

DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA EM SANTA MARIA/RS, SOB EFEITO DO FENÔMENO LA NIÑA, SAFRA 2024-2025

YIELD PERFORMANCE OF SOYBEAN CULTIVARS IN SANTA MARIA, RS, UNDER THE EFFECT OF THE LA NIÑA PHENOMENON, 2024-2025 HARVEST SEASON

DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE CULTIVARES DE SOJA EN SANTA MARIA, RS, BAJO EL EFECTO DEL FENÓMENO LA NIÑA, ZAFRA 2024-2025

Yago Müller Alves¹, Lucas Nascimento Brum², Rafaela Leopoldina Silva Nunes³, Lucas Pedro Cipriani⁴, Léo Antônio Limberger Speth⁵, Lucas de Ferreira Vallejo⁶, Guilherme Tuchtenhagem Macalin⁷, Guilherme Siviero Rodrigues⁸, Jenifer Souza da Silva⁹, Lucas Pedroso Bilhalva¹⁰, Sara Jordana Zanatta¹¹, Pedro Lucas Keller Picolo¹², João Victor Gonçalves Moro¹³, Thomas Newton Martin¹⁴

DOI: 10.54899/dcs.v23i89.5214

Recibido: 11/03/2026 | Aceptado: 06/04/2026 | Publicación en línea: 10/04/2026.

¹ Pós-Graduado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: yagomalves@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7108-4334>

² Pós-Graduado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: lucasnascimentobrum@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-2225-825X>

³ Pós-Graduada em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: rafaelaleopoldina@outlook.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1918-9873>

⁴ Pós-Graduado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: lucas.cipriani@ifro.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-7245-7653>

⁵ Pós-Graduado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: leoantonio.ls@hotmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-2962-5460>

⁶ Graduado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: vallejolucas0@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-1894-7991>

⁷ Graduado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: guilherme.macalin26@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-6719-3535>

⁸ Graduado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: g.siviero.r@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-9353-2185>

⁹ Graduada em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: j.jenifersouza1@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-0225-1518>

¹⁰ Graduado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: lucaspedroso0112@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-1517-2322>

¹¹ Graduada em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: sarajordanazanatta@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-6581-3104>

¹² Pós-Graduado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: kellerpicolo@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-4350-0266>

¹³ Pós-Graduado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: joaovictormoro5122@gmail.com

¹⁴ Doutor em Produção Vegetal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: martin.ufsm@gmail.com Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-4549-3980>

RESUMO

O artigo avaliou o desempenho produtivo de 54 cultivares de soja (*Glycine max* L.) submetidas às condições edafoclimáticas de Santa Maria, Rio Grande do Sul, durante a safra 2024/2025. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, sob sistema de plantio direto e em solo classificado como Argissolo Vermelho. Foram analisadas a produtividade de grãos (PG) e a massa de mil grãos (MMG). Os resultados indicaram uma produtividade média de 2.142,3 kg kg ha⁻¹ valor influenciado por um déficit hídrico de aproximadamente 70 dias decorrente do fenômeno La Niña. As cultivares de ciclo curto, como FPS 2457 RR (2.927 kg kg ha⁻¹ BRS 2553 XTD (2.839 kg ha⁻¹) destacaram-se com as maiores produtividades, conseguindo completar fases críticas antes do agravamento da estiagem. Em relação à MMG, as maiores médias foram observadas nas cultivares C2560CE e BMX 63I64 RSF IPRO. Conclui-se que o desempenho produtivo foi determinado primordialmente pelo número de legumes por planta e pela adaptação fenológica ao estresse hídrico, evidenciando a importância da seleção de cultivares para a estabilidade produtiva em cenários climáticos adversos.

Palavras-chave: *Glycine max* L.. Produtividade. La Niña. Estresse Hídrico. Santa Maria.

ABSTRACT

The study evaluated the productive performance of 54 soybean cultivars (*Glycine max* L.) subjected to the edaphoclimatic conditions of Santa Maria, Rio Grande do Sul, during the 2024/2025 crop season. The experiment was conducted in a randomized complete block design with four replications, under a no-tillage system in soil classified as an Ultisol (*Argissolo Vermelho*). Grain yield (GY) and thousand-grain mass (TGM) were analyzed. The results indicated an average grain yield of 2,142.3 kg ha⁻¹. This value was influenced by a water deficit of approximately 70 days resulting from the La Niña phenomenon. Short-cycle cultivars, such as FPS 2457 RR (2,927 kg ha⁻¹) and BRS 2553 XTD (2,839 kg ha⁻¹), stood out with the highest yields, as they were able to complete critical stages before the worsening of the drought. Regarding TGM, the highest averages were observed in the cultivars C2560CE and BMX 63I64 RSF IPRO. It is concluded that productive performance was primarily determined by the number of pods per plant and phenological adaptation to water stress, highlighting the importance of cultivar selection for yield stability in adverse climatic scenarios.

Keywords: *Glycine max* L.. Productivity. La Niña. Water stress. Santa Maria.

RESUMEN

El estudio evaluó el desempeño productivo de 54 cultivares de soja (*Glycine max* L.) sometidas a las condiciones edafoclimáticas de Santa Maria, Rio Grande do Sul, durante la zafra 2024/2025. El experimento se llevó a cabo en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, bajo un sistema de siembra directa en un suelo clasificado como Argisol Rojo. Se analizaron la productividad de granos (PG) y la masa de mil granos (MMG). Los resultados indicaron una productividad media de 2.142,3 kg ha⁻¹. Este valor se vio influenciado por un déficit hídrico de aproximadamente 70 días derivado del fenómeno La Niña. Los cultivares de ciclo corto, como FPS 2457 RR (2.927 kg ha⁻¹) y BRS 2553 XTD (2.839 kg ha⁻¹), destacaron con las mayores productividades, logrando completar fases críticas antes del agravamiento de la sequía. En relación con la MMG, los promedios más altos se observaron en los cultivares C2560CE y BMX

63I64 RSF IPRO. Se concluye que el desempeño productivo estuvo determinado primordialmente por el número de legumbres por planta y por la adaptación fenológica al estrés hídrico, evidenciando la importancia de la selección de cultivares para la estabilidad productiva en escenarios climáticos adversos.

Palabras clave: *Glycine max* L.. Productividad. La Niña. Estrés hídrico. Santa Maria.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

O cultivo de soja (*Glycine max* L.) é a principal atividade agrícola do Brasil e do Rio Grande do Sul (RS), contribuindo com R\$ 348,7 bilhões e R\$ 28,7 bilhões, respectivamente, para a economia nacional e estadual. A soja também ocupa a maior área cultivada no Brasil (45 milhões de hectares) e no Rio Grande do Sul (6,6 milhões de hectares), correspondente a 46,17 e 62,05% das áreas destinadas à colheita. Na safra 2024/25, a produção brasileira total registrou 171,4 milhões de toneladas e produtividade média de 3.621 kg ha⁻¹ (Conab, 2025). No estado do RS, devido à incidência da estiagem, os números registrados foram de 16,6 milhões de toneladas de produtividade total e média de 2.342 kg ha⁻¹, o que representa 35% abaixo da média nacional (Conab, 2025).

Os índices atuais de produtividade da soja se devem, principalmente, ao intenso processo de melhoramento genético, o que resultou em cultivares adaptadas aos climas tropical e subtropical (Carvalho *et al.*, 2022). Apesar dos avanços tecnológicos e da expansão da área cultivada, o aumento da produtividade da soja ainda enfrenta desafios significativos que limitam seu potencial produtivo. Dentre os fatores que comprometem o desempenho da cultura, destacam-se as condições edafoclimáticas e as características das cultivares utilizadas (Pereira; Castro, 2022).

Os componentes de produtividade e rendimento de grãos variam de acordo com o ambiente (Martin *et al.*, 2022). Fatores como temperatura, precipitação, luz solar e radiação solar influenciam direta e indiretamente no ciclo da cultura da soja. As variáveis climáticas afetam a quantidade e densidade de grãos por unidade de área, além de impactarem a produtividade (Oliveira *et al.*, 2024). Para que as culturas agrícolas se adaptem as mudanças climáticas, diferentes processos fisiológicos são exigidos, bem como, requerem sistemas de manejo

agronômico cada vez mais específicos (Amoanimaa-Dede *et al.*, 2022).

Eventos externos, ocasionados pelas mudanças climáticas, principalmente pela ocorrência do fenômeno ENOS, tem resultado em problemas que afetam diretamente o sistema de produção da soja (Oliveira *et al.*, 2024). A escolha de cultivares não adaptadas às condições específicas de cada região, podem resultar em perdas significativas de produtividade (Pereira; Castro, 2022). A interação entre estes fatores que restringem a produtividade da cultura, exige uma abordagem de manejo integrada e um conhecimento aprofundado para mitigar os impactos negativos e garantir a sustentabilidade da produção (Amoanimaa-Dede *et al.*, 2022).

Os programas de melhoramento genético têm contribuído para o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas, produtivas e estáveis às diferentes condições climáticas. Embora a produção de grãos seja o objetivo principal dos programas, atributos agronômicos favoráveis, como qualidade das sementes, composição química (conteúdo de óleo, proteína, composição de ácidos graxos), tolerância a herbicidas, pragas e doenças, resistência ao acamamento, eficiência na fotossíntese, entre outros aspectos, são responsáveis pelo desempenho das sementes no campo, o que contribui para que altas produtividades sejam atingidas (Carneiro *et al.*, 2019).

Uma vez que variáveis climáticas impactam na produtividade da soja, a seleção de cultivares adequadas à região é essencial para superar dificuldades e impulsionar o crescimento da cultura. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de grãos e a massa de mil grãos de cultivares de soja em condições edafoclimáticas em Santa Maria, Rio Grande do Sul.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido durante a safra de soja 2024/2025 na área didática-experimental do grupo de Pesquisa Manejo e Sustentabilidade de Grandes Culturas de Coxilha, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, coordenadas geográficas 29°43'S 53°44'O, a 103,44 metros de altitude, sem declividade na área de semeadura. O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical de clima temperado chuvoso, com temperatura e precipitação anual médias de 18,6 °C e 1814,8 mm (Arnfiel, 2023).

O solo na Área Experimental foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (Santos *et al.*, 2018), correspondente a Ultisol no sistema Soil Taxonomy (Soil Survey Staff,

2022). Para as análises físico-químicas, foram coletadas e homogêneas subamostras de solo das camadas de 0-10 e 10-20 cm e encaminhadas duas amostras ao Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Santa Maria (Tabela 1).

Tabela 1. Análise físico-química do solo do experimento no ano 2024. UFSM, Santa Maria (RS).

Camada (cm)	pH	MO	Argila	P	K	S	Ca/Mg	M	V
		-----%-----		-----mg/dm ³ -----			-cmolc/dm ³ -	-----%-----	
0-10	6	2,2	21	50,9	84	13,9	7,4	0,0	78,3
10-20	5,4	1,3	26	37	36	20,1	5,1	2,9	52,8

pH= Potencial Hidrogeniônico, MO= Matéria orgânica, P= Fósforo, K= Potássio, S= Enxofre, Ca= Cálcio, Mg= Magnésio, M= Saturação por Alumínio e V= Saturação por bases.

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Foram semeadas 54 cultivares de soja em sistema plantio direto sobre palhada de um mix de cobertura composto por nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*). As tabelas 2 e 3 apresentam as principais características das cultivares, de acordo com as informações disponibilizadas nos sites das empresas detentoras dos materiais. O delineamento do experimento foi de blocos ao acaso com quatro repetições. O espaçamento entre fileiras foi de 0,45 m e 13 plantas m⁻¹ linear na fileira, com densidade de 288.888 plantas ha⁻¹. Cada unidade experimental foi formada por cinco fileiras em que mediam 7,75 m de comprimento por 2,25 m de largura, totalizando uma área de 17,44 m².

Tabela 2. Caracterização das cultivares utilizados no experimento, grupo de maturação relativa (GMR), massa de mil sementes (MS), tipo de hábito de crescimento (HC), porte da planta (PL), resposta ao acamamento (AC), exigência de fertilidade do solo (FS), potencial produtivo (PP), índice de ramificação (IR), cancro da haste (CH), mancha "olho-de-rã" (OR), pústula bacteriana (PB), podridão radicular de *Phytophthora* (PR) e nematoide da galha (NG), no ano agrícola 2024/25 UFSM, Santa Maria, RS, 2025.

Cultivares	GMR	MS	HC	PL	AC	FS	PP	IR	CH	OR	PB	PR	NG
BMX 53IX55 RSF I2X	5.3	210	I	-	-	-	A	M	R	S	R	R	-
DM 56I59 IPRO	5.6	181	I	M	R	M	-	M	R	R	R	-	-
BMX TITANIUM TF I2X	5.6	200	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DM 59IX61RSF I2X	6.0	173	I	-	R	-	-	M	R	R	R	R	-
NEO 600 I2X	6.0	172	I	M	R	-	A	M	-	-	-	R	-
ST 535 I2X	5.3	173	I	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-

Indeterminado (I), Baixa (B), Média (M), Alta (A), Tolerante (T), Resistente (R), Suscetível (S), Moderadamente resistente (MR), Moderadamente suscetível (MS) e Sem informação (-).

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Tabela 3. Caracterização das cultivares utilizados no experimento, grupo de maturação relativa (GMR), massa de mil sementes (MS), tipo de hábito de crescimento (HC), porte da planta (PL), resposta ao acamamento (AC), exigência de fertilidade do solo (FS), potencial produtivo (PP), índice de ramificação (IR), cancro da haste (CH), mancha "olho-de-rã" (OR), pústula bacteriana (PB), podridão radicular de *Phytophthora* (PR) e nematoide da galha (NG), no ano agrícola 2024/25 UFSM, Santa Maria, RS, 2025.

Cultivares	GMR	MS	HC	PL	AC	FS	PP	IR	CH	OR	PB	PR	NG
NEO 620 IPRO NP	6.2	183	I	M	-	M	A	A	-	-	R	M	-
ST 541 I2X	5.4	-	I	-	T	-	-	-	R	S	R	R	-
FPS 2457 RR	5.7	-	-	-	R	-	A	A	MR	MR	MR	R	-
ST 611 IPRO	6.1	185	I	-	-	-	A	-	R	MR	R	MR	-
NEO 560 IPRO	5.6	196	I	-	-	-	-	-	R	S	R	R	-
BMX NEXUS 12X	6.4	154	I	-	-	M	A	-	R	R	R	R	-
CZ 15B99 I2X	5.9	-	I	-	T	-	-	-	R	-	-	R	-
BMX 57K58 RSF CE	5.7	166	I	A	R	A	A	A	R	S	R	R	-
DM 65IX67 I2X	6.6	164	I	-	T	M	-	A	R	S	R	R	-
ST 616 I2X	6.1	167	I	-	-	-	A	-	R	-	R	-	-
BRS 559 RR	5.7	147	I	-	R	A	-	A	R	R	R	R	S
DM 54IX57 RSF I2X	5.4	189	I	M	R	-	-	-	R	MR	R	MR	-
BRS 2553 XTD	5.3	188	I	-	R	-	-	M	R	R	R	R	S
CZ 15B20 I2X	5.2	-	I	-	-	-	A	-	R	R	R	R	-
BRS 1056 IPRO	5.6	-	-	-	R	-	-	-	R	MR	-	R	-
NEO 531 I2X	5.3	-	I	-	R	-	-	-	R	MR	MR	R	-
ST 580 I2X	5.8	-	I	-	-	-	A	-	R	R	-	R	-
BMX RAÇA E	6.3	170	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRS 5601 RR	5.6	180	I	M	R	A	A	-	-	-	-	-	-
BRS 5804	5.8	210	I	-	-	-	-	-	R	R	R	R	-
BRS 6105 RR	6.1	180	I	M	-	A	-	-	R	R	R	-	-
BRS 1064 IPRO	6.4	161	I	-	-	-	-	-	R	M	-	-	-
FPS 2063 IPRO	6.3	180	I	M	-	MR	-	-	R	R	R	R	-
BMX 56IX58RSF I2X	5.6	200	I	-	-	A	-	-	-	-	-	R	-
HO 61SC115 i2x	5.9	170	I	-	-	A	A	-	R	MS	R	MR	S
BMX 57IX60 RSF I2X	5.7	177	I	-	R	-	A	M	R	MR	R	R	-
GH 2258 IPRO	5.9	190	I	-	T	A	-	-	R	MR	MR	R	-
FPS 2565 IPRO	6.5	175	I	M	-	M/A	-	M/A	R	MR	MR	-	-
ST 622 IPRO	6.2	173	I	-	T	-	A	-	R	R	S	MR	-
HO 60SC110 I2X	7.1	152	I	-	-	A	-	A	R	MR	S	R	S
HO 64HO130 I2X	6.4	172	I	-	-	A	-	-	R	MR	R	R	S
BMX 64IX66RSF I2X	6.4	185	I	MA	-	A	A	-	R	S	R	-	-
TMG 7362 IPRO	6.1	192	I	-	R	A	-	-	R	-	-	MR	-
FTR 2155 RR	5.8	-	I	MA	-	M/A	A	-	-	-	-	-	-
GH 5933 IPRO	6.0	178	I	MA	T	-	-	-	R	MR	MR	MR	-
GH 2361IPRO	6.1	170	I	MA	T	-	-	A	R	MR	MR	MR	-
NEO 581 E	5.8	183	I	-	T	-	A	-	R	-	R	R	-
ST 616 I2X	6.1	167	I	-	-	-	-	-	R	-	R	R	-
TMG 6123 IPRO	6.1	195	I	-	R	A	-	-	R	-	-	R	-
GH 6433 I2X	6.4	188	I	-	M	-	-	-	R	MR	MR	R	-
ORS FÓTON	5.2	195	I	-	-	-	B	-	-	-	-	-	-
CZ 15B29 XTD	5.2	-	I	-	-	-	-	-	R	S	R	R	-
TMG Manacá XTD	6.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TMG Guanandi I2X	6.6	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TMG 22X65 I2X	6.3	-	I	-	R	-	-	-	R	MR	S	R	-
GH 2459 I2X	5.9	170	I	MA	R	-	-	-	R	-	MR	R	-
C2560CE	5.6	205	I	MA	T	-	-	-	T	-	-	MT	S
FPS 2664 I2X	6.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DM 60IX64 I2X	6.0	173	I	-	-	MR	-	A	R	S	R	R	MR
HO 54SC122 i2x	5.4	175	I	-	-	A	-	-	R	R	R	-	-

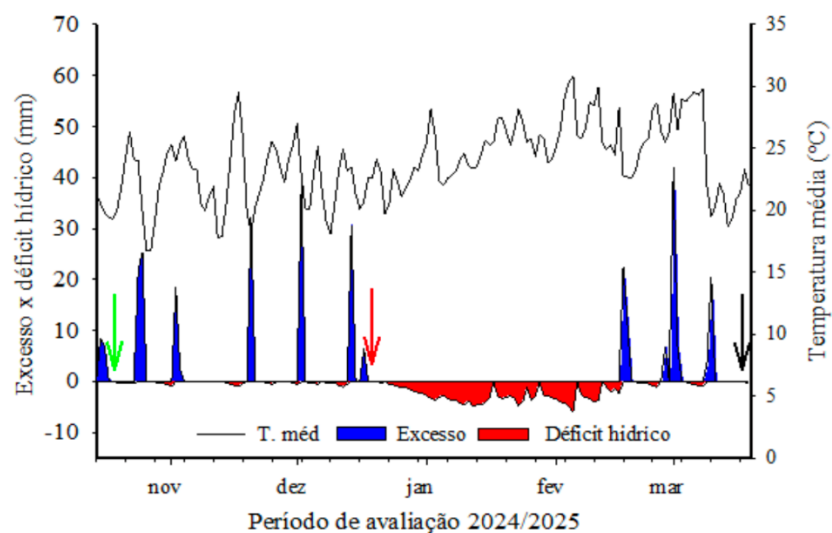
Indeterminado (I), Baixa (B), Média (M), Alta (A), Tolerante (T), Resistente (R), Suscetível (S), Moderadamente resistente (MR), Moderadamente suscetível (MS) e Sem informação (-).

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

A adubação do experimento foi realizada com 350 kg ha⁻¹ da fórmula 00-28-20, conforme a recomendação da adubação para cultura da soja (Cqfs, 2016). Durante a semeadura foi realizada a coinoculação via sulco de semeadura, com 300 ml de *Bradyrhizobium japonicum*, 100 ml de *Azospirillum brasilense* e 100 ml de *Priestia aryabhattai* em 50 L de calda ha⁻¹. O manejo geral da área, incluindo o manejo fitossanitário, seguiu as recomendações estabelecidas nas Indicações Técnicas para a Cultura da Soja (Martin *et al.*, 2022).

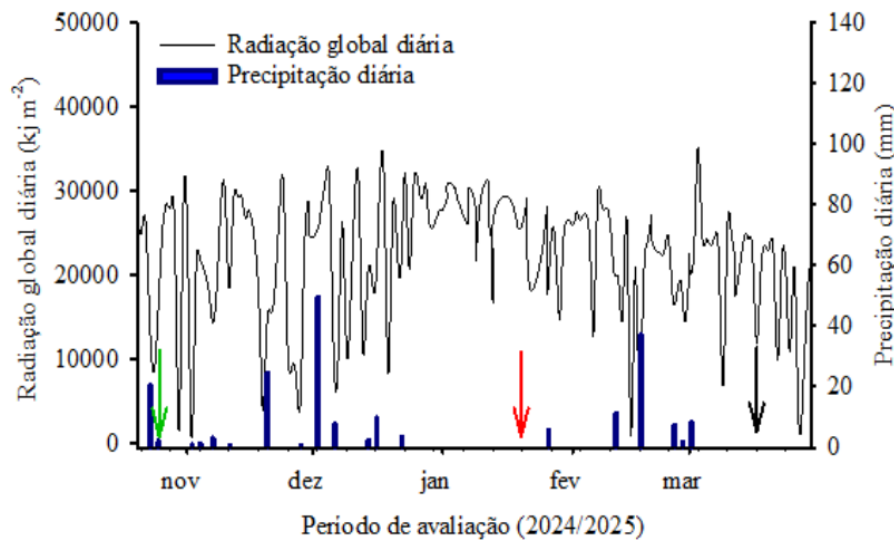
Os dados de balanço hídrico com o déficit e excedente hídrico, a radiação global diária e precipitação diária que ocorreram durante a safra foram obtidas da estação meteorológica automática, localizada no Campus da UFSM, e conforme os dados disponibilizados pelo INMET, demonstrados respectivamente na Figura 1 e Figura 2.

Figura 1. Balanço hídrico para cultivares de 110 a 140 dias de ciclo, considerando o excedente e o déficit hídrico. Em diferentes cores, as flechas indicam os momentos de semeadura (verde), florescimento (vermelha) e colheita (preta) da cultura durante o ano agrícola 2024/25. Santa Maria, RS, 2025.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Figura 2. Radiação global e precipitação diárias do final do mês de outubro de 2024 ao final do mês de março de 2025. Em diferentes cores, as flechas indicam os momentos de semeadura (verde), florescimento (vermelha) e colheita (preta) da cultura durante o ano agrícola 2024/25. Santa Maria, RS, 2025.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

As variáveis analisadas foram massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PG). No estágio fenológico R8, maturação plena da cultura (Fehr *et al.*, 1971), foi colhida e trilhada uma área útil de 4,05 m² de cada unidade experimental. Na sequência, foi realizada a pesagem, por meio de balança analítica, ajustando-se o conteúdo de água (13%) (Brasil, 2009). A determinação da massa de 1000 grãos foi realizada com o mesmo material provindo da avaliação de produtividade de grãos. Foram realizadas oito contagens de 100 grãos, determinando-se a média das pesagens das oito subamostras, multiplicado por 10 (Brasil, 2009).

A avaliação dos dados foi feita através da estatística descritiva (média, desvio-padrão, coeficiente de variação e amplitude). Após, foi realizada a análise da variância (ANOVA) e testados os pressupostos de normalidade e homogeneidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett respectivamente, com o atendimento dos pressupostos do modelo matemático e rejeição de da hipótese nula, procedeu-se a análise complementar. O teste de separação de médias utilizado foi o de Scott-Knott com 5% de probabilidade de erro. Para as análises estatísticas e confecção das figuras foi utilizado o pacote ggplot2 (Wickham, 2016) software R (R Core Team, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

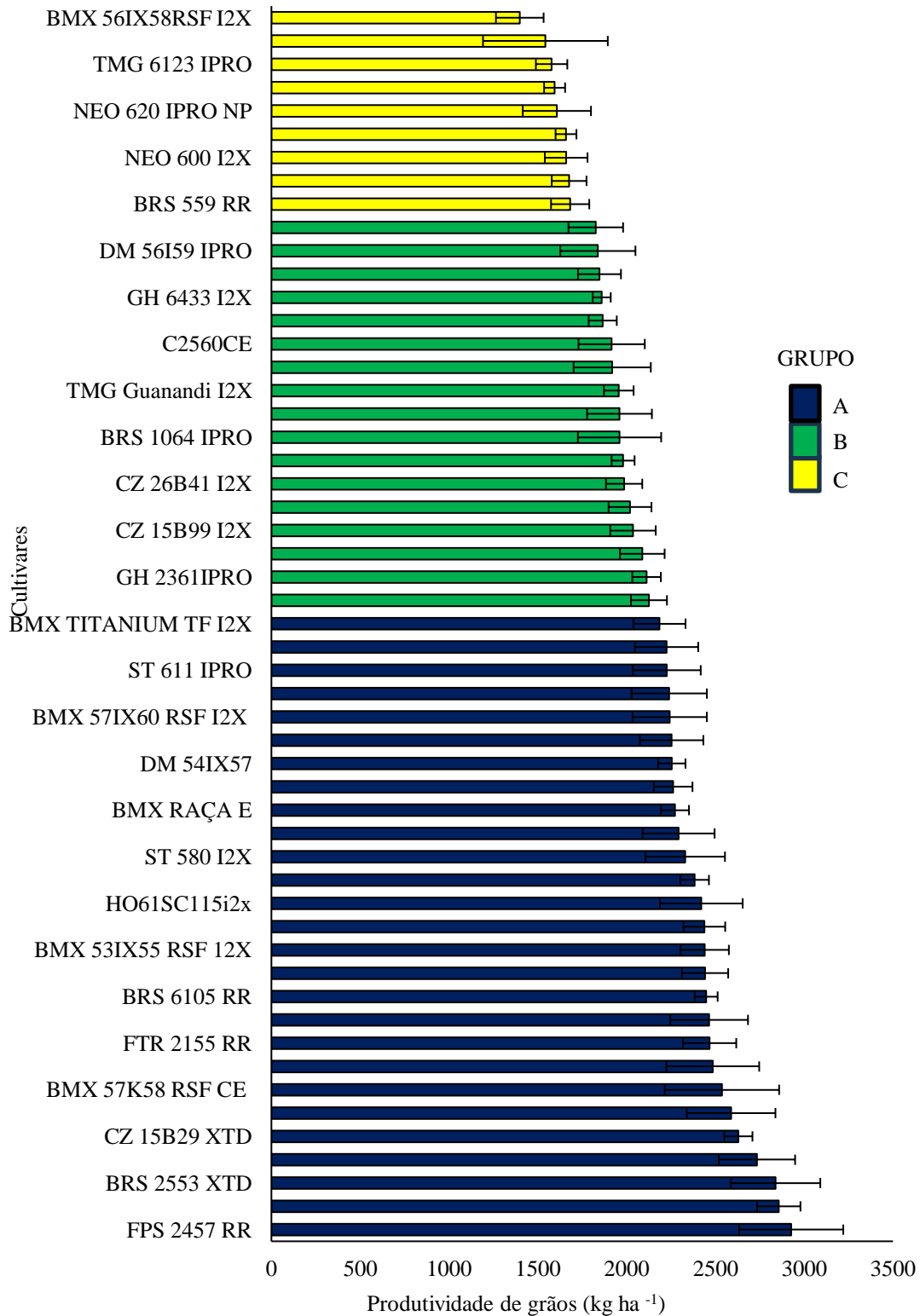
A produtividade de grãos (PG) média do experimento foi de 2.142,3 kg ha⁻¹. Apesar das 54 cultivares avaliadas terem sido submetidas às mesmas condições ambientais adversas, observaram-se diferenças significativas de produtividade entre elas. No grupo A, destacaram-se as cultivares FPS 2457 RR (2.927 kg ha⁻¹), HO 60SC110 I2X (2.857 kg ha⁻¹) e BRS 2553 XTD (2.839 kg ha⁻¹) como as mais produtivas. Em contraste, às variedades com menor produtividade, classificadas no grupo C, cujos rendimentos foram BMX 56IX58RSF I2X (1.398,57 kg ha⁻¹), GH 5933 IPRO (1.542,77 kg ha⁻¹) e TMG 6123 IPRO (1.577,75 kg ha⁻¹) (Figura 3).

Esses resultados foram fortemente influenciados pela atuação e intensidade do fenômeno La Niña safra 2024/25. Este fenômeno é caracterizado por anomalias oceano-atmosfera, relacionadas ao resfriamento das águas do Oceano Pacífico equatorial (Marengo *et al.*, 2016; Molion, 2017). Este fenômeno geralmente provoca um déficit hídrico durante períodos importantes no desenvolvimento da cultura da soja no sul do Brasil, sendo o principal fator de queda da produtividade da cultura (Silva *et al.*, 2020).

Mesmo com um bom estabelecimento da cultura e incidência de chuvas constantes até o período reprodutivo da maioria das cultivares, a partir do período reprodutivo houve uma severa estiagem de aproximadamente 70 dias, prejudicando o desenvolvimento de flores, legumes e grãos impactando na PG dos materiais testados (Figura 2). As diferenças entre a produtividade das cultivares pode ser explicada pelos diferentes grupos de maturação relativa (GMR). Variedades de ciclo curto (GMR entre 5,3 e 5,7), como a FPS 2457 RR e a BRS 2553 XTD, concluíram o período vegetativo antes da intensificação da estiagem, o que permitiu uma maior estruturação e reserva de nutrientes e fotoassimilados. Enquanto que, cultivares de ciclo longo (GMR maior que 6,4), como a TMG Guanandi I2X (GMR 6,6), passaram pelo déficit hídrico durante fases cruciais do desenvolvimento, como o final do período vegetativo e a emissão de flores (Correia *et al.*, 2018).

Nesse contexto de vulnerabilidade, estratégias de manejo, como o escalonamento da semeadura e a seleção de cultivares que apresentem maior adaptabilidade ao estresse hídrico e que possuam diferentes Grupos de Maturação Relativa (GMR), tornam-se indispensáveis para a minimização dos impactos negativos na produção (Gatelli *et al.*, 2022).

Figura 3. Produtividade de grãos, em kg ha⁻¹, para as 54 cultivares de soja avaliadas. As cultivares foram agrupadas estatisticamente quanto ao desempenho: maior produtividade (A), produtividade intermediária (B) e menor produtividade (C). Santa Maria, RS, 2025. As barras de erro representam os desvios padrão. Barras seguidas da mesma cor e mesma letra (a, b, c ou d), em cada coluna, indicam que os tratamentos não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott.

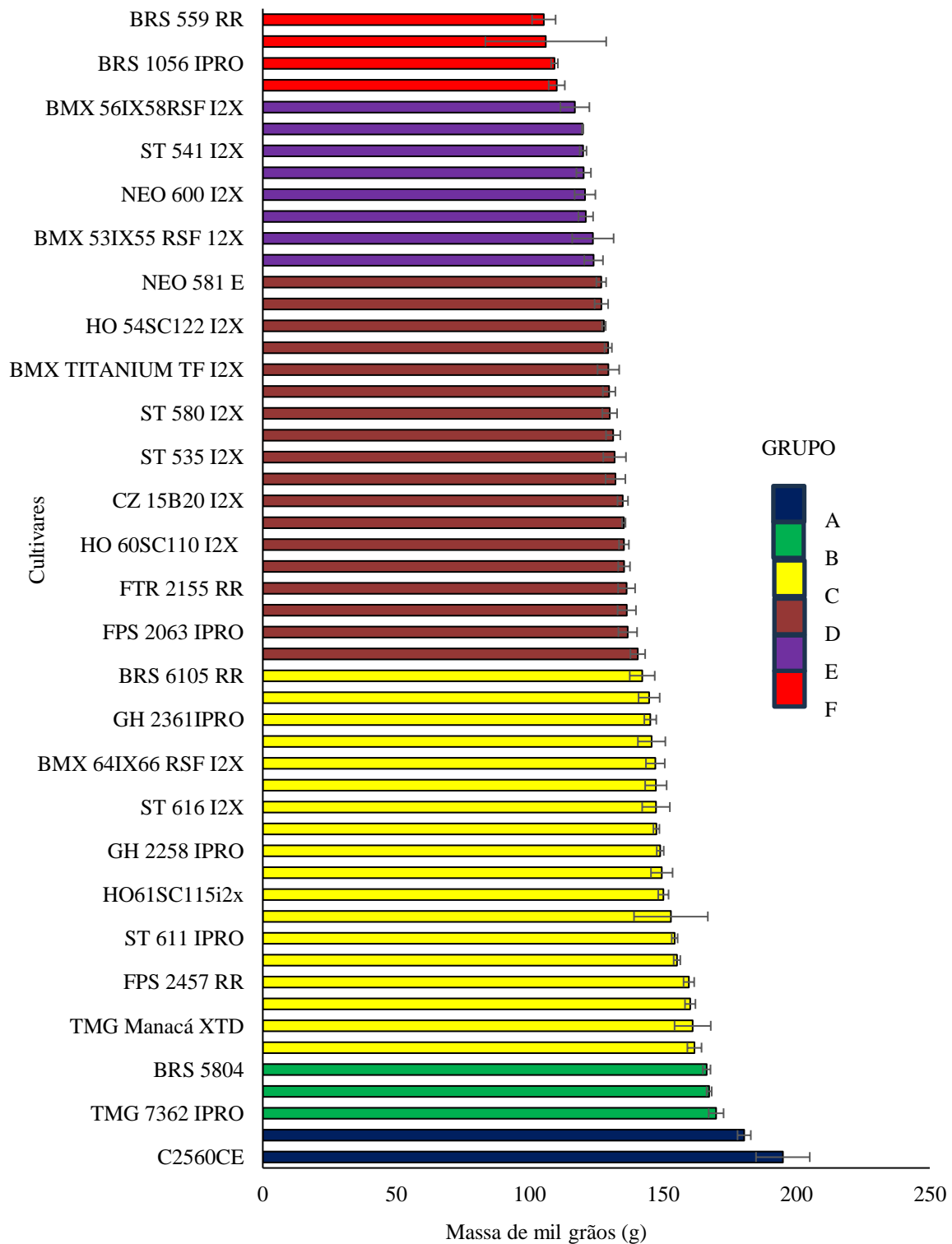


Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Quanto a MMG, observou-se ampla variação entre cultivares, mesmo sob condições padronizadas de adubação e manejo fitossanitário, refletindo diferentes respostas quanto ao potencial genético relacionado ao enchimento de grãos. As cultivares que apresentaram maiores médias de MMG foram a C2560CE e BMX 63I64 RSF IPRO, tais cultivares apresentaram resultados acima de 180g indicando grãos maiores e mais pesados. Em contraponto as cultivares BRS 559 RR, BMX 57IX60 RSF I2X e BRS 1060 IPRO e FPS 2565 IPRO obtiveram valores de MMG abaixo de 130 g enquadrando-se no grupo F com as menores médias. A diferença de massa entre as cultivares com maior (C2560CE; 194,96 g) e menor valor para o parâmetro (BRS 559 RR; 105,33 g) foi de 89,63 g (Figura 4).

A MMG é um componente de rendimento com menor sensibilidade a variações de manejo (densidade e arranjo) e maior dependência genética. Variações observadas na produtividade da soja entre as cultivares são determinadas principalmente por componentes numéricos como vagens e grãos por vagem (Campagnaro *et al.*, 2025). Deste modo, pode ser destacado que a luz interceptada durante e após o início da formação dos grãos, é determinante para parâmetros como produtividade e massa de mil grãos (Muller, 2017). Como apresentado em cultivares que estavam no período vegetativo no momento de maior radiação do ano (meses de dezembro e janeiro) proporcionando a esses materiais uma maior capacidade dos componentes de rendimento e melhor aproveitamento de fotoassimilados.

Figura 4. Massa de mil grãos, em gramas, para as 54 cultivares de soja avaliadas. As cultivares foram agrupadas estatisticamente quanto ao desempenho em A, B, C, D, E e F. Santa Maria, RS, 2025. As barras de erro representam os desvios padrão. Barras seguidas da mesma cor e mesma letra (a, b, c ou d), em cada coluna, indicam que os tratamentos não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores

É perceptível que, cultivares com maior produtividade de grãos, como a FPS 2457 RR (2927,15 kg ha⁻¹) e a BMX 57k58 RSF CE (2537,32 kg ha⁻¹), apresentaram um MMG (160,46 g) que foi mediano ou inferior à média do experimento. Em contrapartida, a C2560CE, detentora do maior MMG (194,96 g), apresentou uma produtividade relativamente baixa (1915,81 kg ha⁻¹) enquadrando-se no grupo B da PG. Tais resultados indicam que o desempenho produtivo é determinado pelo número de legumes por planta, e não apenas pelo peso individual da semente. Assim, a simples obtenção de um MMG elevada não condiz, necessariamente, em uma colheita mais produtiva.

CONCLUSÃO

Os resultados evidenciaram variação significativa na produtividade entre as cultivares, com destaque para FPS 2457 RR e HO 60SC110 I2X, que apresentaram as maiores produtividade de grãos. Em relação à massa de mil grãos, as cultivares C2560CE e BMX 63I64 RSF IPRO apresentaram os maiores valores. A produtividade média foi limitada pelas condições de estiagem, confirmando o impacto do estresse hídrico no rendimento da cultura. Conclui-se que a escolha de cultivares com adequada adaptação fenológica e tolerância ao estresse hídrico é determinante para a estabilidade produtiva em cenários climáticos adversos.

REFERÊNCIAS

AMOANIMAA-DEDE, H. *et al.* Growth regulators promote soybean productivity: a review. *PeerJ*, v. 10, p. e12556, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8900611/>

ARNFIELD, J. Köppen climate classification. *Encyclopedia Britannica*, 2023. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf

CAMPAGNARO, N. *et al.* A produtividade da soja e seu resultado associado às condições ambientais: revisão de literatura. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, v. 23, n. 1, p. 209, 2025. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/8807>

CARNEIRO, A. K. *et al.* Stability analysis of pure lines and a multiline of soybean in different locations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 19, n. 4, p. 395-401, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4a56>

CARVALHO, I. R. *et al.* Methods for estimation of genetic parameters in soybeans: an alternative to adjust residual variability. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 45, p. e56156, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.56156>

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (CQFS). Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2016. Disponível em: https://www.sbcs-nrs.org.br/docs/Manual_de_Calagem_e_Adubacao_para_os_Estados_do_RS_e_de_SC-2016.pdf

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Safra: série histórica de grãos. Portal de Informações Agropecuárias, 2026. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>.

CORREIA, A. R. *et al.* Efeito do estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva da soja sobre o rendimento de grãos. 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1097740>.

DOS SANTOS, H. G. *et al.* Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>

FEHR, W. R. *et al.* Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x>Identificador de Objeto Digital (DOI).

GATELLI, A. E. P. *et al.* Parâmetros fisiológicos da soja sob estresse hídrico. *Revista Cultivar, Pelotas*, set. 2022. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/parametros-fisiologicos-da-soja-sob-estresse-hidrico>

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Tabela de dados das estações. 2025. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A803..>

MARENGO, J. A. *et al.* A seca de 2012–2015 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Revista Climanálise*, v. 3, p. 49-54, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311058940_A_seca_de_2012-15_no_semiarido_do_Nordeste_do_Brasil_no_contexto_historico

MARTIN, T. N. *et al.* Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2022/2023 e 2023/2024. Santa Maria: Editora GR, 2022.

MARTIN, T. N. *et al.* Previsão da produtividade da soja com base no quociente fototérmico. *Australian Journal of Crop Science*, v. 16, n. 2, p. 315-323, 2022.

MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 21, p. 1-4, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/abclima.v21i0.51873>

MÜLLER, M. Arquitetura de plantas de soja: interceptação de radiação solar, deposição de produtos fitossanitários e produtividade. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017. Disponível em: <https://repositorio.upf.br/items/f7993442-8527-40cb-8c0a-15ad2078b374>

OLIVEIRA, Z. B. *et al.* Estimativa e espacialização da produtividade final da soja em anos de La Niña no Rio Grande do Sul. *Ciência e Natura*, v. 46, n. esp. 3, p. e86829, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X86829>

PEREIRA, C. N.; DE CASTRO, C. N. Expansão da produção agrícola, novas tecnologias de produção, aumento de produtividade e o desnível tecnológico no meio rural. *Texto para Discussão*, 2022. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11187>

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/fullrefman.pdf>

SILVA, L. P. *et al.* Estimativa da produtividade de soja usando irrigação na época das chuvas no bioma Cerrado. *Agrometeoros*, v. 28, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31062/agrom.v28.e026702>

SOIL SURVEY STAFF. *Keys to Soil Taxonomy*. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2022. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/keys-to-soil-taxonomy>

WICKHAM, H. Data analysis. In: WICKHAM, H. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Cham: Springer, 2016. p. 189-201.