

Câmpus
Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**MITIGAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS DE SOJA
TRATADAS COM O BIOPROTETOR H2 PROTECTOR**

BRENNER CABALHEIRO DOS SANTOS

**M
E
S
T
R
A
D
O**

**Ipameri-GO
2022**

BRENNER CABALHEIRO DOS SANTOS

**MITIGAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS DE SOJA
TRATADAS COM O BIOPROTETOR H2 PROTECTOR**

Orientador: Prof. Dr. Fábio Santos Matos

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri-GO
2022



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “MITIGAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS DE SOJA TRATADAS COM O BIOPROTETOR H2 PROTECTOR”

AUTOR(A): Brenner Cabalheiro dos Santos

ORIENTADOR(A): Fábio Santos Matos

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Josie Cloviane de Oliveira Freitas

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri-GO

Fábio Santos Matos

Prof. Dr. Fábio Santos Matos (Orientador)

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri-GO

Larissa Pacheco Borges

Prof.^a Dr.^a Larissa Pacheco Borges

Pós Doutoranda do Mestrado em Produção Vegetal

Registro de Declaração

Número: 170

Livro: R-01 Folhas: 03A

Data: 13/06/2022

[Assinatura]

Data da realização: 13 de junho de 2022



Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CSA23 Cabalheiro dos Santos, Brenner
7m MITIGAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS DE SOJA
TRATADAS COM O BIOPROTETOR H2 PROTECTOR / Brenner
Cabalheiro dos Santos; orientador Fabio Santos Matos.
-- Ipameri, 2022.
27 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de
Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2022.

1. Fisiologia Vegetal. 2. Déficit Hídrico. 3.
Bioprotetor. I. Santos Matos, Fabio, orient. II.
Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ser o autor e consumidor de minha vida, pois sem ele eu nada seria e nada conseguiria. É Deus que me sustenta e fortalece nos dias mais difíceis e ilumina meu caminho.

A todos os meus familiares que sempre me incentivaram com palavras de apoio em especial minha mãe Cleniomar Cabalheiro dos Santos, meu pai Francisco Chagas dos Santos e minhas irmãs que amo muito Luana Cristina Cabalheiro dos Santos e Caroliny Cabalheiro dos Santos, por estarem sempre comigo em todos os momentos. Aos meus queridos amigos Ana Luiza, Patrícia e Quirlene que passaram grande parte dessa jornada ao meu lado, lutando, sorrindo, chorando e perseverando sempre. Estas são pessoas que aprendi a amar e levarei nossa amizade por toda minha vida. Essa conquista é nossa!

A todos os professores que de alguma forma me agregaram algum conhecimento. Ao meu orientador, professor Fábio Santos Matos, que contribuiu grandiosamente com seus conhecimentos, me conduzindo ao melhor caminho para a execução desse projeto e em especial a Larissa Pacheco Borges, uma pessoa que me ajudou muito, contribuindo com todo seu conhecimento e paciência durante essa jornada; e aos componentes da minha banca por contribuir na avaliação desse trabalho da melhor maneira possível.

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| RESUMO | vii |
| ABSTRACT | viii |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 7 |
| 2. OBJETIVO | 10 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 11 |
| 3.1. Informações gerais | 11 |
| 3.2. Desenho experimental e condução do experimento..... | 11 |
| 3.3. Avaliações realizadas | 12 |
| 3.3.1. Variáveis morfológicas | 12 |
| 3.3.2. Componentes de rendimento..... | 13 |
| 3.4. Procedimentos estatísticos | 13 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 14 |
| 5. CONCLUSÕES | 21 |
| 6. REFERÊNCIAS | 22 |

RESUMO

Os esforços de pesquisas estão em andamento para encontrar as abordagens adequadas para integrar as estratégias de tolerância ao déficit hídrico em plantas, o que eventualmente as ajudariam a suprimir os efeitos negativos causados pela falta de água. Desta forma, o uso de produtos bioestimulantes e/ou bioprotetores podem representar uma importante ferramenta na mitigação do déficit hídrico e incremento da produtividade da cultura da soja. Partindo deste pressuposto, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de identificar o efeito do bioprotetor H2 Protector na mitigação do déficit hídrico em plantas de soja. Para tal investigação, foi conduzido um experimento entre os meses de novembro de 2021 a janeiro de 2022 em casa de vegetação, localizada na Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 com três repetições, no qual o primeiro fator é referente a presença ou ausência do produto comercial H2 Protector e o segundo fator refere-se aos níveis de água aplicado às plantas (25%, 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração diária). Aos 60 e 90 dias após a emergência, foram analisadas as variáveis morfológicas e componentes agronômicos da cultura. O produto H2 Protector apresentou interação significativa para as variáveis altura de planta, número de folhas e taxa de transpiração, em relação ao déficit hídrico. Apesar do bioprotetor H2 Protector não ter mitigado o déficit hídrico em plantas de soja sob estresse severo em vaso, o produto apresenta potencial de uso em campo. Ficou evidente a susceptibilidade da soja ao déficit hídrico, principalmente o desenvolvimento da planta e os aspectos produtivos da cultura, que foram afetados consideravelmente pelos regimes hídricos.

Palavras-chave: Estresse hídrico; Fertilizante; *Glycine max*; Desenvolvimento.

ABSTRACT

Research efforts are underway to find suitable approaches to integrate water deficit tolerance strategies in plants, which would eventually help them to suppress the negative effects caused by water shortages. In this way, the use of biostimulant and/or bioprotective products can represent an important tool in mitigating the water deficit and increasing the productivity of the soybean crop. Based on this assumption, the present study was carried out with the objective of identifying the effect of the bioprotector H2 Protector in the mitigation of water deficit in soybean plants. For this investigation, an experiment was conducted between November 2021 and January 2022 in a greenhouse, located at the State University of Goiás, Ipameri unit. A completely randomized design was used in a 2 x 5 factorial scheme with three replications, in which the first factor refers to the presence or absence of the commercial product H2 Protector and the second factor refers to the water levels applied to the plants (25%, 50%, 75%, 100% and 125% of the daily evapotranspiration). At 60 and 90 days after emergence, the morphological variables and agronomic components of the crop were analyzed. The product H2 Protector showed significant interaction only for the variables plant height and transpiration rate, in relation to water deficit. The application of the fertilizer H2 Protector, in its entirety, did not attenuate the damage caused by the water deficit. However, the application of H2 Protector may favor the vegetative stage of soybean. Soybean susceptibility to water deficit was evident, mainly plant development and crop production aspects, which were considerably affected by water regimes.

Keywords: Hydrical stress; Fertilizer; *Glycine max*; Development.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma cultura oleaginosa de grande importância econômica mundial, cuja produção de grãos em 2021/22, segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos foi de aproximadamente 391,40 milhões de toneladas em todo o mundo. Os principais países produtores, ainda segundo a organização supramencionada, foram: Brasil, Estados Unidos e Argentina, que representam aproximadamente 35, 33 e 11 % da produção mundial de grãos de soja, respectivamente (USDA, 2022).

No Brasil a área cultivada com essa cultura na safra de 2021/22 foi de 39.530 mil ha com uma produção de 145.914 mil toneladas de grãos de soja, resultando em uma produtividade média de 3527 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022). Do total de grãos produzidos no território nacional, cerca de 98% são transformados em farelo de soja e destinados para o consumo de aves, bovinos e suínos, sendo apenas 2% destinado ao consumo humano na forma de alimentos como tofu, hambúrguer e leite de soja (GOLDSMITH, 2008).

Além de ser classificada entre as leguminosas comerciais a mais importante do mundo, o grão de soja pode fornecer substancialmente óleos, micronutrientes, minerais e proteínas vegetais adequados para alimentação animal e consumo humano (MALAVOLTA, 2008). Ademais, a soja é matéria prima para uso industrial, como biodiesel, plásticos, lubrificantes e fluidos hidráulicos (DALL'AGNOL, 2004).

Diante da importância econômica e versatilidade do grão de soja, estudos têm emergido na busca de aumentar e/ou potencializar a produtividade média da cultura em diferentes regiões dos trópicos. Isso porque a cultura da soja é frequentemente exposta a adversidades climáticas nas principais regiões produtoras do mundo, principalmente o estresse hídrico (TEIXEIRA et al., 2020). Este por sua vez, é causado pela escassez de chuvas a longo prazo e falta de água para irrigação, levando à redução do suprimento de água para a camada de preparo do solo por um longo período e, conseqüentemente, a um déficit hídrico efetivo para absorção e utilização das culturas (ELIAS et al., 2019).

No Brasil, por exemplo, durante a safra 2018/2019, o Paraná, considerado o segundo maior estado produtor de soja do Brasil, sofreu intensamente com a baixa disponibilidade hídrica. Isso causou uma redução de produtividade média de 534 kg ha⁻¹, resultando em aproximadamente 15% da perda total de produção neste estado (PROCEDI, 2020). Além disso, os veranicos são comuns na área do Cerrado brasileiro, onde está localizada a maior parte da produção de soja no Brasil (ALBUQUERQUE e SILVA, 2008; TEIXEIRA et al., 2020).

Os veranicos ocorrem durante o verão chuvoso, sendo algumas vezes mais prolongados, como ocorreu na safra 2018/2019. Às vezes os veranicos coincidem com a floração e o enchimento de grãos da cultura, fases da soja que são muito sensíveis ao déficit hídrico (TEIXEIRA et al., 2021). Tais problemas causaram a queda de produção de 2,9 milhões de toneladas na safra 2018/2019, em relação à safra 2017/2018, mesmo com um aumento de 2,1% na área cultivada (TEIXEIRA et al., 2020; ALVES et al., 2021).

Nas condições de déficit hídrico, a absorção de água pelas raízes é dificultada, o que, aliado a uma demanda evaporativa excessiva, interfere na atividade fisiológica normal (WANG et al., 2022). Além disso, o estresse hídrico pode reduzir a taxa de germinação das sementes, danificar os órgãos fotossintéticos e reduzir a altura da planta, o número de vagens e a produtividade (COSTA et al., 2004; HU e WIATRAK, 2012). Estudos reportam diversos efeitos do déficit hídrico no crescimento e rendimento da soja (BARBOSA et al., 2020; MACHADO et al., 2020; MEDERSKI, 2019). Como exemplo, Rosolem (2005) relatou que a demanda hídrica da soja é maior no início do florescimento, mas um déficit hídrico desde o início do desenvolvimento da vagem (R3) até 50% da maturação da planta (R7) é o estágio mais crítico para a produtividade.

Deste modo, regimes irregulares de chuvas tem um efeito tremendo no crescimento e desenvolvimento da soja, afetando negativamente a expansão projetada da produção agrícola. Nos últimos anos, esta irregularidade das chuvas tem ocorrido cada vez mais comumente como resultado do aquecimento global e das mudanças climáticas (INKLMAN, 2019). Assim, é necessário adotar estratégias nos campos de produção de soja, a fim de minimizar os efeitos recorrentes do déficit hídrico (BATTISTI et al., 2018).

Essas estratégias passam por dois conceitos principais. A primeira é aumentar a capacidade de retenção de água do solo, o que poderia ser alcançado com o aumento do teor de matéria orgânica do solo e a manutenção do solo coberto com uma cobertura de palha. A segunda busca é maximizar a capacidade das plantas de desenvolver estratégias fisiológicas afim de se tornarem mais tolerantes aos estresses abióticos, estimulando metabolismos importantes para minimizar o efeito do estresse hídrico, principalmente o metabolismo antioxidante (TEIXEIRA et al., 2020).

Os esforços estão em andamento para encontrar as abordagens adequadas para integrar as estratégias de tolerância ao déficit hídrico em plantas, que eventualmente ajudariam a suprimir os efeitos tóxicos causados pela falta de água (MUNNS, 2011). Reguladores de crescimento, incluindo hormônios, têm sido usados em plantas e parecem ser uma técnica promissora para reduzir os efeitos deletérios do déficit hídrico e aumentar a produtividade das plantas (TEIXEIRA et al., 2020). Portanto, o desenvolvimento de novas pesquisas testando

produtos potenciais na estimulação da tolerância ao déficit hídrico pela cultura da soja se faz necessário e torna-se prioridade na pesquisa científica.

São inúmeras as empresas privadas que registram anualmente os biostimulantes, indutores de resistência ou bioprotetor que são conhecidos por ocasionarem modificações morfofisiológicas nos vegetais e geralmente são constituídos por reguladores vegetais, nutrientes minerais, aminoácidos, algas e outros. A ação nos vegetais costuma ser benéfica por estimular o metabolismo fotossintético e a partição de assimilados para produção de grãos. Os bioestimulantes aplicados isoladamente ou combinados são capazes de promoverem incrementos positivos no crescimento da parte aérea e sistema radicular de plantas de soja (SANTOS et al., 2017). No entanto, a depender da composição do composto, os incrementos no desenvolvimento podem não ocorrer. Segundo Hermes et al. (2015), a aplicação de bioestimulante não modificou o comprimento de raiz de plantas de soja conforme hipotetizou o trabalho.

A inexistência de recomendação de manejo de espécies agrícolas com o uso de inúmeros bioestimulantes, bioprotetores ou indutores de resistência, recentemente lançados no mercado para plantas de soja, estimula as pesquisas ao desenvolvimento de técnicas inovadoras de condução de cultivos agrícolas. Desta forma, o uso destes compostos pode representar importante ferramenta para incremento da produtividade da cultura da soja a fim de atender às tendências e perspectivas de crescente aumento na demanda mundial pelo grão.

2. OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo identificar o efeito do bioprotetor H2 Protector na mitigação do déficit hídrico em plantas de soja.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Informações gerais

O trabalho foi conduzido entre os meses de novembro de 2021 a janeiro de 2022 em casa de vegetação com interceptação de 50% da radiação solar, localizada na Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri (Lat. 17° 42' 59,12 S, Long. 48°08'40,49''W, Alt. 773 m), Ipameri, GO. Essa região possui clima tropical com inverno seco e verão úmido (Aw) de acordo com a classificação de Köppen e temperatura média de 20 °C (ALVARES et al., 2013).

Inicialmente ocorreu a semeadura da cultivar de soja NEO 680 IPRO Intacta RR2 PRO Neogen com três sementes por vaso. Trata-se de um material super precoce, lançado na safra 2019/2020 e de hábito de crescimento indeterminado com ciclo médio de 102 dias. Essa cultivar tem porte médio e baixa ramificação, possui peso de mil grãos médio de 163g, registra resistência ao acamamento e às doenças de Cancro da Haste e de Pústula Bacteriana.

Os vasos (parcelas experimentais) foram preenchidos com 15 kg de substrato composto por solo Latossolo Vermelho Amarelo, areia e esterco na proporção de 3:1:1, respectivamente. A análise química da mistura revelou os seguintes valores: pH (CaCl₂) 5.4; 16 g dm⁻³ de matéria orgânica; 68 mg dm⁻³ de P; 6.81 mmolc dm⁻³ de K (Mehlich⁻¹); 22 mmolc dm⁻³ (Tampão SMP) de H + Al; 31 mmolc dm⁻³ de Ca; 15 mmolc dm⁻³ de Mg; 53 mmolc dm⁻³ de SB; 75 mmolc dm⁻³ de CTC; e 71% de saturação por bases. Após a análise do solo, realizou-se a adubação de acordo com recomendações técnicas para a cultura (PROCHNOW et al., 2010). As sementes foram submetidas ao tratamento industrial com Standak top, polímero e pó secante. A inoculação das sementes foi realizada com inoculante a base de *Bradyrhizobium japonicum*, antes da semeadura. Aos quinze dias após a emergência (DAE) das plantas, foi realizado o desbaste deixando uma planta por vaso.

3.2. Desenho experimental e condução do experimento

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado arranjado em esquema fatorial 2 x 5 com três repetições, no qual o primeiro fator é referente a presença ou ausência do produto comercial H2 Protector e o segundo fator refere-se aos níveis de água aplicado às plantas. Os volumes de água aplicados foram 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração diária. As mudas foram irrigadas diariamente com volume de água correspondente a 100% da evapotranspiração diária até o estágio R_{5,4} e a partir de R_{5,5} iniciou-se os tratamentos de déficit hídrico. Como o coeficiente da cultura (kc) ainda não foi determinado para a região de Ipameri,

GO, utilizou-se o k_c igual a 1,00 seguindo estimativa da FAO 56 (ALLEN et al., 1998) para um grupo de culturas em estágio de crescimento inicial.

O volume de água fornecido foi estimado determinando a evapotranspiração de referência e o coeficiente da cultura conforme equação:

$$ET_c = ET_o \times k_c$$

Onde: ET_c = evapotranspiração da cultura; k_c = coeficiente da cultura; ET_o = Evapotranspiração de referência.

O cálculo da ET_o diária foi feito pelo método de Penman-Monteith recomendado pela FAO (SMITH et al., 1991) utilizando os dados diários de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento obtidos na Estação Meteorológica do INMET localizado no município de Ipameri, GO.

O produto comercial H2 Protector, é registrado como fertilizante e contém, segundo fabricante, complexos salicílicos que induz a produção de fitoalexina. Quanto as garantias do produto, possui em sua composição 2% de enxofre, 4% de cobre, 0,2% de zinco, 1% de manganês e íons do ácido 5-sulfossalicílico 0,002%, etileno diamino tetra acético 0,020% e sal do salicialdeído 0,002%. O produto foi aplicado na concentração de 300 mL ha⁻¹ em volume de calda de 150 L ha⁻¹ com adição de 100 mL de óleo mineral H2 citrus. O H2 Protector foi aplicado em dois momentos, nos estádios da soja V₄ e R₂.

3.3. Avaliações realizadas

Aos 60 e 90 dias após a emergência - DAE (39 e 78 dias após a primeira e segunda aplicação do H2 Protector, respectivamente), foram analisadas as variáveis morfológicas (60 DAE) e componentes agrônômicos (90 DAE), conforme descritos a seguir:

3.3.1. Variáveis morfológicas

As análises morfológicas foram realizadas no estágio R₅ de desenvolvimento da soja, sendo avaliadas 1 planta por parcela. Determinou-se o comprimento de raiz (CR) e a altura da planta (AP), a partir da mensuração da região de transição da raiz com o caule, na base da planta rente ao solo (colete), até o ápice das extremidades da planta do sistema radicular e parte aérea, com auxílio de régua graduada. O número de folhas (NF) foi obtido por contagem de todas as folhas viáveis presentes na planta e área foliar (AE) foi determinado com auxílio de um medidor de área foliar portátil.

Foi determinado o teor de clorofilas (SPAD), cujas leituras indiretas foram realizadas com o aparelho SPAD-502. As determinações do índice SPAD foram feitas no período da manhã (8:00-10:00h), sombreando o aparelho com o corpo para evitar interferência da luz solar.

As leituras foram realizadas no 3º trifólio do terço médio da planta, sendo realizada três leituras por trifólio de cada folha trifoliolada. Trifólios do terço médio foram amostrados e acondicionados em sacos de papel, devidamente identificados conforme os tratamentos, e foram submetidos à secagem em estufa de circulação forçada a 60 °C por 72 horas, para determinação da massa seca foliar (MSF).

A taxa de transpiração diária total (TRANS) da planta foi mensurada pela diferença de peso dos vasos. Inicialmente, cada vaso foi inserido dentro de um saco plástico fixado com borracha no caule da planta, ficando apenas a parte aérea (folhas e caule) externa ao saco, em seguida, o conjunto vaso com planta e saco plástico foram pesados às 18:00 h (massa 01), e 24 horas depois novamente pesados (massa 02). A transpiração total foi estimada pela diferença entre a massa 01 e massa 02.

Para obtenção do teor relativo de água (TRA) foram retirados cinco discos foliares de 1,2 cm de diâmetro em folhas totalmente expandidas, pesados e colocados para saturar por quatro horas em placas de petri com água destilada. Em seguida, os discos foram novamente pesados e colocados para secar à temperatura de 70 °C por 72 horas, sendo posteriormente obtido o peso seco em gramas.

3.3.2. Componentes de rendimento

Quando as plantas atingiram o estágio R₉ de maturação, foram colhidas todas as parcelas experimentais para determinação do número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de grãos por planta (MGP) e massa de mil grãos (MMG).

3.4. Procedimentos estatísticos

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F (1 e 5% de probabilidade) utilizando o software estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2011). Foram verificados os valores de p (p-valor menor ou igual a 5%), para constatar efeitos significativos na interação entre os fatores estudados e/ou significância para os fatores isolados. Nos casos significativos, procedeu-se o teste de Tukey para o primeiro fator estudado (aplicação do produto comercial H2 Protector) e quanto ao fator quantitativo (níveis de água aplicado às plantas), procedeu-se a análise de regressão testando-se os modelos linear e quadrático. As plotagens dos gráficos foram realizadas com auxílio do software SigmaPlot® 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do H2 Protector associado aos volumes de água da evapotranspiração diária (EVA), interferiram significativamente na altura de planta (AP) e na taxa de transpiração (TRANS) das plantas de soja (Tabela 1 e 2).

As demais variáveis, como comprimento de raiz (CR), número de folhas (NF), teor de clorofilas (SPAD), teor relativo de água (TRA), número de grãos por planta (NGP), massa de grãos por planta (MGP) e massa de mil grãos (MMG), foram influenciadas significativamente pelos volumes de água da EVA independentes da presença ou não do H2 Protector (Tabela 1, 2 e 3). Também de forma isolada, apenas o NF apresentou diferença estatística significativa em relação à aplicação do produto comercial H2 Protector (Tabela 1).

Dentre as variáveis com resultados significativos em relação aos volumes de água da EVA, o comprimento de raiz, o número de folhas, o teor de clorofilas, a taxa de transpiração, o teor relativo de água, o número de grãos por planta, a massa de grãos por planta e a massa de mil grãos foram superiores no tratamento controle (100% da EVA) em relação ao tratamento com déficit hídrico (25% da EVA), com uma diferença de aproximadamente 16%, 55%, 26%, 90%, 38%, 19%, 58% e 47%, respectivamente. Para o número de folhas, única variável influenciada significativamente pelo fertilizante H2 Protector, houve uma diferença na ordem de 24% entre os tratamentos com e sem H2 Protector, com um maior valor médio no NF no tratamento com H2 Protector (61,47) em relação ao sem H2 (49,67).

O referido fertilizante influenciou significativamente, de forma isolada, apenas o número de folhas da soja, o que pode estar relacionado com a composição do produto, o qual possui enxofre, cobre, zinco e manganês. Tais nutrientes desempenham papéis fundamentais para a cultura da soja, como funções estruturais, funcionais, e funções de regulação enzimática e celular (BAGALE, 2021). O enxofre, por exemplo, é um dos macronutrientes mais importantes para aumentar o crescimento da cultura em questão. Já o cobre, zinco e manganês, são micronutrientes envolvidos no desenvolvimento da cultura, na composição de proteínas e no processo de oxidação-redução, respectivamente (BAGALE, 2021; ENDERSON et al., 2015; MOUSAVI et al., 2011). Deste modo, fica evidente o efeito benéfico deste produto no desenvolvimento das folhas de soja, o que, conseqüentemente, potencializa o aparato fotossintético da cultura.

Tabela 1. Resumo da análise de variância, análise de regressão e teste de médias para as variáveis comprimento de raiz (CR), altura de planta (AP), número de folhas (NF) e área foliar (AF), de plantas de soja em função dos volumes de água da evapotranspiração diária e aplicação do bioprotetor H2 Protector.

| Fonte de Variação | Quadrados Médios | | | | |
|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------|----------------------|
| | GL | CR | AP | NF | AF |
| Volume de água (A) | 4 | 37,450* | 6,6167 ^{ns} | 1324,1** | 279,99 ^{ns} |
| H2 Protector (B) | 1 | 10,800 ^{ns} | 3,3333 ^{ns} | 1044,3** | 8,9217 ^{ns} |
| Interação A x B | 4 | 17,050 ^{ns} | 40,917* | 248,05* | 170,23 ^{ns} |
| Resíduo | 20 | 9,2000 | 13,767 | 96,633 | 434,54 |
| CV (%) | - | 18,72 | 5,64 | 17,69 | 31,91 |
| Componentes do modelo | | P-valor | | | |
| Linear | 1 | 4,07* | 0,78 ^{ns} | 32,64** | 0,21 ^{ns} |
| Quadrático | 1 | 1,17 ^{ns} | 5,04* | 17,32** | 0,01 ^{ns} |
| Volume de água | | Médias | | | |
| Controle | | 17,83 a | 64,67 a | 64,17 a | 65,89 a |
| Déficit hídrico | | 15,00 b | 65,83 a | 29,17 b | 66,98 a |
| H2 Protector | | Médias | | | |
| Com | | 16,80 a | 66,13 a | 61,47 a | 64,78 a |
| Sem | | 15,60 a | 65,47 a | 49,67 b | 65,87 a |

GL = Grau de liberdade. CV = coeficiente de variação. *significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, análise de regressão e teste de médias para as variáveis teor de clorofilas (SPAD), massa seca foliar (MSF), taxa de transpiração (TRANS) e teor relativo de água (TRA), de plantas de soja em função dos volumes de água da evapotranspiração diária e aplicação do bioprotetor H2 Protector.

| Fonte de Variação | Quadrados Médios | | | | |
|-----------------------|------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | GL | SPAD | MSF | TRANS | TRA |
| Volume de água (A) | 4 | 116,44** | 0,0099 ^{ns} | 395494,2** | 976,96* |
| H2 Protector (B) | 1 | 5,4613 ^{ns} | 0,0120 ^{ns} | 26,1333 ^{ns} | 86,896 ^{ns} |
| Interação A x B | 4 | 1,8422 ^{ns} | 0,0032 ^{ns} | 20329,8* | 50,178 ^{ns} |
| Resíduo | 20 | 24,627 | 0,0058 | 2715,46 | 95,626 |
| CV (%) | - | 15,20 | 30,25 | 13,49 | 14,85 |
| Componentes do modelo | | P-valor | | | |
| Linear | 1 | 15,66** | 0,01 ^{ns} | 193,86** | 18,54** |
| Quadrático | 1 | 1,54 ^{ns} | 2,00 ^{ns} | 1,23 ^{ns} | 17,50** |
| Volume de água | | Médias | | | |
| Controle | | 34,18 a | 0,2833 a | 526,33 a | 70,30 a |
| Déficit hídrico | | 25,40 b | 0,2967 a | 52,00 b | 43,25 b |
| H2 Protector | | Médias | | | |
| Com | | 33,08 a | 0,2727 a | 385,20 a | 64,14 a |
| Sem | | 32,23 a | 0,2327 a | 387,07 a | 67,55 a |

GL = Grau de liberdade. CV = coeficiente de variação. *significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 3. Resumo da análise de variância, análise de regressão e teste de médias para as variáveis número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de grãos por planta (MGP) e massa de mil grãos (MMG), de plantas de soja em função dos volumes de água da evapotranspiração diária e aplicação do bioprotetor H2 Protector.

| Fonte de Variação | Quadrados Médios | | | | |
|-----------------------|------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | GL | NVP | NGP | MGP | MMG |
| Volume de água (A) | 4 | 170,88 ^{ns} | 16977,2 ^{**} | 1487,1 ^{**} | 5874,9 ^{**} |
| H2 Protector (B) | 1 | 800,83 ^{ns} | 3898,8 ^{ns} | 142,61 ^{ns} | 6,3497 ^{ns} |
| Interação A x B | 4 | 604,75 ^{ns} | 2138,8 ^{ns} | 58,613 ^{ns} | 459,80 ^{ns} |
| Resíduo | 20 | 582,70 | 2962,1 | 76,251 | 427,33 |
| CV (%) | - | 14,49 | 17,15 | 21,29 | 16,31 |
| Componentes do modelo | P-valor | | | | |
| Linear | 1 | 0,44 ^{ns} | 20,74 ^{**} | 77,94 ^{**} | 49,35 ^{**} |
| Quadrático | 1 | 0,08 ^{ns} | 1,35 ^{ns} | 0,00 ^{ns} | 4,11 ^{ns} |
| Volume de água | Médias | | | | |
| Controle | | 174,17 a | 326,33 a | 51,14 a | 157,76 a |
| Déficit hídrico | | 165,33 a | 263,83 b | 21,49 b | 82,92 b |
| H2 Protector | Médias | | | | |
| Com | | 171,73 a | 328,67 a | 43,18 a | 127,18 a |
| Sem | | 161,40 a | 305,87 a | 38,82 a | 126,26 a |

GL = Grau de liberdade. CV = coeficiente de variação. *significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

A altura de planta (AP) foi influenciada linearmente em função dos volumes de água (Figura 1A) e o número de folhas (NF), principal órgão fotossintético, se ajustou à regressão polinomial quadrática, com o maior número de folhas obtido na presença do H2 Protector com volume de água de 97% da evapotranspiração diária, cujo valor máximo para a referida variável foi de 69 folhas planta⁻¹. Já na ausência do H2 Protector, o NF máximo obtido no presente estudo foi no volume de água de 101% da evapotranspiração diária, resultando em 64,95 folhas planta⁻¹ (Figura 1B).

A análise de regressão para o comprimento de raiz (CR), que se ajustou linearmente em relação aos volumes de água da evapotranspiração diária, apresentou um aumento médio de 0,040 cm na variável observada para cada unidade incrementada do volume de água (%). Houve uma diferença de 2,83 cm no CR da soja quando comparado os dois extremos do volume de água (25 e 125% da EVA) (Figura 1C). Quanto a taxa de transpiração das plantas, note uma tendência linear de aumento da perda d'água à medida que se elevou os volumes de água (Figura 1D). O mesmo resultado pode ser observado para teor relativo de água (TRA), onde o maior volume de água da EVA possibilitou o maior TRA das plantas de soja (Figura 1E).

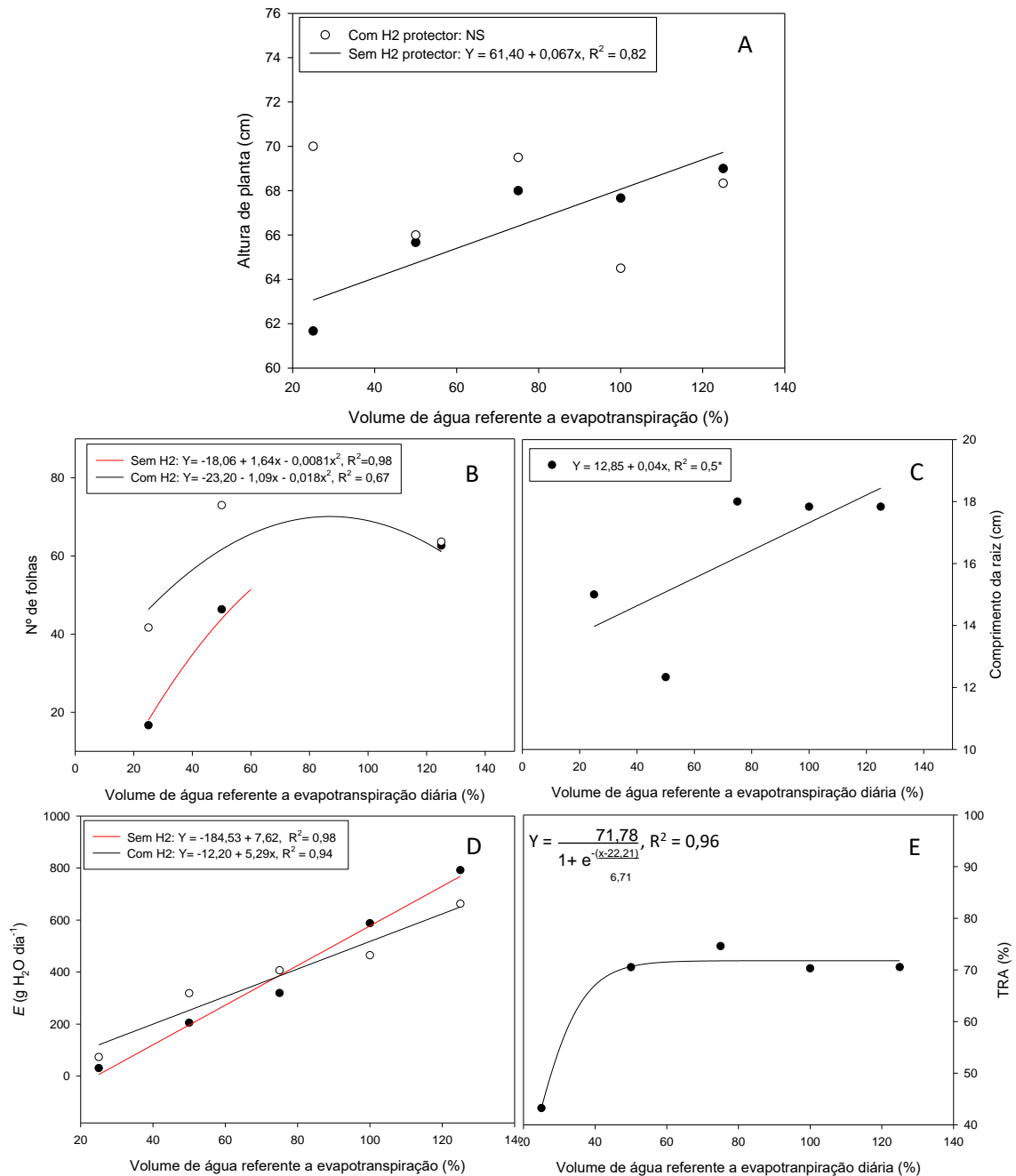


Figura 1. Regressão para altura de planta (A), número de folhas (B), comprimento de raiz (C), taxa de transpiração (D) e teor relativo de água (E) de plantas de soja em função dos diferentes volumes de água da evapotranspiração diária.

As demais variáveis foram influenciadas significativamente pelos volumes de água aplicado, no qual o menor volume de água (25% da EVA) impactou negativamente a massa de grãos por planta (MGP), número de grãos por planta (NGP), teor relativo de clorofila (SPAD) e massa de mil grãos (MMG). Conforme se elevou os volumes de água aplicado, até 100% da EVA, houve um aumento de 29,25 g na MGP, 96 grãos planta⁻¹, 117,92 no teor relativo de clorofila e 56,25 g na MMG (Figura 2).

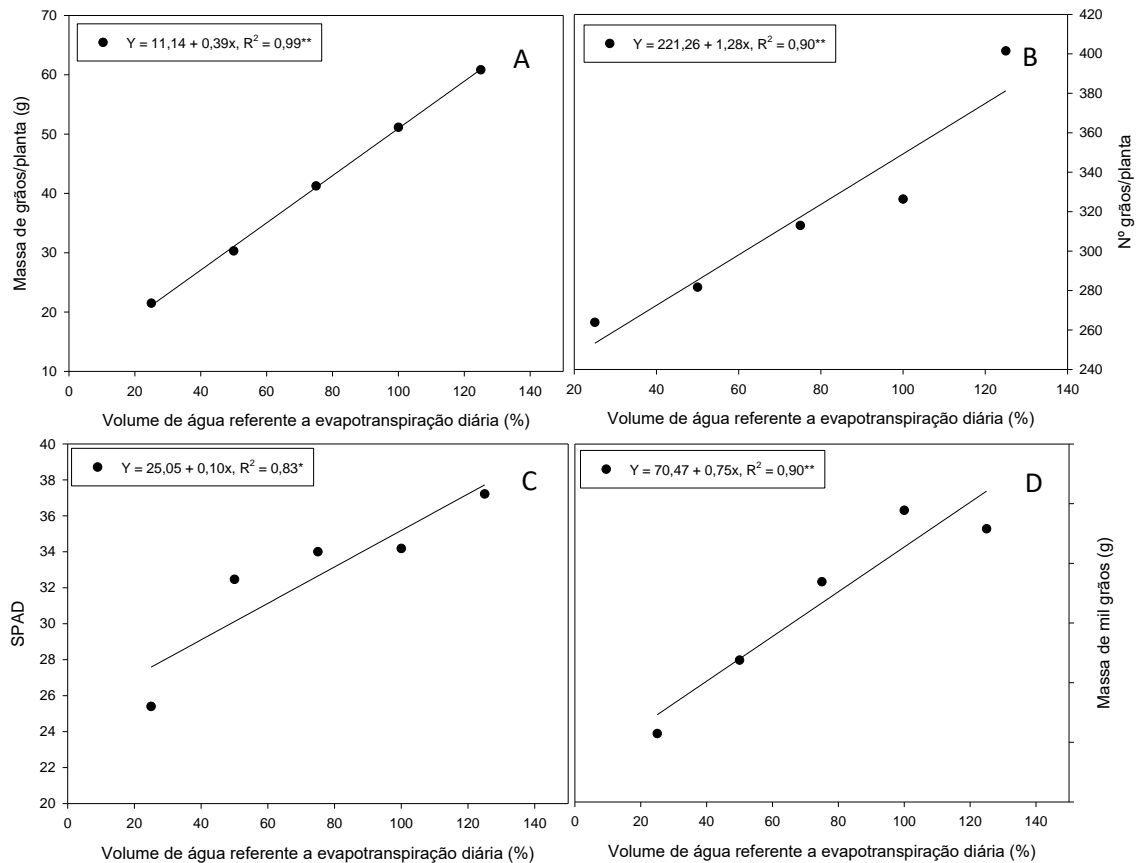


Figura 2. Regressão para massa de grãos por planta (A), número de grãos por planta (B), SPAD (C) e massa de mil grãos (D) de plantas de soja em função dos diferentes volumes de água da evapotranspiração diária.

O produto H2 Protector não apresentou interação significativa em relação ao déficit hídrico na maioria das variáveis analisadas, contrariando parte do pressuposto na condução deste estudo. A relação do bioestimulante H2 Protector com o déficit hídrico ficou evidente na altura de plantas, número de folhas e na taxa de transpiração. Estes resultados indicam que mesmo na condição de experimento em vaso com déficit hídrico severo o bioprotetor exerceu de alguma forma efeito positivo por permitir a planta transpirar menos, economizar água e custear a iniciação foliar, sugere-se que a nível de campo ocorra efeitos positivos do H2 protector em função do déficit hídrico ser menos severo pelo fato do sistema radicular encontrar umidade a maiores profundidades. Ademais, os regimes hídricos impostos no presente estudo interferiram significativamente no desenvolvimento da soja e nos componentes agrônômicos da cultura. As condições de seca, que induzem estresse hídrico, podem afetar principalmente as trocas gasosas, porque a falta de água movendo-se pela planta faz com que as células guardiãs percam o turgor e fechem os estômatos (BULEGON et al., 2019).

A análise de variáveis canônicas ordenou a inter-relação entre as variáveis e os volumes de água com e sem aplicação do bioprotetor H2 Protector. A variância acumulada nas duas

variáveis canônicas representa 89,9% das variações dos dados (Figura 3). A transpiração está relacionada diretamente com a massa de mil grãos, pois, à medida que a planta transpira mais, há um maior fluxo de CO₂ para dentro das células e, conseqüentemente, a fotossíntese é potencializada. Porém, quando o déficit hídrico foi imposto, observou maior atuação do bioprotetor H2 Protector, o qual provavelmente ativou mecanismos de proteção da planta, de tal forma que a planta passou a transpirar de forma diferenciada às plantas que não receberam a aplicação do H2 Protector. Por isso, os resultados foram mais contundentes com a aplicação do H2 Protector em relação aos componentes agrônômicos e em relação a proteção da planta em condições de déficit hídrico.

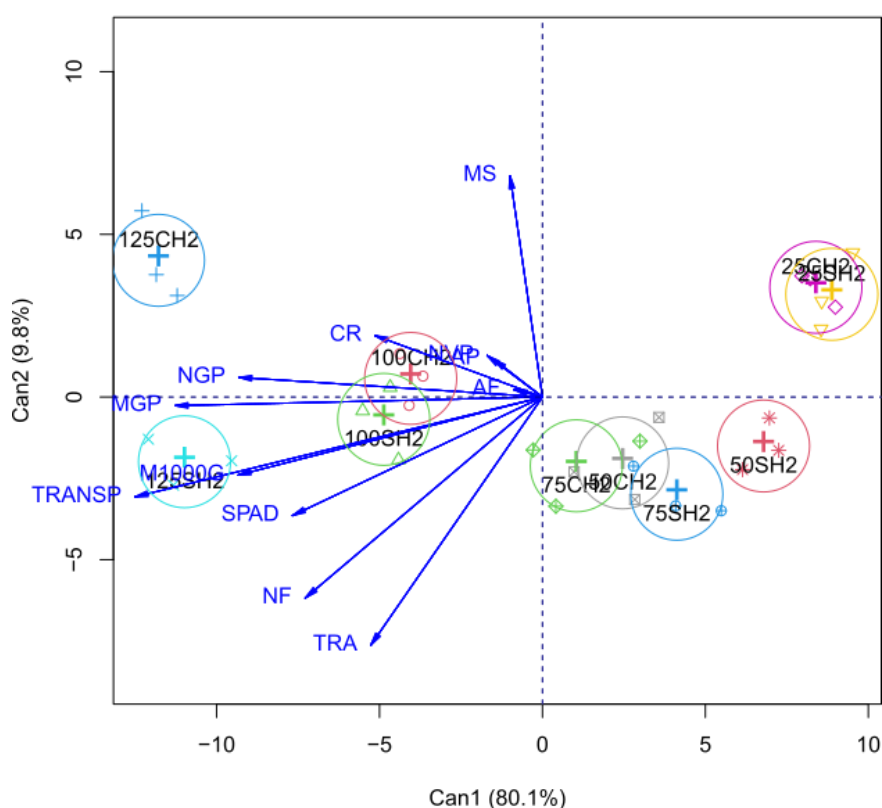


Figura 3. Análise de variáveis canônicas entre as variáveis comprimento de raiz (CR), altura de planta (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), índice relativo de clorofilas (SPAD), massa seca foliar (MS), taxa de transpiração (TRANS), teor relativo de água (TRA), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de grãos por planta (MGP) e massa de mil grãos (MMG), de plantas de soja em função dos volumes de água da evapotranspiração diária e aplicação do bioprotetor H2 Protector.

Vale destacar que os componentes de rendimento foram as variáveis mais afetadas pelos regimes hídricos, com uma redução acentuada à medida que reduzía os níveis do regime hídrico até 25% da CRS. Isto porque, os períodos de estresse hídrico são um dos fatores que mais

limitam a produtividade das culturas, principalmente quando afetam a fase reprodutiva, devido ao aborto de folhas e estruturas reprodutivas, menor enchimento de grãos e senescência acelerada (VIEIRA et al., 2013). Seguindo o comportamento demonstrado nas variáveis dos componentes de rendimento, Bulegon et al. (2019) reportam resultados semelhantes obtidos no presente estudo, onde o estresse hídrico na cultura da soja influenciou na produção final da cultura.

A cultura da soja tem uma demanda hídrica que varia de 450 mm a 800 mm durante seu ciclo, com maior necessidade entre a floração e o enchimento de grãos (SOUZA et al., 2016). Deste modo, para tolerar o estresse hídrico, as plantas desenvolvem estratégias adaptativas para reduzir as perdas na baixa disponibilidade hídrica resultantes de níveis fisiológicos, morfológicos e estruturais (CHAVES e OLIVEIRA 2004). Assim, o fato de a planta ter reduzido o número de folhas em condições de déficit hídrico, para diminuir a perda de água por transpiração, pode ter sido uma estratégia evidente no presente estudo.

Em suma, a composição do fertilizante utilizado, o qual é composto por um complexo salicílico que induz a produção de fitoalexina, não atendeu ao pressuposto que o mesmo aliviaria os efeitos do estresse hídrico na cultura da soja. Produtos que induzem a produção de fitoalexina possuem efeito da ordem antibacteriano e, também, pode ser um agente eficiente no controle de doenças fúngicas, inferindo resistência às plantas por intermédio da indução de enzimas e de compostos químicos com propriedades antimicrobianas (NOSE et al., 2022; RINALDI et al., 2021). Isto explica a pouca relação do fertilizante H2 Protector com a tolerância ao estresse hídrico, partindo do pressuposto que o mesmo traria benefícios satisfatórios no desenvolvimento da soja em condições de estresse hídrico. Portanto, novos estudos devem ser encorajados visando a relação do fertilizante H2 Protector com a indução de resistência e/ou tolerância em soja no controle de doenças fitopatológicas.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento da soja e os aspectos produtivos da cultura foram afetados consideravelmente pelos regimes hídricos. Isto deixa evidente a susceptibilidade da soja ao déficit hídrico. O bioprotetor H2 Protector não atenuou os danos do déficit hídrico em plantas de soja nas condições do presente estudo em vasos. No entanto, o produto mostra-se promissor pelos indícios de modificações na perda de água, manutenção da hidratação e iniciação foliar. Dessa forma, sugere-se pesquisas posteriores a nível de campo pela possibilidade de alcançar umidade durante o crescimento do sistema radicular em profundidade.

6. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa, 2008. 704p.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, p.1-300, 1998.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen´s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift Germany**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, E. S.; RODRIGUES, L. N.; OLIVEIRA, R. A.; LORENA, D. R. Water deficit on the growth and yield of irrigated soybean in the Brazilian Cerrado region. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 11, p. 750-757, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n11p750-757>
- BAGALE, S. Nutrient management for soybean crops. **International Journal of Agronomy**, v. 21, p. 1-10, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1155/2021/3304634>
- BARBOSA, J. R.; PEREIRA FILHO, J. V.; OLIVEIRA, V. M.; SOUSA, G. G.; GOES, G. F.; LEITE, K. N. Produtividade da cultura da soja irrigada com déficit hídrico regulado no cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 4, p. 4200-4210, 2020. Doi: <https://doi.org/10.7127/rbai.v14n401196>
- BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; PASCOALINO, J. A. L.; SAKO, H.; DANTAS, J. P. S.; MORAES, M. F. Soybean yield gap in the areas of yield contest in Brazil. **International Journal of Plant Production**, v. 12, p. 159-168, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1007/s42106-018-0016-0>
- BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; INAGAKI, A. M.; COSTA, N. V. Mitigation of drought stress effects on soybean gas exchanges induced by *Azospirillum brasilense* and plant regulators. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e55807, p. 1-9, Doi: <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4952807>
- CHAVES, M. M.; OLIVEIRA, M. M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 407, p. 2365-2384, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/erh269>
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Portal de Informações Agropecuárias, safras 2020/21**. Conab, 2022. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>>. Acesso em: 6 abr. 2022.
- COSTA, P. R.; CUSTÓDIO, C. C.; MACHADO NETO, N. B.; MARUBAYASHI, O. M. Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 26, n. 2, p. 105-113, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222004000200015>

DALL'AGNOL, A. **Usos industriais da soja**. Agrolink, 2004. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/colunistas/usos-industriais-da-soja_383927.html>. Acesso em: 7 abr. 2022.

ELIAS, E. H.; FLYNN, R.; IDOWU, O. J.; REYES, J.; SANOGO, S.; SCHUTTE, B. J.; SMITH, R.; STEELE, C.; SUTHERLAND, C. Crop vulnerability to weather and climate risk: analysis of interacting systems and adaptation efficacy for sustainable crop production. **Sustainability**, v. 11, n. 23, p. 1-25, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3390/su11236619>

ENDERSON, J. T.; MALLARINO, A. P.; HAQ, M. U. Soy bean yield response to foliar-applied micronutrients and relationships among soil and tissue tests. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 6, p. 2143-2161, 2015. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj14.0536>

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GOLDSMITH, P. D. Economics of soybean production, marketing, and utilization. **Elsevier**, 117-150, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-64-6.50008-1>

HERMES, E. C. K.; NUNES, J.; NUNES, J. V. D. Influência do bioestimulante no enraizamento e produtividade da soja. **Revista Cultivando o Saber**, edição especial, p. 35-45, 2015.

HU, M.; WIATRACK, P. Effect of planting date on soybean growth, yield, and grain quality: review. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 3, p. 785790, 2012. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0382>

INKLMAN, V. B. **Déficit hídrico na cultura da soja**. Grupo Mais Soja, 2019. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/deficit-hidrico-na-cultura-da-soja/>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

MACHADO, A. V. C.; ANDRADE, S. R. M.; OLIVEIRA, S. A.; RODRIGUES, L. N. **Influência do déficit hídrico no período da fase vegetativa da soja**. In: Congresso Online Para Aumento da Produtividade de Milho e Soja. Santa Maria, 2020.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. **Informações Agronômicas**, n. 121, p. 1-24, 2008.

MATOS, F. S. **Folha seca: introdução à fisiologia vegetal**. Editora Appris, 2020.

MEDERSKI, H. J. Effects of water and temperature stress on soybean plant growth and yield in humid, temperate climates. In.: **Crop reactions to water and temperature stresses in humid, temperate climates**. CRC Press, 2019. p. 35-48.

MOUSAVI, S. R.; SHAHSAVARI, M.; REZAEI, M. A general overview on manganese (Mn) importance for crops production. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. 9, p. 1799-1803, 2011.

MUNNS, R. Plant adaptations to salt and water stress: differences and commonalities. **Advances in Botanical Research**, v. 57, p. 1-32, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387692-8.00001-1>

NOSE, N. P.; DALCIN, M. S.; DIAS, B. L.; TOLOY, R. S.; MOURAO, D. S. C.; GIONGO, M.; CANGUSSU, A.; ARAUJO, S. H. C.; SANTOS, G. R. Noni essential oil associated with adjuvants in the production of phytoalexins and in the control of soybean anthracnosis. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2022. Doi: <https://doi.org/10.5897/JMPR2021.7154>

PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes. **Instituto Internacional de Nutrição de Plantas**, v. 3, p. 05-35, 2010.

PROCEDI, A. **Irregularidade das chuvas x produtividade da soja**. Grupo Mais Soja, 2020. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/irregularidade-das-chuvas-x-produtividade-da-soja/>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

RINALDI, L. K.; MIAMOTO, A.; CALANDRELLI, A.; SILVA, M. T. R.; CHIDICHIMA, L. P. S.; PEREIRA, C. B.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Control of *Meloidogyne javanica* and induction of resistance-associated enzymes in soybean by extracts of *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Applied Phycology**, v. 33, p. 2655-2666, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02454-8>

ROSOLEM, C. A. **Papel do Brasil no combate a fome no mundo**. In: SUZUKI, S.; YUYAMA, M. M.; CAMACHO, S. A. Boletim de pesquisa da soja. Fundação MT, Mato Grosso, Brasil, n. 9, p. 95-102, 2005.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. H.; SOUSA, D. C. V.; SILVA, A. R. Using biostimulants growth of soybean *Glycine max* (L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 512-517, 2017. Doi: <https://doi.org/10.18378/rvads.v12i3.4139>

SHIN, J. H.; VAUHG, J. N.; ABDEL-HALEEM, H.; CHAVARRO, C.; ABERNATHY, B.; KIM, K.; JACKSON, S. A.; LI, Z. Transcriptomic changes due to water deficit define a general soybean response and accession-specific pathways for drought avoidance. **BMC Plant Biology**, v. 15, n. 26, p. 15-26, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0422-8>

SMITH, M.; SEGEREN, A.; SANTOS PEREIRA, L.; PERRIER, A.; ALLEN, R. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome FAO. 45p. 1991.

SOUZA, G. M.; CATUCHI, T. A.; BERTOLLI, S. C.; SORATTO, R. P. **Soybean under water deficit: physiological and yield responses**. In: BOARD, J. E. A comprehensive survey of international soybean research, 2013. Doi: <https://doi.org/10.5772/54269>

SOUZA, P. J. O. P.; ORTEGA-FARIAS, S.; ROCHA, E. J. P.; SOUSA, A. M. L.; SOUZA, E. B. Consumo hídrico da soja no nordeste paraense. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 218-231, 2016.

SYSTAT SOFTWARE. **Inc. For windows, version 10.0. SigmaPlot**. Chicago, Illinois, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TEIXEIRA, W. F.; SOARES, L. H.; FAGAN, E. B.; MELLO, S. C.; REICHARDT, K.; DOURADO-NETO, D. Amino Acids as Stress Reducers in Soybean Plant Growth Under Different Water-Deficit Conditions. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 39, p. 905-919, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00344-019-10032-z>

VIEIRA, F. C. F.; SANTOS JUNIOR, C. D.; NOGUEIRA, A. P. O.; DIAS, A. C. C.; HAMAWAKI, O. T.; BONETTI, A. M. Aspectos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de soja submetidos a déficit hídrico induzido por peg 6000. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 543-552, 2013.

USDA. **World Soybean Production 2022/2023**. United States Department of Agriculture, 2022. Disponível em: < <http://www.worldagriculturalproduction.com/crops/soybean.aspx>>. Acesso em: 5 set. 2022.

WANG, X.; WU, Z.; ZHOU, Q.; WANG, X.; SONG, S.; DONG, S. Physiological response of soybean plants to water deficit. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1-12, 2022. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.809692>