



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Datas de semeadura para cultivares de milho em anos de El Niño
Oscilação Sul no município de Chapecó

Lucca Hajime França Sugiuchi

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no formato de Artigo de Pesquisa ao curso de Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Rosandro Boligon Minuzzi

Florianópolis – SC

Novembro/2025

Datas de semeadura para diferentes cultivares de milho em anos de El Niño Oscilação Sul no município de Chapecó

Lucca Hajime França Sugiuchi⁽¹⁾; Rosandro Boligon Minuzzi⁽²⁾

⁽¹⁾Acadêmico graduando em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias - CCA da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Endereço: Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: lucca.hajime@gmail.com

⁽²⁾Professor, Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias – CCA da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Endereço: Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: rbminuzzi@hotmail.com

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo determinar as melhores datas para semeadura dentro do calendário de plantio do milho (*Zea mays* L.) para três diferentes cultivares com tempos distintos de duração do ciclo fenológico e em dois tipos de solo considerando a capacidade de água disponível (CAD) — textura média (CAD: 50 mm) e argilosa (CAD: 70 mm) — no município de Chapecó/SC, levando em consideração os fenômenos de El Niño Oscilação Sul (ENOS) e suas respectivas intensidades. A partir de dados históricos meteorológicos, foram calculados os índices de satisfação da necessidade de água (ISNA) e o excedente de água no solo (EXC), ambos durante a fase fenológica de floração e enchimento de grãos (Fase III), dentro do período de semeadura de 20 de setembro a 1º de dezembro, durante setembro de 1980 a junho de 2024, classificando-se cada ano agrícola em subgrupos de acordo com a intensidade de ENOS ou anos neutros (AN). Em cada subgrupo, foram feitas as médias e as variâncias comparadas entre si e com o de anos neutros. Os resultados indicaram que o plantio nas datas iniciais em La Niña moderada/fraca (LNfm) não é recomendado devido à alta probabilidade de déficit hídrico. Enquanto em El Niño forte (ENf) pode haver excesso hídrico no solo.

Palavras-chave: *Zea mays* L., ENOS, semeadura, estresse hídrico.

Sowing dates for different maize cultivars during El Niño–Southern Oscillation years in Chapecó, Brazil

Abstract

The present study aimed to determine the optimal sowing dates within the maize (*Zea mays* L.) planting calendar for three different cultivars with distinct phenological cycle durations and in two soil types, considering the available water capacity (AWC) — medium-textured soil (AWC: 50 mm) and clayey soil (AWC: 70 mm) — in the

municipality of Chapecó, Santa Catarina State, Brazil. The analysis considered the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) phenomena and their respective intensities. Based on historical meteorological data, the Water Requirement Satisfaction Index (ISNA) and the soil water surplus (EXC) were calculated for the phenological stage of flowering and grain filling (Phase III), within the planting period from September 20 to December 1, spanning from September 1980 to June 2024. Each agricultural year was classified into subgroups according to the ENSO intensity or neutral years (AN). For each subgroup, the means and variances were calculated and compared among themselves and with those of neutral years. The results indicated that early sowing during moderate or weak La Niña (LNfm) years is not recommended due to the high probability of water deficit, whereas under strong El Niño (ENf) conditions, may result in excessive soil moisture.

Keywords: *Zea mays* L., ENSO, sowing, water stress.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes do mundo, pois desempenha um papel crucial na segurança alimentar, na cadeia produtiva de proteína animal e na economia agroindustrial, conforme enfatizado por Galvão *et al.* (2014). Esse cereal é cultivado em quase todas as regiões do Brasil, com Santa Catarina se destacando especialmente na região Oeste (EPAGRI/CEPA, 2025). Além disso, a microrregião de Chapecó é um relevante centro de produção de aves e suínos de corte no Brasil, dependendo diretamente do milho como base alimentícia para a sustentação desse setor (Bermudez *et al.* 2016). Nesse sentido, a estabilidade e a produtividade dessa cultura são fatores essenciais para o progresso socioeconômico da região.

Apesar do milho ser uma cultura que consegue converter a radiação solar de forma mais eficiente, operando em temperaturas mais elevadas em comparação com muitas outras culturas, devido ao seu metabolismo fotossintético C4 (Majerowicz, 2004), seu ciclo fenológico é sensível à falta de água, durante o desenvolvimento vegetativo e, principalmente, durante a floração e o início do enchimento dos grãos, quando a planta precisa de máximos diários de água (Bergamaschi e Matzenauer, 2014). Com isso, o estresse hídrico durante o florescimento pode resultar em espigas mal-formadas e diminuição do número de grãos, o que afeta diretamente o rendimento final (Bergamaschi *et al.* 2004; Silva *et al.* 2021). Excessivas chuvas por outro lado, podem ser prejudiciais, tanto de maneira direta, como logo após a semeadura, reduzindo a taxa de germinação em função da embebição rápida, provocando hipoxia na semente (Gazola; Zucareli; Camargo, 2014) e atrasos na colheita em razão da umidade excessiva nos grãos, além de criar um ambiente favorável à proliferação de fungos e micotoxinas,

comprometendo a qualidade e gerando perdas (Hermanns *et al.* 2006), como de forma indireta, devido à baixa luminosidade e temperaturas baixas resultantes da nebulosidade, que afeta na produção de biomassa (Machado, 2016).

Atualmente, o calendário agrícola na Região Sul de Santa Catarina tem sido guiado pelo zoneamento agrícola, que é o resultado da adaptação da cultura a um determinado tipo de ambiente, além de fatores físicos (clima, solo, relevo), biológicos (vegetação, fauna) e socioeconômicos (EPAGRI/CIRAM, 2022). Contudo, a variabilidade climatológica tem causado uma imprevisibilidade maior no período de plantio, desafiando as práticas tradicionais de manejo. Nesse cenário, Rocha (2023) afirma que o fenômeno denominado El Niño Oscilação Sul (ENOS) passa a ser um dos principais moduladores interanuais do clima na América do Sul. O El Niño geralmente está relacionado a chuvas acima do normal durante a primavera e o verão, enquanto o fenômeno La Niña costuma causar secas e irregularidade na distribuição das chuvas, além de possíveis episódios de veranicos (Cunha *et al.* 2011).

Portanto, as flutuações causadas pelo ENOS podem significar tanto oportunidades quanto ameaças significativas para a produção de milho. Um evento de El Niño pode resultar em uma safra próspera se o plantio for adequadamente administrado, porém também pode elevar o risco de doenças fúngicas e prejuízos devido ao excesso de umidade na colheita. Em contrapartida, se não for previsto, um evento de La Niña também pode causar sérios danos devido à estiagem, especialmente se a semeadura for feita em um período inadequado.

Nesse contexto, compreender como os fenômenos ENOS afetam os regimes de chuva e temperatura é uma ferramenta útil para tomar decisões sobre as melhores práticas de manejo da cultura, reduzindo riscos ou potencializando ganhos de produtividade (Berlato; Farenzena; Fontana, 2005). Portanto, ajustar o período de semeadura de acordo com as previsões meteorológicas e os padrões do ENOS pode ser mais seguro e gerar produções mais estáveis aos agricultores.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo avaliar o balanço hídrico no solo para cultivares do milho semeado em diferentes datas em anos de ocorrência do ENOS, com a finalidade de determinar as melhores datas para semeadura.

Material e métodos

Foram utilizados dados diários de temperatura do ar (t), umidade relativa do ar (UR) e de precipitação (P), da estação meteorológica de Chapecó de setembro de 1980 a junho de 2024, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O clima do município é caracterizado como Cfa – Subtropical (mesotérmico úmido, com verão quente) segundo a metodologia de Köppen, com temperatura e precipitação média anual de 19°C e 1.700 a 1.900 mm, respectivamente, além da umidade relativa do ar variando entre 76 e 78% em média (SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2003).

Para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) foi utilizado o método de Romanenko (Equação 1) que na região possui um desempenho satisfatório (Turcato e Minuzzi, 2025).

$$(1) ET_o = 4,5 \left(1 + \frac{t}{25}\right)^2 \left(1 - \frac{e_a}{e_s}\right)$$

Onde, e_s é a pressão de saturação do vapor d'água (hPa), estimada usando a equação de Tetens (Equação 2), e e_a é a pressão real do vapor d'água (hPa), calculada a partir da equação da umidade relativa (Equação 3).

$$(2) e_s = 6,108 * 10^{\left(\frac{7,5*t}{237,3+t}\right)}$$

$$(3) e_a = \frac{e_s * UR}{100}$$

Durante o período, foram realizados balanços hídricos para três grupos de milho, de acordo com a duração média dos ciclos de desenvolvimento de cada um (Tabela 1) definidos pelos Parâmetros de Risco Climático para o milho (MAPA, 2025).

Tabela 1. Duração média de dias das quatro fases fenológicas do milho para os três grupos em função dos ciclos.

| Ciclos | Fases fenológicas | | | | Total de dias |
|-----------|-------------------|---------|----------|---------|---------------|
| | Fase I | Fase II | Fase III | Fase IV | |
| Grupo I | 13 | 25 | 52 | 10 | 100 |
| Grupo II | 15 | 30 | 63 | 12 | 120 |
| Grupo III | 17 | 35 | 74 | 14 | 140 |

Fase I: Emergência; Fase II: Desenvolvimento vegetativo; Fase III: Floração e enchimento de grãos; Fase IV: Maturação das espigas e grãos.

Em cada ano agrícola, foram simuladas, em diferentes datas de semeadura, entre 20 de setembro a 1º de dezembro, as seguintes variáveis:

-Índice de satisfação da necessidade de água (ISNA), que é a relação entre a evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração máxima da cultura (ETc), durante a fase fenológica de floração e enchimento de grãos (fase III). O risco climático para a cultura do milho baseado no valor do ISNA foi caracterizado através das seguintes classes (MAPA, 2025): $ISNA \geq 0,55$ (baixo risco, favorável); $0,45 < ISNA < 0,55$ (médio risco, intermediário); e $ISNA \leq 0,45$ (alto risco, desfavorável).

-Excedente de água no solo (EXC) durante a fase fenológica de floração e enchimento dos grãos (fase III).

Considerando a profundidade efetiva do sistema radicular do milho e os tipos de solos predominantes em Chapecó, foram utilizados dois valores para a Capacidade de Água Disponível (CAD): para solo de textura média (50 mm) e de textura argilosa (70 mm).

Os valores do ISNA e de EXC para ambas as CAD de cada ano agrícola para diferentes datas de semeadura do milho, foram separados em grupos de acordo com os anos de ocorrência de El Niño forte, El Niño moderado/fraco, La Niña forte, La Niña moderada/fraca e Anos Neutros (sem ocorrência de ENOS). A ocorrência e respectivas intensidades dos ENOS foram definidas pelo Índice Niño Oceânico (NOAA, 2025) (Tabela 2).

Cada variável observada em anos de ENOS de diferentes intensidades foram comparadas entre si e com anos neutros, através do cálculo da média e da variância, obtidos através do Teste t de Student e Teste de Fligner-Killen, respectivamente, a 5% de significância.

Tabela 2. Cronologia de ocorrência de El Niño e La Niña de diferentes intensidades e de anos neutros de 1980 a 2024.

| Intensidades | Anos agrícolas |
|------------------------|--|
| El Niño forte | 1982/83, 1986/87, 1991/92, 1997/98, 2009/10, 2015/16, 2023/24 |
| El Niño fraco/moderado | 1987/88, 1994/95, 2002/03, 2004/05, 2006/07, 2014/15, 2018/19 |
| La Niña forte | 1984/85, 1988/89, 1999/00, 2007/08, 2010/11 |
| La Niña fraca/moderada | 1983/84, 1995/96, 1998/99, 2000/01, 2005/06, 2008/09, 2011/12, 2017/18, 2020/21, 2021/22, 2022/23 |
| Anos neutros | 1980/81, 1981/82, 1985/86, 1989/90, 1990/91, 1992/93, 1993/94, 1996/97, 2001/02, 2003/04, 2012/13, 2013/14, 2016/17, 2019/20 |

Resultados e discussão

De acordo com as médias obtidas do ISNA e seus respectivos limites de risco hídrico, a maioria dos resultados estão numa situação de baixo risco, para os três grupos de cultivares e dois tipos de solo considerados. (Tabela 3).

Tanto El Niño forte (ENf), El Niño fraco/moderado (ENfm) comparativamente a anos neutros (AN) não apresentaram restrições hídricas de semeadura em nenhuma das datas. La Niña forte (LNf) também apresentam resultados positivos, com alguns resultados de médio risco no CAD 50.

Porém, anos de La Niña fraca/moderada (LNfm), tem médias com alto risco nos três grupos, sendo o Grupo 1 (precoce) afetado para semeaduras precoces de 20 de setembro até 20 de outubro, além de 1º de novembro apresentar médio risco, isto englobando os dois tipos de solo, enquanto cultivares dos grupos 2 (média precocidade) e 3 (tardia) são afetados de 20 de setembro a 1º de outubro, com 20 de outubro sendo de médio risco para o Grupo 2 em ambas as texturas de solo e Grupo 3 apenas no CAD 50.

Tabela 3. Média do ISNA dos três grupos (1, 2 e 3), levando em consideração o CAD igual a 50 e 70 mm.

| Datas | ENf | ENfm | LNf | LNfm | AN |
|----------------------------------|---|---|---|---|-------------|
| Grupo 1 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 0,71 ^{ns} 0,74 ^{ns} | 0,62 ^{ns} 0,67 ^{ns} | 0,60 ^{ns} 0,63 ^{ns} | 0,40* 0,45* | 0,62 0,67 |
| 01 out. | 0,69 ^{ns} 0,73 ^{ns} | 0,59 ^{ns} 0,64 ^{ns} | 0,57 ^{ns} 0,60 ^{ns} | 0,37* 0,41* | 0,58 0,64 |
| 20 out. | 0,65 ^{ns} 0,69 ^{ns} | 0,61 ^{ns} 0,65 ^{ns} | 0,54 ^{ns} 0,58 ^{ns} | 0,42* 0,45* | 0,58 0,62 |
| 01 nov. | 0,62 ^{ns} 0,67 ^{ns} | 0,64 ^{ns} 0,69 ^{ns} | 0,53 ^{ns} 0,57 ^{ns} | 0,50 ^{ns} 0,53 ^{ns} | 0,56 0,61 |
| 20 nov. | 0,60 ^{ns} 0,65 ^{ns} | 0,67 ^{ns} 0,72 ^{ns} | 0,57 ^{ns} 0,61 ^{ns} | 0,62 ^{ns} 0,64 ^{ns} | 0,58 0,62 |
| 01 dez. | 0,63 ^{ns} 0,68 ^{ns} | 0,66 ^{ns} 0,70 ^{ns} | 0,61 ^{ns} 0,65 ^{ns} | 0,66 ^{ns} 0,68 ^{ns} | 0,62 0,66 |
| Grupo 2 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 0,69 ^{ns} 0,73 ^{ns} | 0,62 ^{ns} 0,66 ^{ns} | 0,57 ^{ns} 0,61 ^{ns} | 0,39* 0,42* | 0,58 0,63 |
| 01 out. | 0,66 ^{ns} 0,70 ^{ns} | 0,59 ^{ns} 0,64 ^{ns} | 0,54 ^{ns} 0,58 ^{ns} | 0,41* 0,44* | 0,57 0,62 |
| 20 out. | 0,61 ^{ns} 0,66 ^{ns} | 0,64 ^{ns} 0,68 ^{ns} | 0,58 ^{ns} 0,59 ^{ns} | 0,49 ^{ns} 0,52 ^{ns} | 0,57 0,61 |
| 01 nov. | 0,63 ^{ns} 0,67 ^{ns} | 0,65 ^{ns} 0,70 ^{ns} | 0,53 ^{ns} 0,58 ^{ns} | 0,56 ^{ns} 0,58 ^{ns} | 0,58 0,62 |
| 20 nov. | 0,62 ^{ns} 0,68 ^{ns} | 0,67 ^{ns} 0,71 ^{ns} | 0,60 ^{ns} 0,64 ^{ns} | 0,65 ^{ns} 0,68 ^{ns} | 0,60 0,65 |
| 01 dez. | 0,65 ^{ns} 0,70 ^{ns} | 0,67 ^{ns} 0,70 ^{ns} | 0,61 ^{ns} 0,65 ^{ns} | 0,64 ^{ns} 0,66 ^{ns} | 0,63 0,67 |
| Grupo 3 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 0,64 ^{ns} 0,69 ^{ns} | 0,61 ^{ns} 0,66 ^{ns} | 0,55 ^{ns} 0,59 ^{ns} | 0,43* 0,46* | 0,57 0,61 |
| 01 out. | 0,62 ^{ns} 0,67 ^{ns} | 0,62 ^{ns} 0,66 ^{ns} | 0,63 ^{ns} 0,66 ^{ns} | 0,46* 0,49* | 0,57 0,61 |
| 20 out. | 0,64 ^{ns} 0,69 ^{ns} | 0,63 ^{ns} 0,68 ^{ns} | 0,52 ^{ns} 0,59 ^{ns} | 0,54 ^{ns} 0,56 ^{ns} | 0,59 0,63 |
| 01 nov. | 0,64 ^{ns} 0,70 ^{ns} | 0,67 ^{ns} 0,71 ^{ns} | 0,56 ^{ns} 0,60 ^{ns} | 0,61 ^{ns} 0,64 ^{ns} | 0,58 0,63 |
| 20 nov. | 0,63 ^{ns} 0,68 ^{ns} | 0,65 ^{ns} 0,68 ^{ns} | 0,59 ^{ns} 0,63 ^{ns} | 0,62 ^{ns} 0,65 ^{ns} | 0,61 0,65 |
| 01 dez. | 0,67 ^{ns} 0,72 ^{ns} | 0,63 ^{ns} 0,67 ^{ns} | 0,60 ^{ns} 0,64 ^{ns} | 0,61 ^{ns} 0,64 ^{ns} | 0,60 0,64 |

* Diferença entre média do ENOS com AN significativa ao nível de 5% pelo teste de t-Student. ^{ns} Diferença não significativa ao nível de 5% pelo teste de t-Student.

Em complemento, os resultados de variância no ISNA (Tabela 4) em ENf, ENfm, LNf em relação à AN indicam a dispersão dos valores em tal evento relacionado ao fenômeno.

Em LNfm, a normalidade é vista em quase todas as datas para os dois tipos de solo, com exceção a 1º de novembro no Grupo 2 em solo argiloso e 20 de outubro nos dois tipos de solo para o Grupo 3. Isto pode indicar uma incerteza para as datas, podendo ser de alto ao baixo risco, recomendando-se adiar a semeadura. Nas demais datas de LNfm, especificamente com médias do ISNA de alto risco (20 de setembro a 20 de outubro no grupo 1 e 20 de setembro a 1º de outubro nos grupos 2 e 3, para ambas as texturas), a variância indica que a chance de haver problemas de disponibilidade

hídrica é alta, confirmando o exposto anteriormente, também aconselhando-se não semear nestes períodos.

Tabela 4. Variância do ISNA dos três grupos (1, 2 e 3), levando em consideração o CAD igual a 50 e 70 mm.

| Datas | ENf | ENfm | LNf | LNfm | AN |
|----------------------------------|---|---|---|---|---------------|
| Grupo 1 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 0,031 ^{ns} 0,032 ^{ns} | 0,018 ^{ns} 0,016 ^{ns} | 0,019 ^{ns} 0,019 ^{ns} | 0,009 ^{ns} 0,010 ^{ns} | 0,019 0,021 |
| 01 out. | 0,042 ^{ns} 0,040 ^{ns} | 0,025 ^{ns} 0,024 ^{ns} | 0,019 ^{ns} 0,018 ^{ns} | 0,008 ^{ns} 0,008 ^{ns} | 0,017 0,020 |
| 20 out. | 0,022 ^{ns} 0,024 ^{ns} | 0,015 ^{ns} 0,015 ^{ns} | 0,012 ^{ns} 0,013 ^{ns} | 0,018 ^{ns} 0,020 ^{ns} | 0,018 0,019 |
| 01 nov. | 0,011 ^{ns} 0,010 ^{ns} | 0,014 ^{ns} 0,013 ^{ns} | 0,006 ^{ns} 0,006 ^{ns} | 0,028 ^{ns} 0,030 ^{ns} | 0,014 0,015 |
| 20 nov. | 0,019 ^{ns} 0,017 ^{ns} | 0,021 ^{ns} 0,017 ^{ns} | 0,021 ^{ns} 0,019 ^{ns} | 0,044 ^{ns} 0,048 ^{ns} | 0,016 0,015 |
| 01 dez. | 0,017 ^{ns} 0,016 ^{ns} | 0,026 ^{ns} 0,023 ^{ns} | 0,047 ^{ns} 0,046 ^{ns} | 0,048 ^{ns} 0,052 ^{ns} | 0,023 0,021 |
| Grupo 2 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 0,037 ^{ns} 0,036 ^{ns} | 0,019 ^{ns} 0,019 ^{ns} | 0,020 ^{ns} 0,020 ^{ns} | 0,007 ^{ns} 0,007 ^{ns} | 0,012 0,014 |
| 01 out. | 0,031 ^{ns} 0,031 ^{ns} | 0,015 ^{ns} 0,016 ^{ns} | 0,017 ^{ns} 0,017 ^{ns} | 0,008 ^{ns} 0,010 ^{ns} | 0,015 0,017 |
| 20 out. | 0,008 ^{ns} 0,009 ^{ns} | 0,010 ^{ns} 0,011 ^{ns} | 0,009 ^{ns} 0,009 ^{ns} | 0,025 ^{ns} 0,028 ^{ns} | 0,010 0,012 |
| 01 nov. | 0,014 ^{ns} 0,013 ^{ns} | 0,012 ^{ns} 0,010 ^{ns} | 0,011 ^{ns} 0,011 ^{ns} | 0,038 ^{ns} 0,042* | 0,010 0,011 |
| 20 nov. | 0,011 ^{ns} 0,011 ^{ns} | 0,029 ^{ns} 0,027 ^{ns} | 0,032 ^{ns} 0,034 ^{ns} | 0,044 ^{ns} 0,043 ^{ns} | 0,022 0,020 |
| 01 dez. | 0,009 ^{ns} 0,008 ^{ns} | 0,036 ^{ns} 0,035 ^{ns} | 0,035 ^{ns} 0,037 ^{ns} | 0,029 ^{ns} 0,035 ^{ns} | 0,023 0,022 |
| Grupo 3 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 0,022 ^{ns} 0,025 ^{ns} | 0,013 ^{ns} 0,012 ^{ns} | 0,011 ^{ns} 0,010 ^{ns} | 0,009 ^{ns} 0,011 ^{ns} | 0,012 0,015 |
| 01 out. | 0,012 ^{ns} 0,014 ^{ns} | 0,013 ^{ns} 0,012 ^{ns} | 0,037 ^{ns} 0,035 ^{ns} | 0,011 ^{ns} 0,013 ^{ns} | 0,012 0,013 |
| 20 out. | 0,011 ^{ns} 0,009 ^{ns} | 0,017 ^{ns} 0,015 ^{ns} | 0,011 ^{ns} 0,012 ^{ns} | 0,033* 0,037* | 0,009 0,010 |
| 01 nov. | 0,012 ^{ns} 0,011 ^{ns} | 0,024 ^{ns} 0,021 ^{ns} | 0,021 ^{ns} 0,021 ^{ns} | 0,034 ^{ns} 0,041 ^{ns} | 0,015 0,014 |
| 20 nov. | 0,009 ^{ns} 0,009 ^{ns} | 0,031 ^{ns} 0,030 ^{ns} | 0,029 ^{ns} 0,031 ^{ns} | 0,028 ^{ns} 0,034 ^{ns} | 0,022 0,020 |
| 01 dez. | 0,021 ^{ns} 0,019 ^{ns} | 0,036 ^{ns} 0,037 ^{ns} | 0,032 ^{ns} 0,036 ^{ns} | 0,028 ^{ns} 0,031 ^{ns} | 0,017 0,018 |

* Diferença entre média do ENOS com AN significativa ao nível de 5% pelo teste de Fligner-Killen. ^{ns} Diferença não significativa ao nível de 5% pelo teste de Fligner-Killen.

Analisando o ISNA, como sendo o indicador da quantidade de água que a planta consome, em relação à quantidade máxima de água que a planta consumiria, na ausência de restrição hídrica (Andrade Jr. *et al.*2008), realizar o plantio em épocas de abundância hídrica, garantirá que a planta expresse seu potencial genético máximo.

Por outro lado, o déficit hídrico pode comprometer severamente a produção. Magalhães, Durães e Gomide (1997) destacam que apenas dois dias de estresse hídrico no florescimento diminuem o rendimento em mais de 20%, e quatro a oito dias diminuem em mais de 50%.

Em relação à média do excedente de água no solo (EXC), na Tabela 5 a seguir, é possível visualizar dois resultados opostos considerados fora da normalidade, sendo o excesso e a menor disponibilidade de água em determinados períodos.

Tabela 5. Média do EXC na fase 3 dos três grupos (1, 2 e 3), levando em consideração o CAD igual a 50 e 70 mm.

| Datas | ENf | ENfm | LNf | LNfm | AN |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| Grupo 1 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 209 ^{ns} 202 ^{ns} | 86 ^{ns} 76 ^{ns} | 101 ^{ns} 91 ^{ns} | 36* 30* | 86 75 |
| 01 out. | 181 ^{ns} 173 ^{ns} | 95 ^{ns} 83 ^{ns} | 83 ^{ns} 77 ^{ns} | 26* 19* | 79 68 |
| 20 out. | 161 ^{ns} 149 ^{ns} | 108 ^{ns} 95 ^{ns} | 89 ^{ns} 77 ^{ns} | 41 ^{ns} 28 ^{ns} | 68 59 |
| 01 nov. | 143 ^{ns} 132 ^{ns} | 117 ^{ns} 102 ^{ns} | 73 ^{ns} 63 ^{ns} | 59 ^{ns} 45 ^{ns} | 75 63 |
| 20 nov. | 184 ^{ns} 170 ^{ns} | 86 ^{ns} 74 ^{ns} | 91 ^{ns} 76 ^{ns} | 77 ^{ns} 67 ^{ns} | 97 85 |
| 01 dez. | 231 ^{ns} 215 ^{ns} | 78 ^{ns} 69 ^{ns} | 117 ^{ns} 104 ^{ns} | 80 ^{ns} 74 ^{ns} | 111 97 |
| Grupo 2 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 210 ^{ns} 200 ^{ns} | 142 ^{ns} 126 ^{ns} | 96 ^{ns} 88 ^{ns} | 33* 23* | 94 81 |
| 01 out. | 179 ^{ns} 167 ^{ns} | 123 ^{ns} 108 ^{ns} | 89 ^{ns} 76 ^{ns} | 39 ^{ns} 26 ^{ns} | 84 72 |
| 20 out. | 223 ^{ns} 207 ^{ns} | 121 ^{ns} 106 ^{ns} | 112 ^{ns} 94 ^{ns} | 70 ^{ns} 56 ^{ns} | 107 94 |
| 01 nov. | 205 ^{ns} 188 ^{ns} | 126 ^{ns} 110 ^{ns} | 91 ^{ns} 75 ^{ns} | 86 ^{ns} 73 ^{ns} | 114 100 |
| 20 nov. | 253 ^{ns} 236 ^{ns} | 110 ^{ns} 99 ^{ns} | 115 ^{ns} 102 ^{ns} | 84 ^{ns} 77 ^{ns} | 121 105 |
| 01 dez. | 280 ^{ns} 265 ^{ns} | 102 ^{ns} 93 ^{ns} | 106 ^{ns} 97 ^{ns} | 80 ^{ns} 72 ^{ns} | 132 117 |
| Grupo 3 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 227* 214* | 150 ^{ns} 132 ^{ns} | 116 ^{ns} 102 ^{ns} | 57 ^{ns} 42 ^{ns} | 103 87 |
| 01 out. | 235 ^{ns} 218 ^{ns} | 132 ^{ns} 116 ^{ns} | 106 ^{ns} 92 ^{ns} | 81 ^{ns} 65 ^{ns} | 123 105 |
| 20 out. | 264 ^{ns} 244 ^{ns} | 153 ^{ns} 134 ^{ns} | 141 ^{ns} 124 ^{ns} | 92 ^{ns} 77 ^{ns} | 150 132 |
| 01 nov. | 291 ^{ns} 272 ^{ns} | 157 ^{ns} 142 ^{ns} | 122 ^{ns} 106 ^{ns} | 91 ^{ns} 79 ^{ns} | 141 123 |
| 20 nov. | 310* 291* | 117 ^{ns} 107 ^{ns} | 114 ^{ns} 100 ^{ns} | 92 ^{ns} 82 ^{ns} | 142 125 |
| 01 dez. | 295 ^{ns} 279 ^{ns} | 107 ^{ns} 103 ^{ns} | 121 ^{ns} 108 ^{ns} | 81 ^{ns} 72 ^{ns} | 133 119 |

* Diferença entre média do ENOS com AN significativa ao nível de 5% pelo teste de t-Student. ^{ns} Diferença não significativa ao nível de 5% pelo teste de t-Student.

Em ENfm e LNf os resultados da média de EXC se mantiveram dentro do limite nas três cultivares e nos dois tipos de solo. Já em ENf, a diferença não significativa ocorre apenas nos grupos 1 e 2 em todas as datas. No Grupo 3, em duas datas, 20 de setembro e 20 de novembro, em ambas as texturas de solo, ocorreram excesso hídrico. Apesar de não apresentarem diferença estatística, a maioria das datas neste mesmo

evento apresentam valores altos de excesso, o que pode também desencadear inseguridades quanto ao plantio.

Em contrapartida, LNfm apresentou déficit de 20 de setembro a 1º de outubro, na cultivar do Grupo 1, e em 20 de setembro na cultivar do Grupo 2, em todos os casos, nos dois tipos de solo.

É perceptível a constância da diferença de valores de EXC comparativamente com os dois tipos de solos. Solos de textura média têm valores de EXC mais altos em relação aos de textura argilosa. Isto porque a maior quantidade de microporos do solo argiloso influencia diretamente na maior retenção de água devido ao efeito da capilaridade (Lier, 2020), enquanto em menores quantidades, no caso da textura média, o excedente torna-se mais alto. Quando o armazenamento de água no solo atingir o valor máximo, a precipitação é considerada como excedente (Emídio, 2008).

Evidentemente que solos com CAD maior são mais requeridos em situações de estresse hídrico, como em LNfm, afinal conseguem reter e disponibilizar mais água, apesar dos resultados ainda serem preocupantes em ambos os tipos de solo. Todavia, situações de alta pluviometria, como em ENf, solos que retenham muita água, em áreas de várzeas tornam-se encharcados por mais tempo, sendo um ambiente estressante para o milho, reduzindo o tamanho do sistema radicular, bem como sua morte e murchamento da parte aérea, como destacam Ferreira, Magalhães e Borém (2008), além de favorecer o aparecimento de doenças como helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) e giberela (*Fusarium graminearum*) (EPAGRI/CIRAM, 2016) e diminuir o número de dias trabalháveis com uso de maquinário agrícola.

De fato, problemas relacionados ao excesso hídrico são mais decorrentes em eventos de ENf, como visto anteriormente e corroborando ao encontrado por Minuzzi (2018), na qual concluiu que em anos de EN, chuvas na primavera (setembro a dezembro) em Santa Catarina tendem a ficar acima da normalidade.

Conjuntamente, a variância do EXC (Tabela 6) demonstra que existem datas de semeadura com maiores incertezas em relação a presença de água no solo, ou seja, riscos de eventos extremos, entre normalidade ou excesso, especialmente em ENf, sendo para o Grupo 1, de 20 de setembro a 1º de outubro e em 20 de novembro, para o Grupo 2, de 20 de outubro a 1º de novembro, e Grupo 3, de 1º de outubro a 20 de outubro, todos os casos, para os dois tipos de solo.

Tabela 6. Variância do EXC na fase 3 dos três grupos (1, 2 e 3), levando em consideração o CAD igual a 50 e 70 mm.

| Datas | ENf | ENfm | LNf | LNfm | AN |
|----------------------------------|---|---|---|--|---------------|
| Grupo 1 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 21085* 21028* | 1697 ^{ns} 2171 ^{ns} | 9047 ^{ns} 8849 ^{ns} | 869 ^{ns} 601* | 3590 3083 |
| 01 out. | 16879* 16630* | 4003 ^{ns} 3643 ^{ns} | 9342 ^{ns} 8955 ^{ns} | 1870 ^{ns} 1136 ^{ns} | 4165 3734 |
| 20 out. | 8030 ^{ns} 8215 ^{ns} | 1691 ^{ns} 1865 ^{ns} | 9486 ^{ns} 9265 ^{ns} | 3109 ^{ns} 1908 ^{ns} | 4359 3840 |
| 01 nov. | 8585 ^{ns} 8368 ^{ns} | 3087 ^{ns} 3052 ^{ns} | 3329 ^{ns} 2837 ^{ns} | 3252 ^{ns} 2372 ^{ns} | 3497 3162 |
| 20 nov. | 23275 ^{ns} 23882* | 7278 ^{ns} 7271 ^{ns} | 2701 ^{ns} 1866 ^{ns} | 7198 ^{ns} 6227 ^{ns} | 4591 4148 |
| 01 dez. | 14456 ^{ns} 14935 ^{ns} | 875* 861* | 5011 ^{ns} 4309 ^{ns} | 7734 ^{ns} 6998 ^{ns} | 8406 8201 |
| Grupo 2 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 14869 ^{ns} 14796 ^{ns} | 1857 ^{ns} 1728 ^{ns} | 8571 ^{ns} 8189 ^{ns} | 1694 ^{ns} 1156 ^{ns} | 5099 4541 |
| 01 out. | 9905 ^{ns} 10209 ^{ns} | 1947 ^{ns} 1992 ^{ns} | 8508 ^{ns} 8245 ^{ns} | 2468 ^{ns} 1499 ^{ns} | 5211 4595 |
| 20 out. | 28987* 27116* | 2640 ^{ns} 2555 ^{ns} | 7739 ^{ns} 7327 ^{ns} | 4280 ^{ns} 3211 ^{ns} | 4386 3827 |
| 01 nov. | 30997* 31358* | 4239 ^{ns} 4369 ^{ns} | 2659 ^{ns} 1798 ^{ns} | 8135 ^{ns} 6691 ^{ns} | 4477 3929 |
| 20 nov. | 16970 ^{ns} 17745 ^{ns} | 2261 ^{ns} 2300 ^{ns} | 4889 ^{ns} 4154 ^{ns} | 9067 ^{ns} 8176 ^{ns} | 8998 8827 |
| 01 dez. | 24852 ^{ns} 24157 ^{ns} | 3209 ^{ns} 3137 ^{ns} | 5669 ^{ns} 4735 ^{ns} | 8595 ^{ns} 7828 ^{ns} | 9999 9795 |
| Grupo 3 (CAD 50 CAD 70) | | | | | |
| 20 set. | 9796 ^{ns} 10089 ^{ns} | 1367 ^{ns} 1612 ^{ns} | 5545 ^{ns} 5663 ^{ns} | 4225 ^{ns} 2768 ^{ns} | 3895 3533 |
| 01 out. | 22101* 20916* | 2034 ^{ns} 2180 ^{ns} | 12240 ^{ns} 11005 ^{ns} | 5605 ^{ns} 3982 ^{ns} | 4553 3955 |
| 20 out. | 35641* 35595* | 3789 ^{ns} 4439 ^{ns} | 8884 ^{ns} 7856 ^{ns} | 9301 ^{ns} 7359 ^{ns} | 9199 8488 |
| 01 nov. | 32948 ^{ns} 33092 ^{ns} | 8796 ^{ns} 8771 ^{ns} | 5910 ^{ns} 4765 ^{ns} | 10521 ^{ns} 8861 ^{ns} | 9406 9114 |
| 20 nov. | 22649 ^{ns} 23074 ^{ns} | 3965 ^{ns} 3799 ^{ns} | 5350 ^{ns} 4406 ^{ns} | 8535 ^{ns} 7714 ^{ns} | 9705 9363 |
| 01 dez. | 37406 ^{ns} 36762 ^{ns} | 5683 ^{ns} 4618 ^{ns} | 14189 ^{ns} 12271 ^{ns} | 6412 ^{ns} 5763 ^{ns} | 10437 10082 |

* Diferença entre média do ENOS com AN significativa ao nível de 5% pelo teste de Fligner-Killen. ^{ns} Diferença não significativa ao nível de 5% pelo teste de Fligner-Killen.

Alberto *et al.* (2006) ressaltam que anos de EN são mais favoráveis ao rendimento de grãos de milho em comparação com LN no estado do Rio Grande do Sul. Entretanto, os autores também encontraram resultados positivos em anos de LN, muito provavelmente devido a adaptação da espécie ao ambiente mais seco, como o próprio metabolismo C4 e sistema radicular profundo, além da maior disponibilidade de radiação solar durante a fase fria do ENOS. Os autores acrescentam que outro fato que pode ter contribuído ao rendimento durante LN, foi a época de plantio, que foi realizado em 15 de novembro, sendo assim, as fases mais críticas ao déficit hídrico (pendoamento ao enchimento de grãos) ocorrem durante o verão, na qual historicamente tem boa distribuição de chuvas em LN.

Em concordância, Bergamaschi *et al.* (2004) obtiveram resultados semelhantes em LN, com uma longa estiagem durante quase todo período, mas com um período de precipitação localizada, típica de formação convectiva de final de tarde no verão durante o florescimento, suficiente para salvar a produção. Enquanto em EN a produtividade foi afetada, apesar da boa distribuição em quase todo ciclo, porém com uma pequena estiagem no início da Fase III, suficiente para prejudicar a formação dos grãos.

Também em concomitância, Minuzzi e Ribeiro (2012) destacam que semeaduras mais tardias, principalmente a partir da segunda quinzena de outubro, durante LN na região Oeste do estado de Santa Catarina, os problemas relacionados ao déficit hídrico tendem a diminuir, enquanto datas anteriores, podem apresentar maiores problemas. Nos resultados, isso se tornou mais evidente em LNfm.

Conclusões

Em eventos de La Niña fraca/moderada (LNfm), de 20 de setembro a 20 de outubro, as chances de déficit hídrico são consideradas de alto a médio risco, independente da variedade do milho e do tipo de solo, devendo-se optar por semeaduras tardias.

Em anos de El Niño forte (ENf) pode haver problemas de excesso hídrico no solo durante toda janela de semeadura.

As recomendações das datas de semeaduras em anos de ENOS independem da cultivar do milho e do tipo de solo.

ENOS é um importante modulador, afetando diretamente no calendário agrícola da Região.

Referências

ALBERTO, C. M. *et al.* Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Santa Maria/RS, 2006.

ANDRADE JUNIOR, A. S. *et al.* Índice de satisfação da necessidade de água da mamoneira em monocultivo e consorciada com feijão-caupi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador, BA. **Anais ...**Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008.

BERGAMASCHI, H. *et al.* Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre/RS: Emater/RS-Ascar, 2014.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Porto Alegre, v.40, 2005.

BERMUDEZ, F. *et al.* Desempenho de variedades de milho em Santa Catarina. In: XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2016, Bento Gonçalves, RS. **Anais...**Chapecó: EPAGRI, 2016. p 1350-1354.

CUNHA, G. R. *et al.* El Niño/La Niña – Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p 18 – 22, 2011.

EMÍDIO, Z. P. de O. **Impacto do balanço hídrico em diferentes tipos de solo: comparação entre dados de radar-pluviômetro e análise de tendencia da chuva média em área agrícola**. 2008. 164 p. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geociências Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI/CEPA. **Boletim Agropecuário: milho**. Ed. Epagri/Cepa, 2025. 70 p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI/CIRAM. **Pragas e doenças do milho: Diagnose, danos e estratégias de manejo**. Ed. Epagri/Ciram, 2016. 88 p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI/CIRAM. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. Ed. Epagri/Ciram, 2022. p. 38-45.

FERREIRA L. F.; MAGALHÃES, P. C.; BORÉM, A. Avaliação de três características fisiológicas em 4 ciclos de seleção no cultivar de milho BRS-4154 sob o solo encharcado. **Ciências e Agrotecnologias**, Lavras, 2008.

GALVÃO, J. C. C.; *et al.* Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, 2014.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; CAMARGO, M. C. Comportamento germinativo de sementes de cultivares de milho sob condições de hipoxia. **Cientifica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.224–232, 2014.

HERMANNNS, G. *et al.* Fungos e fumonisinas no período pré-colheita do milho. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 7-10, 2006.

LIER, Q. de J. van. **Física do solo – baseada em processos**. 2.ed. Piracicaba, SP: Edição do autor, p. 413, 2020.

MACHADO, J. R. de A. **O excesso de chuvas e a cultura do milho**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8900890/artigo---o-excesso-de-chuvas-e-a-cultura-do-milho#:~:text=Devido%20ao%20fato%20do%20milho,podem%20comprometer%20a%20produtividade%20final>. Acesso em: 26 set. 2025.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; GOMIDE, R. L. **Fisiologia da cultura do milho**. Sete Lagoas, MS: Embrapa, 1997.

MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 1.ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. p. 114-178.

MINUZZI, R. B.; RIBEIRO, A. Jr. Requerimento de água para irrigação do milho em Santa Catarina durante eventos La Niña. *Metereologia e Climatologia Agrícola*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 2012.

MINUZZI, R. B. **Variabilidade no regime de chuva em Santa Catarina durante diferentes tipos de ENOS**. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.26, n.1, p.113-122, 2018.

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária. **Anexo I. Parâmetros de Risco Climático**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos->

seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/documentos/Parametrosderiscoclimatico.pdf. Acesso em: 11 nov. 2025.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – NOAA. **Climate Monitoring**. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/>. Acesso em: 31 out. 2025.

ROCHA, A. M. **Impactos dos eventos ENOS na vegetação da América do Sul**. Tese (Doutorado em Climatologia) - FFLCH/USP. São Paulo, 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL – SDR CHAPECÓ. **Caracterização Regional**, Chapecó: Epagri/CEPA, 2003, 37 p.

SILVA, S. *et al.* Parâmetros produtivos do milho sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 30-41, 2021

TURCATO, T.; MINUZZI, R. B. Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência em regiões climáticas de Santa Catarina, Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, Pernambuco, V. 42, No. 2, 2025.