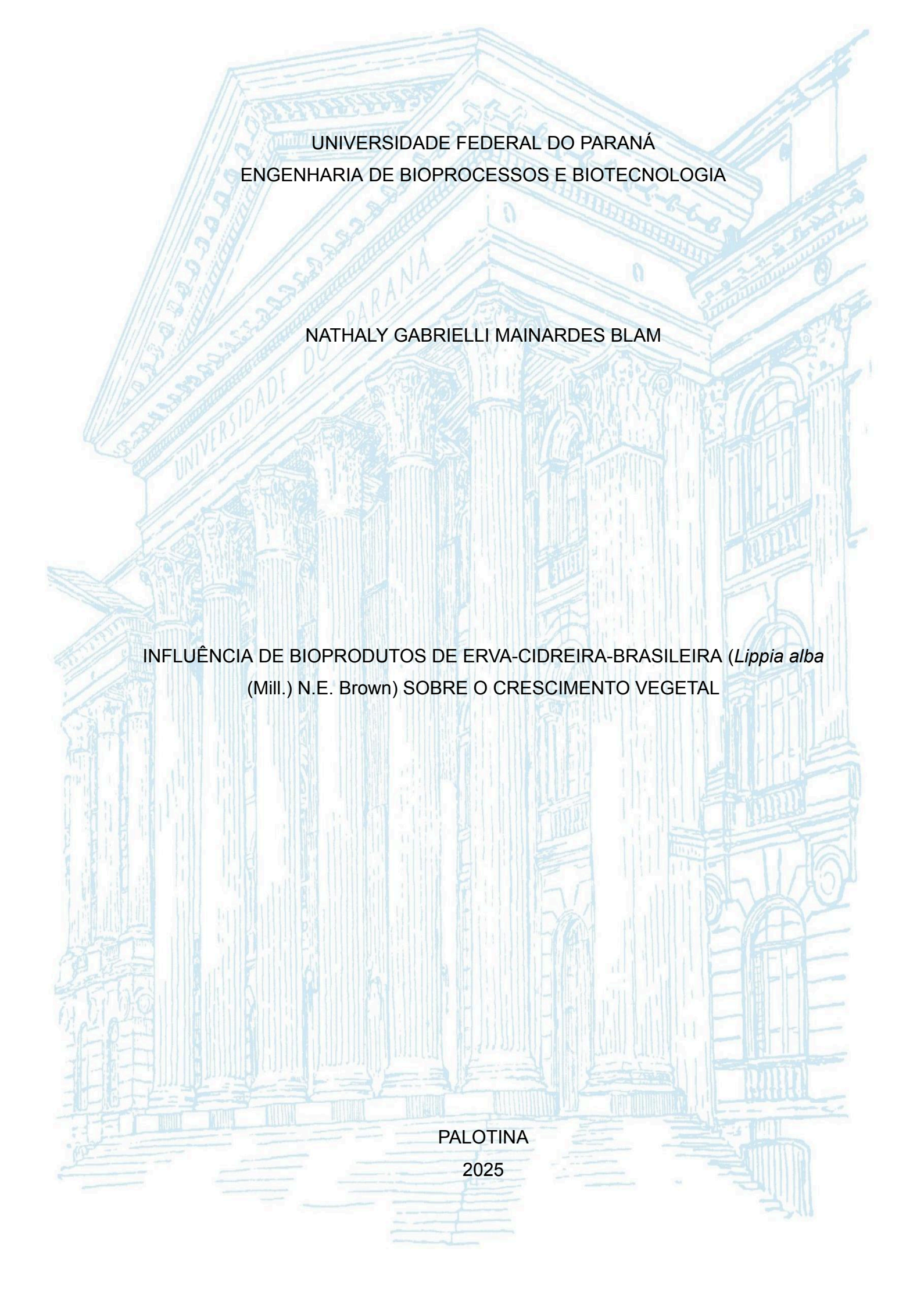




UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA

NATHALY GABRIELLI MAINARDES BLAM

INFLUÊNCIA DE BIOPRODUTOS DE ERVA-CIDREIRA-BRASILEIRA (*Lippia alba*
(Mill.) N.E. Brown) SOBRE O CRESCIMENTO VEGETAL

PALOTINA

2025

NATHALY GABRIELLI MAINARDES BLAM

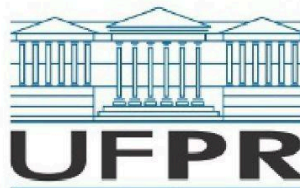
INFLUÊNCIA DE BIOPRODUTOS DE ERVA-CIDREIRA-BRASILEIRA (*Lippia alba*
(Mill.) N.E. Brown) SOBRE O CRESCIMENTO VEGETAL

Trabalho de conclusão de curso, no Setor Palotina, na Universidade Federal do Paraná, como requisito para a obtenção do título de Engenheira de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Patricia da Costa Zonetti

PALOTINA

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
Rua Pioneiro, 2153, - - Bairro Jardim Dallas, Palotina/PR, CEP 85950-000
Telefone: 3360-5000 - <https://ufpr.br/>

ATA DE REUNIÃO

Aos quatro dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e cinco, às nove horas e trinta minutos, na Sala 08 do Bloco Didático II, Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, realizou-se a Defesa Pública e Oral do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "INFLUÊNCIA DE BIOPRODUTOS DE ERVA-CIDREIRA-BRASILEIRA (*Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown SOBRE O CRESCIMENTO VEGETAL" apresentado pela discente Nathaly Gabrielli Mainardes Blam, orientada pela Profa. Dra. Patrícia da Costa Zonetti, como um dos requisitos obrigatórios para conclusão do curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Iniciados os trabalhos, a orientadora e Presidente da Banca concedeu a palavra à discente, para exposição do seu trabalho. A seguir, foi concedida a palavra em ordem sucessiva aos membros da Banca de Exame, os quais passaram a arguir a discente. Ultimada a defesa, que se desenvolveu nos termos normativos, a Banca de Exame, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo atribuído à discente as seguintes notas: Profa. Dra. Patrícia da Costa Zonetti, nota: 100 (cem), Profa. Dra. Suzana Stefanello, nota: 100 (cem), e Profa. Dra. Roberta Paulert, nota: 100 (cem). A nota final da discente, após a média aritmética dos três membros da banca de exame, foi 100 (cem). As considerações e sugestões feitas pela Banca de Exame deverão ser atendidas pela discente sob acompanhamento da orientadora. Nada mais havendo a tratar foi lavrada a presente ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.



Documento assinado eletronicamente por **PATRICIA DA COSTA ZONETTI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/07/2025, às 14:48, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **SUZANA STEFANELLO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/07/2025, às 14:50, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **ROBERTA PAULERT, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/07/2025, às 18:35, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **7924581** e o código CRC **3B80472D**.

RESUMO

O uso intensivo de insumos sintéticos na agricultura tem gerado impactos ambientais significativos, incentivando a adoção de práticas mais sustentáveis. Nesse contexto, os bioprodutos vegetais emergem como alternativas promissoras. Este trabalho avaliou o potencial do extrato aquoso e do óleo essencial de *Lippia alba* (erva-cidreira-brasileira) como promotores de crescimento vegetal em sementes de alface (*Lactuca sativa*) e tomate (*Solanum lycopersicum*), em condições laboratoriais. As sementes foram dispostas em caixas tipo gerbox sob papel de germinação umedecido com soluções nas concentrações de 0,5% e 1%. A germinação foi acompanhada diariamente, sendo avaliados parâmetros como porcentagem e velocidade de germinação. Ao final de sete dias, foram medidos o comprimento da parte aérea e radicular, e obtidas as biomassa fresca e seca. Foi realizada análise de variância com comparações de médias pelo teste Tukey a 5% de significância. No alface, os bioprodutos não alteraram a germinação, mas comprometeram significativamente o desenvolvimento das plântulas. O óleo essencial a 1% reduziu a massa seca em 42% e o comprimento radicular em 22%, enquanto o extrato a 1% reduziu a massa seca em 41,4%. Em contrapartida, nas plântulas de tomate, o extrato a 0,5% promoveu incremento de 39,6% no crescimento radicular, 32,3% no comprimento total da plântula, e aumentos de 10,9% e 14,3% na massa fresca e seca, respectivamente. Conclui-se que os efeitos dos bioprodutos de *Lippia alba* variam conforme a espécie vegetal, a concentração e o tipo de formulação, evidenciando seu potencial como bioestimulantes naturais, desde que aplicados de forma criteriosa em sistemas agrícolas sustentáveis. Observou-se efeito bioestimulante no tomate, especialmente com o extrato a 0,5%, enquanto no alface os bioprodutos apresentaram efeito inibitório, com intensidade dependente da concentração.

Palavras-chave: bioestimulantes; alelopatia; extrato vegetal; óleo essencial; germinação.

ABSTRACT

The intensive use of synthetic inputs in agriculture has led to significant environmental impacts, encouraging the adoption of more sustainable practices. In this context, plant-based bioproducts emerge as promising alternatives. This study evaluated the potential of the aqueous extract and essential oil of *Lippia alba* (Brazilian lemon balm) as plant growth promoters in seeds of lettuce (*Lactuca sativa*) and tomato (*Solanum lycopersicum*) under laboratory conditions. Seeds were placed in Gerbox-type boxes on germination paper moistened with solutions at concentrations of 0.5% and 1%. Germination was monitored daily, and parameters such as germination percentage and rate were evaluated. After seven days, shoot and root lengths were measured, and fresh and dry biomass were determined. Analysis of variance was performed with mean comparisons using Tukey's test at a 5% significance level. In lettuce, the bioproducts did not affect germination but significantly impaired seedling development. The essential oil at 1% reduced dry mass by 42% and root length by 22%, while the extract at 1% reduced dry mass by 41.4%. In contrast, in tomato seedlings, the extract at 0.5% promoted a 39.6% increase in root growth, 32.3% in total seedling length, and increases of 10.9% and 14.3% in fresh and dry mass, respectively. It is concluded that the effects of *Lippia alba* bioproducts vary according to plant species, concentration, and formulation type, highlighting their potential as natural biostimulants when applied judiciously in sustainable agricultural systems. A biostimulant effect was observed in tomato, especially with the 0.5% extract, while in lettuce, the bioproducts showed an inhibitory effect, with intensity depending on the concentration.

Keywords: biostimulants; allelopathy; plant extract; essential oil; germination.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ASPECTO FÍSICO DOS BIOPRODUTOS DE <i>Lippia alba</i>	17
(A) ÓLEO ESSENCIAL CONCENTRADO (À ESQUERDA) E EXTRATO (À DIREITA) + EMULSIFICANTE DE <i>Lippia alba</i>	17
(B) EXTRATO (À ESQUERDA) E ÓLEO ESSENCIAL DILUÍDO (À DIREITA) + EMULSIFICANTE DE <i>Lippia alba</i>	17
FIGURA 2 - DISPOSIÇÃO DOS DIÁSPOROS EM CAIXA GERBOX. ALFACE (À... ESQUERDA); TOMATE (À DIREITA).....	18
FIGURA 3 - DIÁSPOROS GERMINADOS DE ALFACE (À ESQUERDA), TOMATE (À DIREITA).....	19
FIGURA 4 - ASPECTO VISUAL DAS PLÂNTULAS DE ALFACE TRATADAS COM CONTROLE (À ESQUERDA), EXTRATO (REGIÃO CENTRAL) E ÓLEO (À DIREITA) DE <i>Lippia alba</i> A 1%.....	24
FIGURA 5 - ASPECTO VISUAL DAS PLÂNTULAS DE TOMATE TRATADAS COM CONTROLE (À ESQUERDA), COM ÓLEO (REGIÃO CENTRAL) E EXTRATO (AS DUAS À DIREITA) DE <i>Lippia alba</i> A 0,5%.....	25

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS GERMINATIVOS E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE UTILIZANDO BIOPRODUTOS À BASE DE <i>Lippia alba</i> A 0,5%.....	21
TABELA 2. VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS GERMINATIVOS E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE UTILIZANDO BIOPRODUTOS À BASE DE <i>Lippia alba</i> A 1%.....	22
TABELA 3. VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS GERMINATIVOS E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE TOMATE UTILIZANDO BIOPRODUTOS À BASE DE <i>Lippia alba</i> A 0,5%.....	25
TABELA 4. VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS GERMINATIVOS E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE TOMATE UTILIZANDO BIOPRODUTOS À BASE DE <i>Lippia alba</i> A 1%.....	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. JUSTIFICATIVA.....	10
3. OBJETIVOS.....	10
3.1 OBJETIVO GERAL.....	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
4.1 PLANTAS MEDICINAIS.....	11
4.2 EXTRATOS VEGETAIS UTILIZADOS COMO BIOESTIMULANTES.....	11
4.3 ÓLEOS ESSENCIAIS.....	13
4.4 <i>Lippia alba</i>	14
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
5.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	16
5.1.1 Materiais utilizados.....	16
5.1.2 Equipamentos utilizados.....	16
5.3 PREPARAÇÃO DOS DIÁSPOROS E SUBSTRATO DE GERMINAÇÃO.....	17
5.4 PREPARAÇÃO DAS CAIXAS GERBOX.....	18
5.5 DISPOSIÇÃO DOS DIÁSPOROS E ACONDICIONAMENTO.....	18
5.6 ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO.....	19
5.6.1 Cálculo de porcentagem de germinação.....	20
5.6.2 Cálculo de índice de velocidade de germinação (IVG).....	20
5.7 CRESCIMENTO DAS PLÂNTULAS.....	20
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
6.1 USO DE BIOPRODUTOS DE <i>Lippia alba</i> EM DIÁSPOROS DE ALFACE.....	21
6.2 USO DE BIOPRODUTOS DE <i>Lippia alba</i> EM SEMENTES DE TOMATE.....	24
7. CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna enfrenta desafios relacionados ao uso intensivo de insumos químicos, os quais podem causar impactos negativos ao meio ambiente, como a contaminação de solos e recursos hídricos. Nesse contexto, cresce o interesse por alternativas mais sustentáveis, como os bioprodutos vegetais. Segundo Du Jardin (2015), os bioestimulantes, que incluem substâncias de origem natural, têm o potencial de melhorar o desenvolvimento vegetal e a eficiência no uso de nutrientes, reduzindo a dependência de agroquímicos. Assim, sua aplicação pode contribuir para a construção de sistemas agrícolas mais equilibrados e ambientalmente responsáveis.

Os bioestimulantes de origem vegetal têm se destacado como uma alternativa promissora aos insumos tradicionais na agricultura, pois muitos deles podem ser aplicados diretamente em sementes, plantas ou solos, atuando como promotores de crescimento (Wazeer *et al.*, 2024).

A espécie *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, conhecida como erva-cidreira-brasileira, é uma planta medicinal e aromática amplamente distribuída no território brasileiro, reconhecida por sua composição química rica em flavonoides, terpenos, óleos essenciais e outros metabólitos secundários (Aguiar *et al.*, 2008; Barbosa; Pereira; Fortuna, 2018). Esses compostos, além de conferirem propriedades antimicrobianas e antioxidantes, têm mostrado potencial como bioestimulantes vegetais, podendo modular processos fisiológicos das plantas, como a germinação, o crescimento radicular e a resistência a estresses ambientais (Cunha *et al.*, 2012; Linde *et al.*, 2016).

Estudos documentam que compostos bioativos de extratos e óleos essenciais derivados de plantas desempenham um papel crucial na mitigação de estresse oxidativo em plantas, aumentando a atividade de enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD) e catalase (CAT), além de aumentar a concentração de pigmentos fotossintéticos, essenciais para fotossíntese sob condições adversas (Oliveira *et al.*, 2006; Cortez *et al.*, 2015).

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o potencial de bioprodutos de *Lippia alba* como promotores de crescimento vegetal em diásporos das hortaliças: alface e tomate em condições laboratoriais.

2. JUSTIFICATIVA

A crescente demanda por produtos naturais no setor agrícola tem impulsionado novas pesquisas sobre a importância de alternativas naturais como uma forma de substituição de fertilizantes e reguladores de crescimento sintéticos para a redução dos impactos ambientais e a promoção de uma agricultura mais sustentável.

Os bioprodutos de *Lippia alba* (erva-cidreira-brasileira) são uma alternativa interessante devido à sua composição rica em compostos bioativos com potenciais efeitos bioestimulantes. Estudos indicam que a *Lippia alba* possui diversas propriedades biológicas, incluindo atividades como promotores de crescimento, microbianas e antioxidantes, além de compostos de interesse agroindustrial. No entanto, a utilização de extratos e óleos essenciais como promotores do crescimento vegetal ainda é pouco estudada.

Este estudo é uma forma de ampliar o conhecimento científico sobre bioestimulantes obtidos de *Lippia alba*.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de bioprodutos de *Lippia alba* (erva-cidreira-brasileira) como promotores de crescimento vegetal.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o efeito do extrato aquoso e do óleo essencial de *Lippia alba* em diferentes concentrações sobre o processo germinativo e de crescimento de hortaliças.
- Avaliar parâmetros como porcentagem e velocidade de germinação, comprimento radicular e de parte aérea, massa fresca e massa seca das plântulas após tratamento com os bioprodutos.
- Comparar os resultados em duas culturas (alface e tomate).

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 PLANTAS MEDICINAIS

Plantas medicinais são aquelas capazes de produzir compostos que exercem efeitos terapêuticos no organismo, tendo potencial de serem utilizadas no tratamento ou prevenção de doenças. Podendo também ser aplicadas em outras áreas, como alimentícia, agrícola e outras. Segundo Castro *et al.* (2004), o termo planta medicinal refere-se a qualquer vegetal que produza, em número representativo, substâncias químicas ou biológicas que podem ser empregadas direta ou indiretamente como medicamento.

As plantas medicinais são amplamente utilizadas pela humanidade desde a antiguidade, devido às suas propriedades terapêuticas atribuídas à presença de compostos bioativos. Essas espécies vegetais possuem uma variedade de metabólitos secundários, como flavonoides, alcaloides, triterpenos, sesquiterpenos, taninos e lignanas (Cechinel Filho; Yunes, 1998). Estes compostos também desempenham papéis essenciais na defesa contra herbívoros, microrganismos e estresses ambientais.

Com o avanço científico, muitas plantas medicinais vêm sendo estudadas para assim a obtenção de novos compostos com propriedades terapêuticas (Cechinel Filho; Yunes, 1998). Além do uso na medicina, há estudos que abordam o preparo e a aplicação de plantas medicinais com potencial na formulação de biofertilizantes que impulsionem o cultivo agrícola (Vieira, 2022).

4.2 EXTRATOS VEGETAIS UTILIZADOS COMO BIOESTIMULANTES

Os extratos vegetais têm despertado um grande interesse na agricultura como uma nova alternativa para promover o crescimento vegetal e aumentar a resistência das plantas. De acordo com Carvalho *et al.* (2022), o uso intensivo de produtos sintéticos e potencialmente tóxicos no manejo agrícola tem impulsionado o interesse por pesquisas em diversas áreas, voltadas à aplicação de extratos vegetais como alternativas mais sustentáveis e seguras para a agricultura.

Os extratos vegetais contêm substâncias naturais promotoras de crescimento, como fitohormônios, osmoprotetores, antioxidantes e nutrientes, que fortalecem os sistemas antioxidantes das plantas (Desoky *et al.*, 2018). Existem inúmeras

aplicações dos extratos vegetais na agricultura, sendo utilizados como uma rica fonte de compostos orgânicos bioestimulantes (Ali *et al.*, 2020).

Segundo Del Buono (2020), bioestimulantes vegetais são substâncias capazes de melhorar a produtividade e a qualidade das culturas, aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo e melhorar a eficiência do uso das plantas. Eles podem derivar de uma variedade de moléculas, como hidrolisado de proteínas, substâncias húmicas e fúlvicas, extratos de algas marinhas, extratos de proteínas animais e vegetais, microrganismos benéficos, fungos e bactérias.

Há diversos estudos que indicam o potencial dos extratos vegetais aplicados em outras plantas atuando como um bioestimulante, ajudando tanto na germinação como no crescimento vegetal. Por exemplo, o extrato aquoso de alho (*Allium sativum*) demonstrou alterar a resposta antioxidante de mudas de pepino, e esse efeito foi observado como dependente da concentração (Hayat *et al.*, 2016). O crescimento de mudas de tomate em resposta a concentrações diferentes do extrato de alho revelou resultados significativos e estimulantes (Gao, 2006). Além de ajudar no crescimento das plantas, os resultados obtidos em um bioensaio em pimenta utilizando o extrato à base de bulbo de alho também mostraram potencial para alertar as respostas de defesa das plantas, o que pode levar à resistência induzida contra infecções fúngicas (Hayat *et al.*, 2018).

O extrato de *Moringa oleifera* é muito estudado devido ao seu alto teor de minerais, açúcares, proteínas, prolina, aminoácidos, citocininas, auxinas, giberelinas e antioxidantes, os quais ajudam no crescimento das plantas e na resistência aos estresses ambientais (Howladar, 2014; Elzaawely *et al.*, 2017; Zulfiqar *et al.*, 2019). A aplicação do mesmo em abóbora (*Cucurbita pepo* L.) apresentou resultados promissores de crescimento em condições de estresse hídrico (Abd El-Mageed *et al.*, 2017; Elzaawely *et al.*, 2017; Zulfiqar *et al.*, 2019).

Extratos aquosos de subprodutos de grãos de erva-doce, limão e cevada demonstraram aumentar o rendimento do tomate e a qualidade dos frutos (Chehade *et al.*, 2018). A aplicação foliar de extrato de alho, extrato de capim-limão e óleo de manjerição em tomateiro reduziu a população de *Tuta absoluta* e melhorou a qualidade e a quantidade da produtividade dos frutos do tomateiro (Hussein *et al.*, 2015).

Extrato de Cipó-chumbo (*Cuscuta reflexa*) utilizado no condicionamento das sementes de trigo mostrou um alto desempenho na melhora de sua germinação. O uso em grãos de trigo mostrou também a melhora em condições de estresse hídrico, devido a ser uma planta rica em ácido ascórbico (AsA), tocoferóis, fenólicos, flavonoides, aminoácidos e nutrientes minerais (Vijukumar *et al.*, 2011; Noureen *et al.*, 2019). Estudos demonstram que o extrato de *Cuscuta reflexa* pode atuar como bioestimulante em trigo, especialmente em condições de estresse hídrico. Doses baixas melhoraram a germinação, o vigor de plântulas e os mecanismos fisiológicos de defesa. Também contribuiu para maior rendimento e absorção de nutrientes. Recomenda-se sua aplicação em ambientes de irrigação limitada (Ali *et al.*, 2020).

Os extratos vegetais de cebolinha chinesa e folhas/caules de soja apresentaram alto potencial como bioestimulantes naturais. Eles promoveram significativamente o crescimento de alface, com ganhos superiores a fertilizantes convencionais como a ureia e até mesmo a extratos comerciais, devido à sua alta concentração de compostos bioativos (Jang; Kuk, 2019).

A espécie *Lippia alba* tem despertado interesse em pesquisas devido a seus extratos apresentarem composição bioativa rica em flavonoides e polifenóis, como quercetina, catequina e ácido gálico. Segundo Sacramento *et al.* (2024), esses compostos estão associados à atividade antifúngica do extrato, que foi eficaz no controle do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, causador da antracnose em mamão. O estudo demonstrou que a aplicação do extrato reduziu significativamente o crescimento fúngico, sugerindo seu potencial como alternativa sustentável aos fungicidas convencionais.

4.3 ÓLEOS ESSENCIAIS

Além da diversidade de extratos que podem ser utilizados na agricultura, os óleos essenciais também demonstraram um grande potencial bioativo. Segundo Povh (2008), os óleos essenciais são misturas complexas que podem conter muitos compostos orgânicos, como terpenoides e fenilpropanoides. Também são conhecidos como óleos voláteis, óleos etéreos ou essências (Alves, 2014). Segundo Ventura *et al.* (2019), os óleos essenciais são compostos voláteis caracterizados por forte odor.

Diversos estudos demonstram o potencial dos óleos essenciais como agentes bioativos em diferentes contextos agrícolas e farmacológicos. Por exemplo, o óleo essencial de *Eucalyptus grandis* é eficiente na bioestimulação do crescimento vegetativo de mudas de eucalipto. Em concentrações menores, proporciona maior germinação das sementes, já em concentrações maiores, favorece um maior desenvolvimento das raízes e da parte aérea das mudas (Steffen, 2010). O óleo essencial de macela (*Achyrocline satureioides*) demonstrou ser altamente bioativo e mostrou ser um bioestimulante eficiente na germinação de sementes e no crescimento vegetativo das plantas quando testado em alface (*Lactuca sativa*). Também apresentou resultados positivos no aumento da matéria seca das raízes e parte aérea (Mairesse, 2005).

Entre as espécies de interesse, destaca-se a *Lippia alba*, planta amplamente utilizada na medicina tradicional devido à sua atividade sedativa, antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante (Alves, 2014). Seus óleos essenciais apresentam também atividade analgésica (Costa *et al.*, 1989; Viana *et al.*, 1998; Slowing Barrilas, 1992), sedativa e antidepressiva (Alves, 2014). Outros estudos também citam o potencial de *L. alba*, também no controle de fungos fitopatogênicos (Schwan-Estrada *et al.*, 2000).

O óleo essencial de *Lippia alba* tem sido amplamente estudado como alternativa sustentável no manejo de fitonematoides, destacando-se pela sua eficácia no controle de *Meloidogyne incognita*, um dos principais patógenos de raízes em cultivos agrícolas. Segundo Gonçalves *et al.* (2016), concentrações a partir de 500 ppm causaram mais de 96% de mortalidade dos juvenis, efeito atribuído a compostos como carvona, neral e geranial, que desestabilizam a membrana celular dos nematoides. Esses resultados indicam o potencial do óleo como alternativa natural ao uso de nematicidas sintéticos.

4.4 *Lippia alba*

A espécie *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown é uma planta nativa da América do Sul, pertencente à família Verbenaceae, com ampla distribuição no Brasil e em países vizinhos. É amplamente conhecida por seus usos populares e medicinais, recebendo nomes como erva-cidreira-brasileira, alecrim-do-campo, falsa-melissa, cidró, entre outros (Heizmann; Barros, 2007).

É uma planta que apresenta bom crescimento e boa adaptabilidade em diversos ambientes (Yamamoto, 2006). O principal interesse econômico da espécie reside na extração de seus óleos essenciais, produzidos predominantemente nas folhas, que são ricas em monoterpenos e sesquiterpenos, com propriedades medicinais e aromáticas (Heizmann; Barros, 2007).

Segundo Pascual *et al.* (2001), os óleos essenciais de *L. alba* contêm compostos como linalol, citral (geranial e neral), carvona, limoneno, 1,8-cineol, mirceno, cânfora, cariofileno, entre outros. Os mesmos definem diferentes quimiotipos na espécie, essa diversidade química é influenciada por fatores genéticos, ambientais e pela interação entre eles (Yamamoto, 2006).

Além dos terpenos, outros metabólitos secundários já foram identificados em *L. alba*, como flavonoides sulfatados, taninos, iridoides (como geniposídeos), saponinas triterpênicas, resinas e mucilagens, os quais podem atuar em sinergia para conferir as propriedades biológicas da planta (Heizmann; Barros, 2007). Essa diversidade química justifica os diversos efeitos terapêuticos atribuídos à espécie, como ação sedativa, anti-inflamatória, antimicrobiana, antiviral, carminativa, hipotensora, digestiva e antioxidante (Viana *et al.*, 1998; Vale *et al.*, 1999; Zétola *et al.*, 2002).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia e Nutrição de Plantas na Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina.

5.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

5.1.1 Materiais utilizados

- Diásporos de alface (*Lactuca sativa*) e tomate (*Solanum lycopersicum*) foram adquiridos de fornecedores comerciais especializados.
- Água destilada: utilizou-se para realizar a diluição do extrato aquoso e do óleo essencial, e também utilizou-se como controle.
- Papel de germinação: foi empregado como substrato para os diásporos durante o processo de germinação.
- Álcool 70%: Utilizado para desinfecção de superfícies e materiais utilizados nos experimentos.
- Caixas Gerbox (11 x 11 x 3,5 cm): Recipientes plásticos utilizados para manter as sementes em condições controladas de germinação.

5.1.2 Equipamentos utilizados

- Câmara de germinação tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand): Foi adotada para fornecer condições constantes de temperatura e luminosidade.
- Balança analítica: Foi empregada para a pesagem das plântulas com precisão de 0,001 g, tanto para a determinação da massa fresca quanto da massa seca.
- Estufa de ventilação forçada: foi utilizada para a secagem das plântulas a 60°C durante 24 horas, para posterior determinação da massa seca.
- Software SISVAR: Utilizou-se para a análise estatística dos dados.

5.2 PREPARO DAS SOLUÇÕES (TRATAMENTOS)

Os tratamentos foram baseados em duas formulações diferentes à base de composto emulsificante e óleo essencial ou extrato bruto de *Lippia alba* (erva-cidreira-brasileira) e foram gentilmente fornecidos pelo Instituto de Bioquímica e Biotecnologia da Universidade de Münster, Alemanha. Mais detalhes sobre as

formulações não serão descritos neste trabalho devido ao envolvimento das formulações e às respectivas caracterizações químicas em processos de solicitação de patentes.

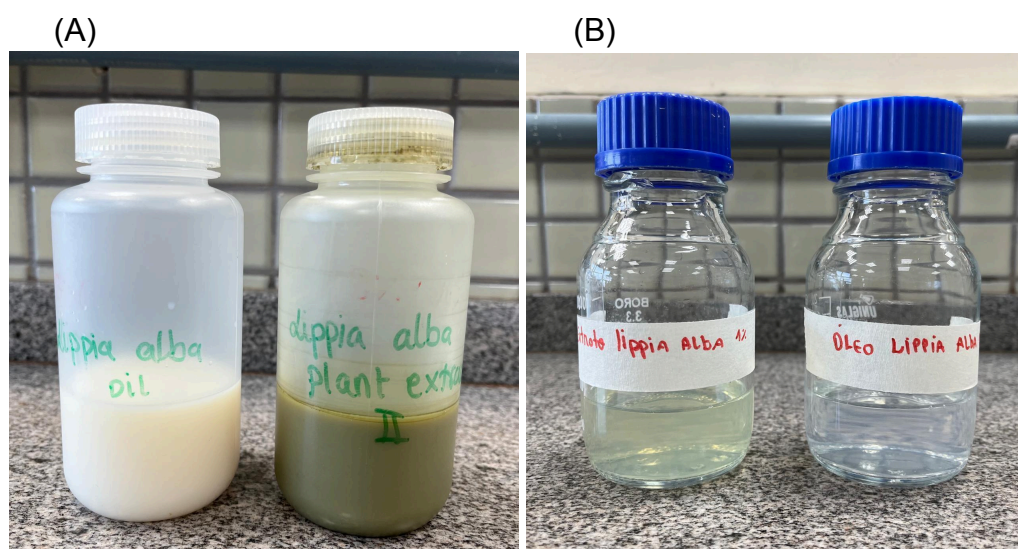
A figura a demonstra o aspecto visual dos bioprodutos.

Para extratos aquosos e os óleos essenciais de *Lippia alba*, foram submetidos a diluição em água destilada nas concentrações de 0,5% e 1%.

FIGURA 1 - ASPECTO FÍSICO DOS BIOPRODUTOS DE *Lippia alba*.

(A) ÓLEO ESSENCIAL CONCENTRADO (À ESQUERDA) E EXTRATO (À DIREITA) + EMULSIFICANTE DE *Lippia alba*.

(B) EXTRATO (À ESQUERDA) E ÓLEO ESSENCIAL DILUÍDO (À DIREITA) + EMULSIFICANTE DE *Lippia alba*.



FONTE: A autora (2025).

5.3 PREPARAÇÃO DOS DIÁSPOROS E SUBSTRATO DE GERMINAÇÃO

Os diásporos de alface e tomate foram adquiridos de fornecedores comerciais, os quais não passaram por tratamento químico ou físico adicional, sendo utilizados diretamente para os experimentos.

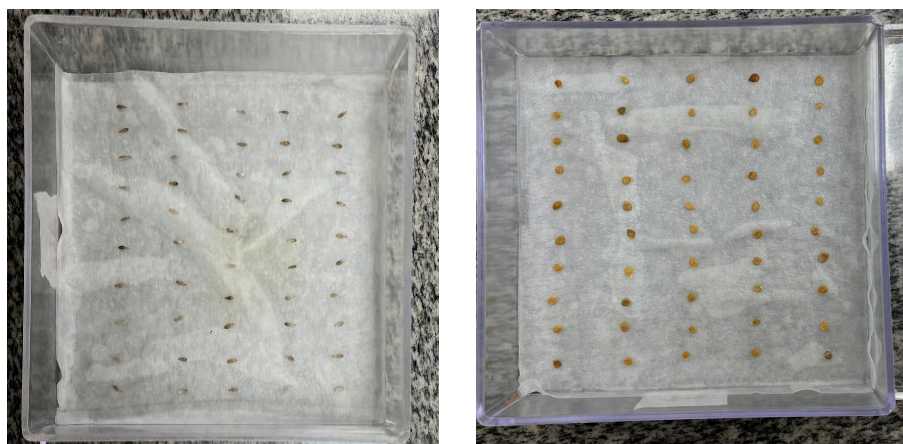
5.4 PREPARAÇÃO DAS CAIXAS GERBOX

As caixas Gerbox (11 x 11 x 3,5 cm) foram preparadas para garantir que os diásporos possuísem o ambiente ideal para germinação. Cada caixa foi lavada com água corrente e desinfetada com álcool 70% e, posteriormente, deixada secar ao ar livre. Dentro de cada caixa, foram colocadas duas folhas de papel de germinação, previamente umedecidas com 7mL da solução de tratamento correspondente (controle com água destilada, extrato aquoso e óleo essencial nas concentrações de 0,5% e 1%). O papel foi cuidadosamente ajustado ao fundo das caixas para garantir um bom contato com os diásporos e evitar o acúmulo excessivo de líquido, o que poderia prejudicar a oxigenação. Para evitar evaporação do óleo, extrato ou água destilada, as caixas Gerbox foram seladas com filme de PVC.

5.5 DISPOSIÇÃO DOS DIÁSPOROS E ACONDICIONAMENTO

Os diásporos foram distribuídos de forma uniforme nas caixas, respeitando o padrão de 50 por caixa, dispostas em 5 fileiras com 10 unidades cada (Figura 2). Esse arranjo foi adotado para evitar aglomeração e garantir que os diásporos tivessem espaço suficiente para germinar e se desenvolver sem competição excessiva por recursos.

FIGURA 2 - DISPOSIÇÃO DOS DIÁSPOROS EM CAIXA GERBOX. ALFACE (À ESQUERDA); TOMATE (À DIREITA)



FONTE: A autora (2025).

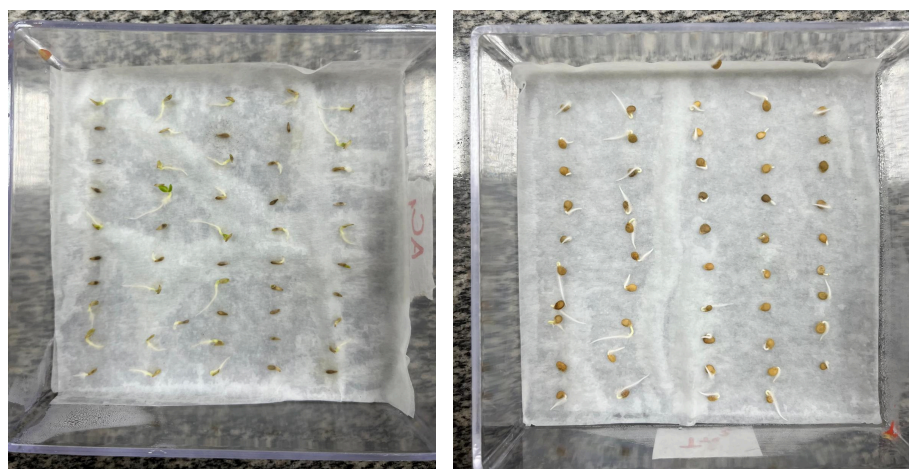
Cada grupo experimental foi formado por 5 repetições, totalizando 250 sementes por tratamento. Cada caixa foi identificada com etiquetas contendo informações sobre o tratamento e a concentração utilizada, o que facilitou a organização e o acompanhamento do experimento.

As caixas Gerbox foram acondicionadas na câmara de germinação tipo BOD, onde as condições ambientais foram controladas. A temperatura foi mantida a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, com um fotoperíodo de 12 horas.

5.6 ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO

A germinação foi realizada diariamente durante os primeiros sete dias após a semeadura. Os diásporos foram considerados germinados quando a radícula ultrapassou 2 mm de comprimento (Figura 3), de acordo com o critério estabelecido por Borghetti e Ferreira (2004).

FIGURA 3 - DIÁSPOROS GERMINADOS DE ALFACE (À ESQUERDA), TOMATE (À DIREITA)



FONTE: A autora (2025).

Foi calculada a porcentagem de germinação a partir da contagem dos diásporos germinados em cada tratamento, e o índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado conforme a fórmula proposta por Maguire (1962):

5.6.1 Cálculo de porcentagem de germinação

% de germinação = (Número total de sementes germinadas) × 100

$$(\text{Número de sementes semeadas})$$

5.6.2 Cálculo de índice de velocidade de germinação (IVG)

$$IVG = N \frac{1}{G1} + N \frac{2}{G2} + \dots + \frac{Nn}{Gn}$$

Onde,

G = Número acumulado de sementes germinadas até o dia n

N = Número de dias após a semeadura.

5.7 CRESCIMENTO DAS PLÂNTULAS

No sétimo dia após a semeadura, as plântulas foram retiradas cuidadosamente das caixas, e as raízes e a parte aérea foram medidas com a utilização de uma régua milimetrada.

A massa fresca foi determinada utilizando uma balança analítica com precisão de 0,001g. Após a pesagem da massa fresca, as plântulas foram colocadas em pacotes de alumínio identificados e foram acondicionadas em uma estufa a 60°C por 24 horas, até atingirem peso constante. Após esse período, a massa seca foi determinada.

5.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com um nível de significância de 5%. Quando as diferenças entre os tratamentos foram consideradas significativas, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de significância.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o SISVAR versão 5.8 Build 92, desenvolvido por Daniel Furtado (Ferreira, 2018).

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 USO DE BIOPRODUTOS DE *Lippia alba* EM DIÁSPOROS DE ALFACE

Na tabela 1, observa-se que não houve diferenças estatísticas na porcentagem de germinação (%G) e na velocidade de germinação (IVG) entre os tratamentos avaliados sob diásporos de alface, o que indica que os bioprodutos à base de *Lippia alba* 0,5% não afetaram o processo germinativo.

O óleo reduziu a massa fresca em 27,4% e a massa seca em 26,7%, enquanto o extrato comprometeu a massa fresca em 13,7% e a massa seca em torno de 26%. Esses efeitos sugerem que, mesmo sem alterar a germinação, os bioprodutos a 0,5% prejudicaram o desenvolvimento inicial das plântulas de alface. Resultados semelhantes foram relatados por Alves *et al.* (2004), que observaram redução no comprimento da raiz de alface quando exposta ao óleo essencial de *Lippia sidoides*, evidenciando o efeito fitotóxico de compostos voláteis. Do mesmo modo, Miranda *et al.* (2015) destacam que óleos essenciais como o de capim-limão e alfavaca reduzem o vigor de aquênios de alface, com os efeitos atribuídos ao citral e eugenol.

TABELA 1. VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS GERMINATIVOS E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE UTILIZANDO BIOPRODUTOS À BASE DE *Lippia alba* A 0,5%

	%G	IVG	Comp. Hipocótilo (cm)	Comp. Raiz (cm)	Comp. Plântula (cm)	Massa Fresca Plântula (g)	Massa Seca Plântula (g)
Controle	85a	47,3a	0,80a	2,34a	3,12a	0,102a	0,015a
Óleo à 0,5% <i>Lippia alba</i>	83a	44,8a	0,68a	2,08a	2,76a	0,074b	0,011b
Extrato à 0,5% <i>Lippia alba</i>	86a	41,2a	0,80a	2,35a	3,02a	0,088ab	0,011b

*letras diferentes nas colunas representam tratamentos diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%
%G – porcentagem de germinação; IVG – índice de velocidade de germinação; Comp. - comprimento

Estudos demonstram que óleos essenciais de plantas medicinais podem exercer efeitos alelopáticos sobre a alface (Miranda *et al.* 2015). Assim, os efeitos negativos observados na massa fresca e seca das plântulas podem estar

relacionados à presença de compostos voláteis com atividade fitotóxica, como o citral, o carvacrol e o linalol, que são frequentemente encontrados em óleos essenciais de plantas do gênero *Lippia* (Miranda *et al.* 2015). O óleo essencial, em particular, mostrou maior impacto, possivelmente devido à presença dos monoterpenos voláteis (Singh *et al.*, 2003).

Além disso, é importante considerar que a germinação, em muitos casos, é menos sensível aos efeitos de compostos alelopáticos do que o desenvolvimento subsequente das plântulas. Souza Filho *et al.* (2010) relatam que compostos fenólicos e terpenoides podem não impedir a germinação, mas afetar significativamente a formação do sistema radicular, a expansão foliar e a produção de biomassa.

Na concentração de 1%, os bioprodutos também não alteraram os parâmetros germinativos (%G e IVG) (Tabela 2). No entanto, os efeitos negativos sobre o crescimento foram mais acentuados do que na concentração de 0,5%. O tratamento utilizando o óleo reduziu o comprimento da raiz em 22% e a massa seca em 42%. Enquanto o extrato diminuiu a massa seca da plântula em 41,4%, também reduziu o comprimento da raiz em cerca de 10,3% comparado ao controle.

TABELA 2. VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS GERMINATIVOS E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE UTILIZANDO BIOPRODUTOS À BASE DE *Lippia alba* A 1%

	%G	IVG	Comp. Hipocótilo (cm)	Comp. Raiz (cm)	Comp. Plântula (cm)	Massa Fresca Plântula (g)	Massa Seca Plântula (g)
Controle	74a	46,7a	0,36a	2,92 a	3,26a	0,0978a	0,0157a
Óleo à 1% <i>Lippia alba</i>	82a	43,6a	0,34a	2,28 b	2,26a	0,106a	0,0091b
Extrato à 1% <i>Lippia alba</i>	78a	40,8a	0,40a	2,62 ab	2,98a	0,093a	0,0092b

*letras diferentes nas colunas representam tratamentos diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%
%G – porcentagem de germinação; IVG – índice de velocidade de germinação; Comp. - comprimento

Os dados apresentados reforçam a hipótese de que compostos voláteis e fenólicos presentes em *L. alba* possuem atividade alelopática e podem atuar como inibidores do crescimento, dependendo da concentração utilizada. Esses efeitos dependentes da dose também foram relatados em diferentes espécies vegetais. Segundo Almeida *et al.* (2019), concentrações mais baixas de óleos essenciais podem promover estímulo inicial ao crescimento, enquanto concentrações mais altas resultam em inibição. No presente estudo, essa tendência ficou evidente: a 0,5%, os efeitos foram moderados, enquanto a 1% houve redução significativa no crescimento da raiz e da biomassa.

É importante destacar que, embora as formulações tenham sido distintas (óleo e extrato), ambos os bioprodutos apresentaram efeitos inibidores em alface, sugerindo que múltiplos grupos de compostos ativos podem estar envolvidos na fitotoxicidade, como também discutido por Almeida *et al.* (2019).

Tal comportamento também foi observado por Mairesse (2005), que, ao testar diferentes concentrações de óleos vegetais em alface, concluiu que a toxicidade ou bioatividade depende da dose e da composição química do bioproduto. Miranda *et al.* (2015) avaliaram o potencial alelopático dos óleos essenciais de capim-limão (*Cymbopogon citratus*), alfavaca (*Ocimum gratissimum*) e manjerição (*Ocimum basilicum*) sobre a germinação e o vigor de aquênios de alface. Os resultados indicaram que os óleos essenciais de capim-limão e alfavaca apresentaram potenciais alelopáticos, afetando negativamente a germinação e o vigor das sementes, efeitos atribuídos aos constituintes majoritários citral e eugenol, respectivamente.

Neste estudo, os resultados indicam que, em ambas as concentrações, os bioprodutos testados não favoreceram o crescimento de plântulas de alface, sendo inclusive danosos (Figura 4). Embora os extratos vegetais sejam reconhecidos por seu potencial bioestimulante em diversas culturas, seus efeitos são altamente dependentes da dose e da espécie-alvo. Segundo Godlewska *et al.* (2021), a complexidade dos compostos presentes nos extratos pode gerar respostas distintas, que vão desde o estímulo ao crescimento até a inibição, como observado nas plântulas de alface neste estudo.

FIGURA 4 - ASPECTO VISUAL DAS PLÂNTULAS DE ALFACE TRATADAS COM CONTROLE (À ESQUERDA), EXTRATO (REGIÃO CENTRAL) E ÓLEO (À DIREITA) DE *Lippia alba* A 1%



FONTE: A autora (2025).

6.2 USO DE BIOPRODUTOS DE *Lippia alba* EM SEMENTES DE TOMATE

Ao avaliar o efeito dos bioprodutos sobre as sementes de tomate, observou-se que, nas concentrações de 0,5% e 1%, não houve alteração significativa nos parâmetros germinativos (%G e IVG) (Tabelas 3 e 4).

O extrato a 0,5%, como demonstrado na tabela 3, promoveu aumentos no crescimento das plântulas (Figura 5), acréscimos de 39,6% no comprimento da raiz, 32,3% no comprimento total da plântula, 10,9% na massa fresca e 14,3% na massa seca, sugerindo efeito bioestimulante. O óleo também induziu ganhos em comprimento e sem impacto significativo sobre a biomassa.

TABELA 3. VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS GERMINATIVOS E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE TOMATE UTILIZANDO BIOPRODUTOS À BASE DE *Lippia alba* A 0,5%

	%G	IVG	Comp. Hipocótilo (cm)	Comp. Raiz (cm)	Comp. Plântula (cm)	Massa Fresca Plântula (g)	Massa Seca Plântula (g)
Controle	93a	59,9a	1,80a	5,58c	7,38c	0,292a	0,035a
Óleo à 0,5% <i>Lippia alba</i>	95a	57,0a	1,78a	6,96b	8,72b	0,280a	0,038a
Extrato à 0,5% <i>Lippia alba</i>	92a	59,3a	1,92a	7,80a	9,76a	0,324a	0,040a

*letras diferentes nas colunas representam tratamentos diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%
%G – porcentagem de germinação; IVG – índice de velocidade de germinação; Comp. - comprimento.

FIGURA 5 - ASPECTO VISUAL DAS PLÂNTULAS DE TOMATE TRATADAS COM CONTROLE (À ESQUERDA), COM ÓLEO (REGIÃO CENTRAL) E EXTRATO (AS DUAS À DIREITA) DE *Lippia alba* A 0,5%



FONTE: A autora (2025).

O aumento do crescimento da raiz pode estar relacionado à ação de metabólitos secundários presentes em extratos de *L. alba*, como flavonoides e terpenos, os quais são conhecidos por modular rotas metabólicas e processos fisiológicos em plantas (Aguiar *et al.*, 2008; Linde *et al.*, 2016; Barbosa *et al.*, 2018). Esses compostos atuam na regulação do crescimento celular, na ativação de enzimas antioxidantes e na melhora da absorção de nutrientes, podendo explicar o desempenho superior das plântulas tratadas com o extrato aquoso.

Além disso, segundo Cechinel Filho e Yunes (1998), os extratos brutos vegetais, mesmo sem o isolamento prévio de seus compostos ativos, possuem potencial para desencadear efeitos biológicos significativos, justamente pela complexidade e variedade de substâncias presentes. Essa combinação pode atuar de forma sinérgica, ativando simultaneamente diferentes vias fisiológicas. No contexto deste estudo, a aplicação do extrato bruto de *Lippia alba* pode ter favorecido o desenvolvimento das plântulas por meio de múltiplos mecanismos, como estímulo à divisão e alongação celular, modulação hormonal e melhora do status antioxidante, refletindo-se em maior crescimento radicular.

Estudos anteriores corroboram esses achados. Por exemplo, Borella *et al.* (2010) investigaram os efeitos alelopáticos de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e o crescimento inicial de alface e tomate, constatando que resultados indicaram que os extratos alteraram o comprimento radicular e a massa das plântulas de tomate, sugerindo que compostos bioativos podem influenciar positivamente o desenvolvimento inicial das plantas, dependendo da concentração utilizada.

A comparação entre os resultados obtidos para alface e tomate neste estudo evidencia respostas fisiológicas distintas frente aos mesmos bioprodutos. Essa variação interespecífica também foi relatada por Borella *et al.* (2010), que observaram efeitos contrastantes ao aplicar extratos aquosos de *Duranta repens* nas duas culturas. Enquanto em alface houve redução acentuada no crescimento radicular e na biomassa, em tomate foram verificados aumentos significativos nesses mesmos parâmetros. No presente trabalho, esse padrão se repetiu: a alface apresentou inibição do desenvolvimento mesmo na menor concentração testada (0,5%), especialmente com o óleo essencial, enquanto o tomate respondeu

positivamente ao extrato na mesma dose, com incremento no comprimento da raiz e acúmulo de massa fresca e seca.

Essas diferenças de sensibilidade podem ser atribuídas a fatores fisiológicos intrínsecos de cada espécie. A alface, tradicionalmente utilizada como planta-teste em estudos alelopáticos, apresenta elevada sensibilidade a compostos fenólicos e voláteis (Alves *et al.*, 2004; Miranda *et al.*, 2015). Já o tomate, por outro lado, pode dispor de mecanismos bioquímicos e estruturais que conferem maior tolerância ou até capacidade de aproveitamento desses compostos em concentrações subletais. Flavonoides e terpenos presentes em *Lippia alba* podem atuar como sinalizadores em rotas metabólicas benéficas, estimulando o crescimento celular, a ativação de enzimas antioxidantes e o balanço hormonal em espécies mais tolerantes.

Na concentração mais alta (1%), como apresentado na tabela 4, os efeitos benéficos foram menos expressivos, com destaque na biomassa fresca com aumento de 55%. O óleo, por sua vez, não apresentou efeitos estatisticamente distintos do controle em nenhum dos parâmetros. Isso indica que, mesmo em maiores concentrações, os compostos presentes não apresentaram efeitos tóxicos no processo germinativo, corroborando estudos que sugerem que a germinação é uma etapa fisiológica menos sensível à ação de aleloquímicos (Souza Filho *et al.*, 2010).

TABELA 4. VALORES MÉDIOS DE PARÂMETROS GERMINATIVOS E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE TOMATE UTILIZANDO BIOPRODUTOS À BASE DE *Lippia alba* A 1%

	%G	IVG	Comp. Hipocótilo (cm)	Comp. Raiz (cm)	Comp. Plântula (cm)	Massa Fresca Plântula (g)	Massa Seca Plântula (g)
Controle	90a	49,0a	1,62a	8,46a	10,10a	0,209b	0,043a
Óleo à 1% <i>Lippia alba</i>	93a	44,9a	1,50a	8,82a	10,30a	0,261b	0,038a
Extrato à 1% <i>Lippia alba</i>	90a	45,5a	1,44a	8,54a	9,96a	0,324a	0,043a

*letras diferentes nas colunas representam tratamentos diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%
%G – porcentagem de germinação; IVG – índice de velocidade de germinação; Comp. - comprimento

O extrato aquoso a 1% aumentou significativamente a massa fresca das plântulas de tomate, sem afetar negativamente o crescimento das raízes ou a biomassa seca, indicando possível acúmulo de água ou maior atividade metabólica induzida por compostos bioativos. Flavonoides, terpenos e outros metabólitos secundários presentes em *L. alba* são descritos na literatura como reguladores do metabolismo vegetal, podendo atuar na retenção hídrica (Aguiar *et al.*, 2008; Linde *et al.*, 2016; Barbosa *et al.*, 2018). Dessa forma, o ganho em massa fresca pode estar associado à modulação de rota fisiológica.

Os dados do presente estudo também são consistentes com os de Almeida *et al.* (2019), que demonstraram que a bioatividade dos óleos essenciais em tomate depende da concentração utilizada. Em concentrações mais baixas, observaram-se estímulos ao crescimento, em concentrações mais altas, os efeitos foram inibitórios. Essa sensibilidade ao doseamento também foi observada neste estudo com o extrato de *L. alba*.

Por sua vez, o tratamento com o óleo essencial não apresentou efeito significativo nos parâmetros analisados, o que pode estar relacionado à sua maior volatilidade e menor solubilidade em meio aquoso, assim como menor variabilidade de compostos.

Diante dos dados obtidos, considera-se que os bioprodutos derivados de *Lippia alba* apresentam potencial para aplicação como bioestimulantes seletivos em culturas agrícolas específicas, desde que utilizadas concentrações adequadas.

Nesse sentido, recomenda-se que estudos futuros considerem:

1. A avaliação de diferentes concentrações dos bioprodutos, tanto inferiores quanto superiores às utilizadas neste experimento, a fim de verificar possíveis efeitos dependentes da dose.
2. A investigação da atuação dos compostos de *Lippia alba* em outras espécies vegetais, com foco em culturas de interesse agrônomo.
3. A condução de ensaios em casa de vegetação e em condições de campo visa validar os efeitos observados em ambientes distintos e mais próximos da realidade agrícola.

7. CONCLUSÕES

Os bioprodutos de *Lippia alba* apresentaram efeito fitotóxico no desenvolvimento inicial das plântulas de alface, principalmente na redução da biomassa seca.

Por outro lado, no tomate, os bioprodutos demonstraram potencial como agentes bioestimulantes, com melhor desempenho observado nas plântulas tratadas com o extrato na concentração de 0,5%.

REFERÊNCIAS

- ABD EL-MAGEED, T. A.; SEMIDA, W. M.; RADY, M. M. Moringa leaf extract as biostimulant improves water use efficiency, physio-biochemical attributes of squash plants under deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 193, p. 46–54, 2017.
- AGUIAR, J.S. *et al.* Antimicrobial activity of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 3, p. 436–440, 2008.
- ALI, Q. *et al.* Low doses of *Cuscuta reflexa* extract act as natural biostimulants to improve the germination vigor, growth, and grain yield of wheat grown under water stress: photosynthetic pigments, antioxidative defense mechanisms, and nutrient acquisition. **Biomolecules**, v. 10, n. 9, p. 1212, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom10091212>.
- ALVES, R. D. ***Lippia alba* Mill: investigação etnobotânica e caracterização da composição química do seu óleo essencial por cromatografia**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Saúde, Cuité, PB, 2014.
- ALVES, M. S. *et al.* Atividade alelopática de óleos essenciais voláteis na germinação e crescimento de *Lactuca sativa*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 7., 2004, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2004.
- ALVES, S. M. *et al.* Atividade alelopática de óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) sobre a germinação e crescimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1213–1217, 2004.
- ALMEIDA, E. C. *et al.* Bioatividade de óleos essenciais na germinação e no vigor em sementes de tomate. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 2, p. 255–260, 2019.
- BARBOSA, C. S.; PEREIRA, R. F.; FORTUNA, J. L. Atividade antifúngica do óleo essencial de erva-cidreira *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown (Verbenaceae) sobre *Candida albicans*. **Revista Biociências**, v. 23, n. 1, p. 53–60, 2018.
- BORELLA, J.; TUR, C. M.; PASTORINI, L. H. Alelopatia de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Lycopersicum esculentum*. **Biotemas**, v. 23, n. 2, p. 13–22, 2010.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Germinação de sementes. Em F. W. Ávila (Org.), **Fisiologia de sementes** (pp. 37-54). Curitiba: Editora UFPR. 2004.
- CARVALHO, R. S.S. *et al.* A. Plant extracts in agriculture and their applications in the treatment of seeds. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 52, n. 5, e20210245, 2022.

CASTRO, H. G. *et al.* **Contribuição ao estudo das plantas medicinais Metabólitos Secundários**. Viçosa – MG. 2ª Edição, 2004

CECHINEL FILHO, V.; YUNES, R.A. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais. **Química Nova**, v.21, n.1, 1998.

CHEHADE, L. A. *et al.* Biostimulants from food processing by-products: agronomic, quality and metabolic impacts on organic tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, p. 1426–1436, 2018.

CORTEZ, L. E. R. *et al.* Avaliação da atividade antifúngica dos óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) NE Brown (Verbenaceae) e *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (Poaceae). **Mundo Saúde**, v. 39, n. 4, p. 433-440, 2015.

COSTA, M. *et al.* Screening in mouse some medicinal plants used for anagelsic purposes in the state of São Paulo. **J Ethnopharmacol**, v. 27, p. 25-33, 1989.

CUNHA, B. A. *et al.* Atividade antioxidante e perfil químico de extratos vegetais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n. 1, p. 54-64, 2012.

DEL BUONO, D. Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. **Science of the Total Environment**, v. 751, 2020.

DESOKY, E. M.; ELRYS, A. S.; RADY, M. M. Licorice root extract boosts *Capsicum annuum* L. production and reduces fruit contamination on a heavy metals-contaminated saline soil. **International Letters of Natural Sciences**, v. 73, p. 1–16, 2018.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3–14, 2015.

ELZAAWELY, A.A. *et al.* Enhancing growth, yield, biochemical, and hormonal contents of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) sprayed with moringa leaf extract. **Arch. Agron. Soil Sci.** 63, 687–699, 2017.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: Sistema de Análise de Variância. Versão 5.8 Build 92. Lavras: UFLA. 2018.

GAO, J. **The Guidance of Plant Physiology Experiments**. Higher Education Press: Beijing, China, 2006.

GODLEWSKA, K. *et al.* Plant extracts – importance in sustainable agriculture. **Italian Journal of Agronomy**, v. 16, n. 3, p. 174–181, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1853>.

GONÇALVES, F. J. T. *et al.* Atividade antagonista do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White) Chitwood. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 149–156, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_127.

HAYAT, S. *et al.* Aqueous Garlic Extract as a Plant Biostimulant Enhances Physiology, Improves Crop Quality and Metabolite Abundance, and Primes the Defense Responses of Receiver Plants. **Applied Sciences**, v. 8, n. 9, p. 1505, 2018.

HAYAT, S. *et al.* Garlic, from Remedy to Stimulant: Evaluation of Antifungal Potential Reveals Diversity in Phytoalexin Allicin Content among Garlic Cultivars; Allicin Containing Aqueous Garlic Extracts Trigger Antioxidants in Cucumber. **Plant Sci.** v7, 1235, 2016.

HEINZMANN, B. M.; BARROS, F. M. C. Potencial das plantas nativas brasileiras para o desenvolvimento de fitomedicamentos tendo como exemplo *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). **Saúde (Santa Maria)**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 43–48, 2007.

HOWLADAR, S.M. A novel Moringa oleifera leaf extract can mitigate the stress effects of salinity and cadmium in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 100, 69–75, 2014.

HUSSEIN, N. M. *et al.* Effect of two plant extracts and four aromatic oils on *Tuta absoluta* population and productivity of tomato cultivar Gold Stone. **Journal of Plant Protection and Pathology**, Mansoura University, v. 6, n. 6, p. 969–985, 2015.

JANG, S. J.; KUK, Y. I. Growth promotion effects of plant extracts on various leafy vegetable crops. **Horticultural Science and Technology**, p. 322–336, 2019.

LINDE, G. A. *et al.* Quimiotipos, extração, composição e aplicações do óleo essencial de *Lippia alba*. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.18, n.1, p.191-200, 2016.

LÓPEZ, M. A.; STASHENKO, E. E.; FUENTES, J. L. Chemical composition and antigenotoxic properties of *Lippia alba* essential oils. **Genetics and Molecular Biology**, v. 34, n. 3, p. 479–488, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-47572011005000044>.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.

MAIRESSE, L. A. da S. **Avaliação da bioatividade de extratos de espécies vegetais, enquanto excipientes de aleloquímicos**. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3157/LUIZ%20MAIRESSE.pdf?sequence=1>.

MIRANDA, P. R. de *et al.* Potencial alelopático de óleos essenciais de plantas medicinais sobre a germinação de alface. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 21–28, 2015.

NOUREEN, S. *et al.* The genus *Cuscuta* (Convolvaceae): An Updated Review on Indigenous Uses, Phytochemistry, and Pharmacology. Iran. **J. Basic Med. Sci.** v.22, p.1225–1252, 2019.

OLIVEIRA, R. A. *et al.* Efeito alelopático de extratos vegetais na germinação de sementes. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 15-23, 2006.

PASCUAL, M. E. *et al.* *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 76, p. 201–214, 2001. [Citado por: HEINZMANN; BARROS, 2007]

POVH, J. A. **Reguladores vegetais e bioestimulantes no desenvolvimento de *Salvia officinalis* L.: Avaliações fisiológicas, bioquímicas e fitoquímicas**. 2008. Tese (Doutorado em Biociências) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Botucatu, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/4b8d2f33-a5a8-4e10-b0cb-59a4b3df4912/content>. Acesso em: 14 abr. 2025.

SACRAMENTO, F. S. *et al.* Caracterização e atividade antifúngica do extrato vegetal da *Lippia alba* como potencial controle da antracnose do mamão. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, Ipameri, v. 13, e14772, 2024.

SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; STANGARLIN, J.R.; CRUZ, M.E.R. Uso de extratos vegetais no controle de fungos fitopatogênicos. **Floresta**, v. 30, p. 129-137, 2000.

SINGH, H. P.; BATISH, D. R.; KOHLI, R. K. Allelopathic interactions and allelochemicals: new possibilities for sustainable weed management. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, n. 3-4, p. 239–311, 2003. <https://doi.org/10.1080/713610858>

SLOWING-BARRILAS, K.V. **Estudio de la actividad antiinflamatoria de diversas especies de la flora de Guatemala**. 1992. Tese (Doutorado) - Universidad Complutense de Madrid, 1992.

SOUZA FILHO, A. P. S.; VALLADARES, M. C.; BORGES, C. H. S. *et al.* Efeitos alelopáticos de compostos naturais no desenvolvimento de plantas. **Planta Daninha**, v. 28, n. especial, p. 149–158, 2010.

STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K. Efeito estimulante do óleo essencial de eucalipto na germinação e crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.30, n.63, p.199 - 206, 2010.

VALE, T. G.; MATOS, F. J. A.; LIMA, T. C. M.; VIANA, G. S. B. Behavioral effects of essential oils from *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown chemotypes. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 67, p. 127–133, 1999. [Citado por: LÓPEZ *et al.*, 2011]

VENTURA, A. S. *et al.* Características do anestésico alternativo de erva cidreira (*Lippia alba*) e alecrim pimenta (*Lippia sidoides*) em peixes. **Medicina Veterinária**, v. 13, n. 3, p. 416–428, jul.–set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.26605/medvet-v13n3-3304>.

VIANA, G.S.B.*et al.* Analgesic and antiinflammatory effects of two chemotypes of *Lippia alba*: a comparative study. **Pharm Biol**, v. 36, p. 347-351, 1998.

VIEIRA, A. B. **Extratos e biomassa foliar de panaceia (*Solanum cernuum* Vell.) como bioestimulantes vegetais**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2022.

VIJIKUMAR, S. RAMANATHAN, K. DEVI, B. P. *Cuscuta reflexa* Roxb. A Wonderful Miracle Plant in Ethnomedicine. Ind. **J. Nat. Sci.** 11, 676–683, 2011.

WAZEER, H., GAONKAR, S. S., DORIA E., PAGANO A., BALESTRAZZI A., MACOVEI A. (2024). Plant-Based Biostimulants for Seeds in the Context of Circular Economy and Sustainability. **Plants**, 13(7), 1004.

YAMAMOTO, P. Y. **Interação genótipo x ambiente na produção e composição de óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br.** 2006. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP, 2006.

ZÉTOLA, M. *et al.* CNS activities of liquid and spray-dried extracts from *Lippia alba* – Verbenaceae (Brazilian false melissa). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 82, p. 207–215, 2002. [Citado por: LÓPEZ *et al.*, 2011]

ZULFIQAR, F. *et al.* An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. **Plant Sci.**, 110194, 2019.