EFEITO BIO-HERBICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *OCIMUM BASILICUM* L. SOBRE PLANTAS DANINHAS E ESPÉCIES-MODELO

Fernanda Raquel Pedroso Spavier, Gabriela Mathiazi de Almeida, Carolyn Cristina Vale da Silva, Letícia Lima de Paula, Eliane Valeria de Barros, Tércio da Silva de Souza.

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia, Avenida Vitória, 1729, Vitória, Espírito Santo, 29040-780, Brasil. fr.pedrososp@gmail.com, gmathiazidealmeida@gmail.com, crlyncris.2007@gmail.com, leticialima2863@gmail.com, ebarros@ifes.edu.br, tssouza@ifes.edu.br

Resumo

Este estudo avaliou o potencial bio-herbicida e genotóxico do óleo essencial de manjericão (*Ocimum basilicum*), associando ensaios laboratoriais, modelagem probabilística com curva de dose resposta e análise citogenética. Nos testes germinativos, a alface (*Lactuca sativa*) foi a mais sensível (bioindicadora), enquanto as daninhas azevém e picão-preto apresentaram sensibilidade intermediária semelhante. A cebola (*Allium cepa*) exibiu maior tolerância germinativa, mas sua análise microscópica revelou severos danos celulares radiculares. Houve aumento do índice mitótico e elevação em cinco vezes das aberrações cromossômicas (micronúcleos, pontes anafásicas, retardatários e C-metáfases), além de redução no tamanho celular médio. Esses efeitos bioativos, associados ao anetol e beta-linalol, confirmam o elevado potencial do óleo como alternativa ecológica aos herbicidas sintéticos.

Palavras-chave: Bio-herbicidas. *Ocimum basilicum.* Fitotoxicidade. Genotoxicidade. Índice mitótico.

Área do Conhecimento: Ciências exatas e da terra – Química

Introdução

O controle químico baseado em herbicidas sintéticos consolida-se como o método mais adotado para o manejo de plantas daninhas na agricultura global devido à sua elevada eficiência operacional e praticidade (Alcántara-De La Cruz *et al*., 2026). No entanto, o uso intensivo, contínuo e repetitivo desses insumos tem gerado severos impactos agronômicos, ecológicos e ambientais, modificando as interações nos agroecossistemas e exercendo forte pressão seletiva sobre as populações vegetais (Oliveira *et al*., 2023).

No cenário brasileiro, essa dinâmica é alarmante: entre 2010 e 2020, o consumo de herbicidas saltou de 157.500 para 329.700 toneladas de ingredientes ativos por ano, um incremento de aproximadamente 128%, ao passo que a área agrícola cultivada se expandiu em apenas 24% (Embrapa, 2025). Essa nítida discrepância evidência não apenas a crescente dependência do setor por insumos químicos, mas também o declínio da eficácia biológica de moléculas consagradas (Embrapa, 2025). Consequentemente, este panorama tem favorecido a seleção rápida de biótipos resistentes e espécies tolerantes, comprometendo a sustentabilidade de longo prazo dos sistemas de produção de grãos e fibras (Pedroso *et al*., 2026).

Além disso, os impactos estendem-se à contaminação de compartimentos ambientais (solo e recursos hídricos), efeitos ecotoxicológicos sobre organismos não alvo e riscos à saúde humana (Vasconcelos *et al*., 2025; Alcántara-De La Cruz *et al*., 2026).

Diante das limitações dos herbicidas sintéticos, a utilização de bio-herbicidas baseados em extratos vegetais e óleos essenciais (OEs) surge como alternativa ecológica frente aos impactos ambientais e à seleção de resistência biológica (El Khetabi *et al*., 2022; Li; Qiao; Zhang, 2025). O óleo essencial de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) exerce efeito alelopático em organismos alvos por meio de múltiplos mecanismos de ações, sendo um deles alterações cromossômicas numéricas e estruturais e alterações quantitativas na germinação.

Metodologia

O óleo essencial de manjericão - *Ocimum basilicum* (OE-Man) foi adquirido da empresa Bio Essência – Farmácia de manipulação Ltda, armazenado em local refrigerado e protegido da luz. Teve sua composição química determinada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM, Shimadzu GC-MS2010; coluna SH-5MS, 30 m; hélio; 40–220 °C), com identificação por comparação com as bibliotecas Wiley 7 e NIST. Para avaliação do potencial fitotóxico foram utilizados sistemas emulsionados seguindo a metodologia de Hazrati *et al*., (2017), com modificações. A concentração estoque foi de 5% (m v^{-1}) ou 50000 mg L^{-1} de OE-Man, 5% (m v^{-1}) Tween 80 e água destilada qsp, o controle foi preparado com 5% (m v^{-1}) de Tween 80. A homogeneização foi realizada em banho ultrassônico, com frequência de 40 kHz e ciclo inicial de 60 s, intervalado de 5 minutos, seguido de agitação por mais 180 s.

O potencial fitotóxico do óleo foi avaliado por meio de ensaios germinativos *in vitro* de sementes de alface *(Lactuca sativa* L*),* cebola *(Allium cepa* L.*),* picão-preto *(Bidens pilosa* L) e azevém *(Lolium multiflorum* L.*)*, com 12 sementes por placa de Petri e três repetições. Para a determinação curva de dose-resposta (CI_{50} e CI_{90}) foram delineadas diluições do OE-Man a partir da modelagem PROBIT, partindo dos resultados de ensaio preliminar. As concentrações testes foram: 0,00; 17,10; 292,40; 1209,14; 5000,00; 14086,00 e 50000,00 mg L^{-1}.

As sementes foram distribuídas sobre papel de germinação umedecido com 2 mL das emulsões e incubadas em ambiente controlado por 168 horas. Após esse período as sementes foram avaliadas, sendo consideradas germinadas as que apresentaram radículas ≥ 1 mm. Os dados foram submetidos à análise de regressão probabilística e os valores de CI_{50} e CI_{90}, conforme a abordagem descrita por De Carvalho *et al*. (2017).

Para o potencial citogenotóxico do OE-Man foi utilizado à CI_{50} observadas no ensaio de fitotoxicidade. O delineamento experimental foi realizado idêntico ao anterior, exceto, uso exclusivo de sementes de *A. cepa* e pelo tempo de 48 h de incubação. As radicelas foram coletadas e fixadas no Carnoy (etanol e ácido acético, 3:1 v v^{-1}) e armazenadas a −20 °C por 24 horas. Em seguida, foram lavadas 3 vezes consecutivas com água destilada, hidrolisadas em HCl 5 mol L^{-1} por 18 minutos. A região meristemática apical foi cortada e corada com oceína lacto-acética 2% (m v^{-1}). As laminas foram preparadas pela técnica do esmagamento em três repetições com seis meristemas por lâmina (Torres-Burgaín *et al*., 2026).

A imagens foram adquiridas em microscópio óptico (LeicaI, CC500HD), com aumento de 400×, sendo 20 fotos por tratamento. As imagens foram analisadas por contagem manual das células (mais de 1.700 células por tratamento), combinada a uma análise digital de imagens assistida por inteligência artificial como ferramenta de apoio, com a quantificação do tamanho celular médio, tamanho nuclear médio, número de fases do ciclo celular, índice mitótico (IM) e índice de aberrações cromossômicas (IAC). O IM foi calculado através da divisão entre a quantidade de células mitóticas e células totais, de forma análoga foi feito o IAC dividindo a quantidade de alterações observadas pelas células totais. Os resultados foram submetidos a testes t *Student* em contraste com o controle.

Resultados

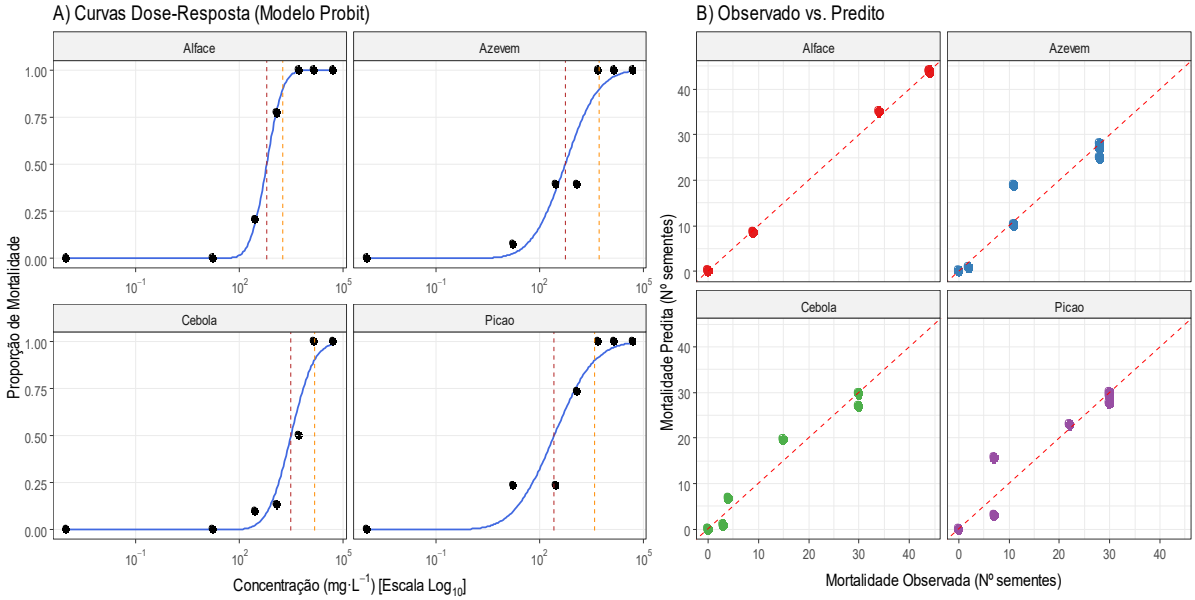
A análise do OE-Man por CG-EM revelou predominância de fenilpropanoides e derivados (84,7% da área relativa), com o anetol como constituinte majoritário (70,48%), o que caracteriza o lote como quimiotipo anetol. Os monoterpenos oxigenados corresponderam a 15,3% da área relativa, representados pelo β-linalol (11,64%), cis-óxido de linalol (1,88%) e trans-óxido de linalol (1,78%), enquanto os demais fenilpropanoides foram o p-anisaldeído (8,32%) e o o-metoxicinamaldeído (5,91%).

Tabela 1 - Parâmetro de concentração-resposta (CI_{50} e CI_{90}) da toxicidade do OE-Man sobre a germinação de espécies-modelo e plantas daninhas.

Espécie	N	CI_{50} (mg L^{-1}) (IC 95%)	CI_{90} (mg L^{-1}) (IC 95%)	χ^2	GL	p-valor
Alface (*L. sativa*)	36	574,0 (398,6 – 826,4)	3144,0 (1934,5 – 5109,9)	0,05	5	1,0000
Cebola (*A. cepa*)	36	1514,5 (875,8 – 2618,7)	56380,6 (21162,8 – 150205,7)	8,60	5	0,1262
Picão-preto (*B. pilosa*)	36	1105,4 (724,4 – 1686,6)	6353,1 (3501,6 – 11526,6)	10,60	5	0,0600
Azevém (*L. multiflorum*)	36	1019,4 (677,8 – 1533,2)	6088,1 (3441,9 – 10768,8)	6,8	5	0,3015

Legenda: N: número total de sementes utilizadas; CI: concentração inibitória; IC 95%: Intervalo de Confiança de 95%; χ^2 : Qui-quadrado de Pearson; GL: graus de liberdade.
Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Figura 1 - Curvas dose–resposta ajustadas pelo modelo Probit e avaliação da qualidade de ajuste para a toxicidade do óleo essencial de manjericão (*Ocimum basilicum*) sobre a germinação de sementes.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Tabela 2 - Parâmetros genotóxicos, morfométricos e distribuição das fases do ciclo celular em meristemas radiculares de *Allium cepa* submetidos ao tratamento com o (OE-Man).

Parâmetros Estimado	**Controle**	**Tratamento**
Número Células Analisadas	1772	2594
Tamanho da Célula Médio (µm)	46,48	40,24
Tamanho do Núcleo Médio (µm)	12,16	12,00
Número Médio de Células Mitóticas	10	23
Interfase	79	108
Prófase	5	8
Metáfase	2	5
Anáfase	1	3
Telófase	2	7
Índice Mitótico - IM (%)	11,29	17,88
Número Médio de Alterações Celulares	3	11
Micronúcleo	0	3
Pontes-Anafásicas	0	2
Atrasos-Anafásico Laggards	0	2
C-Metafase	1	2
Aderência cromossômica - Stickiness	2	2
Índice de Aberrações Cromossômicas - IAC (%)	1,56	8,40

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Discussão

A alface (*Lactuca sativa*), espécie-modelo bioindicadora e eudicotiledônea, foi a mais sensível (CI_{50} = 574,0 mg L^{-1} e CI_{90} = 3144,0 mg L^{-1}), resultado favorecido pela germinação rápida e uniforme da espécie (Gryczak *et al*., 2018; Vieira; Marcon; Droste, 2022). O azevém (*Lolium multiflorum*), monocotiledônea, e o picão-preto (*Bidens pilosa*), eudicotiledônea, apresentaram sensibilidade intermediária e estatisticamente semelhante (azevém: CI_{50} = 1019,4 mg L^{-1} e CI_{90} = 6088,1 mg L^{-1}; picão-preto: CI_{50} = 1105,4 mg L^{-1} e CI_{90} = 6353,1 mg L^{-1}), o que indica ação sobre espécies de diferentes características botânicas (Heap, 2026). Esse efeito pode estar relacionado à composição do óleo, rica em anetol e β-linalol, cujos constituintes voláteis podem alterar a integridade das membranas celulares e o aparato respiratório mitocondrial; monoterpenos oxigenados e fenilpropanoides de espécies de *Ocimum* spp., como linalol e eugenol, também apresentam propriedades antigerminativas (Abd-Elgawad *et al*., 2023; Verma *et al*., 2026). A cebola (*Allium cepa*) foi a mais tolerante (CI_{50} = 1514,5 mg L^{-1} e CI_{90} = 56380,6 mg L^{-1}), possivelmente devido às barreiras morfoanatômicas do tegumento seminal e a rotas eficientes de detoxificação (De Giorgi *et al*., 2015; Leme; Marin-Morales, 2009).

Em *A. cepa*, o OE-Man aumentou o índice mitótico (IM), de 11,29% para 17,88%, e o índice de aberrações cromossômicas (IAC), de 1,56% para 8,40%, com ocorrência de C-metáfases, pontes anafásicas, cromossomos retardatários (*laggards*) e micronúcleos, estes ausentes no controle. A C-metáfase está associada à ação aneugênica e à interferência nos microtúbulos do fuso mitótico (Pinheiro *et al*., 2015); retardatários e micronúcleos indicam falhas na segregação cromossômica e perda de integridade genômica (Dutra *et al*., 2020); e as pontes anafásicas sugerem alterações estruturais nos cromossomos. Observou-se ainda redução do tamanho celular médio, de 46,48 para 40,24 µm, e do diâmetro nuclear, de 12,16 para 12,00 µm, indicando restrição do crescimento celular. Assim, embora a cebola tenha sido a mais tolerante na germinação, o OE-Man alterou a divisão celular, a estabilidade cromossômica e a morfometria, evidenciando que sua toxicidade não se restringe à inibição da germinação, mas envolve efeitos citogenéticos em nível celular.

Conclusão

O OE-Man inibiu a germinação de forma dependente da espécie: a alface (*Lactuca sativa* L.) foi a mais afetada, seguida do azevém (*Lolium multiflorum*) e do picão-preto (*Bidens pilosa*), com sensibilidade intermediária, e da cebola (*Allium cepa*), a mais tolerante. Esses resultados indicam ação do óleo sobre espécies de diferentes classes botânicas, incluindo daninhas de interesse agronômico.

Em *A. cepa*, o óleo aumentou o índice mitótico e elevou em cinco vezes o número de aberrações cromossômicas, indicando que compromete a estabilidade cromossômica e atua como agente de desorganização celular. Os dados sustentam o potencial herbicida de *Ocimum basilicum*; contudo, por se tratar de ensaios laboratoriais, não há comprovação de sua eficácia em campo, em condições não controladas.

Referências

ABD-ELGAWAD, Ahmed M. et al. Insights into the chemical composition of *Ocimum forskaolii* and *O. americanum* essential oils and their phytotoxicity. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 26, n. 4, p. 902-919, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1080/0972060X.2023.2251522. Acesso em: 28 ago. 2026.

ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, Ricardo et al. Thirty years of glyphosate-resistant crops and weeds: Current situation and future prospects. **Pest Management Science**, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ps.70742. Acesso em: 28 ago. 2026.

DE CARVALHO, José Romário et al. **Análise de probit aplicada a bioensaios com insetos**. 2017. ISBN 978-85-64937-08-6 (Ebook). Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/JoseCarvalho66/publication/317994149_ANALISE_DE_PROBIT_APLICADA_A_BIOENSAIOS_COM_INSETOS/links/5954596ea6fdcc16978946fd/ANALISE-DE-PROBIT-APLICADA-A-BIOENSAIOS-COM-INSETOS.pdf. Acesso em: 16 jun. 2026.

DE GIORGI, Julien et al. An endosperm-associated cuticle is required for *Arabidopsis* seed viability, dormancy and early control of germination. **PLoS Genetics**, v. 11, n. 12, p. e1005708, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1005708. Acesso em: 28 ago. 2026.

DUTRA, Quezia Pains et al. Phytocytotoxicity of volatile constituents of essential oils from *Sparattanthelium* Mart. species (Hernandiaceae). **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 12213, 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-69205-6. Acesso em: 28 ago. 2026.

EL KHETABI, Assia et al. Role of plant extracts and essential oils in fighting against postharvest fruit pathogens and extending fruit shelf life: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 120, p. 402-417, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.009. Acesso em: 26 jun. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Estudo revela que o uso de herbicidas no Brasil cresceu 128% entre 2010 e 2020**. Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/101797650/estudo-revela-que-o-uso-de-herbicidas-no-brasil-cresceu-128-entre-2010-e-2020. Acesso em: 28 ago. 2026.

FISKESJÖ, Geirid. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. **Hereditas**, v. 102, n. 1, p. 99-112, 1985. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1985.tb00471.x. Acesso em: 28 ago. 2026.

HAZRATI, H.; SAHARKHIZ, M. J.; NIAKOUSARI, M.; MOEIN, M. Natural herbicide activity of *Satureja hortensis* L. essential oil nanoemulsion on the seed germination and morphophysiological features of two important weed species. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 142, p. 423-430, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.041. Acesso em: 28 ago. 2026.

HEAP, Ian. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. **WeedScience**, 2026. Disponível em: http://www.weedscience.org. Acesso em: 29 jun. 2026.

LEME, Daniela Morais; MARIN-MORALES, Maria Aparecida. *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research,** v. 682, n. 1, p. 71-81, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2009.06.002. Acesso em: 28 ago. 2026.

LI, Hui; QIAO, Sheng; ZHANG, Shuaibing. Essential oils in grain storage: A comprehensive review of insecticidal and antimicrobial constituents, mechanisms, and applications for grain security. **Journal of Stored Products Research**, v. 111, p. 102537, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102537. Acesso em: 26 jun. 2026.

OLIVEIRA, M.; SILVA, A. B.; RIGUETO, C. V.; LOSS, R.; GUEDES, S.; GERALDI, C. Agrotóxicos em diferentes compartimentos ambientais no Brasil: um review. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 45, p. e2, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.5902/2179460X70715. Acesso em: 28 ago. 2026.

PINHEIRO, P. F.; COSTA, A. V.; ALVES, T. D. A.; GALTER, I. N.; PINHEIRO, C. A.; PEREIRA, A. F.; FONTES, M. M. P. Phytotoxicity and cytotoxicity of essential oil from leaves of *Plectranthus amboinicus*, carvacrol, and thymol in plant bioassays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 41, p. 8981-8990, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03049. Acesso em: 28 ago. 2026.

TORRES-BUGARÍN, Olivia et al. The *Allium cepa* Assay as a Versatile Tool for Genotoxicity and Cytotoxicity: Methods, Applications, and Comparative Insight. **Applied Biosciences**, v. 5, n. 1, p. 9, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.3390/applbiosci5010009. Acesso em: 28 ago. 2026.

VASCONCELOS, Loren Cristina et al. Bioherbicidal and cytogenotoxic potential of nanoemulsions containing essential oils from *Piper amalago* and *Piper dilatatum*. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, p. 32327, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-025-18224-2. Acesso em: 28 ago. 2026.

VERMA, S. K. et al. Potential of Linalool and Eugenol from *Ocimum* species for weeds management. **Allelopathy Journal**, v. 68, n. 2, p. 135, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.26651/allelo.j/2026-68-2-1588. Acesso em: 28 ago. 2026.

PEDROSO, Rafael M. et al. Trends in herbicide resistance in Latin America. In: Global trends in pesticide resistance. **Burleigh Dodds Science Publishing**, 2026. p. 103-172. Disponível em: https://doi.org/10.19103/AS.2025.0163.06. Acesso em: 28 ago. 2026.

GRYCZAK, Marcelo et al. Sementes de Lactuca sativa como bioindicador de toxicidade em resíduos de construção civil. **Tecnologia e Ambiente**, v. 24, p. 233-242, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.18616/ta.v24i0.4406. Acesso em: 28 ago. 2026.

VIEIRA, C.; MARCON, C.; DROSTE, A. Phytotoxic and cytogenotoxic assessment of glyphosate on Lactuca sativa L. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e257039, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1519-6984.257039. Acesso em: 28 ago. 2026.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Vitória, pela infraestrutura e disponibilização de equipamentos, ao Laboratório de Química Aplicada – Ifes/Alegre e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio à iniciação científica por meio da concessão de bolsas.