZZI, Rodrigo; LOPES, P. MALDONADO; MALDONADO, Francisco. F. **Influência dos fenômenos “El niño” e “La nina” no rendimento da cultura de soja no RS.** São José dos Campos: INPE, 2001.

SPANEVELLO, Janaina de Fatima *et al.* **Coinoculação de rizobactérias com Bradyrhizobium japonicum na mitigação dos efeitos do La Niña na cultura da soja.** 2023.

TIAGO. **Impactos do fenômeno “La Ninã” sobre a safra brasileira em 2022.** Disponível em: <[https://scicrop.com/2022/01/04/impactos-do-fenomeno-la-nina-sobre-a-safra-brasileira-em-2022/?\\_ga=2.101919428.476906446.1710244850-1485985115.1710030971](https://scicrop.com/2022/01/04/impactos-do-fenomeno-la-nina-sobre-a-safra-brasileira-em-2022/?_ga=2.101919428.476906446.1710244850-1485985115.1710030971)>. Acesso em: 10 mar. 2024.

TOME. **La Niña: como esse fenômeno afeta a agricultura no Brasil.** Disponível em: <<https://atuaagro.com.br/la-nina-como-fenomeno-afeta-agricultura-no-brasil/>>. Acesso em: 11 mar. 2024.