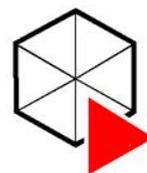




UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTICÊNTRICO EM
QUÍMICA DE MINAS GERAIS



Naiara Ballego Campos

AVALIAÇÃO DE EXTRATOS VEGETAIS PARA USO COMO BIOESTIMULANTE NO
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DE SOJA

Uberaba
2023

Naiara Ballego Campos

Avaliação de extratos vegetais para uso como bioestimulante
no desempenho agronômico da cultura de soja

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, área de concentração Química Ambiental, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Química

Orientadora: Prof. Dra. Kassia Graciele dos Santos

Uberaba

2023

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

C215a Campos, Naiara Ballego
Avaliação de extratos vegetais para uso como bioestimulante no
desempenho agrônomo da cultura de soja / Naiara Ballego Campos. – 2023.
56 f. : il., tab.

Dissertação (Mestrado Multicêntrico em Química de Minas Gerais) --
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2023
Orientadora: Profa. Dra. Kassia Graciele dos Santos

1. Reguladores de crescimento de plantas. 2. Nutrição - Plantas. 3. Extra-
tos vegetais. 4. Germinação. I. Santos, Kassia Graciele dos. II. Universidade
Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 631.8:581.142

NAIARA BALLEGO CAMPOS

Avaliação de extratos vegetais para uso como bioestimulante
no desempenho agrônômico da cultura de soja

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, área de concentração Química Ambiental, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Química

25 de agosto de 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Kassia Graciele dos Santos – Orientadora
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Dra. Beatriz Cristina Silvério
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Dr. Ricardo Correa Santana
Universidade Federal de Uberlândia

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Triângulo Mineiro, especialmente ao Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, pela oportunidade e condições fornecidas para a realização do trabalho.

À CAPES, pela bolsa concedida durante o período de realização deste trabalho.

À minha orientadora, Prof. Dra. Kassia Graciele dos Santos, por toda a contribuição e confiança.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais pelos conhecimentos compartilhados.

À Banca examinadora, pelo aceite do convite e pelo tempo devotado à análise e melhoria deste trabalho.

A minha mãe e irmãos, por toda a ajuda, carinho e apoio na realização desta conquista.

Ao meu pai, em memória, por toda a sua preocupação e zelo com a educação dos seus filhos.

A todas as pessoas que, não mencionadas aqui, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O uso exagerado de fertilizantes agrícolas vem causando diversos danos ambientais. Dessa forma, uma alternativa estratégica ao uso dos fertilizantes é a adoção de substâncias bioestimulantes na agricultura. Com o resultado do levantamento bibliométrico realizado neste trabalho, observou-se que existem uma gama de substâncias com potencial bioestimulante para serem estudadas em diversas culturas agrícolas. Dessa forma, optou-se pelo estudo da ação bioestimulante das folhas de *Moringa Oleífera lam (MOL)* na cultura de soja. Para isso, foram inicialmente realizados estudos de cinética de secagem e análise da folha por FTIR. As análises permitiram inferir a natureza complexa e, conseqüentemente, a riqueza de substâncias com potencial efeito bioestimulante nas folhas de *MOL* que foi comprovado nos testes de germinação utilizando sementes de soja. Nesses testes foi observado um aumento na taxa de germinação e no comprimento da radícula e das plântulas das sementes germinadas quando comparadas com a testemunha. Observou-se, também, que altas concentrações de bioestimulantes são prejudiciais para o desenvolvimento da planta. Sendo assim, foi determinado experimentalmente que a concentração ótima na qual a planta apresentou melhor desenvolvimento foi de 1 g.L⁻¹. Verificou-se, também, a partir de testes de germinação realizados com bioestimulantes que passaram por um processo de secagem em tambor rotativo que altas temperaturas são capazes de degradar as substâncias bioestimulantes presentes na planta. Desta forma, do ponto de vista comercial, é importante determinar a temperatura ótima de secagem das folhas para que o tempo de secagem seja otimizado sem a degradação das substâncias desejadas.

Palavras-chave: Bioestimulantes. Nutrição vegetal. Extratos vegetais. Testes de germinação.

ABSTRACT

The overuse use of agricultural fertilizers has been causing several environmental damages. Thus, a strategic alternative to the use of fertilizers is the use of biostimulant substances in agriculture. With the result of the bibliometric survey carried out in this work, it was observed that there are a range of substances with biostimulant potential to be studied in different agricultural cultures. Thus, we chose to study the biostimulant action of *Moringa Oleífera lam (MOL)* leaves on soybeans. For this, studies of drying kinetics and leaf analysis by FTIR were initially carried out. The analyzes allowed inferring the complex nature and, consequently, the richness of substances with a potential biostimulant effect in *MOL* leaves, which was confirmed in germination tests using soybean seeds. In these tests, an increase in the germination rate and in the length of the radicle and seedlings of the germinated seeds was observed when compared to the control. It was also observed that high concentrations of biostimulants are harmful for plant development. Thus, it was experimentally determined that the optimal concentration at which the plant showed better development was 1 g.L. It was also verified from germination tests carried out with biostimulants that underwent a drying process in a rotating drum that high temperatures are capable of degrading the biostimulant substances present in the plant. Thus, from a commercial point of view, it is important to determine the optimal temperature for drying the leaves so that the drying time is optimized without the degradation of the desired substances. Keywords: Biostimulants. Vegetal nutrition. Plant extracts. Germination tests.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quantidade de documentos por país/território.....	19
Figura 2 - Artigos publicados utilizando a palavra "Biostimulant" nos últimos 10 anos.....	19
Figura 3 - Desempenho por área temática.....	20
Figura 4 - Curvas de secagem das folhas de <i>Moringa Oleifera</i>	32
Figura 5 - Curvas de taxas de secagem.....	33
Figura 6 - Pó da folha de <i>MOL</i> obtido após a trituração no moinho de facas.....	36
Figura 7 – Testes Preliminares de germinação: (a) Teste preliminar 1- Tratamento com 0,005g do pó de <i>MOL</i> / semente; (b) Teste preliminar 2- Tratamento com extrato de <i>MOL</i> a 1 g.L ⁻¹ , utilizando 10 sementes sem fungicida.....	38
Figura 8 - Pós obtidos em temperaturas de secagem de 40, 60, 80 e 100°C.....	41
Figura 9 - Espectros de FTIR para amostra de pó de folhas de <i>MOL</i>	43
Figura 10 - Resultado do teste de germinação preliminar 1, após 9 dias: (1) Testemunha; (2) Sementes tratadas com 0,001 g de pó de <i>MOL</i> ; (3) Sementes tratadas com 0,005 g de pó de <i>MOL</i> ; (4) Sementes tratadas com 0,01 g de pó de <i>MOL</i>	44
Figura 11 - Número de sementes germinadas em função tempo para o teste de germinação preliminar utilizando bioestimulante em pó.	45
Figura 12 - Comprimento médio do hipocótilo e da radícula das plântulas germinadas nos testes preliminares utilizando bioestimulante em pó.....	45
Figura 13 - Comprimento médio do hipocótilo e da radícula das plântulas germinadas nos testes utilizando sementes tratadas com fungicida e bioestimulantes.	47
Figura 14 - Distribuição normal dos testes realizados com a testemunha, extrato in natura e extrato em pó obtido pela secagem do bioestimulante em tambor rotativo.....	49
Figura 15 - Comprimento médio do hipocótilo e da radícula das plântulas germinadas nos testes de germinação utilizando extratos de folhas secas nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100°C. ..	50
Figura 16 - Comprimento médio do hipocótilo e da radícula das plântulas germinadas nos testes de germinação utilizando os hormônios naturais auxina e citocina na forma isolada e combinada.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos bioestimulantes no Brasil	13
Tabela 2 - Artigos mais citados relacionados ao tema (1ª etapa).....	21
Tabela 3 - Artigos mais recentes relacionados ao tema (2ª etapa).....	24
Tabela 4 - Artigos relacionados ao tema no Brasil (3ª etapa).....	27
Tabela 5 - Equações empíricas para ajuste de curvas da cinética de secagem.	31
Tabela 6 - Parâmetros dos ajustes da curva de secagem para diversas correlações nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80°C.....	34
Tabela 7 - Tratamentos e concentrações dos testes de germinação.	39
Tabela 8 – Condições experimentais de secagem para obtenção dos pós de alga <i>Kappaphycus Alvarezii</i> , utilizados nos testes de germinação do Tratamento KP.....	40
Tabela 9 – Condições dos tratamentos utilizados nos testes de germinação para avaliação da temperatura sobre a degradação dos compostos bioativos.	41
Tabela 10 – Condições de tratamentos dos testes de germinação para avaliação do desempenho de hormônios naturais.....	42
Tabela 11 - Média e desvio padrão da soma dos comprimentos do hipocótilo e da radícula dos testes de germinação.....	48
Tabela 12 - Índice de germinação para os tratamentos feitos com a testemunha e com os extratos obtidos da secagem dos pós nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100°C.....	49
Tabela 13 - Índice de germinação para os tratamentos feitos com a testemunha e com os hormônios naturais isoladamente e combinados.	51

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
CAPÍTULO I	12
INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS	12
1.1 OBJETIVOS	16
CAPÍTULO II	17
REVISÃO BIBLIOMÉTRICA	17
2.1 INTRODUÇÃO	17
2.2 MÉTODOS	17
2.3 ESTADO DA ARTE SOBRE BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA ..	18
2.3.1 Primeira etapa: Artigos mais citados relacionados ao tema	20
2.3.2 Segunda etapa: Artigos mais recentes relacionados ao tema	23
2.3.3 Terceira etapa: Artigos mais citados no Brasil relacionados ao tema	26
CAPÍTULO III	30
CINÉTICA DE SECAGEM DAS FOLHAS DE MOL	30
3.1 INTRODUÇÃO	30
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
CAPÍTULO IV	35
EFEITO DOS BIOESTIMULANTES NA GERMINAÇÃO DE SOJA	35
4.1 INTRODUÇÃO	35
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS	36
4.2.1 Preparo e Caracterização das folhas de MOL	36
4.2.2 Preparo dos extratos de MOL	37
4.2.3 Procedimento dos testes de germinação em sementes de soja	37
4.2.4 Testes preliminares	38
4.2.5 Testes de germinação padrão	38
4.2.5.1 Tratamento A - Extrato comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i>	39

4.2.5.2	Tratamentos K e KP- Extratos de <i>Kappaphycus Alvarezii</i> líquido e em pó.....	39
4.2.5.3	Tratamento M - Extrato vegetal de MOL	40
4.2.5.4	Estudo da degradação de compostos bioativos.....	41
4.2.5.5	Estudo do efeito da aplicação direta de hormônios naturais no desenvolvimento de sementes de soja.....	42
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
4.3.1	Análise de FTIR das folhas de MOL.....	42
4.3.2	Teste Preliminar 1 – Germinação com adição do pó de MOL.....	43
4.3.3	Teste preliminar utilizando o extrato do bioestimulante	46
4.3.4	Germinação das sementes de soja com Tratamentos A, K e M.....	46
4.3.5	Germinação das sementes de soja com Tratamentos KP.....	48
4.3.6	Estudo da degradação de compostos bioativos.....	49
4.3.7	Estudo do efeito da aplicação direta de hormônios naturais no desenvolvimento de sementes de soja	51
	CAPÍTULO V.....	53
	CONCLUSÕES	53
	REFERÊNCIAS	54

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

A Organização Mundial das Nações Unidas afirmou que o elevado aumento populacional foi temporariamente atrasado pela pandemia do Covid-19, porém aponta que a população global deve atingir mais de 11,9 bilhões de pessoas até 2050, o que representa um aumento de aproximadamente 23% em relação à população atual (ONU, 2022).

A Embrapa adverte que a produção agrícola mais que triplicou entre 1960 e 2015, porém os impactos ambientais e o desgaste dos recursos naturais decorrentes desse aumento trás incertezas futuras, pois estima-se um aumento de 47% na demanda por alimentos entre 2010 e 2050 (LOPES, 2018).

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas mundiais e atualmente produz seis vezes mais que o necessário para atender as suas necessidades. Foi o único país a aumentar as exportações no período de pandemia, sendo, portanto, o país com maior potencial para crescer na produção agrícola. No ano de 2020 as exportações do agro ultrapassaram 100 bilhões de dólares, cinco vezes mais do que no ano 2000. Os principais produtos exportados foram a soja, carnes e celulose. Um dos entraves do agronegócio brasileiro está na dificuldade de impulsionar a produção local de fertilizantes (DALL'AGNOL, 2020).

Segundo dados divulgados pela Secretaria de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais, a soja é o segundo produto mais exportado pelo Brasil no ano de 2023 (até o mês de junho) ficando atrás somente do minério de ferro e representando 14% no total de exportações realizadas (COMEXSTAT, 2023).

O Brasil lidera a produção a custos competitivos de grandes volumes de commodities agrícolas. Para manter essa liderança, o consumo de fertilizantes tem aumentado ano após ano. O uso excessivo de fertilizantes agrícolas está associado a impactos ambientais relacionados à poluição hídrica, tais como contaminação dos lençóis freáticos, rios, lagos, eutrofização, contaminação do solo por metais pesados, além dos riscos relacionados a toxicidade por esses metais (GOMES et al., 2014).

Dessa forma, uma alternativa estratégica ao uso dos fertilizantes é a adoção de substâncias bioestimulantes na agricultura. Os bioestimulantes são microrganismos ou substâncias orgânicas que aumentam a absorção de nutrientes pelas plantas, promovem o

crescimento, melhoram a tolerância ao estresse biótico e abiótico, aumentam o rendimento e a qualidade das colheitas, dentre outros benefícios (CASTRO, 2006).

Os bioestimulantes são ricos em hormônios naturais, substâncias húmicas e fúlvicas, aminoácidos e nutrientes. Os diferentes tipos de bioestimulantes encontrados no mercado são classificados de acordo com a sua composição principal: bioestimulantes de substâncias húmicas, extratos de algas, extratos vegetais, peptídeos e aminoácidos, derivados microbianos, entre outros (FARIA, 2018).

Bioestimulantes são compostos naturais contendo substâncias ativas e/ou microrganismos que, quando aplicados à planta ou à rizosfera, promovem maior eficiência do uso de nutrientes e um incremento da tolerância a estresses bióticos e abióticos.

Diferente dos fertilizantes, a função dos bioestimulantes não é fornecer nutrientes à planta, no entanto eles atuam no metabolismo das mesmas. São compostos responsáveis pelos processos de absorção de nutrientes, pois facilitam a assimilação, translocação e utilização dos mesmos, aumentando, assim, a sua biodisponibilidade, além de melhorar, também, a tolerância ao estresse abiótico (temperaturas extremas, salinidade, etc.). Os bioestimulantes proporcionam o crescimento e desenvolvimento das plantas desde a germinação da semente até a maturidade, pois promovem a fertilidade do solo e mantêm um ecossistema propício ao desenvolvimento vegetal. Eles têm ação na rizosfera, pois enriquecem o microbioma do solo e propiciam um ambiente melhor para as relações simbióticas com os microrganismos. Favorecendo, portanto, o desenvolvimento das plantas através de uma resposta positiva estrutural e funcional do solo. Dessa forma, os bioestimulantes auxiliam no crescimento e produtividade das culturas agrícolas, pois melhoram o metabolismo vegetal e enriquecem o microbioma do solo.

Os bioestimulantes no Brasil podem ser caracterizados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos bioestimulantes no Brasil

BIOFERTILIZANTES	São aqueles produzido por extratos de algas, aminoácidos, substâncias húmicas e fúlvicas e alguns extratos vegetais.
INOCULANTES	São os produtos que possuem microrganismos fixadores de nitrogênio ou promotores de crescimento.
CONDICIONANTES BIOLÓGICOS DE SOLO	Produtos que contém microrganismos que proporcionam a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividades biológicas do solo.
AGENTES BIOLÓGICOS DE CONTROLE	São os produtos que visam o controle de uma população de microrganismos patogênicos.
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS OU BIODEFENSIVOS	São os produtos cujo objetivo é controlar patógenos e doenças.

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

As principais formas de aplicação dos bioestimulantes são diretamente no solo, nas folhas, nas sementes, em soluções via fertirrigação e hidroponia.

Vale ressaltar que os bioestimulantes não possuem ação direta no controle de pragas e doenças. A bioestimulação é, portanto, complementar ao uso de fertilizantes e defensivos agrícolas.

Os componentes mais comuns dos bioestimulantes são substâncias húmicas e fúlvicas, extratos de algas, extratos vegetais, peptídeos, aminoácidos, derivados microbianos, polímeros como a quitosana, entre outros com comprovada bioatividade.

Bioestimulantes de substâncias húmicas são compostos que contêm ácidos húmicos e fúlvicos. Esses ácidos são formados no solo como subprodutos da decomposição e metabolismo microbiano de resíduos vegetais e animais. Existem diversas formas de aplicação para esses bioestimulantes: diretamente no solo, aplicação foliar, através da água de irrigação ou na incorporação em fertilizantes.

Bioestimulantes de extratos de algas marinhas e extratos vegetais contêm várias substâncias com efeitos bioestimulantes e a qualidade do extrato é influenciada por diversos fatores, dentre eles, o tipo de espécie de alga ou vegetal, a localização, a temperatura da água (no caso das algas), a sazonalidade, as condições climáticas, o processo de extração, etc. Existe uma gama de mecanismos diferentes para a obtenção do extrato que, por consequência, produz uma série de efeitos variados no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Bioestimulantes de peptídeos e aminoácidos são a base das proteínas. Alguns peptídeos se ligam aos receptores celulares e modulam importantes funções fisiológicas das plantas.

Bioestimulantes de derivados microbianos são fungos e bactérias que ajudam na disponibilidade e absorção de nutrientes e melhoram as condições do solo. Os produtos biológicos mais comuns são os que contêm bactérias fixadoras de nitrogênio, bactérias solubilizantes do fósforo e fungos micorrízicos.

Alguns bioestimulantes são compostos de quitosana e outros biopolímeros, além de compostos inorgânicos e fungos promotores de crescimento.

Normalmente, na composição de um bioestimulante, encontram-se misturas complexas de numerosas substâncias derivadas de materiais biológicos, tais como, extratos de algas, extratos vegetais, preparos microbianos, matérias primas animais, substâncias húmicas, resíduos e subprodutos derivados da agro indústria.

Os extratos vegetais são ricos em substâncias bioestimulantes e têm apresentado propriedades bioestimulantes interessantes em diversas culturas (SILVA, 2019).

Bioestimulantes vegetais são compostos de extratos de plantas que apresentam rica composição em hormônios de crescimento naturais, aminoácidos, substâncias húmicas, nutrientes, microrganismos e enzimas.

Segundo de Melo (2002), os hormônios vegetais ou fitormônios são substâncias bioativas produzidas pela planta e capazes de regular determinados processos fisiológicos. Já os reguladores de crescimento são quaisquer substâncias, naturais ou sintéticas, capazes de promover o crescimento e desenvolvimento da planta. Os hormônios vegetais promotores do crescimento são as auxinas, citocinas, giberelinas, ácido abscísico e o etileno

As auxinas promovem o crescimento através do alongamento celular. Participam na iniciação das raízes laterais e na regulação da dominância apical. As citocinas participam na regulação da divisão celular, senescência foliar, mobilização de nutrientes e dominância apical. As giberelinas são responsáveis pela superação de dormência, mobilização das reservas do endosperma e interferência da transição do estado juvenil para o maduro e indução da floração.

O ácido abscísico está relacionado a indução da síntese de proteínas de reserva nas sementes, indução do transporte de fotoassimilados das folhas para as sementes em desenvolvimento e resposta da planta ao estresse hídrico. O etileno tem função reguladora na dormência de sementes, indução de flores e auxilia na formação de raízes adventícias.

Os aminoácidos são sintetizados pelas plantas e possuem diversas funções. As plantas são capazes de sintetizar vinte aminoácidos essenciais para sua sobrevivência. O ácido aspártico é responsável pela translocação do nitrogênio pelo floema. O ácido glutâmico é a principal via de entrada de nitrogênio mineral nos compostos orgânicos nas plantas. A alanina participa da formação e germinação do grão de pólen. A arginina influi na fotossíntese e participa do crescimento, transporte dos nutrientes para as flores, frutos e sementes. Além de estimular processos germinativos. A cisteína está presente na assimilação do enxofre, precursor da lignina. A fenilalanina e tirosina são responsáveis pelos processos de senescência e dormência. A glicina é importante na fotossíntese pois faz parte do processo de síntese de clorofila. A glutamina é usada no transporte de nitrogênio para a parte aérea. A Histidina é um regulador da concentração do ácido aspártico. A isoleucina, leucina e treonina participam na formação de outros aminoácidos. A lisina é ativadora da clorofila e retardadora da senescência. A metionina está presente na assimilação do enxofre e é precursor do hormônio de maturação e senescência (etileno). A prolina é reserva de nitrogênio, utilizada pela planta como defesa contra o déficit hídrico e o estresse térmico. A serina é precursor do triptofano O triptofano é precursor da

síntese do Ácido Indolil Acético, hormônio do crescimento. A valina atua na regulação do crescimento e na maturação dos frutos.

As substâncias húmicas são os constituintes naturais da matéria orgânica do solo e resultam de processos de decomposição das plantas, de resíduos de origem animal e microbiana. Essas substâncias atuam no incremento do comprimento e biomassa das raízes melhorando o processo de captação de nutrientes. Dentro deste grupo estão os ácidos húmico, fúlvico e glutâmico.

Os macronutrientes mais importantes para o desenvolvimento das plantas são o nitrogênio, potássio e fósforo. Além desses, o cálcio, magnésio e enxofre também são essenciais para o seu desenvolvimento. Já os principais micronutrientes são boro, zinco, molibdênio, ferro, manganês e cobre.

A *Moringa Oleifera lam* (MOL) é uma das treze espécies do gênero *Moringa* e família Moringnace. A folha de *moringa oleifera* possui nutrientes vegetais e antioxidantes em considerável quantidade (YANG et al., 2006). Folhas de moringa são fontes de vitamina A e C, ferro, cálcio, riboflavina, b-caroteno e fenólicos. Além disso, suas folhas e óleo contêm poderosos antioxidantes naturais (YASMEEN et al., 2013).

Siddhuraju et al. (2003), observaram propriedades antioxidantes no extrato de folhas de *Moringa Oleifera*. Além disso, notaram que o extrato da folha é enriquecido com zeatina, um derivado do grupo de hormônios vegetais citocina. A zeatina aumenta as propriedades antioxidantes de muitas enzimas e protege as células dos efeitos do envelhecimento das espécies reativas de oxigênio.

1.1 OBJETIVOS

Em consonância com o potencial desempenho agrônômico que os bioestimulantes vegetais apresentam na agricultura, o objetivo geral deste trabalho foi estudar os possíveis efeitos bioestimulantes que a espécie *MOL* apresenta sobre a cultura de soja. Para tal, foi inicialmente realizada uma revisão bibliométrica com base nas plataformas *Scopus*, que será apresentada no Capítulo 2. Em seguida, foram feitos estudos de cinética de secagem e análise por espectrometria de infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) das folhas da *MOL*. Posteriormente foi desenvolvido um extrato vegetal que foi submetido a testes de germinação com sementes de soja para averiguação dos possíveis efeitos bioestimulantes na germinação dessas sementes.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

2.1 INTRODUÇÃO

Pesquisas bibliométricas consistem na aplicação de métodos matemáticos e estatísticos para o levantamento de teses, artigos, monografias e outros meios de comunicação (GLÄNZEL, 2003).

As técnicas bibliométricas permitem mensurar, interpretar e avaliar os resultados das buscas, que são análises quantitativas, com o objetivo de mensurar a produção e a disseminação científica. As bases de dados são sistemas de indexação de periódicos, livros, teses, relatórios, anais de eventos dentre outros, que facilitam as buscas por referências bibliográficas (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012).

As bases de dados facilitam a recuperação e utilização do conhecimento científico em pesquisas e, além disso, contribuem estabelecendo indicadores que sinalizam, dentre outras coisas, o potencial de impacto de um determinado periódico em uma área de conhecimento (PODSAKOFF et al., 2005).

De acordo com (COUTINHO, 2022), os principais objetivos da revisão bibliométrica são identificar tendências e crescimento do conhecimento em determinados campos de pesquisa, conhecer o grau de colaboração entre autores, analisar processos de citação, dentre outros. Sendo assim, o autor é capaz explorar referências e identificar demandas relacionadas ao seu tema de estudo. Compreender essas tendências facilita o processo de condução da pesquisa.

Dessa forma, nesse trabalho foi realizada inicialmente uma revisão bibliométrica com base nas plataformas *Scopus*. Para o mapeamento dos dados foi utilizado o portal de periódicos da Capes e os resultados dos artigos de maior impacto foram apresentados e discutidos. Essa revisão serviu de suporte para o desenvolvimento do bioestimulante à base de extrato vegetal com potencial desempenho agronômico.

2.2 MÉTODOS

Para esta revisão bibliométrica foram identificados na base de dados *Scopus*, artigos publicados nas principais revistas científicas, que continham a palavra “*biostimulant*” no título,

resumo ou palavras-chaves. Em seguida, a pesquisa foi limitando a artigos que trabalharam com planejamento experimental. Dos artigos encontrados pela Plataforma, foi feito um estudo manual em busca dos artigos mais recentes – publicados nos últimos 10 anos – e mais citados relacionados ao tema de pesquisa.

Para chegar à amostra final de artigos, este trabalho adotou um processo sistemático de 3 etapas, nas quais foram feitas buscar por palavras chaves, sendo elas:

- Palavras-chaves relacionadas ao projeto de pesquisa: “*biostimulants*”;
- Palavras-chaves relacionadas ao planejamento experimental: “*experimental design*” or “*central composite*” or “*surface response*” or “*factorial design*”.

As etapas do processo estão descritas a seguir:

1ª etapa: os artigos foram ordenados por ordem de citação e foi feita uma busca pelos artigos mais citados relacionados ao tema.

2ª etapa: os artigos foram ordenados por ordem de data de publicação e foi feita uma busca pelos artigos mais recentes – publicados nos últimos 10 anos – relacionados ao tema.

3ª etapa: foi aplicado um filtro de pesquisa por país de publicação e foi feita uma busca pelos artigos mais citados e pelos artigos mais recentes relacionados ao tema no Brasil.

Foram selecionados dez artigos em cada uma das etapas, perfazendo um total de trinta artigos analisados. Para a seleção destes artigos foi feita uma revisão para determinar a relevância dos artigos. Este processo de revisão levou à exclusão dos artigos não relacionados diretamente com o tema do projeto de pesquisa.

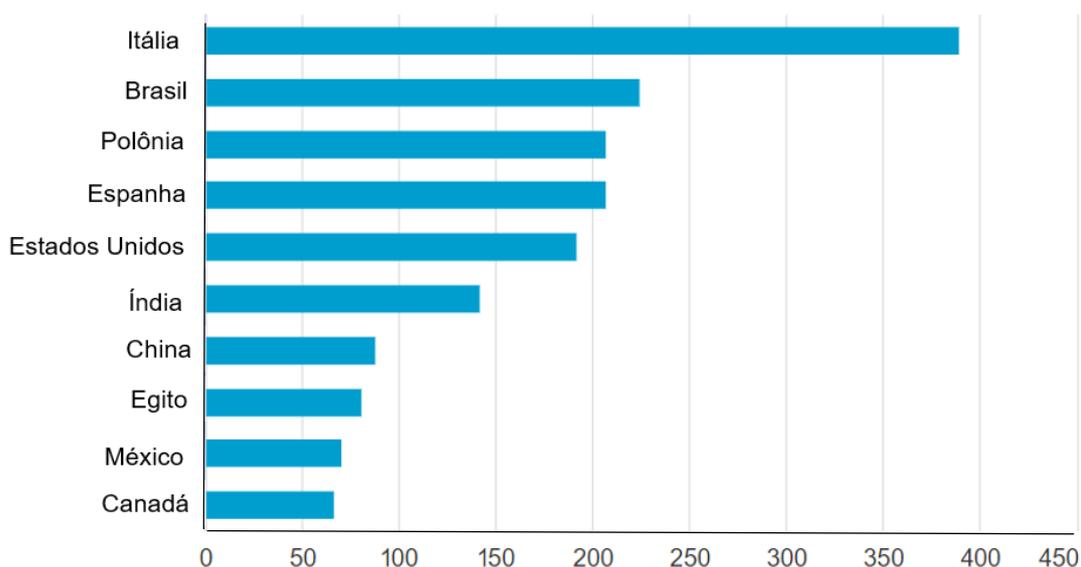
2.3 ESTADO DA ARTE SOBRE BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA

Nesta revisão bibliométrica foram identificados um total de dois mil cento e sessenta e sete artigos na base de dados *Scopus*, publicados nas principais revistas científicas, que continham a palavra “*biostimulant*” no título, resumo ou palavras-chaves. A Itália é líder em pesquisa sobre bioestimulantes no mundo, seguida pelo Brasil (Figura 1).

França, Itália e Espanha lideram a produção de bioestimulantes na Europa. (STADNIK; ASTOLFI; DE FREITAS, 2017). Porém, com base em análises da Figura 1, pode-se observar que a França, apesar de liderar a produção de bioestimulantes, não possui quantidade significativa de pesquisas nesta área. Ainda segundo Stadnik; Astolfi; de Freitas (2017), no Brasil, as principais empresas produtoras e comercializadoras de compostos e microrganismos, com efeito bioestimulante, se encontram nas regiões Sul e Sudeste.

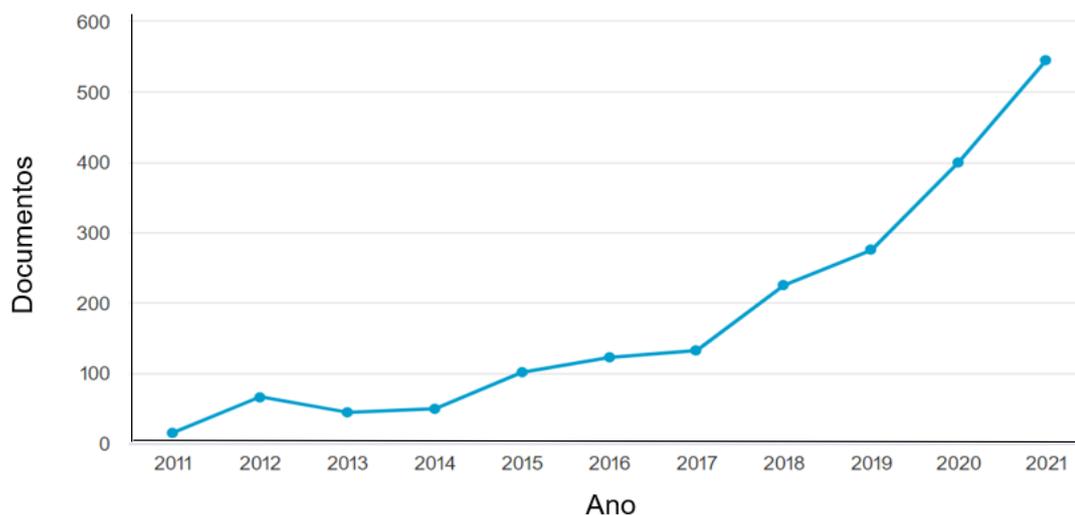
Do total de artigos, um mil novecentos e setenta e quatro foram publicados nos últimos 10 anos (Figura 2) e limitando a pesquisa para artigos que trabalharam com planejamento experimental, este número se reduz para oitenta e sete artigos, sendo cinquenta brasileiros.

Figura 1 - Quantidade de documentos por país/território



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

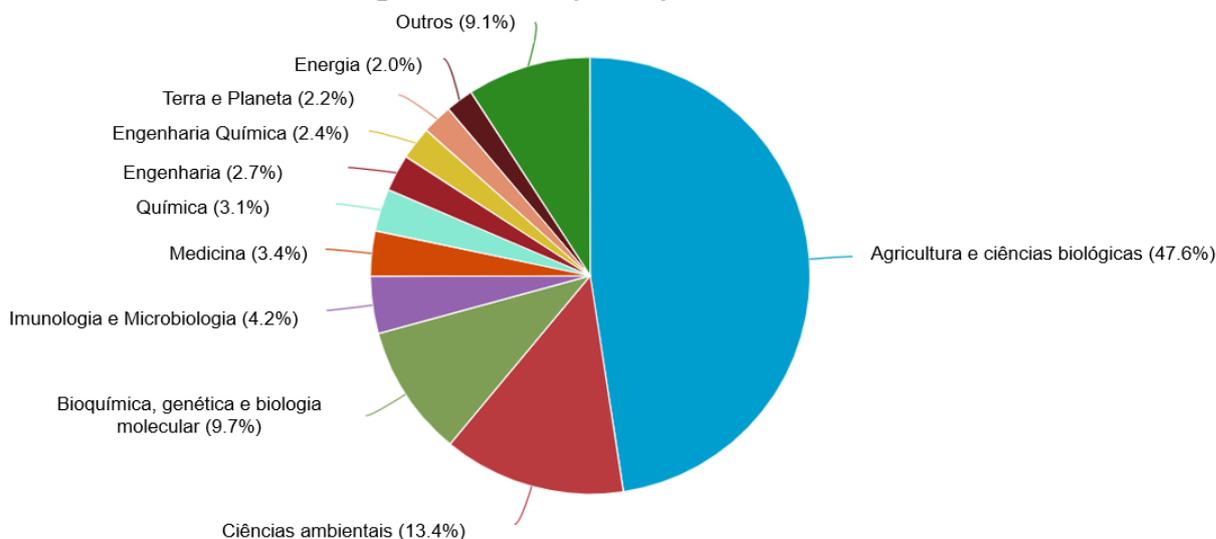
Figura 2 - Artigos publicados utilizando a palavra "Biostimulant" nos últimos 10 anos.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

A Figura 3 mostra que a área de "Agricultura e Ciências Biológicas" é a área na qual existe a maior quantidade de trabalhos relacionados ao tema desta pesquisa (47,6%), seguida pela área de "Ciências Ambientais" (13,4%), "Bioquímica, genética e biologia molecular" (9,7%) e "Imunologia e Microbiologia" (4,2%).

Figura 3 - Desempenho por área temática



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Os artigos selecionados em cada uma das três etapas do processo de construção desta revisão bibliométrica, assim como uma pequena abordagem de cada um desses artigos serão abordados a seguir:

2.3.1 Primeira etapa: Artigos mais citados relacionados ao tema

A Tabela 2 apresenta os dez artigos mais citados relacionados ao tema de pesquisa.

Ertani et al. (2014) pesquisaram o efeito da aplicação de bioestimulantes derivados de alfafa e uva vermelha em plantas de *Capsicum Chinensis* utilizando um delineamento experimental fatorial a três níveis. Os efeitos foram registrados na floração e maturidade das plantas e os resultados revelaram que ambos os bioestimulantes promoveram o crescimento das plantas e a produção de metabólitos secundários, como os fenóis.

Dalal et al. (2019) usaram um sistema de fenotipagem funcional de alto rendimento para rastrear os efeitos de dois bioestimulantes comerciais (extrato de algas marinhas e fórmula de metabólito) em *Capsicum Annuum* sob diferentes regimes de irrigação. A combinação de dois tipos de tratamento (bioestimulantes e seca) permitiu aos autores avaliarem a precisão e resolução do sistema na investigação do efeito dos bioestimulantes na tolerância à seca. Para o tratamento experimental foi utilizada análise de regressão considerando $p < 0,05$ como significância estatística. Os dois bioestimulantes estudados melhoraram a transpiração geral e o ganho de biomassa em comparação com as plantas de controle.

Tabela 2 - Artigos mais citados relacionados ao tema (1ª etapa)

Ordem	Referência	Título
1	ERTANI <i>et al.</i>	Capsicum Chinensis L. growth and Nutraceutical Properties are Enhanced by Biostimulants in a long-term Period: Chemical and Metabolomic Approaches
2	DESOKY <i>et al.</i>	Natural Biostimulants Improve Saline Soil Characteristics and Salt Stressed-Sorghum Performance
3	BERTOLIN <i>et al.</i>	Increase of the Productivity of the Soybean Crop with the Application of Biostimulants
4	DE OLIVEIRA <i>et al.</i>	Interação entre Salinidade e Bioestimulante na Cultura do Feijão Caupi
5	DALAL <i>et al.</i>	Dynamic Physiological Phenotyping of Drought-Stressed Pepper Plants Treated with “Productivity-Enhancing” and “Survivability-Enhancing” Biostimulants
6	LANA <i>et al.</i>	Application of Plant Growth Regulators in the Bean Crop
7	KHAN <i>et al.</i>	Combined Application of Moringa Leaf Extract and Chemical Growth-Promoters Enhances the Plant Growth and Productivity of Wheat Crop (<i>Triticum Aestivum</i> L.)
8	DE OLIVEIRA <i>et al.</i>	Produção de Feijão Caupi em Função da Salinidade e Regulador de Crescimento
9	SILVA <i>et al.</i>	Produtividade e Qualidade Tecnológica da Soqueira de Cana-de-Açúcar Submetida à Aplicação de Biorregulador e Fertilizantes Líquidos
10	DOS SANTOS <i>et al.</i>	Stimulate® na Germinação de Sementes, emergência e Vigor de Plântulas de Girassol

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Desoky et al. (2018) estudaram os efeitos das aplicações de substâncias húmicas (SH) no solo e a aplicação foliar de extrato de folha de moringa (EFM) em plantas de sorgo sob condições de estresse salino. O tratamento experimental empregado pelos autores consistiu no delineamento experimental fatorial a três níveis com dois fatores para SH e dois fatores para EFM, totalizando doze experimentos. Os autores concluíram que a aplicação interativa de SH e EFM é mais eficaz para superação dos efeitos nocivos do estresse salino do solo.

Khan et al. (2020) conduziram um estudo para avaliar o potencial de aumento do crescimento da cultura de trigo com aplicação de um bioestimulante de extrato de folha de

moringa sozinho e combinado com peróxido de hidrogênio, ácido salicílico e ácido ascórbico. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com arranjos de parcelas subdivididas em três repetições. Os autores verificaram que, notavelmente, a aplicação de extrato de folha de moringa sozinho retrata um papel benéfico em termos de produção biológica e econômica de trigo semeado tardiamente.

Bertolin et al. (2010) empregaram um bioestimulante composto por citocinina, ácido indolbutírico e ácido giberélico via semente e via foliar em um cultivar convencional de soja e em outro cultivar de soja geneticamente modificado utilizando um delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Os autores observaram que a cultivar convencional proporcionou maior produção do que a cultivar transgênica. Além disso, a utilização do bioestimulante incrementou o número de vagens por planta e a produtividade de grãos, e os resultados para aplicação via semente e via foliar não diferiram entre si. Na produtividade de grãos, o tratamento com bioestimulante proporcionou aumento de 37% em relação à testemunha.

De Oliveira et al. (2013) estudaram a interação entre a salinidade e o uso do *Stimulate*® sobre o desenvolvimento de feijão caupi. O experimento obedeceu a um delineamento fatorial inteiramente casualizado a dois níveis de sais na água e sete fatores para aplicação do bioestimulante. Nas formas de aplicação adotadas, o bioestimulante não proporcionou melhorias no desenvolvimento das plantas quando submetidas ao estresse salino, pois a salinidade inibiu o efeito benéfico do bioestimulante sobre o desenvolvimento do feijão caupi. Em outro trabalho, De Oliveira et al. (2015) utilizaram um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4, sendo quatro concentrações salinas na água de irrigação e quatro concentrações do *Stimulate*®) aplicados por pulverização. A análise dos dados deste trabalho revelou que houve interação significativa entre os fatores para a maioria das variáveis. O uso de concentrações elevadas de bioestimulante potencializou o efeito deletério da salinidade da mesma forma como o uso de água com alta salinidade inibiu o efeito do bioestimulante no rendimento da cultura.

Lana et al. (2009) avaliaram a aplicação de regulador de crescimento *Kelpak*® e *Stimulate*® utilizando diferentes doses e formas de aplicação via semente e foliar. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com onze tratamentos e quatro repetições. A aplicação do bioestimulante resultou em maior produtividade em relação à aplicação isolada, ou seja, somente via semente ou somente via foliar.

Silva et al. (2010) avaliaram a aplicação de dois biorreguladores (etefon e *Stimulate*®), associados ou não a fertilizantes líquidos, na rebrota e na produtividade da soqueira de cinco genótipos de cana-de-açúcar. Os autores utilizaram o delineamento em blocos inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x5. O etefon proporcionou melhor perfilhamento, mas a resposta foi dependente do genótipo; o que não refletiu em maior produtividade. A aplicação de *Stimulate*® e fertilizantes líquidos não proporcionou efeitos na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, porém houve indícios de aumento da longevidade dos canaviais.

Dos Santos et al. (2013) avaliaram a ação do *Stimulate*® na germinação de sementes, emergência e vigor de plântulas de girassol. Foi utilizado um delineamento experimental fatorial inteiramente casualizado 3x6, com 4 repetições de 50 sementes em cada rolo de papel germitest para o teste de germinação. O teste de vigor de plântula seguiu um delineamento fatorial 3x2 inteiramente casualizado. Os resultados indicaram que a pré-embebição das sementes de girassol com o bioestimulante vegetal *Stimulate*® incrementou a germinação e promoveu a germinação de plântulas mais vigorosas reduzindo a porcentagem de plântulas anormais. No entanto, períodos prolongados de pré-embebição aumentaram a porcentagem de plântulas anormais.

2.3.2 Segunda etapa: Artigos mais recentes relacionados ao tema

A Tabela 3 apresenta os dez artigos mais recentes relacionados ao tema de pesquisa.

Schiattone et al. (2021) avaliaram a resposta da azoxistrobina e de um extrato de algas marrons e levedura nas plantas de rúcula. Para isso, foi utilizado um delineamento experimental em parcelas subdivididas com três repetições. A azoxistrobina, além de ser um fungicida eficaz no controle de algumas doenças de rúcula, também apresentou melhoras na produção e no prazo de validade da rúcula; enquanto o extrato de algas marrons e levedura causou aumento na produção, mas reduziu a atividade antioxidante da planta, além de não causar variações substanciais no prazo de validade.

Neshev et al. (2021) avaliaram o potencial de três bioestimulantes comerciais para melhorar a recuperação de plantas de abóboras danificadas por imazamox em um delineamento experimental que incluiu cinco tratamentos realizados em triplicata. As observações mostraram que a aplicação de imazamox causou um ligeiro efeito negativo nas plantas de abóboras. As plantas que receberam aplicação dos bioestimulantes se recuperaram mais rápido e desenvolveram um maior número de frutos por planta com maior peso de frutos.

Ottaiano et al. (2021) avaliaram o efeito de um bioestimulante vegetal contendo triacontanol (TRIA), que pretende reduzir o acúmulo de nitrato nas folhas, com base no rendimento e na qualidade da folha de alface. O delineamento experimental consistiu em uma combinação fatorial de três níveis de fertilização com nitrogênio e duas aplicações de bioestimulante. A fertilização com nitrogênio resultou em um aumento de 40% na produtividade em relação à testemunha; enquanto a aplicação do bioestimulante aumentou o rendimento em 21%. Ambos melhoraram todos os parâmetros de crescimento e a aplicação de bioestimulante aumentou a eficiência do uso de nitrogênio em 23% em relação às plantas não tratadas.

Tabela 3 - Artigos mais recentes relacionados ao tema (2ª etapa)

Ordem	Referência	Título
1	SCHIATTONE <i>et al.</i>	Effects of Nitrogen, Azoxystrobin and a Biostimulant Based on Brown Algae and Yeast on Wild Rocket Features at Harvest and During Storage
2	NESHEV <i>et al.</i>	Recovering Effect of Biostimulant Application on Pumpkins (<i>Cucurbita Moschata</i> Duchesne ex Poir.) Treated with Imazamox
3	OTTAIANO <i>et al.</i>	Biostimulant Application under Different Nitrogen Fertilization Levels: Assessment of Yield, Leaf Quality, and Nitrogen Metabolism of Tunnel-Grown Lettuce
4	TERNUS <i>et al.</i>	Kale Seed Priming with Red Seaweed Biostimulant
5	AGBODJATO <i>et al.</i>	Efficacy of Biostimulants Formulated With <i>Pseudomonas putida</i> and Clay, Peat, Clay-Peat Binders on Maize Productivity in a Farming Environment in Southern Benin
6	BASILE <i>et al.</i>	Plant-Based Biostimulant as Sustainable Alternative to Synthetic Growth Regulators in Two Sweet Cherry Cultivars
7	FOROTAGHE <i>et al.</i>	Physiological and Biochemical Responses of Onion Plants to Deficit Irrigation and Humic Acid Application
8	REYES-PÉREZ <i>et al.</i>	Effect of Chitosan on the Vegetative Propagation of Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) by Stem Cutting
9	DOS SANTOS <i>et al.</i>	Trichoderma in the Promotion of Growth and Nutrition of Dwarf Cashew Rootstock
10	DE MORAES <i>et al.</i>	Yield and Biometry of Fertilized Sugar Cane with Organomineral Fertilizer of Sewage Sludge and Biostimulant

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Ternus et al. (2021) avaliaram o efeito do priming de sementes de couve com bioestimulante de algas vermelhas sobre o potencial fisiológico, a saúde das sementes e a tolerância a altas temperaturas de germinação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x4. Os resultados foram submetidos à análise de variância, teste de Tukey (temperaturas) e regressão (doses). O uso do bioestimulante não promoveu o potencial fisiológico de sementes de couve.

Agbodjato et al. (2021) estudaram a eficácia de bioestimulantes sólidos formulados a partir da rizobactéria *Pseudomonas Putida* e diferentes ligantes no cultivo de milho. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados de quatro tratamentos com onze repetições por área de estudo. As diferentes formulações de bioestimulantes foram observadas como melhores do que a prática dos agricultores em todas as zonas e para todos os parâmetros avaliados.

Basile et al. (2021) estudaram o impacto da aplicação foliar de um novo extrato de planta tropical, realizada entre a plena floração e a frutificação, sobre a produtividade e a qualidade do fruto de duas importantes cultivares comerciais de cereja doce. Para o estudo foi utilizado um delineamento de blocos completos ao acaso com três repetições. Em ambas as cultivares, o extrato de planta tropical induziu aumentos significativos na produção de frutos.

Forotaghe et al. (2021) estudaram as respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de cebola ao déficit de irrigação e aplicação de ácido húmico em um planejamento fatorial com quatro repetições. Os resultados indicaram que o ácido húmico beneficiou o crescimento da cebola, particularmente sobre condições de irrigação deficitária.

Reyes-Pérez et al. (2021) estudaram o efeito do bioestimulante *Quitomax*®, cujo principal ingrediente bioativo é a quitosana sobre duas variedades comerciais de cacau. O delineamento experimental foi um arranjo fatorial com duas variedades de cacau e três concentrações de quitosana, com três repetições por tratamento. O bioestimulante *Quitomax*® promoveu aumento significativo nas variáveis de crescimento vegetativo avaliadas nas variedades de cacau em relação aos controles.

Dos Santos et al. (2021) avaliaram a capacidade de cepas de *Trichoderma* (*T. longibrachiatum* e *T. asperellum*) em promover o crescimento e melhorar a nutrição de porta-enxerto de cajueiro-anão. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três tratamentos e dez repetições. A cepa *Trichoderma longibrachiatum* promoveu aumento do crescimento do porta-enxerto, sendo, portanto, indicada a sua utilização como suplemento do substrato de plantio.

De Moraes et al. (2020) determinaram a eficiência de um fertilizante organomineral formulado à base de lodo de esgoto em substituição ao fertilizante mineral no cultivo da cana-de-açúcar em ambientes com diferentes níveis de fertilidade do solo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial $5 \times 2 + 1$ sendo cinco doses, com e sem bioestimulante e mais um adicional com fertilização mineral, em quatro repetições. Em uma das culturas não houve contribuição do bioestimulante no rendimento; enquanto na outra foi observado incremento de produtividade da cana-de-açúcar.

2.3.3 Terceira etapa: Artigos mais citados no Brasil relacionados ao tema

A Tabela 4 apresenta os dez artigos relacionados ao tema de pesquisa no Brasil, sendo os cinco mais citados e os cinco mais recentes.

Neta et al. (2018) avaliaram o efeito da aplicação do bioestimulante em sementes de maxixeiro em condições de estresse salino utilizando um delineamento experimental em parcelas subdivididas, a parcela principal representada por dois níveis de salinidade da água de irrigação e a subparcela composta por cinco doses de bioestimulante aplicados via tratamento de sementes, em cinco repetições. Segundo os autores, a salinidade da água de irrigação reduziu todas as variáveis analisadas, independentemente da dose de bioestimulante; o uso de bioestimulante, na ausência do estresse salino, proporcionou aumento do número de folhas, ramos, comprimento do maior ramo e do acúmulo de biomassa. O bioestimulante não foi eficiente para reduzir o efeito da salinidade sobre a produção de maxixeiro, mas aumentou a produção de frutos, independentemente da salinidade. Os autores avaliaram o efeito do tratamento de sementes com bioestimulante em diferentes substratos na produção de mudas de maxixeiro utilizando delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2×9 (presença ou ausência do bioestimulante) x 9 (diferentes substratos formulados). Houve interação significativa entre os fatores estudados para a maioria das variáveis analisadas, demonstrando que a eficiência do bioestimulante está relacionada à condição de umidade e nutrientes proporcionada pelo substrato.

Palangana et al. (2012) avaliaram o efeito da utilização do bioestimulante *Stimulate*® em plantas de pimentão enxertadas e não enxertadas, em ambiente protegido, no aumento de produção utilizando um delineamento experimental de blocos casualizados, no esquema fatorial 2×6 , referente a plantas enxertadas e pé-franco e seis doses do *Stimulate*® com quatro repetições. Segundo os autores, as plantas enxertadas foram mais produtivas em relação às plantas pé-franco, produzindo frutos de características agronômicas superiores.

Tabela 4 - Artigos relacionados ao tema no Brasil (3ª etapa)

Ordem	Referência	Título	
1	NETA <i>et al.</i>	Gherkin Cultivation in Saline Medium Using Seeds Treated with a Biostimulant	Mais citados
2	PALANGANA <i>et al.</i>	Ação Conjunta de Citocinina, Giberelina e Auxina em Pimentão Enxertado e não Enxertado sob Cultivo Protegido	
3	CAVALCANTE <i>et al.</i>	A New Approach to Induce Mango Shoot Maturation in Brazilian Semi-Arid Environment	
4	MARTINS <i>et al.</i>	Postharvest Characteristics of Watermelon Cultivars Conducted in the Field with the Crop Set® Biostimulant	
5	DE MORAIS <i>et al.</i>	Nutrient Acquisition and Eucalyptus Growth Affected by Humic Acid Sources and Concentrations	
6	DA SILVA <i>et al.</i>	Biostimulant Alleviates Abiotic Stress of Mango Grown in Semiarid Environment	Mais recentes
7	MUDO <i>et al.</i>	Leaf Gas Exchange and Flowering of Mango Sprayed with Biostimulant in semi-arid Region	
8	CAVALCANTE <i>et al.</i>	Eficiência dos Bioestimulantes no Manejo do Déficit Hídrico na Cultura da Soja	
9	SOUZA <i>et al.</i>	Exogenous Application of Biostimulant in Zucchini (<i>Cucurbita pepo</i> L.) Subjected to Salt Stress	
10	PERIPOLLI <i>et al.</i>	Use of Seed+® and Crop+® Bioestimulants on the Quality of Tomato Fruits under Water Stress	

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2021

Cavalcante et al. (2018) realizaram um experimento para avaliar a utilização de um bioestimulante vegetal contendo *Ascophyllum nodosum* para induzir a maturação do caule da manga cv. Palmer cultivado em ambiente semi-árido. O delineamento experimental consistiu em blocos ao acaso com quatro tratamentos, dez repetições e cinco plantas por parcela. Os autores recomendaram para a produção de manga cv. Palmer a estratégia de maturação de rebentos utilizando bioestimulante contendo *Ascophyllum nodosum* alternado com fertilizante K a partir de 30 dias após PBZ.

Martins et al. (2013) avaliaram as características pós-colheita dos frutos de duas cultivares de melancias conduzidas em campo com o bioestimulante *Crop Set® TM* utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2 com quatro repetições de seis frutos. Os dados foram submetidos à ANOVA e para comparação das médias dos tratamentos foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Houve interação significativa entre os fatores analisados para a acidez titulável dos frutos. A aplicação *Crop Set® TM* influencia o comprimento da fruta e os sólidos solúveis. Durante o cultivo, houve efeito significativo sobre o peso médio do fruto, espessura da polpa, pH e firmeza. O *Crop Set® TM* resultou em maior teor de sólidos solúveis nos frutos.

De Moraes, et al (2018) avaliaram o efeito de fontes e concentrações de ácido húmico na matéria seca, eficiência de acúmulo e absorção (UpE) de nutrientes por mudas de eucalipto cultivadas em solução nutritiva utilizando um delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x4+1, em que três fontes de ácido húmico, derivadas de diferentes ácidos húmicos comerciais. O estudo permitiu concluir que o efeito bioestimulante de ácido húmico garantiu maior aquisição de nutrientes pelas mudas de eucalipto, promovendo maior crescimento e produção de matéria seca da parte aérea e raiz em baixas concentrações de ácido húmico. Contudo, os ácidos húmicos e suas concentrações não garantiram otimização da eficiência de absorção de nutrientes pelas mudas de eucalipto.

Da Silva et al. (2020) utilizaram um bioestimulante de plantas contendo extrato de levedura e aminoácidos na atenuação do estresse abiótico em plantas de manga em ambiente semiárido. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos, cinco repetições e cinco plantas por parcela. pulverização foliar com bioestimulante durante a fase de maturação da parte aérea das mangueiras cultivadas no semiárido tropical aliviou o stress abiótico das plantas.

Mudo et al. (2020) avaliaram o efeito de bioestimulante contendo aminoácidos e extrato de levedura nas respostas fisiológicas e reprodutivas de mangueira durante a fase de maturação de ramos, em condição semiárida tropical utilizando o mesmo delineamento experimental de da Silva et al. (2020), Os pesquisadores verificaram que houve efeito positivo do bioestimulante contendo aminoácidos e extrato de levedura na transpiração, concentração interna de CO₂, eficiência do uso da água e no número de gemas reprodutivas e não-diferenciadas da mangueira cultivada em condição semiárida tropical, com efeito atenuador no estresse abiótico vegetal.

Cavalcante et al. (2020) avaliaram as características fisiológicas e a produtividade de grãos da soja submetida a aplicação de diferentes bioestimulantes a base de macronutrientes,

micronutrientes, aminoácidos, extratos vegetais e outras substâncias e complexos naturais. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições. Os bioestimulantes promoveram maior resiliência no déficit hídrico e aumentos fisiológicos e de produtividade expressivos na cultura da soja, além de proporcionar uma maior proteção à planta, mostrando a eficiência do uso dos bioestimulantes em promover maior capacidade de suportar um período de déficit hídrico.

Souza et al. (2020) avaliaram a aplicação exógena de bioestimulante *Stimulate*[®] em abobrinha em condições de estresse salino tanto em laboratório como em casas de vegetação. Os testes em laboratório utilizaram, o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3 com quatro repetições de 25 sementes. Os testes em casa de vegetação utilizaram o delineamento experimental inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2x6 com quatro repetições, sendo dois níveis de salinidade da água de irrigação e seis formas de aplicação do bioestimulante via sementes e folha. Os autores observaram que o tratamento de sementes de abobrinha com *Stimulate*[®] na dosagem de 10mL.L⁻¹, durante 8 h, mostrou-se viável e resultou em mudas vigorosas quando irrigadas com água salina de 5,0 dS.m⁻¹.

Peripolli et al. (2020) avaliaram os efeitos dos bioestimulantes *Seed*⁺[®] e *Crop*⁺[®] na qualidade de frutos de tomateiro induzidas ao estresse hídrico. O experimento foi conduzido em casas de vegetação utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema trifatorial 2x2x6, sendo os fatores: época de aplicação (florescimento e frutificação), condições hídricas do solo e bioestimulantes. Os autores concluíram que em condições de deficiência hídrica, os frutos das plantas tratadas com os bioestimulantes *Seed*⁺[®] e *Crop*⁺[®] tiveram maiores valores de pH, sólidos solúveis totais e acidez titulável em comparação com as plantas que não receberam os bioestimulantes. Além disso, os bioestimulantes *Seed*⁺[®] e *Crop*⁺[®] mantiveram a qualidade de frutos de tomateiro até 18 dias após a colheita.

CAPÍTULO III

CINÉTICA DE SECAGEM DAS FOLHAS DE MOL

3.1 INTRODUÇÃO

A seleção do método de extração mais conveniente para a preparação do extrato vegetal é de extrema importância econômica, visto que o processo de extração ideal é aquele no qual seja possível extrair a maior quantidade de compostos bioestimulantes sem que haja a degradação dos mesmos. Neste caso, altas temperaturas favorecem o processo de extração, entretanto podem degradar substâncias bioativas.

Sendo assim, foi feito um estudo de secagem para a determinação da cinética de secagem das folhas de MOL.

O mecanismo de secagem ocorre por vaporização térmica promovendo a remoção de água de determinado material na forma de vapor. Esses mecanismos podem ser divididos em naturais e artificiais. Um método natural de secagem é a secagem solar que utiliza energia térmica solar para remover a umidade dos materiais (TOSHNIWAL; KARALE, 2013). Métodos artificiais de secagem, como secagem por convecção, leite fluidizado, leite de jorro, secagem por infravermelho (IR), secagem por micro-ondas, secagem por dessecante, liofilização, secagem osmótica, pulso, secagem por vapor superaquecido e secagem por bomba de calor são muito eficientes em termos de redução do tempo de secagem, melhor qualidade e controle sobre vários parâmetros de secagem, como temperatura, fluxo de ar, umidade relativa e assim por diante (DELFIYA et al., 2022).

O método de secagem por infravermelho (IR) consiste em expor o material de estudo à radiações eletromagnéticas com comprimentos de onda que variam de 0,75 a 100 μm . Esse tipo de secagem possui diversas vantagens, entre elas a facilidade de manipulação do equipamento de secagem, respostas rápidas, além de economia de energia quando se trata de processos industriais (SANDU, 1986).

Vários autores citados por Celestino (1998), afirmam que a transferência de massa no processo de secagem se dá principalmente pelo processo de difusão.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi realizado em um determinador de umidade por infravermelho (Quimis ISSO 9001, modelo Q533M2) e foram feitos ensaios de secagem nas temperaturas de 40, 50,

60, 70 e 80°C. Para a realização dos ensaios uma amostra das folhas foi distribuída sobre a bandeja, de tal forma que formasse uma camada delgada, a fim de permitir que a secagem ocorresse de forma homogênea. Durante a secagem a massa foi obtida em intervalos de dez segundos. A razão de umidade foi determinada pela Equações 1.

$$RU_i = \left(\frac{X_{bsi} - X_e}{X_{bs0} - X_e} \right) \quad (1)$$

na qual: X_{bsi} é a umidade em base seca no instante i , X_e é a umidade de equilíbrio e X_{bs0} é a umidade em base seca inicial.

Para a análise dos dados foi adotada a hipótese de equilíbrio dinâmico na qual foi considerada que a umidade no equilíbrio equivale a 90% da umidade final em base seca, em cada experimento.

A taxa de secagem (N) foi obtida através da razão entre a variação da razão de umidade em cada instante pela variação do tempo, de acordo com a Equação 2.

$$N = \frac{\Delta RU_i}{\Delta t} \quad (2)$$

Os dados obtidos no estudo se secagem foram ajustados aos parâmetros das equações mais empregadas na literatura que descrevem a cinética de secagem, disponíveis na Tabela 5 (GOMES et al., 2020).

Os ajustes foram realizados utilizando o software Microsoft Excel[®]. Para isso foram calculados os parâmetros cinéticos de cada modelo por regressão não-linear. Em seguida, determinou-se o modelo com maior coeficiente de correlação quadrático.

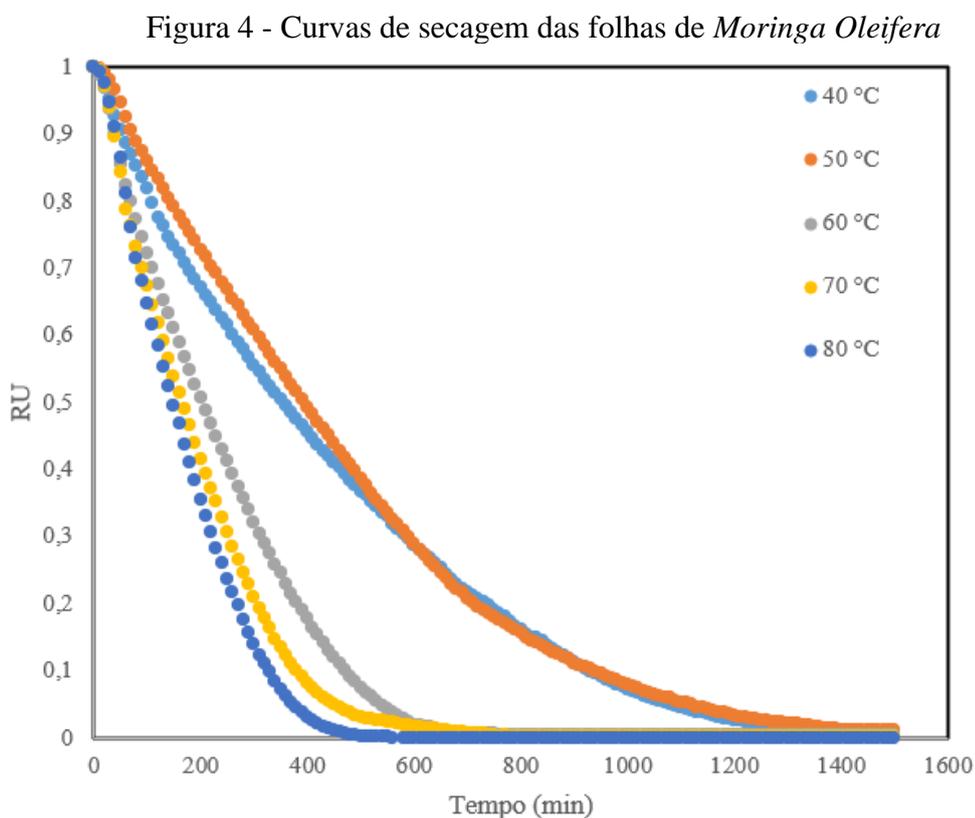
Tabela 5 - Equações empíricas para ajuste de curvas da cinética de secagem.

Modelo	Equação	
Newton	$RU = \exp[-K.t]$	(3)
Brooker	$RU = c \cdot \exp[-K.t]$	(4)
Henderson e Henderson	$RU = c \cdot \exp[-K.t] + 1/9 \exp(-9K.t)$	(5)
Overhults	$RU = \exp[-(a \cdot \exp(a+b/T_i))t^n]$	(6)
Logarítmico	$RU = c \exp(-K.t) + d$	(7)
Midili	$RU = c \exp(-K.t^n) + b_1.t$	(8)
Dois termos	$RU = c \exp(-K.t) + (1-c) \exp(-K.c.t)$	(9)
Page	$RU = \exp[-K.t^n]$	(10)
Brooker	$RU = c \exp[-K.t]$	(11)

Fonte: (GOMES et al., 2020)

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No estudo de secagem foi avaliada a perda de umidade durante a secagem das folhas de *MOL* em temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80°C. A Figura 4 apresenta as curvas de secagem referentes à razão de umidade em função do tempo para as diferentes temperaturas estudadas.



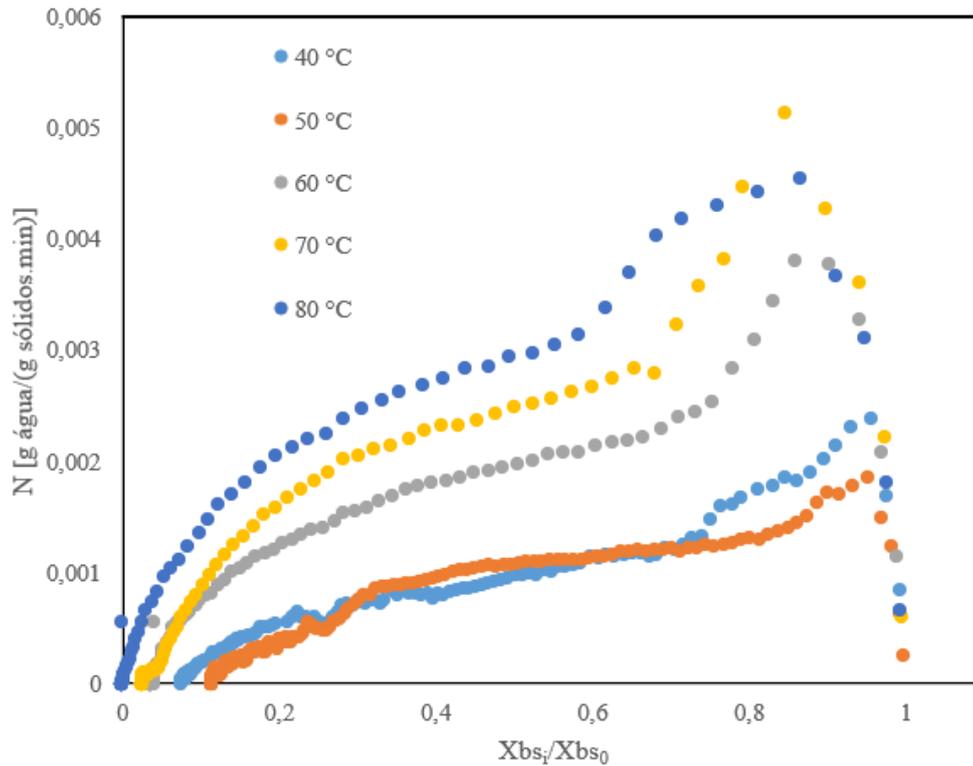
Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

A partir da Figura 4 pode-se observar que o tempo de secagem é inversamente proporcional à temperatura. Sendo assim, em temperaturas maiores a velocidade de secagem aumenta. Nota-se, também, que a curva de secagem apresenta o mesmo comportamento para todas as temperaturas. Para todas as curvas a perda do teor de umidade é mais rápida no início da secagem, pois no início há mais água livre para ser removida.

A Figura 5 apresenta as taxas de secagem em função da razão entre a umidade no tempo i e a umidade inicial (X_{bsi}/X_{bs0}). A partir da figura é possível verificar que as maiores taxas de secagem ocorreram em temperaturas mais elevadas. É possível observar também os períodos do processo de secagem: inicialmente tem-se o período de aquecimento até a temperatura constante. Em seguida, tem-se um curto período de taxa constante caracterizado pela convecção de calor. No trecho seguinte observa-se um decréscimo da taxa que é caracterizada pela difusão

e convecção de calor. Finalmente tem-se um período decrescente mais acentuado em que a difusão é o mecanismo predominante. Na secagem das folhas de *MOL* o período de taxa constante foi muito curto, o que significa que a cinética é limitada pelos fenômenos de convecção e difusão, nos quais as taxas são decrescentes.

Figura 5 - Curvas de taxas de secagem



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Para determinação do modelo que melhor se ajustasse à cinética de secagem foi considerado os maiores valores dos coeficientes de correlação quadráticos (R^2). A Tabela 6 apresenta os parâmetros de todos os modelos utilizados para fazer o ajuste não linear juntamente com seus respectivos coeficientes de correlação quadráticos para cada uma das temperaturas.

A partir dos parâmetros correlacionados na Tabela 6, a equações empíricas de Midili para ajuste de curvas da cinética de secagem foi a que melhor se ajustou aos dados experimentais em todas as temperaturas estudadas. Dessa forma, esse modelo foi escolhido como o mais adequado para descrever a cinética de secagem das folhas de *Moringa Oleifera*.

Tabela 6 - Parâmetros dos ajustes da curva de secagem para diversas correlações nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80°C

		Temperatura									
		40 °C		50 °C		60 °C		70 °C		80 °C	
		Parâmetros R ²		Parâmetros R ²		Parâmetros R ²		Parâmetros R ²		Parâmetros R ²	
Lewis	a	0,0022	0,9874	a	0,0021	a	0,0041	a	0,0050	a	0,0057
	b	0,0010		b	0,0010	b	0,0010	b	0,0010	b	0,0010
					0,9766		0,9801		0,9828		0,9736
	a	0,0023		a	0,0023	a	0,0044	a	0,0055	a	0,0064
Brooker	b	0,0141	0,9897	b	0,0141	b	0,0141	b	0,0141	b	0,0141
	c	1,0478		c	1,1037	c	1,1003	c	1,1107	c	1,1459
											0,9855
	a	0,0022		a	0,0022	a	0,0043	a	0,0053	a	0,0062
Henderson	b	0,0001	0,9855	b	0,0001	b	0,0001	b	0,0001	b	0,0001
	c	1,0062		c	1,0626	c	1,0574	c	1,0656	c	1,1002
											0,9798
	a	0,0023		a	0,0003	a	0,0006	a	0,0008	a	0,0005
Page	b	0,0141	0,9855	b	0,0141	b	0,0141	b	0,0141	b	0,0141
	n	1,0000		n	1,3183	n	1,3266	n	1,3296	n	1,4551
											0,9984
	a	0,0007		a	0,0003	a	0,0006	a	0,0008	a	0,0005
Overhults	b	0,0100	0,9953	b	0,0100	b	0,0100	b	0,0100	b	0,0100
	n	1,1687		n	1,3182	n	1,3265	n	1,3296	n	1,4552
											0,9984
	a	6,6365		a	0,2498	a	0,3733	a	0,2781	a	0,3536
Dois termos	b	0,0000	0,9874	b	0,0000	b	0,0000	b	0,0000	b	0,0000
	c	0,0003		c	0,0082	c	0,0108	c	0,0176	c	0,0156
											0,9708
	a	0,0004		a	0,0002	a	0,0002	a	0,0005	a	0,0004
Midili	b	0,0100		b	0,0100	b	0,0100	b	0,0100	b	0,0100
	c	0,9501	0,9966	c	0,9728	c	0,9362	c	0,9768	c	0,9932
	n	1,2582		n	1,3767	n	1,5224	n	1,3953	n	1,4703
											0,9985
	b1	0,0000		b1	0,0000	b1	0,0000	b1	0,0000	b1	0,0000
	a	0,0023		a	0,0023	a	0,0044	a	0,0055	a	0,0064
Logarítmico	b	0,0100		b	0,0100	b	0,0100	b	0,0100	b	0,0100
	c	1,0478	0,9897	c	1,1037	c	1,1003	c	1,1107	c	1,1459
											0,9855
	d	0,0000		d	0,0000	d	0,0000	d	0,0000	d	0,0000

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

CAPÍTULO IV

Efeito dos bioestimulantes na germinação de soja

4.1 INTRODUÇÃO

As sementes possuem três componentes: cobertura, tecido de reserva e eixo embrionário. A cobertura da semente fornece proteção mecânica contra choques, microrganismos e insetos, além de regular a entrada e saída de água e oxigênio, necessários à germinação. O tecido de reserva suporta o crescimento inicial da semente, pois serve de suprimento nutritivo para o eixo embrionário que, por sua vez, tem a função de propagação, pois retoma o crescimento e forma um novo indivíduo adulto (UFMS, 2021).

O teste de germinação inicia-se quando a semente é exposta às condições adequadas de umidade, oxigênio e calor. Inicialmente a semente absorve umidade e oxigênio até que o embrião cresça e a cobertura da semente se quebre. Em seguida, a semente consegue obter maiores quantidades de água e oxigênio para cultivar raízes, ou radículas, seguido pela parte aérea que contém as folhas e o caule.

Segundo Hunter et al. (1984), uma semente é considerada germinada quando a radícula emergiu. Os testes de germinação fornecem uma previsão da germinação e emergência que o teste de campo equivalente proporcionaria.

Os bioestimulantes favorecem a germinação das sementes pois aumentam a absorção de nutrientes, além de aumentar a tolerância aos estresses bióticos e abióticos, como secas, salinidade, frio, calor, pragas, doenças, infestações por ervas daninhas, etc. Dentro desse contexto, esse trabalho buscou verificar a eficiência da utilização de bioestimulante sobre a germinação das sementes de soja.

Extratos vegetais possuem uma natureza complexa e, conseqüentemente, uma rica composição de compostos orgânicos com potencial para desempenharem ação bioestimulante em culturas vegetais.

O estudo da composição desses extratos garante o conhecimento de estruturas orgânicas capazes de promover o crescimento e aumentar a produtividade de espécies vegetais. Desta forma, a espectroscopia de infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) é uma técnica espectroscópica vibracional capaz de determinar a presença de grupos funcionais característicos da espécie em análise.

A técnica de FTIR fornece informações em nível molecular, permitindo a investigação de grupos funcionais, tipos de ligação e conformações moleculares. As bandas espectrais são específicas da molécula e fornecem informações diretas sobre a composição química. Os picos FTIR são relativamente estreitos e, em muitos casos, podem estar associados à vibração de uma determinada ligação química ou de um único grupo funcional na molécula (MOVASAGHI; REHMAN; REHMAN, 2008).

Em estudos relacionados a técnicas espectroscópicas, tanto o procedimento operacional quanto a caracterização das posições dos picos espectrais são de crucial importância para a interpretação dos resultados.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Preparo e Caracterização das folhas de MOL

As folhas de MOL foram coletadas, higienizadas e secas em estufa (Quimis Q317M) a 60°C por 24 h. Posteriormente, estas foram submetidas ao processo de redução de tamanho em um moinho de facas tipo Willye modelo TE-650, sendo trituradas até a obtenção de um pó fino, como mostra a Figura 6. Este pó foi empregado na obtenção dos extratos da folha de MOL.

Figura 6 - Pó da folha de *MOL* obtido após a trituração no moinho de facas.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

A fim de caracterizar os principais grupos funcionais presentes na folha de MOL, o pó da folha foi analisado por espectrometria de infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), em equipamento Agilent modelo Cary 600 Series FTIR Spectrometer. Foram coletados 64 scan.s⁻¹ na faixa de 4000 - 400 cm⁻¹.

4.2.2 Preparo dos extratos de MOL

Para a preparação dos extratos de MOL, que posteriormente foram utilizados como bioestimulantes foi utilizado o método de extração assistida por ultrassom. Para a realização dessa etapa de extração foi utilizado o banho ultrassônico modelo SSBuc. Pesou-se inicialmente 1 g do pó da folha preparado na etapa anterior. Essa quantidade foi dissolvida em 100 mL de água e a mistura permaneceu no banho ultrassônico por 30 min à temperatura ambiente. Em seguida, a mistura foi filtrada em papel de filtro. A partir desse extrato preparado foram realizadas diluições para se obter extratos nas concentrações de 10, 1 g.L⁻¹ e 0,1 g.L⁻¹ que também foram armazenados em frascos de vidro âmbar.

4.2.3 Procedimento dos testes de germinação em sementes de soja

Foram feitos testes de germinação, de vigor de plântula e de crescimento radicular. Todos os testes foram realizados seguindo a metodologia para testes de germinação do manual de “Regras para Análise de Sementes” do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2009). Para a realização dos testes de germinação foram utilizadas folhas de papel germitest embebido em uma quantidade de água equivalente a 2,0-3,0 vezes o peso do papel. Os testes de germinação tiveram duração de nove dias e as sementes foram mantidas em um germinador de câmara em temperatura de 20 – 30 °C durante o período indicado para a cultura de soja.

O teste de germinação avaliou a porcentagem de sementes com capacidade de germinar e produzir plântulas saudáveis. Para a realização desse teste foram contadas as sementes germinadas após o período de nove dias em que as sementes foram submetidas ao teste, por fim, foi avaliado o índice de germinação para cada um dos testes realizados.

O teste de vigor de plântulas e crescimento radicular foi realizado após os nove dias do início do teste de germinação. Nesses testes as sementes germinadas e bem desenvolvidas foram separadas e o comprimento das plântulas e das radículas foram medidos com o auxílio do software ImageJ[®]. Os dados foram dispostos em uma planilha para comparação do comprimento médio das plântulas e radículas em cada um dos testes realizados.

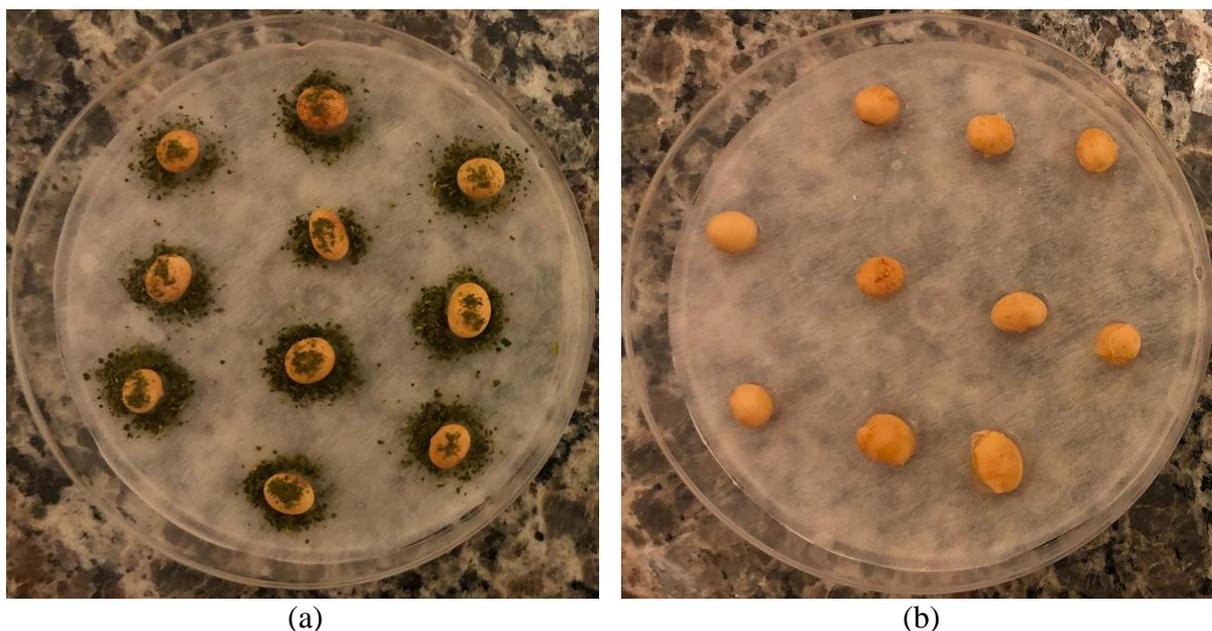
O teste de germinação foi aplicado em testes preliminares, em que se utilizou uma semente comum de soja com adição de pós de folhas de MOL e extrato de MOL); bem como nos testes de germinação padrão (com 100 sementes tratadas com fungicida), a fim de avaliar o extratos de MOL, extratos de algas *Ascophyllum nodosum* (48%) e *Kappaphycus Alvarezii* (5%).

4.2.4 Testes preliminares

Nessa primeira etapa foram realizados quatro testes de germinação, cada um contendo uma amostra de dez sementes de soja. Nos testes foi colocada uma quantidade de 0,001 g, 0,005 g (Figura 7a) e 0,01 g do pó da folha da moringa sobre cada uma das sementes, sendo que o teste da testemunha foi realizado sem a adição do pó.

Em um segundo teste de germinação as sementes de soja foram tratadas com o extrato da MOL, obtido pela técnica de extração assistida por ultrassom. Nessa etapa mais quatro testes de germinação foram realizados utilizando dez sementes cada. No primeiro teste as sementes foram dispostas sobre a folha de papel germitest e umedecidas com água destilada. Nos outros três testes as sementes foram dispostas e umedecidas com extratos nas concentrações de 10, 1 (Figura 7b) e 0,1 g.L⁻¹, respectivamente.

Figura 7 – Testes Preliminares de germinação: (a) Teste preliminar 1- Tratamento com 0,005g do pó de MOL/ semente; (b) Teste preliminar 2- Tratamento com extrato de MOL a 1 g.L⁻¹, utilizando 10 sementes sem fungicida.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

4.2.5 Testes de germinação padrão

As sementes utilizadas nos testes de germinação padrão foram obtidas comercialmente e possuíam tratamento com Fortenza Duo® que é composto por dois inseticidas: Ciantraniliprole e Tiametoxam. A variedade das sementes utilizadas neste teste foi a LG60160RR.

A Tabela 7 apresenta os tratamentos e as concentrações dos testes realizados nesta etapa. Dois produtos bioestimulantes comercializados, à base de extrato de algas, foram empregados também foram testados quanto ao seu poder bioestimulante na germinação da soja, a fim de poder comparar o efeito do extrato proposto neste trabalho com outros produtos já disponíveis no mercado de fertilização e nutrição vegetal.

Tabela 7 - Tratamentos e concentrações dos testes de germinação.

Amostra	Tratamento	Concentração
Testemunha	Água destilada	-
Tratamento A	Extrato comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> (48%)	2,5 mL.L ⁻¹
Tratamento K1	Extrato líquido de <i>Kappaphycus Alvarezii</i>	Puro
Tratamento K2	Extrato líquido de <i>Kappaphycus Alvarezii</i>	30 mL.L ⁻¹
Tratamentos KP1 a KP4	Extrato em pó de <i>Kappaphycus Alvarezii</i>	1g.L ⁻¹
Tratamento M1	Extrato de <i>Moringa Oleifera</i>	0,1 g.L ⁻¹
Tratamento M2	Extrato de <i>Moringa Oleifera</i>	1 g.L ⁻¹
Tratamento M3	Extrato de <i>Moringa Oleifera</i>	10 g.L ⁻¹

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

4.2.5.1 Tratamento A - Extrato comercial de *Ascophyllum nodosum*

Neste tratamento, foi empregado um extrato comercial a base da alga *Ascophyllum nodosum* (48% w/v), comercializada pela empresa TerraMar.

4.2.5.2 Tratamentos K e KP- Extratos de *Kappaphycus Alvarezii* líquido e em pó

O extrato de algas empregado no neste tratamento é um composto orgânico derivado da macroalga vermelha *Kappaphycus alvarezii*, comercializado pela empresa Bioalgas. O produto é comercializado na forma de extrato líquido (5% de sólidos totais), em volumes de 25 L e bombonas de 1000 L. O produtor reportou que o produto possui características quelantes, complexantes e tensoativas e, com propriedades nutricionais, estimulantes, tonificantes e de defesa para uso em plantas cultivadas.

Campos et al (2022) estudaram a secagem deste extrato líquido em secador de tambor rotativo com recheio inerte. Foram utilizadas esferas de porcelana de calcita de 1,3 cm de diâmetro. Estudou-se o efeito da fração de enchimento dos inertes no tambor (20 e 25%) e o tempo de intermitência da alimentação do extrato no secador (5 e 10 min). Foi mantida uma

rotação do tambor de 110 ± 5 rpm, vazão de alimentação do extrato de 10 mL/min; vazão de ar de secagem de $1,94 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ e temperatura entre 65 e 70°C. Assim, a implementação do planejamento fatorial 2^2 para a secagem do extrato resultou na formação de 4 pós do extrato de algas *Kappaphycus Alvarezii*, doravante denominados Tratamentos KP1 a KP4, com rendimentos de formação de pó entre 17,2% e 30,51%, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Condições experimentais de secagem para obtenção dos pós de alga *Kappaphycus Alvarezii*, utilizados nos testes de germinação do Tratamento KP.

Tratamento	Experimento de secagem	Fatores	
		E [%]	I [min]
KP1	1	20	5
KP2	2	20	10
KP3	3	25	5
KP4	4	25	10

Fonte: Adaptado de Campos et al. (2022)

O objetivo dos testes de germinação com o Tratamento KP foi verificar se a secagem dos extratos comerciais, que possuem elevada quantidade de água em sua composição, degradaria os compostos bioativos; já que a secagem desses extratos beneficiaria a logística comercial.

Neste trabalho também foi avaliada a adição do extrato *in natura* (Tratamento K1) e na forma diluída em água na concentração de $30 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ (Tratamento K2). Tanto para os pós secos no tambor quanto para o extrato *in natura* foram preparadas soluções com concentração de sólidos de 1g/L que foram utilizadas para embeber os papéis *germitest* utilizados nos testes de germinação.

Foram realizados testes de germinação, de vigor de plântula e de crescimento radicular em sementes de soja tratadas com ativos inseticidas utilizando os pós obtidos nas secagens do extrato *in natura* no tambor rotativo. A partir desses testes foram avaliadas a porcentagem de sementes germinadas, o comprimento e a massa seca das plântulas e das radículas das sementes germinadas.

4.2.5.3 Tratamento M - Extrato vegetal de MOL

Foi avaliado o efeito bioestimulante do extrato da folha da Moringa nas concentrações de 0,1; 1,0 e $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ preparados pela técnica de extração assistida por ultrassom, descrita anteriormente.

4.2.5.4 Estudo da degradação de compostos bioativos

A partir dos testes de germinação realizados com pós obtidos da secagem de bioestimulantes comerciais em tambor rotativo foi possível supor que elevadas temperaturas degradam compostos bioativos e, conseqüentemente, diminuem a atividade do extrato. Dessa forma, foi proposto um estudo para obtenção da temperatura ótima de secagem das folhas de MOL, de modo a se obter a maior velocidade de secagem sem que houvesse a degradação dos biocompostos.

Para isso, folhas de MOL foram secas em estufa em temperaturas de 40, 60, 80 e 100°C. Após a secagem as folhas foram moídas em moinho de facas para obtenção dos pós (Figura 8). Em seguida, foram preparados extratos de concentração 1g.L⁻¹ dos quatro pós obtidos nas diferentes temperaturas de secagem.

Figura 8 - Pós obtidos em temperaturas de secagem de 40, 60, 80 e 100°C



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Após a preparação dos extratos foram realizados cinco testes de germinação com sementes de soja, sendo um como testemunha e os outros quatro com os extratos obtidos em diferentes temperaturas de secagem (Tabela 9).

Tabela 9 – Condições dos tratamentos utilizados nos testes de germinação para avaliação da temperatura sobre a degradação dos compostos bioativos.

Amostra	Tratamento	Concentração
Testemunha	Água destilada	-
40 °C	Extrato de <i>Moringa Oleifera</i>	1 g.L ⁻¹
60 °C	Extrato de <i>Moringa Oleifera</i>	1 g.L ⁻¹
80 °C	Extrato de <i>Moringa Oleifera</i>	1 g.L ⁻¹
100 °C	Extrato de <i>Moringa Oleifera</i>	1 g.L ⁻¹

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

4.2.5.5 Estudo do efeito da aplicação direta de hormônios naturais no desenvolvimento de sementes de soja

Hormônios naturais são promotores de crescimento e desenvolvimento das sementes. Sendo assim, foi proposto o tratamento de sementes de soja suplementadas com dois hormônios naturais individualmente e uma combinação deles:

- Ácido 3-indolacético (IAA), uma auxina, na concentração de 3 μM ;
- 6-Benzilaminopurina (BAP), uma citocina, na concentração de 6 μM ;
- Uma mistura de 3 μM de IAA + 6 μM de BAP.

As condições de tratamento estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Condições de tratamentos dos testes de germinação para avaliação do desempenho de hormônios naturais.

Amostra	Tratamento	Concentração
IAA	Ácido 3-indolacético	3 μM
BAP	6-Benzilaminopurina	6 μM
BAP + IAA	Ácido 3-indolacético (3 μM) 6-Benzilaminopurina (6 μM)	1:1

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

Para a verificação do efeito dos hormônios nas sementes de soja foram realizados quatro testes de germinação, sendo um com a testemunha, dois utilizando os hormônios naturais isoladamente e outro utilizando os hormônios de forma combinada.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.3.1 Análise de FTIR das folhas de MOL

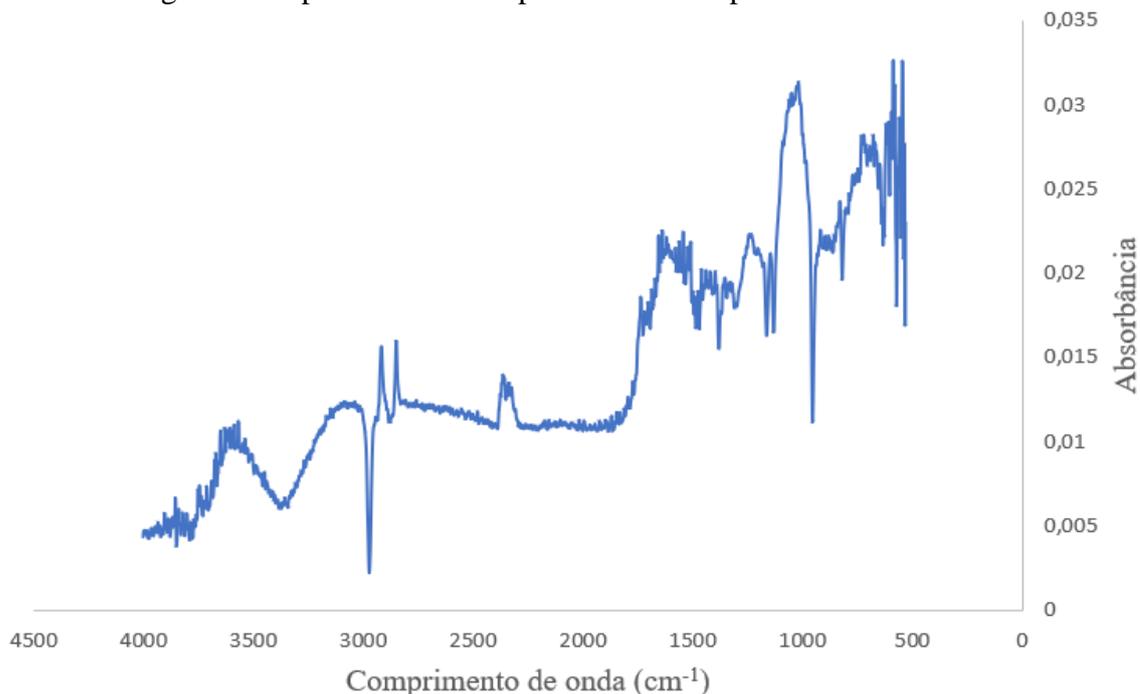
O espectro de absorção por infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) para o pó de folhas de moringa (Figura 9) apresenta uma série de picos de absorção que refletem a sua natureza complexa e fornecem informações sobre grupos funcionais característicos da espécie em análise.

É possível observar picos de absorção na faixa de 2970 cm^{-1} que é característico do grupamento metil ($-\text{CH}_3$). Observa-se também picos de absorção na faixa de 950 cm^{-1} que sugere a presença de alcenos na conformação *trans*. Os picos na faixa de 1070 cm^{-1} indicam a

presença de grupamento C–O presente nas funções oxigenadas éter e álcool. Na faixa de 2300 cm^{-1} observa-se a presença de um pico característico do grupamento $\text{C} \equiv \text{N}$.

Os resultados obtidos estão de acordo com Ali et al. (2015) com algumas diferenças que podem estar relacionadas às diferentes fontes de folhas de MOL, visto que diferenças no solo e no clima podem influenciar nas características das espécies.

Figura 9 - Espectros de FTIR para amostra de pó de folhas de MOL



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

4.3.2 Teste Preliminar 1 – Germinação com adição do pó de MOL

No teste preliminar 1, utilizando o bioestimulante em pó, observou-se que as sementes que apresentaram melhor desempenho foram as tratadas com 0,001g do bioestimulante em pó. Essas sementes apresentaram uma taxa de germinação de 100% enquanto a testemunha apresentou uma taxa de germinação de 50%. Os testes realizados com quantidades de 0,01 e 0,005g de bioestimulante por semente apresentaram uma taxa de germinação de 70% (Figura 10).

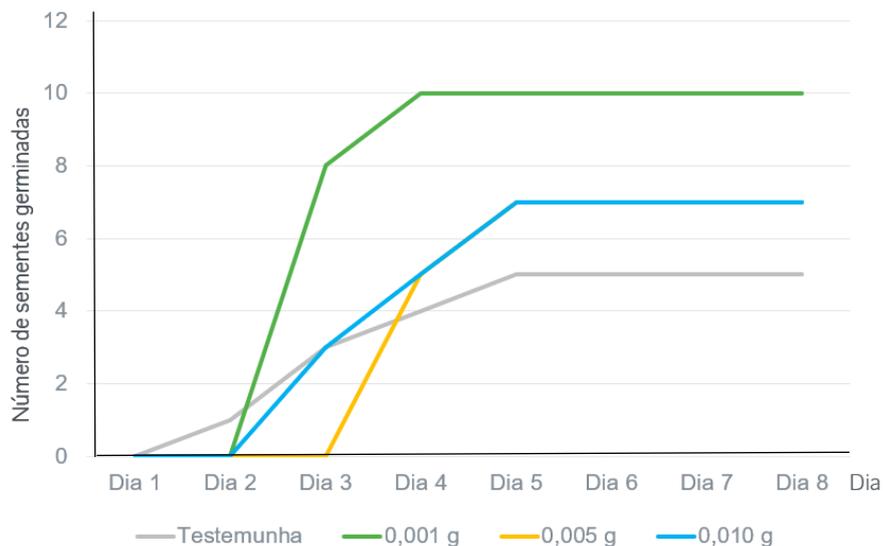
Figura 10 - Resultado do teste de germinação preliminar 1, após 9 dias: (1) Testemunha; (2) Sementes tratadas com 0,001 g de pó de MOL; (3) Sementes tratadas com 0,005 g de pó de MOL; (4) Sementes tratadas com 0,01 g de pó de MOL.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

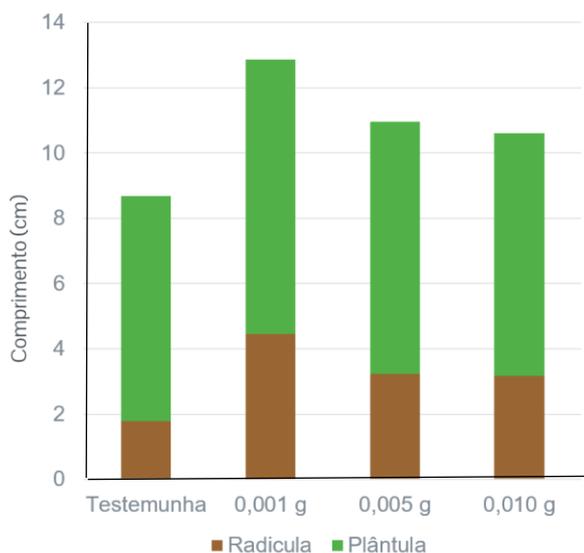
A Figura 11 mostra o número de sementes germinadas ao longo dos nove dias nos quatro testes de germinação realizados, enquanto a Figura 12 apresenta o comprimento médio do hipocótilo, da radícula e o comprimento total das plântulas germinadas nos quatro teste de germinação realizados. Os melhores resultados foram obtidos com o tratamento de 0,001g de bioestimulante em pó por semente. Nesse teste o comprimento de plântula médio foi de 8,41 cm e o comprimento radicular médio de 4,46 cm, totalizando um comprimento total médio de 12,87 cm; enquanto a testemunha apresentou um comprimento de plântula médio de 6,9 cm e um comprimento radicular médio de 1,78 cm, totalizando um comprimento total médio de 8,68 cm. Destaca-se que os melhores resultados foram obtidos com a menor concentração de bioestimulante. Esses resultados são otimistas, pois sinalizam uma melhora na produtividade agrícola com menores gastos.

Figura 11 - Número de sementes germinadas em função tempo para o teste de germinação preliminar utilizando bioestimulante em pó.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Figura 12 - Comprimento médio do hipocótilo e da radícula das plântulas germinadas nos testes preliminares utilizando bioestimulante em pó



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Desta forma, foi verificado que a folha de MOL possivelmente apresenta composto bioativos que propiciam a cultura de soja, visto que suas folhas apresentam grandes quantidades de hormônios reguladores de crescimento (SIDDHURAJU; BECKER, 2003). Segundo Carlos et al. (2013), o uso de hormônios vegetais em sementes de soja mostrou-se significativo para o

aumento de parâmetros produtivos. Logo, observa-se que bioestimulantes à base de MOL conseguem suprir as necessidades nutricionais relativas à essa cultura.

4.3.3 Teste preliminar utilizando o extrato do bioestimulante

Verificada a possível existência de compostos bioativos na folha da MOL, foi, então, proposto a realização de outro teste preliminar utilizando o extrato da folha da MOL. O objetivo desse teste foi verificar se a técnica de extração assistida por ultrassom seria suficiente para extrair os possíveis compostos bioativos; já que do ponto de vista agrônomo a aplicação via extrato é facilitada.

Esse teste foi ineficiente uma vez que houve grande proliferação de fungos nas sementes. Sendo assim, foi proposta a realização de outro teste, desta vez utilizando sementes de soja previamente tratadas com fungicida.

4.3.4 Germinação das sementes de soja com Tratamentos A, K e M

Os testes realizados com as sementes de soja tratadas com fungicidas não apresentaram proliferação de fungos.

No experimento em que foi utilizado o Tratamento K1, na qual foi utilizado extrato comercial de *Kappaphycus Alvarezii* (5%) puro, o índice de germinação foi zero. Isso comprova que a alta concentração de bioestimulante prejudica o desenvolvimento da planta. Por isso, é essencial pesquisar a concentração ótima na qual a planta apresente melhor desenvolvimento.

Com exceção da Tratamento K1, todos os outros testes apresentaram índice de germinação de 100%. O elevado índice de germinação indicou alta qualidade das sementes e, consequentemente, confiabilidade nos testes de crescimento de plântula e radícula.

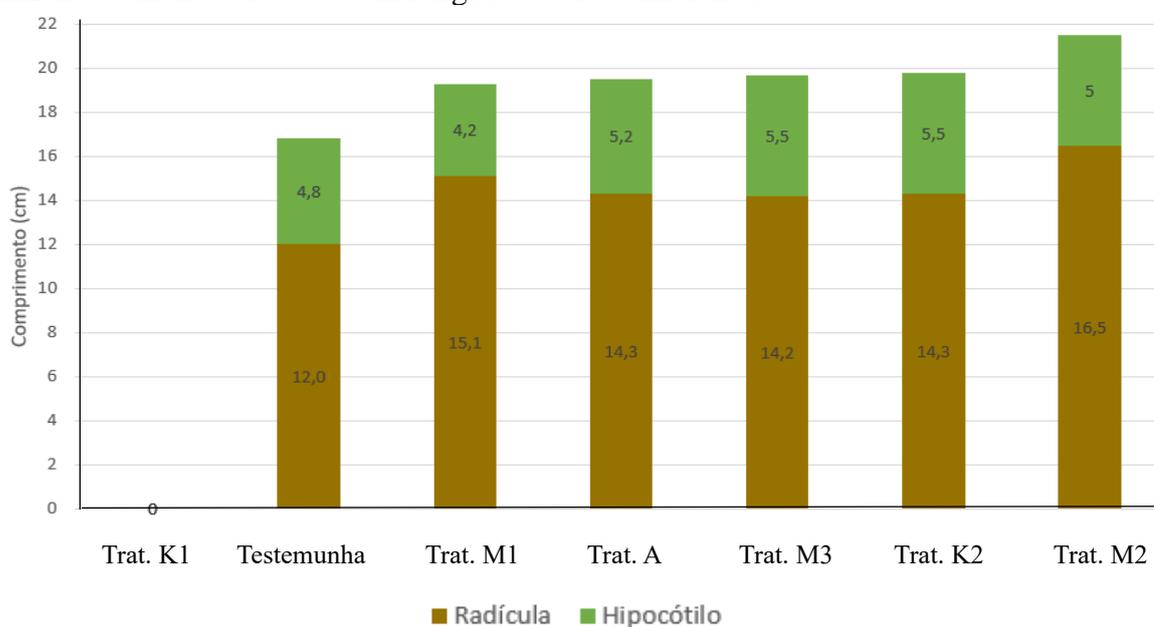
A Figura 13 apresenta o comprimento médio do hipocótilo, da radícula e o comprimento total das plântulas germinadas nos testes de germinação realizados. Com a Testemunha, Tratamentos A, K1, K2, M1, M2 e M3.

Observou-se um melhor desempenho das sementes com o Tratamento M2, tratadas com o extrato de MOL na concentração de 1g.L^{-1} . Estas sementes apresentaram um comprimento de plântula médio de 5 cm e um comprimento radicular médio de 16,5 cm, totalizando um comprimento total médio de 21,5 cm.

A Testemunha, tratada com água destilada foi a que apresentou menor desempenho nos testes de crescimento de hipocótilo e radícula, obtendo valores médios de 4,8 e 12cm, respectivamente e apresentando um comprimento médio total de 16,8 cm.

Desta forma, foi possível verificar que o extrato de moringa na concentração de 1g.L^{-1} apresentou melhor desempenho que os extratos de algas comerciais. Sendo assim acredita-se que a espécie MOL apresenta elevado potencial para o mercado de bioestimulantes de origem vegetal, visto que é uma planta de fácil cultivo. Além disso, as folhas dessa planta, que são a matéria-prima para a produção do extrato, são de fácil coleta e o processo produtivo do extrato além de ser simples e de baixo custo é, também, considerada *eco-friendly* quando comparado com os métodos de extração por solvente frequentemente utilizados na fabricação dos extratos de algas.

Figura 13 - Comprimento médio do hipocótilo e da radícula das plântulas germinadas nos testes utilizando sementes tratadas com fungicida e bioestimulantes.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2022

No Brasil, as algas, que são matéria-prima para a produção dos extratos de algas, são coletadas em bancos naturais, porém a colheita é insuficiente para suprir a demanda nacional e, portanto, parte dessas algas são cultivadas e produzidas em escala industrial. Todavia, a adaptação das algas às tecnologias de cultivo é um fator que dificulta a produção e, consequentemente, encarece a matéria-prima. (REIS; BASTOS; GÓES, 2007).

Desta forma, acredita-se que os extratos vegetais, em especial o extrato de MOL, possuem os pré-requisitos econômicos, produtivos e agrônômicos para substituir os extratos de algas e ganhar espaço no mercado de bioestimulantes.

4.3.5 Germinação das sementes de soja com Tratamentos KP

Foi verificado que o extrato da alga *Kappaphycus alvarezii* apresenta atividade como bioestimulante para a cultura de soja, visto que as sementes tratadas com o bioestimulante *in natura* fornecido pela empresa Bioalgas apresentaram maiores taxas de germinação e maiores comprimentos de radícula e hipocótilo em comparação com as sementes testemunhas tratadas com água destilada.

Em contrapartida, os testes de germinação realizados com os pós obtidos das secagens no tambor rotativo não apresentaram resultados tão relevantes quanto os testes realizados com o extrato *in natura*, embora ainda apresentassem resultados melhores do que a testemunha.

Dessa forma, dos seis testes de germinação realizados aquele que apresentou melhores resultados foi o tratado com o extrato *in natura*. A Tabela 11 apresenta os valores das médias e desvios das somas dos comprimentos das radículas e hipocótilos para cada um dos testes realizados.

Tabela 11 - Média e desvio padrão da soma dos comprimentos do hipocótilo e da radícula dos testes de germinação

Teste	Média [cm]	Desvio
Testemunha	18,63	6,58
Tratamento K2 (extrato líquido)	21,40	7,30
Tratamento KP1	18,79	6,53
Tratamento KP2	18,67	7,99
Tratamento KP3	19,50	7,01
Tratamento KP4	18,05	6,89

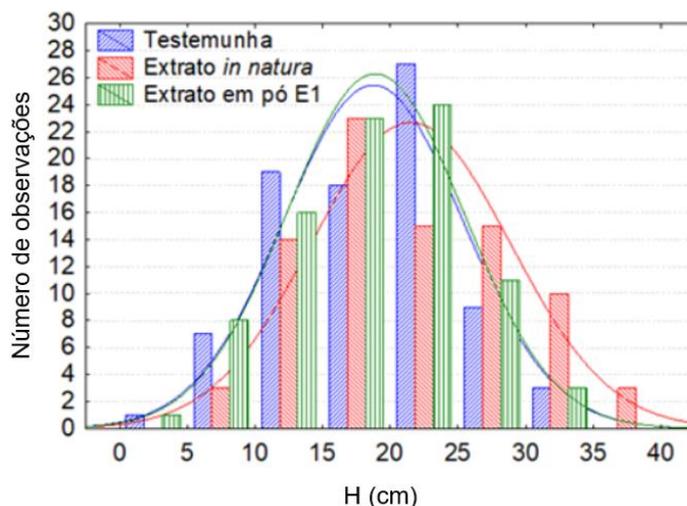
Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Através do tratamento estatístico dos dados foi possível afirmar que não houve diferença entre as médias dos experimentos e da testemunha. Sendo assim, foi realizada a análise da distribuição normal dos testes com a Testemunha, Tratamento K2 (extrato *in natura* diluído) e o Tratamento KP1, que foi o que apresentou melhor resultado dentre os experimentos com o extrato em pó.

A Figura 14 apresenta a distribuição normal dos dados obtidos dos testes realizados com a Testemunha, Tratamento K2 (extrato *in natura*) e extratos dos pós obtidos pela secagem do bioestimulante em tambor rotativo (Tratamentos KP1 a KP4). Observa-se que, estatisticamente, os resultados obtidos nos testes de germinação realizados com os pós de bioestimulante secos

em tambor rotativo foram iguais ao resultado obtido para a testemunha e apenas o extrato in natura apresentou diferença de acordo com o teste de hipóteses para a diferença entre as médias.

Figura 14 - Distribuição normal dos testes realizados com a testemunha, extrato in natura e extrato em pó obtido pela secagem do bioestimulante em tambor rotativo



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Sendo assim, é possível supor que a secagem do extrato em tambor rotativo inativou os ativos diminuindo a atividade desse extrato. Possivelmente as temperaturas utilizadas para a secagem do extrato foram o fator determinante para a degradação do mesmo.

Posto isto, propõe-se a utilização de temperaturas mais amenas para a secagem dos extratos de alga *Kappaphycus alvarezii* para que os ativos responsáveis por essa atividade não sejam degradados durante o processo de secagem.

4.3.6 Estudo da degradação de compostos bioativos

O índice de germinação para os testes está apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Índice de germinação para os tratamentos feitos com a testemunha e com os extratos obtidos da secagem dos pós nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100°C

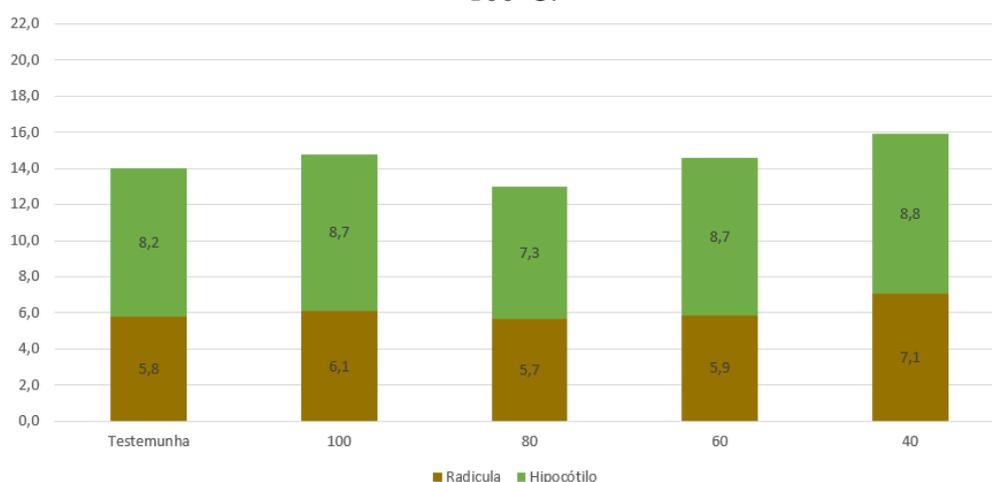
Teste	Índice de germinação
Testemunha	58 %
40 °C	56 %
60 °C	68 %
80 °C	30 %
100 °C	62 %

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

O baixo índice de germinação das sementes aponta a baixa qualidade das sementes e, consequentemente, baixa confiabilidade nos testes de crescimento de plântula e radícula.

A Figura 15 apresenta o comprimento médio do hipocótilo, da radícula e o comprimento total das plântulas nos cinco testes de germinação realizados.

Figura 15 - Comprimento médio do hipocótilo e da radícula das plântulas germinadas nos testes de germinação utilizando extratos de folhas secas nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100°C.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Apesar da melhor média ter sido obtido na temperatura de secagem mais baixa, observa-se que, estatisticamente, os resultados obtidos nos testes de germinação com as folhas secas em diferentes temperaturas foram iguais ao resultado obtido para a testemunha de acordo com o teste de hipóteses para a diferença entre as médias. Logo, pode-se afirmar que não houve diferença entre as médias.

Sabe-se que altas temperaturas são capazes de degradar compostos bioativos e comprometer o desenvolvimento das sementes. Sendo assim, o objetivo desse teste foi demonstrar a degradabilidade dos compostos presentes nas folhas de *Moringa Oleifera* responsáveis pela bioatividade na germinação das sementes de soja e determinar a temperatura ótima de secagem das folhas de MOL de modo a se obter um maior desempenho agrônômico com um menor tempo de secagem. Dessa forma otimiza-se o processo produtivo do bioestimulante do ponto de vista econômico, além de garantir um melhor desenvolvimento das sementes. Porém a qualidade das sementes utilizadas nesse teste provavelmente foi fator determinante para o insucesso do estudo.

4.3.7 Estudo do efeito da aplicação direta de hormônios naturais no desenvolvimento de sementes de soja

A Tabela 13 apresenta o índice de germinação para os testes realizados. O baixo índice de germinação da testemunha aponta a baixa qualidade das sementes utilizadas nos testes. Em contrapartida, os índices de germinação para os testes utilizando os hormônios individualmente e combinados apresentaram índices de germinação bem menores que a testemunha, o que sugere que as concentrações dos hormônios utilizadas nos testes podem ter sido elevadas e, conseqüentemente, o desenvolvimento das sementes foi prejudicado.

Tabela 13 - Índice de germinação para os tratamentos feitos com a testemunha e com os hormônios naturais isoladamente e combinados.

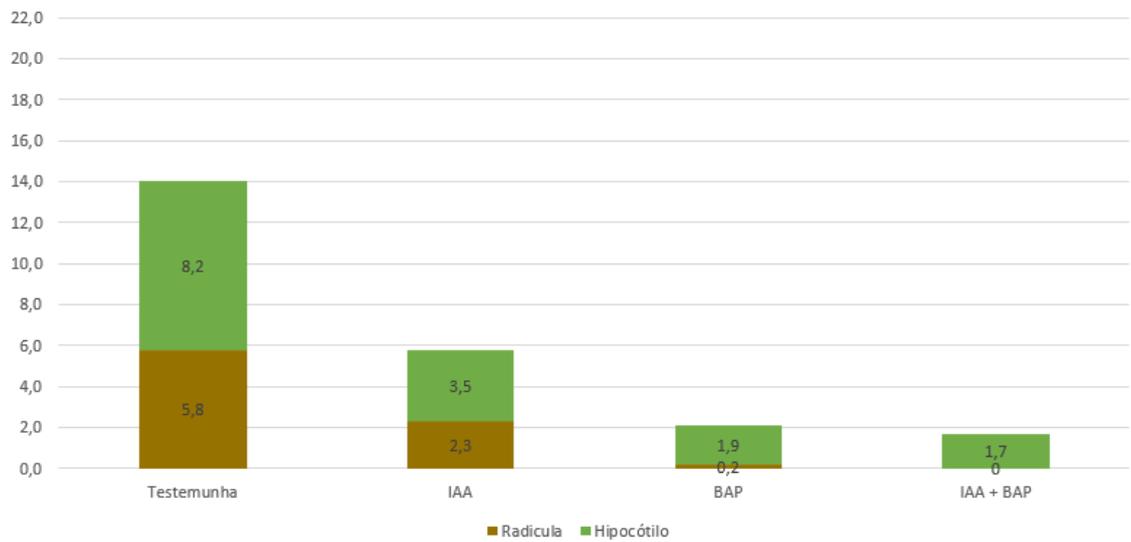
<i>Teste</i>	<i>Índice de germinação</i>
<i>Testemunha</i>	58 %
<i>IAA</i>	38 %
<i>BAP</i>	22 %
<i>IAA + BAP</i>	38 %

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Carvalho et al. (2022) estudaram o efeito da aplicação dos hormônios naturais IAA (3 μM), BAP (6 μM) e a combinação deles (3 μM IAA + 6 μM BAP) em sementes de *Hevea brasiliensis* e obtiveram altas porcentagens de germinação e desenvolvimento das plântulas. As sementes de *Hevea brasiliensis* são maiores e mais rígidas comparadas as sementes de soja. Sendo assim, as concentrações utilizadas no tratamento das sementes de *Hevea brasiliensis* podem ter sido elevadas para o tratamento das sementes de soja.

A Figura 16 apresenta o comprimento médio do hipocótilo e da radícula nos quatro testes realizados. É possível observar que, comparadas com a testemunha, as sementes tratadas com os hormônios naturais apresentaram desenvolvimento muito inferior. As sementes tratadas com BAP não apresentaram desenvolvimento radicular nem na forma isolada nem combinado com o IAA.

Figura 16 - Comprimento médio do hipocótilo e da radícula das plântulas germinadas nos testes de germinação utilizando os hormônios naturais auxina e citocina na forma isolada e combinada.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2023

Sendo assim, para testes futuros sugere-se utilizar concentrações inferiores dos hormônios auxina e citocina para a verificação do efeito bioestimulante desses hormônios nas sementes de soja.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

Com o resultado do levantamento bibliométrico realizado neste estudo, observou-se o amplo campo de pesquisas sobre este tema, visto que existem uma gama de substâncias com potencial bioestimulante para serem estudadas em diversas culturas agrícolas. O número de trabalhos relacionados ao tema é crescente, assim como, a produção e consumo destas substâncias que são promissoras na agricultura, tanto do ponto de vista econômico como ambiental.

Desta forma, priorizou-se o estudo sobre as possíveis substâncias bioestimulantes presentes nas folhas de *MOL* sobre as sementes de soja. Para isso, foram realizados estudo de secagem e análise da composição química da espécie. No estudo de secagem determinou-se que o modelo mais adequado para descrever a cinética de secagem das folhas de *MOL* é o modelo de Midili. A análise da folha por FTIR demonstrou a sua natureza complexa e, conseqüentemente, a riqueza de substâncias com potencial efeito bioestimulante.

Os efeitos bioestimulantes da folha de *MOL* foram comprovados nos testes de germinação utilizando sementes de soja. Nesses testes foi observado um aumento na taxa de germinação e no comprimento da radícula e das plântulas das sementes germinadas comparadas com a testemunha. Observou-se, também, que altas concentrações de bioestimulantes são prejudiciais para o desenvolvimento da planta. Sendo assim, foi determinado experimentalmente que a concentração ótima na qual a planta apresentou melhor desenvolvimento foi de 1 g.L⁻¹.

Testes de germinação realizados com bioestimulantes que passaram por um processo de secagem em tambor rotativo demonstrou que quando submetidos a altas temperaturas as substâncias bioestimulantes presentes na planta sofrem degradação e, conseqüentemente, o seu efeito sobre a germinação das sementes é reduzido. Desta forma, do ponto de vista comercial, foi realizado um estudo da degradação dos compostos bioativos para determinar a temperatura ótima de secagem das folhas afim de que o tempo de secagem seja otimizado sem que as substâncias desejadas sejam degradadas. Porém a qualidade das sementes utilizadas comprometeu os resultados desse teste. Assim como ficou comprometido os resultados do estudo do efeito da aplicação direta de hormônios naturais no desenvolvimento de sementes de soja.

REFERÊNCIAS

- AGBODJATO, N. A. et al. Efficacy of biostimulants formulated with pseudomonas putida and clay, peat, clay-peat binders on maize productivity in a farming environment in southern benin. v. 5, p. 666718, 2021.
- BASILE, B. et al. Plant-based biostimulant as sustainable alternative to synthetic growth regulators in two sweet cherry cultivars. **Plants**, v. 10, n. 4, 2021.
- BERTOLIN, D. C. et al. Increase of the productivity of the soybean crop with the application of biostimulants. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 339–347, 2010.
- CAMPOS, N.B.; SCHEIBEL, A.; CRUZ, F.M.; SANTOS, K.G.; VIEIRA NETO, J.L. **Testes de Germinação com extrato da alga *Kappaphycus Alvarezzi* seco em tambor rotativo para uso como bioestimulante na agricultura**. In: XL Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, Uberlândia – MG, 2022. Disponível em: <http://enemp2022.com.br/trabalhosfinais/SEC37.pdf> Acesso em: 12 de ago. 2023.
- CARLOS CARVALHO, J. et al. Produtividade e desenvolvimento da cultura da soja pelo uso de regulador vegetal. **Acta Iguazu**, v. 2, p. 50–60, 2013.
- CASTRO, P. R. DE C. E. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. 32. ed. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, 2006. v. Série Produtor Rural
- CARVALHO, J. C. et al. Germination and in vitro development of mature zygotic embryos and protein profile of seedlings of wild and cultivated *Hevea brasiliensis*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, n. 4, 2022.
- CAVALCANTE, Í. H. L. et al. A new approach to induce mango shoot maturation in brazilian semi-arid environment. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 281–286, 2018.
- CAVALCANTE, W. S. S. et al. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 754–763, 2020.
- CELESTINO, S. M. C. **Transferência de calor e massa em leito deslizante e escoamentos concorrentes: secagem de sementes de soja** Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia: [s.n.].
- COMEXSTAT. **Exportações no brasil: veja os principais produtos exportados**. Disponível em: <https://www.fazcomex.com.br/exportacao/exportacoes-no-brasil/>. Acesso em: 22 jul. 2023.
- COUTINHO, M. T. D. M. **Um pouco sobre revisão bibliométrica e revisão sistemática**. Goiânia: [s.n.]. Disponível em: <https://lapei.face.ufg.br/p/42358-um-pouco-sobre-revisao-bibliometrica-e-revisao-sistemica.>. Acesso em: 10 nov. 2022.

DA SILVA, M. A. et al. Biostimulant alleviates abiotic stress of mango grown in semiarid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 7, p. 457–464, 2020.

DALAL, A. et al. Dynamic Physiological Phenotyping of Drought-Stressed Pepper Plants Treated With “Productivity-Enhancing” and “Survivability-Enhancing” Biostimulants. 2019.

DALL’AGNOL, A. **O Brasil na produção global de alimentos**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2020/09/21/o-brasil-na-producao-global-de-alimentos/>>. Acesso em: 21 jul. 2023.

DE MELO, N. F. **Hormônios e reguladores de crescimento vegetal**. Petrolina: [s.n.].

DE MORAES, E. R. et al. Yield and biometry of fertilized sugar cane with organomineral fertilizer of sewage sludge and biostimulant. **Bioscience Journal Original Article Biosci. J**, v. 36, n. 5, p. 1564–1576, 2020.

DE MORAIS, E. G.; SILVA, C. A.; ROSA, S. D. Nutrient acquisition and eucalyptus growth affected by humic acid sources and concentrations. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 4, p. 1417–1436, 2018.

DE OLIVEIRA, F. D. A. et al. **Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v. [s.l: s.n.].

DE OLIVEIRA, F. D. A. et al. Produção de Feijão Caupi em Função da Salinidade e Regulador de Crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 1049–1056, 2015.

DELFIYA, D. S. A. et al. **Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: a review**. **Journal of Food Process Engineering** John Wiley and Sons Inc, , 1 jun. 2022.

DESOKY, E.-S. M.; MERWAD, A.-R. M.; RADY, M. M. Natural biostimulants improve saline soil characteristics and salt stressed-sorghum performance. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 49, n. 8, p. 967–983, 2018.

DOS SANTOS, C. A. C. et al. Stimulate® na germinação de sementes, emergência e vigor de plântulas de girassol. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 605–616, 2013.

DOS SANTOS, J. M. R. et al. Trichoderma in the promotion of growth and nutrition of dwarf cashew rootstock. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 52, n. 4, p. 1–9, 2021.

LOPES, M. A. **Horizonte de 2050**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/37534993/artigo---horizonte-de-2050>>. Acesso em: 21 jul. 2023.

ERTANI, A. et al. Capsicum Chinensis L. growth and nutraceutical properties are enhanced by biostimulants in a long-term period: chemical and metabolomic approaches. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, n. AUG, 1 ago. 2014.

FARIA, O. C. O. **Uso de bioestimulantes à base de substâncias húmicas e extrato de algas no desenvolvimento inicial do arroz de terras altas**. Barra do Garças: Universidade Federal

de Mato Grosso, 2018. Disponível em: <https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/663/1/TCC_2018_Ohana%20Cristina%20Oliveira%20Faria.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2021.

FOROTAGHE, Z. A. et al. Physiological and biochemical responses of onion plants to deficit irrigation and humic acid application. **Open Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 728–737, 2021.

GLÄNZEL, W. **Bibliometrics as a research field: a course on theory and application of bibliometric indicators**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/242406991>>.

GOMES, M. E. DE M. et al. Predição de modelos cinéticos de secagem de folhas da erva cidreira em secador convectivo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, p. e86922052, 1 jan. 2020.

GOMES, R. T. et al. Avaliação de ciclo de vida de fertilizantes: fase de uso. **VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica**, 2014.

HUNTER, E. A.; GLASBEY, C. A.; NAYLOR, R. E. L. **The analysis of data from germination tests**. **J. agric. Sci., Oamb**. [s.l.: s.n.].

KHAN, S. et al. Combined application of moringa leaf extract and chemical growth-promoters enhances the plant growth and productivity of wheat crop (*Triticum Aestivum* L.). **South African Journal of Botany**, v. 129, p. 74–81, 1 mar. 2020.

LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. **Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho**. São Carlos: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/sKh5wfCCGv68fdRP8GStLXC/>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

LANA, A. M. Q. et al. Application of plant growth regulators in the bean crop. **Bioscience Journal**, v. 25, p. 13–20, 2009.

MARTINS, J. C. P. et al. Postharvest characteristics of watermelon cultivars conducted in the field with the Crop Set® biostimulant. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 2, p. 18–24, 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E. A. Regras para análises de sementes. 2009.

MOVASAGHI, Z.; REHMAN, S.; REHMAN, I. U. **Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy of biological tissues**. **Applied Spectroscopy Reviews**, 2008.

MUDO, L. E. D. et al. Leaf gas exchange and flowering of mango sprayed with biostimulant in semi-arid region. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 332–340, 2020.

NESHEV, N. et al. Recovering effect of biostimulant application on pumpkins (*Cucurbita Moschata* Duchesne ex Poir.) treated with imazamox. **Acta Horticulturae**, v. 1320, p. 267–274, set. 2021.

NETA, M. L. DE S. et al. Gherkin cultivation in saline medium using seeds treated with a biostimulant. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 40, n. 1, 2018.

ONU. **População mundial deve crescer em 2,2 bilhões até 2050** .

- OTTAIANO, L. et al. Biostimulant application under different nitrogen fertilization levels: assessment of yield, leaf quality, and nitrogen metabolism of tunnel-grown lettuce. **Agronomy**, v. 11, n. 8, 2021.
- PALANGANA, F. C. et al. Ação conjunta de citocinina, giberelina e auxina em pimentão enxertado e não enxertado sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 751–755, 2012.
- PERIPOLLI, M. et al. Use of Seed+® and Crop+® bioestimulants on the quality of tomato fruits under water stress. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, p. 266–273, 2020.
- PODSAKOFF, P. M. et al. The influence of management journals in the 1980s and 1990s. **Strategic Management Journal**, v. 26, n. 5, p. 473–488, maio 2005.
- REIS, R. P.; BASTOS, M.; GÓES, H. G. Cultivo de *Kappaphycus alvarezii* no litoral do Rio de Janeiro: subsídios ao monitoramento ambiental da produção em escala industrial. 2007.
- REYES-PÉREZ, J. J. et al. Effect of chitosan on the vegetative propagation of cacao (*Theobroma cacao* L.) by stem cutting. **Terra Latinoamericana**, v. 39, p. 1–9, 2021.
- SANDU, C. Infrared radiative drying in food engineering: a process analysis. **Biotechnology Progress**, v. 2, p. 109–119, 1986.
- SCHIATTONE, M. I. et al. Effects of nitrogen, azoxystrobin and a biostimulant based on brown algae and yeast on wild rocket features at harvest and during storage. 2021.
- SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*MOL* Lam.) leaves. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 51, n. 8, p. 2144–55, 9 abr. 2003.
- SILVA, T. DA. **Uso de biorreguladores e bioestimulantes na agricultura**. Curitiba: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/64163/R%20-%20E%20-%20TAIS%20DA%20SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 17 dez. 2021.
- SILVA, M. DE A.; CATO, S. C.; COSTA, A. G. F. Produtividade e qualidade tecnológica da doqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, v. 40, p. 774–780, 2010.
- SOUZA, M. W. L. et al. Exogenous application of biostimulant in zucchini (*Cucurbita pepo* L.) subjected to salt stress. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 51, n. 3, p. 1–9, 2020.
- STADNIK, M. J.; ASTOLFI, P.; DE FREITAS, M. B. Bioestimulantes: uma perspectiva global e desafios para a América Latina. **I Simpósio Latino-Americano sobre Bioestimulantes na Agricultura**, p. 18–23, 2017.
- TERNUS, F. L. et al. Kale seed priming with red seaweed biostimulant. **Advances in Horticultural Science**, v. 35, n. 2, p. 111–118, 2021.

TOSHNIWAL, U.; KARALE, S. R. A review paper on solar dryer. **International Journal of Engineering**, v. 3, p. 896–902, 2013.

UFMS. **A semente e sua germinação.**

YANG, R.-Y. et al. Moringa, a Novel Plant Rich in Antioxidants, Bioavailable Iron, and Nutrients. Em: [s.l: s.n.]. p. 224–239.

YASMEEN, A. et al. Exogenous application of moringa leaf extract modulates the antioxidant enzyme system to improve wheat performance under saline conditions. **Plant Growth Regulation**, v. 69, n. 3, p. 225–233, 1 abr. 2013.