

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Angelo Geraldo Codonho Junior

**Manejo de bioestimulante à base de aminoácidos e
substâncias húmicas na soja: Efeitos no crescimento e
produtividade**

DRACENA

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Angelo Geraldo Codonho Junior

**Manejo de bioestimulante à base de aminoácidos e
substâncias húmicas na soja: Efeitos no crescimento e
produtividade**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
– Unesp, Câmpus de Dracena como parte das
exigências para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Shintate Galindo

DRACENA

2025

Inserir nesta página a versão digitalizada do
certificado de aprovação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Manejo de bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas na
soja: Efeitos no crescimento e produtividade

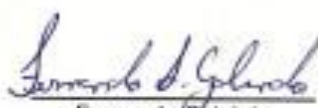
Modalidade: Trabalho de Atividades de pesquisa

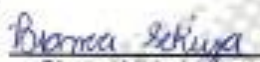
Autor: Angelo Geraldo Codonho Junior

Orientador (a): Prof. Dr. Fernando Shintate Galindo

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 31/10/2025


Fernando Shintate
Galindo


Bianca Midori Souza
Sekiya


Guilherme Carlos
Fernandes

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e meus avós, Angelo Geraldo Codonho, Adriana Pereira Joventino, Jair Codonho e Valdira Neves da Silva, que me educaram, e fizeram de tudo para que possa estar onde estou hoje, uma excelente educação, com muito apoio, amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças para finalizar essa etapa da minha vida, tenho certeza, que sem as bênçãos e a motivação dele, não estaria vivenciando por tudo que está acontecendo. Somente ele sabe os dias difíceis, dias que já pensei em desistir, dias turbulentos. Somente ajoelhando e conversando com ele, me deu forças para que continuasse minha trajetória.

Agradeço a toda minha família, minha rede de apoio, que independente de qualquer coisa, sempre estiveram comigo, sempre fizeram de tudo pra que conseguisse realizar minhas conquistas, que sempre estiveram me apoiando, nos momentos mais difíceis, e também não falharam em nenhum quesito, em minha educação. Aos meus pais, Angelo e Adriana, meus avós, Jair e Valdira, a minha avó materna, Nadir Helena, ao meu tio, Jair Junior, que também, independente de tudo, sempre esteve ali comigo, esse trabalho lhes dedico.

Agradecer também, aos meus amigos, José Vitor, Renner, Brendon e Felipe, por estarem sendo minha rede de apoio durante a graduação. Palavras não descrevem o quão especial são em minha vida.

Agradeço a meus amigos da República Boi Gordo, aprendi muito com eles, fiz amizades inigualáveis, são pessoas excepcionais que permaneceram em minha vida, e estão até hoje. Parceria e respeito por eles, é o que os define.

Ao meu orientador, Fernando Shintate Galindo, por acreditar em mim desde o começo. Evoluí como pessoa, adquiri conhecimentos inigualáveis, quando pensei em desistir, ele esteve ao meu lado, me apoiando, me orientando e dando conselhos. Palavras não descrevem o quanto sou grato por tudo que fez, e continua fazendo por mim.

Ao GEPESAS - Grupo de ensino, Pesquisa e Extensão em Sistemas Agrícolas Sustentáveis, onde estou inserido praticamente desde o começo da graduação, onde criei amizades, minha inserção no ramo da pesquisa, onde tudo começou a fazer sentido na minha vida acadêmica. Obrigado pela rede de apoio que tive durante esses anos, por todos.

“Em meio à confusão, encontre a simplicidade. Em meio a discórdia, encontre a harmonia. Em meio a dificuldade, reside a oportunidade.”

-Albert Einstein

Resumo

A necessidade de atenuar os impactos adversos de condições de estresse, déficit hídrico e à baixa fertilidade de solos tropicais, na região da Nova Alta Paulista, tem impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de soluções para o manejo fisiológico das culturas. Os bioestimulantes emergem como uma boa alternativa, visando aprimorar o crescimento e o desenvolvimento vegetal, mitigar os efeitos do estresse hídrico e térmico na cultura da soja. A implementação de tecnologias com características bioestimulantes, que atuem na redução dos estresses abióticos é vantajosa, dada a sua capacidade de estimular o crescimento radicular e da parte aérea, por meio de alterações fisiológicas e nutricionais, que trazem benefícios para a soja, com reflexo na produtividade de grãos. Objetivou-se avaliar o efeito de formas e épocas de aplicação de um bioestimulante com aminoácidos e substâncias húmicas e fúlvicas sobre o crescimento da soja. O projeto de pesquisa foi desenvolvido no município de Dracena – SP na safra 2023/24, em um Argissolo Vermelho distrófico típico de textura arenosa, sendo especificamente este experimento o segundo ano da pesquisa (repetição). O experimento foi realizado em delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, contendo 6 tratamentos: 1) controle – sem aplicação de bioestimulante; 2) 200 mL ha⁻¹ do produto comercial bioestimulante nas sementes + 300 mL ha⁻¹ pulverizado via foliar em V4 (3 trifólios completamente desenvolvidos) + 300 mL ha⁻¹ via foliar em R1 (início do florescimento); 3) 800 mL ha⁻¹ em V2; 4) 800 mL ha⁻¹ em V4; 5) 400 mL ha⁻¹ em V4 + 400 mL ha⁻¹ em R1; 6) 800 mL ha⁻¹ em R1. O tratamento V4 + R1 demonstrou resultados promissores, impactando positivamente tanto as avaliações realizadas em ocasião de florescimento pleno (R2) quanto em colheita (R8). No florescimento, parâmetros como a massa seca da parte aérea, raiz e a massa seca total apresentaram incrementos (25,0, 39,2 e 28,9% comparativamente ao controle, respectivamente). Na colheita, observou-se benefícios nos componentes de produção, incluindo o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e o número de grãos por planta. Em termos de produtividade, o tratamento V4 + R1 destacou-se, propiciando aumento de 12,7% comparativamente ao controle. Dessa forma, conclui-se que a utilização de bioestimulantes à base de substâncias húmicas e fúlvicas na cultura da soja surge como uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos de estresse abiótico em condições de campo, principalmente quando aplicado em estágios de maior demanda nutricional associado à sensibilidade às condições adversas.

Palavras-chave: *Glycine max*, Época de aplicação, Nova Paulista, Solos tropicais, estresse abiótico

Abstract

This study addresses the need to mitigate the adverse effects of stress conditions, water deficit, and low soil fertility in the Nova Alta Paulista region by evaluating the use of biostimulants as a strategy for improving soybean physiological performance. A field experiment conducted in Dracena, São Paulo, during the 2023/24 season, in a typical dystrophic Red Argisol with sandy texture, assessed the effects of different application methods and timings of a biostimulant containing amino acids and humic and fulvic substances. The randomized block design included six treatments, ranging from no application to various foliar, seed, and combined applications at stages V2, V4, and R1. The V4 + R1 treatment produced the most promising results, enhancing shoot, root, and total dry mass at full flowering (R2) by 25.0%, 39.2%, and 28.9%, respectively, compared with the control. At harvest (R8), improvements were observed in yield components, including the number of pods per plant, grains per pod, and total grains per plant, resulting in a 12.7% yield increase. These findings demonstrate that biostimulants based on humic and fulvic substances are an effective tool for mitigating abiotic stress in soybean cultivation, especially when applied during stages of high nutritional demand and sensitivity to environmental constraints.

Keywords: *Glycine max*, Application timing, Nova Alta Paulista, Tropical soils, Abiotic stress

Lista de Figuras

Figura 1. Foto aérea retirada do Google Earth com a área experimental (localizada junto à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP de Dracena - SP) em evidência. _____21

Figura 2. Chuva, temperatura mínima e máxima na área experimental durante a condução do experimento. Dracena - SP, 2023/2024.

_____23

Figura 3. Bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas utilizado.

_____25

Figura 4. Foto comparativa dos tratamentos em florescimento pleno (R2). Dracena – SP, 2023/2024. _____30

Lista de tabelas

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos do solo nas camadas 0-0,20m e 0,20-0,40m antes do início do experimento. Dracena, SP. _____22

Tabela 2. Resumo dos tratamentos aplicados no estudo. _____24

Tabela 3. Índice de clorofila foliar (SPAD), massa seca de parte aérea, raiz e total e acúmulo de N em parte aérea e raiz da soja em função de formas e épocas de aplicação de bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas. Dracena -SP, 2023/2024. _____29

Tabela 4. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, altura de plantas (m)³, massa seca de palhada (kg ha⁻¹), massa de 100 grãos (g), produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e acúmulo de N em parte aérea e nos grãos de soja em função de formas e épocas de aplicação de bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas. Dracena – SP, 2023/2024. _____31

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.1 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Origem da Soja	15
3.2 A soja no Brasil	16
3.3 A soja em um panorama social e econômico	17
3.4 Bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas	18
3.5 Estresse abiótico na soja.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 Caracterização da área experimental	21
4.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	23
4.3 Caracterização do bioestimulante	25
4.4 Manejo cultural da soja.....	26
4.5 Avaliações realizadas	27
4.6 Análise estatística	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6 CONCLUSÕES	32
7 REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é uma cultura de grande importância econômica, sendo uma das principais culturas do agronegócio brasileiro, tendo como centro de origem, a China. Durante o período das grandes navegações, foi levada para Europa no século XVII, onde era apenas por curiosidade botânica. Chegou nos Estados Unidos da América por volta de 1890, onde era cultivada como planta forrageira para alimentação animal. Na década de 1940 a soja chegou no Paraguai, e em meados de 1950, na Argentina (Trindade, 2018).

É uma das culturas de maior importância mundial. Sua importância na economia brasileira, se deve ao fato de o país ser o maior exportador no complexo de grãos, farelo e óleo (Souza; Bittencourt, 2020). É cultivada principalmente no Brasil, Estados Unidos e Argentina, que tem como classificação os três maiores produtores mundiais do grão. A produção de soja em dezembro de 2024 foi estimada em 169.000, 121.417, e 52.000t, respectivamente (Usda, 2024).

Na agricultura moderna, a redução do impacto ambiental aliado a altas produtividades, contendo alta produção de grãos é uma pauta significativa (Galindo *et al.*, 2022a). A produção agrícola sustentável depende de um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Para isso, é crucial aumentar a eficiência no uso da água e dos nutrientes presentes no solo, diminuindo a necessidade de fertilizantes e outros insumos externos sem prejudicar a produtividade (Galindo *et al.*, 2022b).

A carência de água, que tem se manifestado com maior frequência em várias áreas de cultivo devido às mudanças no clima, constitui um obstáculo significativo para a produtividade. Por meio de investigações, tem-se procurado descobrir cultivares de soja mais resistentes à estiagem e estratégias de manejo que aprimorem a utilização da água (Cunha *et al.*, 2019).

Muitos dos benefícios atribuídos aos bioestimulantes decorrem da sua aptidão para influenciar os hormônios vegetais, o que lhes permite gerenciar o desenvolvimento das plantas e suas adaptações às condições ambientais (Long, 2021). A aplicação de bioestimulantes à base de nutrientes e/ou hormônios vegetais, pode ser uma alternativa viável para melhorar o metabolismo nutricional e fisiológico das plantas, e potencializar o desenvolvimento e a produtividade da cultura (Oliveira *et al.*, 2019; Albrecht *et al.*, 2020; Mello *et al.*, 2020; Malik *et al.*, 2021). Essas substâncias têm como objetivo expressar o potencial genético das plantas,

melhorando sua absorção de água, seu equilíbrio hormonal e crescimento radicular (Galindo *et al.*, 2015).

Por várias décadas, os aminoácidos têm sido aplicados em uma vasta gama de culturas agrícolas, exercendo influências diretas que abrangem a absorção de nitrogênio, a atuação de enzimas do ciclo do ácido tricarboxílico (TCA), funções hormonais, propriedades quelantes e antioxidantes. Além disso, eles funcionam como elementos sinalizadores para diversos mecanismos fisiológicos, como os receptores de glutamato (GRL). Indiretamente, contribuem para a nutrição e o desenvolvimento das plantas (Popko *et al.*, 2018; Alfosea-Simòn *et al.*, 2020; Kocira *et al.*, 2020a; Poorgadir *et al.*, 2020).

. A soja reage à escassez hídrica por meio de modificações morfofisiológicas e bioquímicas, com o objetivo de minimizar a perda de água e preservar funções essenciais. Uma das primeiras reações é o fechamento dos estômatos, que diminui a condutância estomática e, conseqüentemente, a transpiração e a absorção de CO₂, impactando diretamente a fotossíntese. Pesquisas indicam que a redução da condutância estomática está ligada à diminuição da taxa de transpiração e à regulação da fotossíntese, com variações que dependem do estágio de desenvolvimento da soja e da severidade do estresse hídrico (Taiz *et al.*, 2017; Catuchi *et al.*, 2012).

Considerando a elevada sensibilidade da cultura da soja às variações climáticas, especialmente no que tange à falta de água e às altas temperaturas, e com base nas informações apresentadas, a implementação de tecnologias e insumos com propriedades bioestimulantes, mostra-se promissora. Isso se deve, em grande parte, ao seu potencial de estimular o desenvolvimento radicular e da parte aérea, o que pode trazer benefícios significativos para a cultura da soja em ambientes tropicais. (Popko *et al.*, 2018; Alfosea-Simòn *et al.*, 2020; Kocira *et al.*, 2020a; Poorgadir *et al.*, 2020).

Contudo, a aplicação de bioestimulantes a base de aminoácidos e substâncias húmicas na soja, é uma alternativa viável para mitigar adversidades, como altas temperaturas, estresse hídrico, e plantio em solos arenosos, aliado ao baixo custo com a aplicação do mesmo, conseqüentemente elevando a produção, e mantendo a planta livre de estresses abióticos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de formas e épocas de aplicação de um bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas no crescimento e produtividade da soja na região da Nova Alta Paulista.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar a influência da aplicação de um bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas no crescimento vegetativo da cultura da soja, analisando o índice de clorofila foliar, massa seca de parte aérea e raízes, bem como o acúmulo de nitrogênio (N) em ocasião de florescimento pleno;

Avaliar o desenvolvimento reprodutivo da cultura da soja, analisando os principais componentes produtivos, acúmulos de N na palhada e grãos e produtividade de grãos de soja;

Analisar a viabilidade e resposta de aplicação do bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas na cultura da soja através de manejo cultural sustentável em condições de estresse abiótico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Origem da soja

A história da soja, tem seus primórdios na região da Ásia, mais precisamente aos arredores da China, Japão e Manchúria. Porém, somente no final do século XV, começo do século XVI, seu cultivo começou a se expandir para demais continentes, com o início das navegações europeias, trazendo a mesma para o ocidente, sendo cultivada por pesquisadores europeus (Câmara, 2012).

Esses pesquisadores obtiveram sementes e cultivaram nos jardins botânicos e estações experimentais de vários países da Europa. Durante esse período, foram publicados diversos artigos científicos com informações de cultivo e produtividade da planta (Camara *et al.*, 1992).

No entanto, a soja que é cultivada atualmente, se difere dos seus primórdios. Seus ancestrais eram plantas rasteiras e vagens pequenas. Sua evolução começou a ser difundida, com o surgimento de plantas originadas do cruzamento de duas plantas de soja silvestres, domesticadas e aprimoradas por antigos cientistas chineses (Santos *et al.*, 2018).

Sua expansão para o mundo todo começou pelos Estados Unidos, tendo como principal interesse na produção animal. Sua real expansão teve início na Segunda Guerra Mundial e nas décadas posteriores, com a substituição de gordura animal por óleo vegetal, tendo origem o óleo de soja, e farelo, como alimentação animal, assim tendo uma crescente demanda pela mesma, elevando sua produção (Barbieri *et al.*, 2008).

Os primeiros relatos da chegada da soja na América do Sul ocorreram no final do século XIX, porém, a cultura permaneceu em fase de testes, até meados do século XX, não tendo importância econômica ou expressividade territorial (Du Bois *et al.*, 2008). Em meados de 1950 a 1960, a soja foi utilizada em rotação com o trigo, principalmente no Brasil (Wesz Jr, 2016). Entre 1970 e 1990, a área cultivada aumentou de 1,4 milhões para 17,7 milhões de hectares na América do Sul, principalmente no Brasil (61,7% do total), e da Argentina (31,4%) (Faostat, 2021). A área dedicada a soja hoje no Brasil, deve crescer 2% passando de 46,3 milhões para 47 milhões de hectares. Se essa projeção se confirmar, será o 18º ano consecutivo em crescimento (Bernardes, 2024). expansão da soja na América do Sul, está diretamente ligado a incorporação, em escala global, dessa cultura a produção em

larga escala de óleo vegetal e produção de proteína para alimentação animal, o que tem sido uma alternativa de alavancagem na demanda internacional e seu preço (Faostat, 2021).

3.2 A soja no Brasil

A soja teve sua inserção no Brasil, no estado da Bahia, em 1882 por Gustavo D'utra, porém, só obteve resultados significativos em 1889, onde fez duas referências no Boletim do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Após dez anos, ocorreu a introdução no estado de São Paulo neste mesmo instituto por Daffert, e com a difusão da imigração japonesa, obteve a descoberta da oleaginosa na alimentação humana (Bonetti, 1977; Bonato, 1987).

No Brasil, o cultivo da soja teve seu desenvolvimento após o início do seu uso como planta de cobertura, que em seguida, foi incorporada para utilização da planta para proteína de origem animal, posteriormente óleo de soja, e introduzido seu consumo na alimentação humana, aditivo para processamento de alimentos e biodiesel (Oliveira; Schneider, 2016). A soja se tornou um pilar de inserção no Brasil em uma nova ordem mundial, assumindo importância geopolítica, buscando uma liderança significativa em termos de produção (Oliveira, 2016).

Como pressuposto, a área cultivada de soja no Brasil partiu de menos de 10 milhões de hectares em 1990 para 35 milhões de hectares, em 2017, tendo como destaque o cerrado, que teve um aumento de cerca de 250% (Gale; Valdes; Ash, 2019). O aumento da produtividade da soja, segundo Câmara (2012), tem como motivo o uso de cultivares adaptadas a regiões tropicais, que tem como atributos a alta incidência de luz (fotoperíodo mais longo), temperatura adequada, e a intensa precipitação, sendo distribuída em todos os estádios fenológicos da planta, aliado a isso, obtêm-se uma adequação na fertilidade do solo, e práticas de manejo sustentável, ao mesmo tempo visando em aumento de produção, como sistema de plantio direto.

Apesar das diferenças de condições edafoclimáticas, hoje a soja é encontrada de norte a sul do país, tendo destaque nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná e Rio Grande do Sul (IBGE, 2024).

3.3 A soja em um panorama social e econômico

A produção de soja no Brasil teve seu vínculo com a economia nacional e industrialização da agricultura e ao endividamento ao estado em meados de 1960. Nesse período, houve a adoção de um pacote tecnológico chamado “Revolução Verde” (Pitta; Mendonça; Stefano, 2022).

Em meados de 1950, o Brasil alcançou uma produção de 100.000 toneladas. Na década de 1960, o cultivar se tornou importante para a economia do país. Em 1969, obteve uma produção de 1,06 milhões de toneladas. Toda essa produção, praticamente era composta por três estados da região sul, onde era plantado trigo no inverno, e soja no verão. Ano após ano, a produção de soja aumentou. No período de 1970 até 2011, foi quando ocorreu a produtividade mais expressiva, crescendo 1.762% para áreas, 4.907% para a produção e 271% para produtividade. Observa-se, que na parte central do Brasil, cresceu 86.63 vezes, a produção, na região sul, cresceu 4.14 vezes no mesmo período (Dall’agnol, 2011).

Diante de um exponencial crescimento de produtividade da soja no Brasil, nas últimas décadas a cultura vem ganhando espaço e se destacando como uma cultura de grande relevância para o agronegócio brasileiro, pelo crescente volume de exportações. A cultura se tornou como principal commodity do país, se tornando uma cadeia produtiva consolidada (Liszbinski; Brizolla; Patias, 2021).

A colheita da soja atrai produtores com vastas áreas cultivadas do país, e o comportamento do mercado e a rentabilidade da soja costumam ser os principais fatores para que haja uma migração desses produtores para produção. A cada ano, a produção de soja vem se tornando destaque significativamente, se tornando um dos setores mais dinâmicos do agronegócio brasileiro. Com isso, a flexibilidade e a rentabilidade da oleaginosa no mercado, redução de problemas de danos climáticos, facilidade de comercialização, fácil reposição de insumos, aliado ao preço das sacas da soja, despertou um interesse muito grande nos agricultores (Gonçalves *et al.*, 2013).

3.4 Bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas e fúlvicas

Os bioestimulantes são compostos de dois ou mais reguladores vegetais com demais substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas). Durante o desenvolvimento da cultura, esses produtos podem estimular o crescimento vegetal através de uma maior divisão celular, alongação e diferenciação da mesma, dessa forma aumentando a capacidade de absorção de nutrientes e água, refletindo no desenvolvimento e na produtividade da planta (Silva *et al.*, 2008).

Os reguladores vegetais são definidos como substâncias que tem ação similar aos hormônios vegetais. Essas substâncias ao serem aplicados diretamente na planta, provocam alterações em vários processos, como: Enraizamento, senescência, floração e frutificação. (Castro; Vieira, 2001b).

A aplicação de bioestimulantes a base de nutrientes e hormônios vegetais podem ser uma excelente alternativa para melhoria de parâmetros nutricionais e fisiológicos das plantas e potencializar o desenvolvimento da planta (Oliveira *et al.*, 2019; *et al.*, 2020; Mello *et al.*, 2020; Malik *et al.*, 2021).

Substâncias húmicas, são constituídas por substâncias orgânicas não vivas que são encontradas em ambientes terrestres e aquáticos, em componentes como o solo e a água, que são depósitos orgânicos geológicos, que incluem sedimentos acumulados no fundo de lagos (Grinhut; Hadar; Chen, 2007; Kłeczek; Anielak, 2021). As substâncias húmicas têm na sua composição frações de ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF) e a humina (Michalska *et al.*, 2022).

O bioestimulante aplicado na soja proporciona um incremento nos parâmetros de produtividade de grãos tanto aplicado via semente, quanto aplicação via foliar. Entretanto, a maior produtividade não está relacionada ao maior crescimento de parte aérea, considerando altura de planta, ramos por planta, e altura de inserção da primeira vagem. Em relação aos parâmetros de aumento de produtividade, o bioestimulante é mais efetivo, quando aplicado na fase reprodutiva (Bertolin *et al.*, 2010).

O ácido húmico e ácido fúlvico são componentes encontrados no solo e em materiais em decomposição, como húmus e turfa. Esses compostos desempenham um papel crucial na fertilidade do solo e na disponibilidade de nutrientes das plantas (Ampong; Thilakaranthna; Gorin, 2022).

O ácido fúlvico, por sua vez, é uma substância de cor clara e solúvel em água. Suas moléculas são menores e mais simples do que as do ácido húmico. Ele

desempenha um papel crucial quando se trata de absorção e transporte de nutrientes das plantas. Podendo se ligar em íon metálico, tem como função facilitar a absorção, e melhorar a disponibilidade do nutriente para a planta. Além disso, o ácido fúlvico pode estimular o crescimento das raízes, melhorar a fotossíntese e aumentar a resistência das plantas a estresses ambientais (Nardi *et al.*, 2021).

Tanto ácido húmico quanto ácido fúlvico, tem uma ampla atividade na agricultura, usados como aditivos para melhorar a qualidade do solo e o rendimento das culturas. Podem ser aplicados por meio de fertilizantes orgânicos, extratos líquidos ou pó solúveis. No entanto, é importante notar que a eficácia dessas substâncias pode variar dependendo das condições específicas do solo e do tipo de planta cultivada (Yang *et al.*, 2021).

Em contrapartida, o ácido húmico e ácido fúlvico desempenham um papel crucial na fertilidade do solo e do crescimento das plantas. Tem uma significativa melhoria na estrutura do solo, aumentam a disponibilidade de nutrientes e promovem um desenvolvimento saudável das plantas (Ampong; Thilakaranthna; Gorin, 2022).

3.5 Estresse Abiótico na Soja

O déficit hídrico é o principal fator que limita a produção agrícola, visto que a água compõe aproximadamente 90% das plantas e é vital para seu desenvolvimento. A falta de água pode ser especialmente prejudicial em fases críticas do ciclo da cultura, como germinação, desenvolvimento, floração e enchimento de grãos (Santos, 2025). Nesses períodos, a escassez hídrica afeta a produção de energia e nutrientes, além da morfofisiologia e do crescimento das plantas. Por isso, é fundamental assegurar um suprimento de água adequado, principalmente em regiões de baixa disponibilidade ou durante secas prolongadas.

A restrita disponibilidade hídrica no solo no momento da semeadura da soja pode impor limitações e retardar o processo germinativo, em decorrência da diminuição na taxa de embebição das sementes. Tal condição resulta no estabelecimento inadequado do estande de plantas a campo (Patanè *et al.*, 2013; Steiner *et al.*, 2017). Consequentemente, a estação seca que ocorre no inverno na região do Cerrado impõe desafios significativos à produção nacional de soja, sobretudo para a semeadura precoce.

A disponibilidade hídrica representa um dos principais fatores restritivos à produção agrícola, uma vez que mesmo uma cultura de alto potencial produtivo se

torna altamente vulnerável sob condições de limitação no fornecimento de água (Sinclair; Rufty, 2012). Para mitigar os impactos da seca sobre o rendimento das lavouras, torna-se premente a identificação de plantas e a elucidação de seus mecanismos subjacentes para otimizar a eficiência do uso da água (Mcausland et al., 2013). O conhecimento aprofundado desses mecanismos conduz à compreensão de complexas rotas metabólicas, envolvendo genes específicos que são expressos em condições de estresse. diferenciação biológica que acomete no estresse hídrico da soja podem ser afetados, dependendo do seu estágio fenológico, e causar uma variabilidade expressiva nos rendimentos e na qualidade de grãos da soja. Um fator importante do déficit hídrico da mesma, é visualizado com a diminuição do porte da planta, diâmetro pequeno de caule, pequeno sistema radicular, folhas murchas e pequenas, entrenós curtos, redução da área foliar, redução da taxa fotossintética, aliado a isso dificuldade de fixação de nitrogênio no solo. Há uma redução significativa no enchimento de grãos, número de grãos por vagem, e redução na qualidade dos grãos (Arias et al., 2015; Gava, 2015).

Os efeitos descritos nas plantas decorrente do estresse hídrico, como a redução do potencial do mesmo, aliado a desidratação celular, alteram as propriedades físico-químicas, desencadeando efeitos secundários, como redução da atividade metabólica, citotoxicidade, iônica e produção de espécies reativas de oxigênio, que iniciam e aceleram o rompimento da integridade celular podendo provocar a morte da célula (Taiz; Zeiger, 2013).

Em linhas gerais, o estresse, pode ser definido como qualquer fator externo que contribui como adversidade sendo como desvantajosa sobre a planta, enquanto o déficit hídrico representa como todo o conteúdo de água de um tecido, ou célula, situado abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de desidratação, sendo que a tolerância, é a aptidão da planta para enfrentar o ambiente desfavorável principalmente, o acúmulo de solutos compatíveis ou osmólitos, proteínas ou osmoprotetoras e capacidade antioxidante e (Taiz; Zeiger, 2013).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em condições de campo, no município de Dracena - SP, em um Argissolo Vermelho distrófico típico de textura arenosa na safra 2023/2024 (Figura 1). Em tempo, trata-se do segundo ano da presente pesquisa (repetição), que se iniciou na safra 2022/2023, com os mesmos tratamentos e avaliações. A caracterização dos atributos químicos e físicos do solo foi realizada antes da implantação do experimento de acordo com Van Raij *et al.*, (2001) e Embrapa, (2017) (Tabela 1). A área experimental apresentava histórico de cultivo com *Urochloa decumbens* não pastejada e manejada apenas com roçadeira há cerca de 10 anos, sendo uma área de cultivo de cana-de-açúcar antes da implantação da área de pastagem. Na safra 2022/2023 iniciou-se a prática da agricultura na área, com a primeira sucessão constando de soja seguida de sorgo granífero (segunda safra de 2023), antecedendo o presente estudo.

Figura 1. Foto aérea retirada do Google Earth com a área experimental (localizada junto à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP de Dracena - SP) em evidência.



Fonte: Elaborado pelo autor

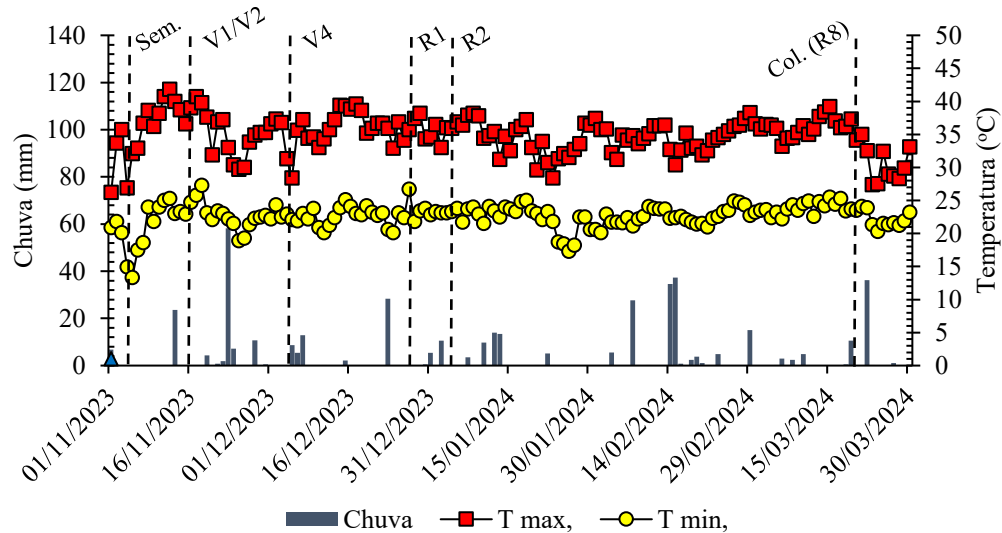
Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos do solo nas camadas 0-0,20m e 0,20-0,40m antes do início do experimento. Dracena, SP.

Atributos químicos do solo	Unidade	0-0,20m	0-0,40m
N total	g kg ⁻¹	0,51	0,42
P (resina)	mg dm ⁻³	4	2
S (SO ₄)	mg dm ⁻³	4	4
Matéria orgânica	g dm ⁻³	14	11
pH (CaCl ₂)		5,1	4,4
K (resina)	mmol _c dm ⁻³	3	1,2
Ca (resina)	mmol _c dm ⁻³	11	8
Mg (resina)	mmol _c dm ⁻³	7	3
H+Al	mmol _c dm ⁻³	18	25
Al	mmol _c dm ⁻³	1	6
B (água quente)	mg dm ⁻³	0,07	0,17
Cu (DTPA)	mg dm ⁻³	1,2	1,1
Fe (DTPA)	mg dm ⁻³	23	19
Mn (DTPA)	mg dm ⁻³	15,9	23,8
Zn (DTPA)	mg dm ⁻³	0,9	0,4
Capacidade de troca catiônica (pH 7.0)	mmol _c dm ⁻³	39	37,2
Saturação por bases	%	54	33
Granulometria			
Argila	g kg ⁻¹	91	125
Areia	g kg ⁻¹	870	829
Silte	g kg ⁻¹	39	46

Fonte: Elaborado pelo autor.

As condições climáticas ao longo da condução do experimento foram registradas e apresentadas na Figura 2.

Figura 2. Chuva, temperatura mínima e máxima na área experimental durante a condução do experimento. Dracena - SP, 2023/2024.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base no gráfico, apresentando os dados climáticos durante todo o ciclo da soja (2023/2024), podemos observar que, durante todo o período não houve um volume significativo de chuvas, somente em meados de fevereiro. Em complemento, a soja foi acometida por temperaturas máximas elevadas, por vezes acima de 35°C. Isso evidencia o estresse hídrico e térmico em condições de campo, para nossa região. Embora a média climatológica de longo prazo para Dracena seja de 1.289,1 mm, a precipitação anual exata pode apresentar variações significativas devido a fenômenos climáticos como El Niño e La Niña. Para o monitoramento hidrológico recente, é essencial consultar os registros contínuos das estações. Por exemplo, os dados pluviométricos dos anos 2023 e 2024 demonstram a variabilidade interanual na região, cujos valores consolidados são publicados no sistema de monitoramento hidrológico do Departamento de Águas e Energia Elétrica (Daee, 2024).

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, contendo 6 tratamentos: 1) controle – sem aplicação de bioestimulante; 2)

200 mL ha⁻¹ do bioestimulante nas sementes + 300 mL ha⁻¹ pulverizado via foliar em V4 (3 trifólios completamente desenvolvidos) + 300 mL ha⁻¹ via foliar em R1 (início do florescimento); 3) 800 mL ha⁻¹ em V2; 4) 800 mL ha⁻¹ em V4; 5) 400 mL ha⁻¹ em V4 + 400 mL ha⁻¹ em R1; 6) 800 mL ha⁻¹ em R1, com um volume de calda para aplicação de 150 L/ha⁻¹. Um resumo dos tratamentos é apresentado na Tabela 2. As parcelas experimentais foram compostas por 5 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entrelinhas de 0,45 m, tendo como área útil as 4 linhas centrais, excluindo-se 0,50 m de cada extremidade.

Tabela 2. Resumo dos tratamentos aplicados no estudo.

Tratamento	Fonte	Forma de aplicação
T1 – Controle	Controle (nenhuma fonte)	Sem aplicação
T2 – Semente + V4 + R1	New deal Agrosience Star Plus	200 mL ha ⁻¹ do produto comercial aplicado na semente + 300 mL ha ⁻¹ via foliar em V4 + 300 mL ha ⁻¹ via foliar em R1
T3 – V2	New deal Agrosience Star Plus	800 mL ha ⁻¹ do produto comercial via foliar em V2
T4 – V4	New deal Agrosience Star Plus	800 mL ha ⁻¹ do produto comercial via foliar em V4
T5 – V4 + R1	New deal Agrosience Star Plus	400 mL ha ⁻¹ do produto comercial via foliar em V4 + 400 mL ha ⁻¹ via foliar em R1
T6 – R1	New deal Agrosience Star Plus	800 mL ha ⁻¹ do produto comercial via foliar em R1

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Caracterização do bioestimulante

O produto utilizado foi o Bioestimulante New Deal Star Agrosience Start Plus®, que contém macro e micro nutrientes em sua composição com as garantias especificadas via rótulo separadas em peso/peso (p/p) e peso/volume (p/v): Carbono Orgânico – 6,0% (p/p) e 76,20 g/L (p/v), Zinco (Zn) solúvel em água – 2,5% (p/p) e 31,75 g/L (p/v), Nitrogênio (N) solúvel em água – 3,5% (p/p) e 44,45 g/L (p/v), Manganês (Mn) solúvel em água – 3,0% (p/p) e 38,10 g/L (p/v), Ferro (Fe) solúvel em água – 0,2% (p/p) e 2,54 g/L (p/v), Enxofre (S) solúvel em água – 3,7% (p/p) e 46,99 g/L (p/v) (Figura 4).

Figura 3. Bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas utilizado.



Fonte: Elaborado pelo autor

Por se tratar de um produto à base de aminoácidos, foi realizado a caracterização (aminograma) do produto, com as seguintes garantias, em porcentagem (%): Proteína bruta: 3,59, ácido glutâmico: 0,72, ácido aspártico: 0,47, prolina: 0,46, arginina: 0,29, leucina: 0,26, serina: 0,19, alanina: 0,19, fenilalanina: 0,19, glicina: 0,17, lisina: 0,17, histidina: 0,16, treonina: 0,11, valina: 0,1, isoleucina: 0,08, tirosina: 0,03, metionina: 0,03, cisteína: 0,01. De maneira análoga, as substâncias húmicas, em porcentagem (%): Ácidos Húmicos: 0,91, Ácidos Fúlvicos: 9,64, EHT (Solução de extratos húmicos totais): 10,55.

4.4 Manejo cultural da soja

Sessenta dias antes da semeadura da soja, 1,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 86%, CaO 31% e MgO 21%) foi aplicado sem incorporação, com o intuito de elevar a saturação por bases para 70% (Cantarella *et al.*, 2022). Trinta dias antes da semeadura da soja, 0,75 t ha⁻¹ de gesso agrícola foi aplicado sem incorporação, seguindo recomendação de Cantarella *et al.*, (2022). A dessecação do sorgo (cultura antecessora) foi realizada quinze dias antes da semeadura da soja (final de outubro), com Glifosato (2 L ha⁻¹ do produto comercial) e Cletodim (0,5 L ha⁻¹ do produto comercial). Juntamente com a dessecação do sorgo, foi realizada aplicação de 2 kg ha⁻¹ de B na forma de ácido bórico (17% B).

A cultivar de soja Pioneer 97Y91 IPRO (GMR 7.6) foi utilizada na safra 2023/2024, com semeadura realizada no dia 10/11/2023, com densidade de semeadura de 13 sementes viáveis por m⁻¹, em sistema de semeadura direta. As sementes foram previamente tratadas com Cobalto e Molibdênio (CoMo, na dose recomendada do produto comercial – 150 mL ha⁻¹, 1,5% de Co e 15% de Mo) e após secas à sombra, foi realizada inoculação com *Bradyrhizobium* sp. (estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080, recomendadas para a cultura da soja) na dose de 600 mL ha⁻¹ (seis vezes a dose recomendada do produto comercial).

A adubação de base foi realizada, para todos os tratamentos, com aplicação de 750 kg ha⁻¹ do formulado 04-14-08, no sulco de semeadura, ao lado e abaixo das sementes. Plantas daninhas foram controladas ao longo do ciclo utilizando-se controle pós-emergente. Insetos-praga e doenças foram controladas utilizando-se recomendações técnicas para a cultura da soja adaptados de Galindo *et al.*, (2018). Por fim, foi realizada a dessecação para colheita da soja no estágio R7.3 (75% da soja amarelada), no dia 11/03/2024, uma semana antes da colheita, utilizando-se Diquat (2 L ha⁻¹ do produto comercial). A soja foi cultivada do dia 10/11/2023 até 18/03/2024, totalizando 128 dias da semeadura até colheita e 123 dias da emergência até colheita, respectivamente. Vale ressaltar que o cultivo da soja foi realizado em condição de sequeiro, com irrigação suplementar emergencial apenas para salvamento. Foram realizadas três irrigações de salvamento: A primeira em ocasião de semeadura, para uniformidade de emergência, a segunda no final de dezembro, em ocasião de R1 e a terceira no final de janeiro, em ocasião de R4 início de R5. Cada irrigação suplementar constou com aplicação de uma lâmina de água de 30 mm.

4.5 Avaliações realizadas

As avaliações foram divididas em 2 estádio fenológicos da soja: em R2 (florescimento pleno) e R8 (ocasião da colheita) (Fehr; Caviness, 1977).

Em R2:

Índice de clorofila foliar (SPAD): O índice de clorofila foliar foi determinado no florescimento pleno da cultura da soja (época da diagnose nutricional da cultura), de maneira indireta e não destrutiva, utilizando-se um clorofilômetro portátil SPAD-502 (Minolta corp; Spectrum Technologies, Plainfield, III). Foram realizadas dez leituras aleatórias no terceiro trifólio completamente expandido (folha diagnose nutricional da cultura), do ápice para base da planta, de cada parcela experimental, seguindo recomendação de Cantarella *et al.*, (2022).

Massa seca de parte aérea e raízes + nódulos: A massa seca de parte aérea de soja foi considerada como toda parte aérea da planta (hastes, flores e folhas), enquanto a massa seca de raízes foi considerada como toda raiz com nódulos, sem separação. Cinco plantas por parcela foram coletadas, com abertura de trincheiras de cerca de 0,50 m de profundidade para coleta de raízes, tomando-se o máximo cuidado para retirada de raízes com nódulos das plantas. Após a coleta, as amostras (separadamente, parte aérea e raízes com nódulos) foram acondicionadas em sacos de papel. As amostras de raízes com nódulos foram lavadas em água corrente e por fim imersas em água deionizada, e armazenadas em novos sacos de papel após retirada do excesso de umidade. As amostras foram mantidas em estufa de ventilação forçada na temperatura de 65 °C até obter massa constante, posteriormente pesadas em balança analítica para obtenção da massa seca de parte aérea e raízes com nódulos, com os dados extrapolados para kg ha⁻¹. A massa seca total foi calculada somando-se a massa seca de parte aérea + raízes e nódulos.

A concentração de N total em parte aérea e raiz foi determinada pela digestão sulfúrica em bloco digestor (digestão aberta) e destilação semi-micro Kjeldahl (Nelson; Sommers, 1980). O acúmulo de N total em cada tecido supracitado (em kg ha⁻¹) foi calculado com base na concentração de N no tecido em questão (em g kg⁻¹) e a biomassa produzida (em kg ha⁻¹).

Em R8:

Altura de plantas: Considerada como altura da base até o ápice da haste principal, mensurado em dez plantas por parcela experimental;

Número de vagens por planta: Obtida pela média da contagem manual do número de vagens de dez plantas por parcela experimental;

Número de grãos por vagem: Obtida pela média da contagem manual do número de grãos de dez vagens aleatórias por parcela experimental;

Número de grãos por planta: Obtida pela multiplicação do número médio de vagens por plantas e grãos por vagens;

Massa de 100 grãos: Determinado em balança analítica de precisão (0,01 g), corrigida à 13% de umidade (bulbo úmido);

Massa seca de palhada: A massa seca de palhada de soja foi considerada como toda parte aérea da planta (hastes e folhas ainda presas), retirando-se as vagens com grãos, isto é, não foi considerado como massa seca de parte aérea a massa das vagens e grãos. Dessa forma, cinco plantas por parcela foram coletadas, e acondicionadas em estufa (65° C) com circulação de ar por 72 horas. Após esse período, o material vegetal foi pesado em balança de precisão e os dados extrapolados para kg ha⁻¹.

Produtividade de grãos: Determinado pela colheita das plantas nas quatro linhas centrais da parcela. Após trilha mecânica, a produtividade de grãos de soja foi quantificada em balança de precisão e os dados extrapolados para kg ha⁻¹ corrigida à 13% de umidade (bulbo úmido).

Acúmulo de N em parte aérea e grãos: Separado em amostras de parte aérea (palhada) e grãos (separadamente), foram secas e moídas em moinho tipo Willey, a parte aérea e grãos foram determinadas pela digestão sulfúrica em bloco digestor (digestão aberta) e destilação semi-micro Kjeldahl (Nelson e Sommers, 1980), o acúmulo de N total em cada tecido supracitado (em kg ha⁻¹) foi calculado com base na concentração de N no tecido em questão (em g kg⁻¹) e a biomassa produzida (em kg ha⁻¹).

4.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA, teste F), para avaliação dos efeitos dos fatores nas variáveis respostas estudadas. O efeito dos tratamentos, quando significativo ($p \leq 0,05$), foram analisados por teste de médias

(teste de Tukey) utilizando o pacote ExpDes do software R (R Development Core Team, 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliações em ocasião do florescimento (R2)

De maneira geral, a aplicação de bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas e fúlvicas beneficiou o crescimento vegetativo da soja. A aplicação do bioestimulante em V4 + R1, propiciou maior índice de clorofila foliar (SPAD), acúmulos de N em parte aérea e raiz, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total (Tabela 3). No entanto, a aplicação do bioestimulante parcelado na semente + V4 + R1, não apresentou diferença quando comparado ao tratamento controle para as avaliações supramencionadas.

Tabela 3. Índice de clorofila foliar (SPAD), massa seca de parte aérea, raiz e total e acúmulo de N em parte aérea e raiz da soja em função de formas e épocas de aplicação de bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas. Dracena – SP, 2023/2024.

Avaliações em florescimento da soja (R2)			
Tratamentos	ICF (SPAD) ³	Massa seca de parte aérea (kg ha ⁻¹)	Massa seca de Raiz
Controle	23,88 b	2026 c	398 c
Sem + V4 + R1	24,49 ab	1967 c	427 c
V1	25,29 ab	2280 b	502 b
V4	25,45 ab	2133 bc	385 c
V4 + R1	26,04 a	2533 a	594 a
R1	25,48 ab	2164 bc	418 c
D.M.S.	2,06	207	69.5
Tratamentos	Massa seca total	Acúmulo de N em Parte Aérea (kg ha ⁻¹)	Acúmulo de N na raiz (kg ha ⁻¹)
Controle	2425 c	91,25 de	7,48 c
Sem + V4 + R1	2394 c	88,06 e	8,13 c
V1	2783 b	109,4 b	10,75 b
V4	2519 c	99,27 cd	8,03 c
V4 + R1	3127 a	119,3 a	12,44 a
R1	2582 bc	101,3 bc	8,69 c
D.M.S.	244	9,08	1,21

D.M.S. = diferença mínima significativa. * Foi adotado o seguinte critério para apresentação dos números pós casas da vírgula: Valores de 0 até 100: 2 casas depois da vírgula; Valores de 100 até 500: 1 casa depois da vírgula; Valores acima de 500: sem nenhuma casa depois da vírgula.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O incremento da aplicação em V4+R1 comparativamente ao tratamento controle foi de 9,0; 25,0; 39,2; 28,9; 30,7 e 93% respectivamente para ICF, massa seca de parte aérea, raiz, total, acúmulo de N em parte aérea e raiz (Tabela 3). De acordo com Santos *et al.*, (2021), a aplicação de um bioestimulante contendo aminoácidos nos estádios V5 e R1 da soja promoveu um incremento significativo no índice de clorofila a e b, além de aumentar a massa seca da parte aérea e das raízes. Os autores destacam que, embora os tratamentos isolados (apenas em V5 ou apenas em R1) também tenham mostrado resultados positivos em comparação com o controle, a aplicação combinada foi a que proporcionou os maiores ganhos, indicando um efeito sinérgico, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo. Na Figura 3 é apresentada uma foto comparativa dos tratamentos, em ocasião de coleta em R2.

Figura 4. Foto comparativa dos tratamentos em florescimento pleno (R2). Dracena – SP, 2023/2024.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Avaliações em ocasião de colheita (R8)

O número de vagens por planta, grãos por vagem e grãos por planta não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 4). A altura de plantas foi maior com aplicação do bioestimulante em V4, comparativamente ao tratamento controle (Tabela 4). No entanto, de maneira geral, assim como verificado nas avaliações em ocasião de

florescimento, o tratamento V4 + R1 apresentou maiores benefícios à cultura da soja quando comparado aos demais tratamentos, notadamente ao controle e aplicação de bioestimulante nas sementes + V4 + R1 (Tabela 4). Por exemplo, a massa seca de palhada, produtividade de grãos, o acúmulo de N na palhada e grãos foram superiores com aplicação em V4 + R1 comparativamente ao controle (massa seca de palhada) e ao controle e tratamento SEM + V4 + R1 (produtividade, acúmulos de N na palhada e grãos) (Tabela 4). Para a massa de 100 grãos, o tratamento V4 + R1 propiciou maiores valores comparativamente aos demais tratamentos, exceto aplicação em V1 (Tabela 4). Vale destacar que o incremento de aplicação deste tratamento em relação ao controle foi de 18,8; 9,7; 12,7; 27,8 e 14,3%, respectivamente para massa seca de palhada, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e acúmulo de N na palhada e grãos (Tabela 4).

Tabela 4. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, altura de plantas (m)³, massa seca de palhada (kg ha⁻¹), massa de 100 grãos (g), produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e acúmulo de N em parte aérea e nos grãos de soja em função de formas e épocas de aplicação de bioestimulante à base de aminoácidos e substâncias húmicas. Dracena – SP, 2023/2024.

Avaliações realizadas em ocasião da colheita da soja (R8)

Tratamentos	Nº vagens por planta	Nº grãos por vagem	Nº grãos por planta	Altura de plantas (m) ³	Massa seca de palhada (kg ha ⁻¹)
Controle	110,3 a	2,40 a	265 a	76,3 b	4266 b
Sem + V4 + R1	117,6 a	2,46 a	290 a	76,6 ab	4503 ab
V1	115,1 a	2,40 a	275 a	77,8 ab	4859 a
V4	117,5 a	2,53 a	298 a	79,1 a	4962 a
V4 + R1	124,1 a	2,46 a	307 a	78,6 ab	5066 a
R1	114,8 a	2,66 a	306 a	79,0 ab	4785 ab
D.M.S.	18,09	0,44	85,21	2,68	581
Tratamentos	Massa seca de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Acúmulo de N na palhada (kg ha ⁻¹)	Acúmulo de N nos grãos (kg ha ⁻¹)	
Controle	12,4 c	2889 b	81,14 b	182 b	
Sem + V4 + R1	12,5 bc	2889 b	85,38 b	182 b	
V1	13,2 ab	3145 ab	103,2 a	202 a	
V4	12,6 bc	3115 ab	102,0 a	198 ab	
V4 + R1	13,6 a	3257 a	103,7 a	208 a	
R1	12,7 bc	3079 ab	94,12 b	196 ab	
D.M.S.	0,68	281	13,46	17,42	

D.M.S. = diferença mínima significativa. * Foi adotado o seguinte critério para apresentação dos números pós casas da vírgula: Valores de 0 até 100: 2 casas depois da vírgula; Valores de 100 até 500: 1 casa depois da vírgula; Valores acima de 500: sem nenhuma casa depois da vírgula.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Pettan *et al.*, (2023), a aplicação de um bioestimulante à base de extrato de algas em V4 e R1 resultou em um aumento significativo no teor de nitrogênio na palhada e na massa seca total na colheita. O tratamento combinado (V4 + R1) foi o que demonstrou maior eficiência na utilização do N, refletindo em um maior acúmulo de biomassa. Curiosamente, ao avaliar o teor de N nos grãos, não houve diferença entre os tratamentos que receberam o bioestimulante, mas todos foram superiores ao tratamento controle. Isso sugere que, embora o bioestimulante melhore a absorção e o acúmulo de N na planta como um todo (parte aérea e palhada), a translocação final para os grãos pode ser influenciada por outros fatores, não mostrando um incremento proporcional em todos os cenários.

Os resultados verificados corroboram com demais pesquisas envolvendo estresse abiótico, que são frequentes quando se trata da agricultura tropical brasileira, que concluíram que a aplicação de bioestimulantes a base de aminoácidos beneficia a produtividade da soja (Jumrani; Bathia, 2019; Teixeira *et al.*, 2020; Repke *et al.*, 2022). Wurlitzer e Simonetti (2024) destacam ainda o papel dos bioestimulantes como uma estratégia para mitigar os danos causados pelo déficit hídrico na cultura da soja.

Em complemento, a partir dos dados do presente estudo, é possível inferir que a aplicação de bioestimulantes formulados com aminoácidos e substâncias húmicas tem o potencial de elevar a produtividade da soja em ambientes desafiadores, como o caso do Oeste Paulista, que apresenta solos de baixa fertilidade, textura arenosa, temperaturas elevadas e déficit hídrico ao longo da safra. Isso se deve à capacidade desses promotores biológicos de impulsionar a cultura a alcançar níveis de produção superiores, tanto em termos de rendimento de grãos quanto de acúmulo de biomassa. Contudo, é fundamental reconhecer que a resposta de cada cultura a esses bioestimulantes pode variar consideravelmente, sendo influenciada por fatores como o tipo específico do produto, o método de aplicação e o momento escolhido para sua administração.

6 CONCLUSÕES

A aplicação de bioestimulantes à base de aminoácidos e substâncias húmicas na soja, demonstrou potencial para otimizar o manejo fisiológico e nutricional da soja, refletindo em maior produção de biomassa e com aumento na produtividade de grãos, quando o manejo esteve associado à um maior período de demanda da cultura e

suscetibilidade às condições de estresse hídrico e térmico. O tratamento que se destacou constou com a aplicação no estágio V4 + R1.

Os mecanismos envolvidos na melhor resposta da aplicação de bioestimulantes em V4 + R1 estão envolvidos com o benefício no ICF (SPAD), refletindo em maior absorção e acúmulo de N nas raízes e parte aérea, propiciando maior produção de biomassa nesses órgãos, ainda durante o crescimento vegetativo. Tais benefícios refletiram-se no crescimento reprodutivo da soja, mantendo-se maior acúmulo de N na palhada e grãos, refletindo em melhor desenvolvimento de vagens e enchimento de grãos, beneficiando a produtividade de grãos. Dessa forma, a utilização de bioestimulantes à base de aminoácidos e substâncias húmicas e fúlvicas configura-se como uma possível ferramenta ao manejo sustentável da cultura da soja frente às condições de estresse abiótico, como déficit hídrico e incidência de temperaturas elevadas.

7 Referências

- AMPONG, K.; THILAKARANTHNA, M. S.; GORIM, L. Y. Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. **Frontiers in Agronomy**, v. 4, n. 10, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621>. Acesso em: 24 out. 2025.
- ARIAS, C. A.; OLIVEIRA, M.F de; PÍPOLO, A. E.; CARNEIRO, G.S.; UBIRAJARA, J.; KASTER, M. Desenvolvimento de cultivares de soja com tolerância à deficiência hídrica. *In*: SIMPÓSIO SOBRE TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS, 2015. **Anais [...]**. Santo Antonio de Goias, p.130-134, out. 2015
- BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.
- BERNARDES, M. Área e produção de soja na América do Sul devem atingir recorde na safra 2024-25. **Revista Cultivar**, 21 out. 2024. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/area-e-producao-de-soja-na-america-do-sul-devem-atingir-recorde-na-safra-2024-25>. Acesso em: 24 out. 2025.
- BERTOLIN,DC.;SÁ.M.E.de;ARF,O;JUNIOR.E.F.;COLOMBO,A.de.S.;CARVALHO,F.L.B.M.de. Aumento da produtividade de soja com aplicação de bioestimulantes. **Bragantina**, Campinas, v. 6, p. 23-35, 2010.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1987. 61 p.
- BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo. *In*: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Org.). **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1977. p. 1-6.
- CÂMARA, G. M. S. Cana-de-açúcar, mandioca e soja - **Introdução ao Agronegócio Soja**. [S. l.]: Agronegócio, USP/ESALQ – Departamento de Produção Vegetal, 2012
- CAMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; MARCOS FILHO, J. Tecnologia da Produção. *In*: SOJA: produção pré-processamento e transformação agroindustrial, 1992. (Série Extensão Agroindustrial, v. 7).
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132 p.
- CATUCHI, T. A., GUIDORIZZI, F. V. C., GUIDORIZI, K. A., BARBOSA, A. D. M.,SOUZA, G. M. Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 519–527, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2012000400007>. Acesso em: 24 out. 2025.
- CUNHA, F. N. Impactos do déficit hídrico na produtividade da soja: implicações para o manejo agrícola. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 3226-3235, 2019. DOI: 10.7127/rbai.v13n100993.

DALL'AGNOL, A. A soja no Brasil: evolução, causas, impactos e perspectivas. In: CONGRESSO DE LA SOJA DEL MERCOSUR, 5., 2011, Rosário. **Anais [...]**. Rosário: [s.n.], 2011.

DAEE. Sistema de Informações Hidrológicas – Monitoramento Pluviométrico. São Paulo: **Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, 2024**. Disponível em: [Endereço do Portal de Monitoramento do DAEE/ANA, como o SIH ou CTH].

DU BOIS, C.; TAN, C. B.; MINTZ, S. **The world of soy. Urbana**. [S.l.]: University of Illinois, 2008.

FAOSTAT. **Données**. 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>. Acesso em: 24 out. 2025.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

GALE, F.; VALDES, C.; ASH, M. **Interdependence of China, United States, and Brazil in Soybean Trade**. New York: US Department of Agriculture's Economic Research Service (ERS) Report, 2019. p. 1-48.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ROSA, P. A. L.; TRITAPEPE, C. A. Technical and economic viability of co-inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean cultivars in the Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 51-56, 2018.

GALINDO, F. S.; NOGUEIRA, L. M.; BELLOTE, J. L. M.; GAZOLA, R. N.; ALVES, C. J.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Desempenho agrônômico de milho em função da aplicação de bioestimulantes a base de extrato de algas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 9:, p. 3-19, 2015.

GALINDO, F. S.; PAGLIARI, P. H.; BUZZTI, S.; RODRIGUES, W. L.; FERNANDES, G. C.; BIAGINI, A. L. C.; MAREGA, E. M. R. TAVANTI, R. F. R.; JALAL, A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Corn shoot and grain nutrient uptake affected by silicon application combined with *Azospirillum brasilense* inoculation and nitrogen rates. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, p.168-184, 2022b.

GALINDO, F. S.; RODRIGUES, W. L.; FERNANDES, G. C.; BOLETA, E. H. M.; JALAL, A.; ROSA, P. A. L.; BUZETTI, S.; LAVRES JUNIOR, J.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Enhancing agronomic efficiency and maize grain yield with *Azospirillum brasilense* inoculation under Brazilian savannah conditions. **European Journal of Agronomy**, v. 134, 126471, 2022a.

GONÇALVES, M. N. Aplicação do custeio variável para o processo de tomada de decisão na produção agrícola: o caso da Fazenda Surinan. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS-ABC, 2013 **Anais [...]**. [S.l.: s.n.], 2013.

GRINHUT, T.; HADAR, Y.; CHEN, Y. Degradation and transformation of humic substances by saprotrophic fungi: processes and mechanisms. **Fungal biology reviews**, [s.l.], v. 21, n. 4,p. 179-189, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.09.003>. Disponível

em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1749461307000462>. Acesso em: 24 out. 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados:** Alagoas. [2025?]. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al.html>. Acesso em: 24 out. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=series-historicas>. Acesso em: 24 out. 2025.

JESUS, F. R. **A expansão do agronegócio e o desenvolvimento socioeconômico de municípios da nova fronteira agrícola (Matopiba): uma análise de 2000 e 2010**. 2023. 110 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/72711>. Acesso em: 24 out. 2025.

JUMRANI, K.; BATHIA, V. S. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 25, p. 667-681, 2019.

KOCIRA, S.; SZPARAGA, A.; FINDURA, P.; TREDER, K. Modification of yield and fiber fractions biosynthesis in phaseolus vulgaris L. by treatment with biostimulants containing amino acids and seaweed extract. **Agronomy**, v. 10, p.1338, 2020.

LANDGRAF, L. **Brasil lidera e é referência no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para produção de soja**. [S.l.: s.n], 2023.

LISZBINSKI, B. B.; BRIZOLLA, M. M. B.; PATIAS, T. Z. Produção de soja: perspectivas sociais e ambientais a partir do olhar do produtor. **Geosul**, v. 36, n. 79, 2021.

LONG, E. **The importance of biostimulants in turfgrass management**. 2021. Disponível em: <http://www.golfenviro.com/Article%20Archive/Biostimulants-Roots.htm>. Acesso em: 24 out. 2025.

MALIK, A.; MOR, V. S.; TOKAS, J.; PUNIA, H. Biostimulant-treated seedlings under sustainable agriculture: a global perspective facing climate change. **Agronomy**, v. 11, n. 14, p. 1-24, 2021.

MCAUSLAND, L., DAVEY, P. A., KANWAL, N., BAKER, N. R., & LAWSON, T.(2013). A novel system for spatial and temporal imaging of intrinsic plant water use efficiency. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 16, p. 4993–5007.

MICHALSKA, J.; TUREK-SZYTOW, J.; DUDŁO, A.; SURMACZ-GÓRSKA, J. Characterization of humic substances recovered from the sewage sludge and validity of their removal from this waste. **EFB Bioeconomy Journal**, v. 2, p. 100026, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2022.100026>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667041022000040>. Acesso em: 25 out. 2025

NARDI, S.; SCHIAVON, M.; FRANCIOSO, O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. **Molecules** v. 26, 2256, 2021. DOI:10.3390/molecules26082256

OLIVEIRA, G. DE L.; SCHNEIDER, M. The politics of flexing soybeans: China, Brazil and global agroindustrial restructuring. **The Journal of Peasant Studies**, v. 43, n. 1, p. 167-194, 2016. DOI:<https://doi.org/10.1080/03066150.2014.993625>

OLIVEIRA, S. M.; JÚNIOR, C. P.; LAGO, B. C.; ALMEIDA, R. E. M.; TRIVELIN, P. C. O.; FAVARINI, J. L. Grain yield, efficiency and the allocation of foliar N applied to soybean canopies. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 4, p. 305-310, 2019.

PETTAN, J. R.; OLIVEIRA, A. S.; COSTA, R. V.; Efeito de bioestimulante à base de extrato de algas no desenvolvimento e produtividade da soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 5, p. 15482-15495, 2023.

PITTA, F.; MENDONÇA, M. L.; STEFANO, D. Desmatamento, grilagem de terras e financeirização: **Impactos da expansão do monocultivo da soja no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://apublica.org/wp-content/uploads/2022/05/relatorio-rede-social-2022-final-relatorio-liga-desmatamento-ilegal-e-grilagem-a-industria-da-soja-da-bunge-no-piaui.pdf>. Acesso em: 24 out. 2025.

POPKO, M.; MICHALAK, I.; WILK, R.; GRAMZA, M.; CHOJNACKA, K.; GÓRECKI, H. Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. **Molecules**, v. 23 p. 470, 2018.

PATANÈ, C.; SAITA, A.; SORTINO, O. Comparative effects of salt and water stress on seed germination and early embryo growth in two cultivars of sweet sorghum. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 199, p. 30-37, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037x.2012.00531.x>. Acesso em: 10 dez. 2020.

FONTES, A.V. **Processo de industrialização da soja no Brasil**. 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28362>

REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMIA LATINOAMERICANA, Curitiba, v. 21, n. 12, p. 27824-27845. 2023. ISSN: 1696-8352.

SANTOS, J. K. **Parametrização do impacto da estrutura do solo em sistema plantio direto no crescimento radicular de soja e milho**. 2025. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2025.

SANTOS, L. A.; KAPPES, C.; ARF, O. Desempenho agrônomo da cultura da soja com a aplicação de bioestimulante. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, 2021.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; ARAUJO FILHO, J.C. de; OLIVEIRA, J.B. de; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. ver. amp. Brasília: Embrapa, 2018.

SILVA, T. T. A.; PINHO, E. R. V.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. O.; COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 32, p. 840-846, 2008.

SINCLAIR, T. R., & RUFTY, T. W. Nitrogen and water resources commonly limit crop yield increases, not necessarily plant genetics. **Global Food Security**, v. 1, n. 2, p. 94-98, 2012.

SOUZA, R. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. **Genetics and Molecular Biology**, v. 38, n. 4, p. 401-419, 2015.

SOUZA, K. A.; BITTENCOURT, G. M. Avaliação do crescimento das exportações brasileiras de soja em grão. **Revista de Política Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 48, 2020.

STEINER, F.; ZUFFO, A. M.; ZOZ, T.; ZOZ, A.; ZOZ, J. Drought tolerance of wheat and black oat crops at early stages of seedling growth. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 576-586, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.19084/rca16118>. Acesso em: 10 dez. 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. p. 243-269.

TRINDADE, R. T. Z. A soja e os colonos poloneses no sul do Brasil: o caso de Ceschau Biezanko e outros personagens (1930-1934). **História Unisinos**, v. 22, n. 2, p. 254-263, 2018.

USDA, United States Department of Agriculture. **Oilseeds**: world markets and trade. 2024, 39 p. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2024.

VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

WESZ JR., V. J. Diferenciação dos produtores de soja no Sudeste de Mato Grosso. Brasil. **GEOgraphia**, n. 17, p. 148, 2016a.

VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

WESZ JUNIOR, Valdemar João. **Diferenciação dos produtores de soja no sudeste de Mato Grosso-Brasil**. 2016.

WURLITZER, R.; SIMONETTI, A. P. M. M. Efeitos da aplicação da alga *ascophyllum nodosum* no desenvolvimento e produção da cultura da soja. **Revista Thêma et Scientia**, v. 14, n. 2, 3 dez. 2024.

YANG, F., TANG, C., AND ANTONIETTI, M. Natural and artificial humic substances to manage minerals, ions, water, and soil microorganisms. **Chem. Soc. Rev.**, v. 50, p. 6221–6239, 2021. DOI: 10.1039/D0CS01363C