

Atividade alelopática de *Zingiber officinale* Roscoe na germinação e desenvolvimento inicial de *Bidens pilosa* e *Lactuca sativa* L.

Allelopathic activity of *Zingiber officinale* Roscoe in the germination and initial development of *Bidens pilosa* and *Lactuca sativa* L.

Actividad alelopática de *Zingiber officinale* Roscoe sobre la germinación y desarrollo temprano de *Bidens pilosa* y *Lactuca sativa* L.

Recebido: 21/06/2022 | Revisado: 01/07/2022 | Aceito: 04/07/2022 | Publicado: 13/07/2022

Elisa dos Santos Cardoso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9477-1743>

Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Brasil
e-mail: elisabyo@gmail.com

Ana Aparecida Bandini Rossi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8318-5375>

Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Brasil
e-mail: anabanrossi@unemat.br

Eliane Cristina Moreno de Pedri

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7044-581X>

Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Brasil
e-mail: elicmbio@gmail.com

Kelli Evelin Müller Zortéa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0545-6130>

Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Brasil
e-mail: kelli.zortea@unemat.br

Edimilson Leonardo Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5398-4347>

Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Brasil
e-mail: edimilson_bio@outlook.com

Larissa Lemes dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7610-6694>

Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Brasil
E-mail: larissalemes_97@outlook.com

Resumo

Metabólitos secundários atuam como mecanismos de defesa de espécies vegetais, na adaptação ao meio, nos processos de polinização e dispersão de sementes, sendo também estudados e explorados para a produção de fitoterápicos e, em um cenário contemporâneo, para produção de bioherbicidas ou biofertilizantes. Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar o potencial alelopático de *Zingiber officinale* Roscoe sobre a germinação, emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de *Bidens pilosa* e *Lactuca sativa* em dois ambientes distintos: câmara de germinação (CGER) e em casa de vegetação (CVeg). Foram testadas quatro concentrações (50, 100, 200 e 400 mg mL⁻¹) de extrato aquoso obtido por decocção (EAD) de frações do rizoma de *Z. officinale*, utilizando água destilada como controle negativo (0 mg mL⁻¹). Os bioensaios foram mantidos por um período de sete (CGER) e 11 dias (CVeg), sendo realizadas contagens diárias para detecção de interferências na germinação, emergência e desenvolvimento inicial das plântulas das espécies receptoras. Ambos os bioensaios apontaram efeito alelopático negativo do EAD de *Z. officinale*, sendo que a espécie *L. sativa* apresentou-se mais sensível aos aleloquímicos, tanto em CGer quanto em CVeg, apresentado IC₅₀ de 194,76 e 93,31 mg mL⁻¹, respectivamente. *B. pilosa*, por sua vez, sofreu efeito alelopático positivo sobre o CPA e CSR quando exposta à concentração 100 mg mL⁻¹. Considerando os resultados obtidos, não se recomenda a utilização, como bioherbicida ou biofertilizante, de EAD de rizoma de *Z. officinale*, nas concentrações avaliadas, para as espécies *B. pilosa* e *L. sativa*, respectivamente.

Palavras-chave: Aleloquímicos; Bioherbicida; Espécies espontâneas; Gengibre.

Abstract

Secondary metabolites act as defense mechanisms for plant species, in adaptation to the environment, in the processes of pollination and seed dispersal, being also studied and explored for the production of herbal medicines and, in a contemporary scenario, for the production of bioherbicides or biofertilizers. In this context, this study aimed to evaluate the allelopathic potential of *Zingiber officinale* Roscoe on germination, emergence and initial development of *Bidens pilosa* and *Lactuca sativa* seedlings in two distinct environments: germination chamber (CGER) and greenhouse (CVeg).

Four concentrations (50, 100, 200 and 400 mg mL⁻¹) of aqueous extract obtained by decoction (EAD) of *Z. officinale* rhizome fractions were tested, using distilled water as a negative control (0 mg mL⁻¹). The bioassays were maintained for a period of seven (C_{Ger}) and 11 days (C_{Veg}), with daily counts being carried out to detect interferences in germination, emergence and initial development of seedlings of the recipient species. Both bioassays showed a negative allelopathic effect of the EAD of *Z. officinale*, and the species *L. sativa* was more sensitive to allelochemicals, both in C_{Ger} and C_{Veg}, with IC₅₀ of 194.76 and 93.31 mg mL⁻¹, respectively. *B. pilosa*, in turn, suffered a positive allelopathic effect on CPA and CSR when exposed to a concentration of 100 mg mL⁻¹. Considering the results obtained, it is not recommended to use, as a bioherbicide or biofertilizer, EAD from the rhizome of *Z. officinale*, at the concentrations evaluated, for the species *B. pilosa* and *L. sativa*, respectively.

Keywords: Allelochemicals; Bioherbicide; Ginger; Spontaneous species.

Resumen

Los metabolitos secundarios actúan como mecanismos de defensa de las especies vegetales, en adaptación al medio, en los procesos de polinización y dispersión de semillas, siendo también estudiados y explorados para la producción de medicinas a base de hierbas y, en un escenario contemporáneo, para la producción de bioherbicidas o biofertilizantes. En este contexto, este estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial alelopático de *Zingiber officinale* Roscoe sobre la germinación, emergencia y desarrollo inicial de plántulas de *Bidens pilosa* y *Lactuca sativa* en dos ambientes diferenciados: cámara de germinación (C_{Ger}) e invernadero (C_{Veg}). Se probaron cuatro concentraciones (50, 100, 200 y 400 mg mL⁻¹) de extracto acuoso obtenido por decocción (EAD) de fracciones de rizoma de *Z. officinale*, utilizando agua destilada como control negativo (0 mg mL⁻¹). Los bioensayos se mantuvieron por un período de siete (C_{Ger}) y 11 días (C_{Veg}), realizándose conteos diarios para detectar interferencias en la germinación, emergencia y desarrollo inicial de plántulas de la especie receptora. Ambos bioensayos mostraron un efecto alelopático negativo de la EAD de *Z. officinale*, y la especie *L. sativa* fue más sensible a los aleloquímicos, tanto en C_{Ger} como en C_{Veg}, con IC₅₀ de 194,76 y 93,31 mg mL⁻¹, respectivamente. *B. pilosa*, a su vez, tuvo un efecto alelopático positivo sobre CPA y CSR cuando se expuso a una concentración de 100 mg mL⁻¹. Considerando los resultados obtenidos, no se recomienda utilizar, como bioherbicida o biofertilizante, EAD del rizoma de *Z. officinale*, en las concentraciones evaluadas, para las especies *B. pilosa* y *L. sativa*, respectivamente.

Palabras clave: Aleloquímicos; Bioherbicida; Especies espontáneas; Jengibre.

1. Introdução

A produção de alimentos orgânicos ou livres de agroquímicos tem crescido consideravelmente no século XXI, reflexo de uma sociedade que não apenas está optando por uma alimentação mais saudável e um estilo de vida que promova bem-estar e saúde, mas que também se preocupa com a dimensão ambiental da agricultura convencional (Buainain et al., 2016; Dias et al., 2015). Nesse sentido, espécies com potencial alelopático têm se apresentando como uma alternativa ao uso de herbicidas ou fertilizantes sintéticos, sendo exploradas por meio de cultivo consorciado, rotação de culturas e/ou extratos obtidos a partir de partes da planta, utilizando material fresco ou seco (Carvalho et al., 2016; Costa et al., 2019; Lorensi et al., 2017; Pires & Oliveira, 2011; Silva, J. et al., 2018).

Os efeitos alelopáticos de uma espécie sobre outra resultam, a princípio, da liberação de metabólitos secundários produzidos pela espécie doadora, que, ao serem absorvidos pela espécie receptora, promovem alterações no seu metabolismo, influenciando, positiva ou negativamente, desde a germinação até o estabelecimento da plântula e desenvolvimento da planta adulta (Taiz & Zeiger, 2013). Estes efeitos, contudo, também sofrem influência dos fatores ambientais e da interação destes metabólitos, doravante denominados aleloquímicos, com a microbiota do solo (Reigosa et al., 2013).

Em pesquisas relacionadas ao potencial alelopático, os processos metodológicos incluem ações que simulam os processos naturais e/ou extratos obtidos em ambiente laboratorial. No intuito de identificar propriedades alelopáticas de espécies vegetais, denominadas doadoras, são realizados bioensaios com a utilização de espécies receptoras reconhecidamente sensíveis à ação de aleloquímicos, como *Lactuca sativa* e *Solanum lycopersicum* (Ferreira & Aquila, 2000; Pires & Oliveira, 2011). De acordo com Reigosa et al. (2013), no entanto, a utilização de espécies receptoras sensíveis pode superestimar o potencial alelopático da espécie doadora, de modo que a utilização de espécies espontâneas ou ainda aquelas que são cultivadas em uma mesma área (sistemas agroflorestais e hortas, por exemplo) apresentam maior similaridade ao que acontece em ambiente natural (Barbosa et al., 2018; Carvalho et al., 2016).

Visando distinguir os efeitos alelopáticos daqueles ocasionados por competição ou por fatores ambientais, bioensaios são comumente realizados em laboratório, utilizando câmaras de germinação, com luz, temperatura e até mesmo umidade controladas, e papel filtro ou papel para germinação de sementes como substrato, eliminando também a variável interação com a microbiota do solo. Carvalho et al. (2016), contudo, propõe que testes realizados em câmaras de germinação sejam validados por experimentos desenvolvidos em campo ou em casa de vegetação, uma vez que possibilitam melhor compreensão do que ocorre em ambiente natural.

Os metabólitos secundários, reconhecidos por atuarem na adaptação da espécie produtora ao meio e nas interações entre os organismos (proteção contra herbivoria e patógenos, atração de polinizadores e dispersores e alelopatia, por exemplo) estão também relacionados às propriedades farmacêuticas e alimentares de muitas espécies vegetais (Pereira & Cardoso, 2012; Taiz & Zeiger, 2013). Considerando essa característica, diversos estudos têm sido realizados no sentido de avaliar o potencial alelopático de espécies comumente utilizadas pela medicina popular, como, por exemplo, juazeiro (Parente et al., 2015), boldo do Chile, camomila, capim-limão, carqueja e chá preto (Aarestrup et al., 2013), araçá (Hister et al., 2016), ginseng brasileiro (Klein et al., 2014) e espécies do gênero *Croton* (Souza et al., 2017).

Zingiber officinale Roscoe (gingibre), é uma espécie amplamente utilizada na culinária e como fitoterápico, tanto pela medicina popular quanto pela indústria farmacêutica, com vários de seus metabólitos secundários já identificados (Ashraf et al., 2017; Souza et al., 2019). Por ser uma espécie de manejo fácil, *Z. officinale* pode ser cultivado em hortas domésticas e/ou quintais urbanos ou rurais (Raimundo, 2017), onde, se verificado seu potencial alelopático, também pode ser explorado para fins de controle de plantas espontâneas ou como estimulante para a germinação e desenvolvimento de outras espécies.

Considerando a crescente busca por alternativas ao uso de agroquímicos, a facilidade de cultivo e o conhecimento fitoquímico da espécie, este estudo objetivou avaliar, em câmara de germinação e em casa de vegetação, o potencial alelopático de diferentes concentrações de extrato aquoso (decocto) de rizomas de *Zingiber officinale* sobre espécies espontâneas e cultivadas, utilizando *Bidens pilosa* e *Lactuca sativa* como plantas receptoras.

2. Metodologia

A avaliação do potencial alelopático de *Z. officinale* foi realizada no Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, campus universitário de Alta Floresta/MT, sendo os bioensaios conduzidos em dois ambientes distintos: câmara de germinação (CGer) do tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) e casa de vegetação (CVeg). Para os bioensaios foram utilizadas quatro concentrações de extrato aquoso do tipo decocto (EAD) preparados a partir de rizomas de *Z. officinale* (espécie doadora). Como espécies receptoras foram utilizadas *Bidens pilosa* e *Lactuca sativa*.

2.1 Preparação do extrato

O extrato aquoso do tipo decocto foi preparado de acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 26/2014 (Brasil, 2014), utilizando fragmentos de rizomas de *Z. officinale*. O extrato foi preparado à uma concentração de 400 mg mL⁻¹, sendo que a partir da diluição do mesmo foram obtidas as demais concentrações: 200, 100 e 50 mg mL⁻¹. A água destilada foi utilizada como controle negativo (CN), sendo considerada a concentração 0 mg mL⁻¹.

2.2 Bioensaio em Câmara de Germinação (CGer)

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e organizado em um esquema fatorial 2 x 5, constituído por duas espécies receptoras (*B. pilosa* e *L. sativa*) e cinco concentrações (0, 50, 100, 200 e 400 mg mL⁻¹) de EAD de *Z. officinale*. Foram realizadas quatro repetições, compostas por 30 sementes cada, totalizando 120 sementes por concentração. As sementes de *B. pilosa* foram coletadas em propriedade rural do município Alta Floresta/ MT, enquanto as

sementes de *L. sativa*, variedade Grandes Lagos Americana, foi adquirida no comércio local. Antes da instalação do experimento as sementes de *B. pilosa* foram submetidas ao teste de germinação, apresentando uma média de 78% de germinação. As sementes das espécies receptoras foram dispostas em caixas gerbox transparentes (11 x 11 x 3,5 cm), previamente higienizadas com solução hipoclorito de sódio 2,5% e etanol 70%, forradas com quatro camadas de papel filtro autoclavado e umedecido com 10 mL das respectivas concentrações a serem testadas. Posteriormente, as caixas gerbox foram aleatorizadas e acondicionadas em saco plástico para minimizar a evaporação dos extratos.

O experimento foi mantido em câmara de germinação do tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), com fotoperíodo de 12 h-luz e temperatura controlada (25 ± 2 °C) por sete dias, período em que foram realizadas contagens diárias.

2.3 Bioensaio em Casa de Vegetação (CVeg)

A semeadura de *B. pilosa* e *L. sativa* foi realizada em bandejas EPS (Poliestireno Expandido) de 128 células preenchidas com substrato comercial Vivatto® (Classe F), composto de casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica. Para cada uma das concentrações (0, 50, 100, 200 e 400 mg mL⁻¹) de EAD de *Z. officinale* foram utilizadas quatro repetições, sendo cada uma composta por 30 sementes (uma por célula), totalizando 120 sementes por concentração.

Após a semeadura, o experimento foi mantido em temperatura de 27 ± 2 °C e umidade relativa do ar diária média de 70%, sendo irrigado com 5 mL de cada uma das concentrações do EAD de *Z. officinale*, durante dois dias. Posteriormente, a irrigação foi realizada automaticamente por meio de microaspersão diária de 15 minutos, com água do abastecimento da cidade. O bioensaio permaneceu em CVeg por um período de 11 dias e as contagens diárias realizadas a partir da primeira emergência de plântula, procedimento baseado na metodologia proposta por Rizzi et al. (2016).

2.4 Avaliação dos Bioensaios

A contagem diária das sementes germinadas (CGer) e plântulas emergidas (CVeg) foi utilizada para obtenção do índice de velocidade de germinação/emergência (IVG/IVE), conforme proposto por Maguire (1962), do percentual de inibição de germinação (IG), segundo Santos et al. (2007), do tempo médio de germinação/emergência (TMG/TME) e índice de sincronização (IS), calculados de acordo com Labouriau e Agudo (1987) (fórmulas 1, 2, 3 e 4).

$$IV_{(G;E)} = \sum \left(\frac{n_i}{t_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$I_{(G;E)} = \left[1 - \left(\frac{SG_a}{SG_{CN}} \right) \right] \times 100 \quad (2)$$

$$TM_{(G;E)} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (3)$$

$$IS = - \sum_{i=1}^k F_r \log_2 F_r \quad (4)$$

onde, n_i representa o número de sementes que germinaram/emergiram no tempo t_i (nº do dia em que foi realizada a contagem), k , o último tempo (dia) de germinação/emergência das sementes, SG_a , o número de sementes germinadas na concentração a ser avaliada, SG_{CN} , o número de sementes germinadas no controle negativo (concentração 0 mg mL⁻¹), e F_r , a frequência relativa de germinação/emergência.

O percentual de germinação (PG) foi avaliado sete dias após a implantação do experimento (Brasil, 2009), enquanto a avaliação do percentual de emergência (PE) foi realizada no 11º dia após a emergência da primeira plântula (Rizzi et al., 2016), sendo estes resultados utilizados para determinar a concentração do EAD capaz de inibir a germinação e a emergência em 50% (IC₅₀). Nos dias em que foram avaliados os PG e PE também foram realizadas, com auxílio de paquímetro digital de precisão,

as mensurações do comprimento da parte aérea (CPA) e do sistema radicular (CSR), em milímetros (mm), de 10 plântulas por repetição.

As análises estatísticas foram realizadas no programa R v. 4.0.1 (R Core Team, 2020). A normalidade e homocedasticidade dos dados foi verificada por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, de modo que aqueles que não atenderam aos pressupostos para realização da ANOVA foram transformados por Box-Cox, sendo apresentadas as médias originais. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), as médias dos extratos foram comparadas por meio do teste de Tukey e os dados referentes ao fator concentração foram submetidos à análise de variância da regressão ($p \leq 0,05$), sendo que, quando significativa, foram selecionados os modelos com maior R^2 .

3. Resultados e Discussão

3.1 Bioensaio em Câmara de Germinação (CGER)

Os resultados obtidos indicam que as concentrações de EAD de *Z. officinale* testadas exercem efeito alelopático sobre a germinação de *L. sativa*, o tempo médio de germinação de *B. pilosa* e o desenvolvimento inicial de ambas as espécies receptoras (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de F, coeficiente de variação CV (%) e médias para o percentual de germinação (PG), índice de velocidade germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), índice de sincronização (IS), comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento do sistema radicular (CSR) de *Bidens pilosa* e *Lactuca sativa*, em câmara de germinação, e resultado do teste de média para as variáveis afetadas significativamente pelas diferentes concentrações de extrato aquoso (decocto) de *Zingiber officinale*.

	Concentrações	PG (%)	IVG	TMG (dias)	IS	CPA (mm)	CSR (mm)
<i>Bidens pilosa</i>	0 mg mL ⁻¹	70,83	7,23	3,36 ab	1,59	19,63 a	11,02 ab
	50 mg mL ⁻¹	55,83	5,84	3,07 ab	1,25	20,54 a	10,15 ab
	100 mg mL ⁻¹	68,33	7,63	2,91 b	1,30	21,23 a	12,23 a
	200 mg mL ⁻¹	60,83	6,66	2,99 ab	1,24	17,80 a	9,44 b
	400 mg mL ⁻¹	51,67	4,63	3,63 a	1,52	8,55 b	5,88 c
	F	1,63 ^{ns}	2,62 ^{ns}	3,60*	0,57 ^{ns}	17,09**	19,86**
	CV (%)	20,68	12,10	9,82	31,54	25,80	11,05
<i>Lactuca sativa</i>	0 mg mL ⁻¹	98,34 a	25,80 a	1,37	0,87	17,81 a	20,43 a
	50 mg mL ⁻¹	82,50 ab	20,30 ab	1,48	1,11	15,73 a	21,02 a
	100 mg mL ⁻¹	66,67 bc	24,84 bc	1,73	1,23	14,30 ab	20,84 a
	200 mg mL ⁻¹	55,00 c	11,34 cd	1,86	1,43	16,28 a	15,17 b
	400 mg mL ⁻¹	25,83 d	5,83 d	1,88	1,29	8,96 b	5,18 c
	F	26,22**	23,07**	1,67 ^{ns}	1,15 ^{ns}	7,15**	59,93**
	CV (%)	188,40	20,66	21,24	151,45	17,43	15,07

ns, *, **: Não significativo e significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Para atender aos pressupostos da Análise de Variância foram transformados por Box-Cox: PG, IS e CSR de *Lactuca sativa*; IVG e CPA de *Bidens pilosa*. Fonte: Autores.

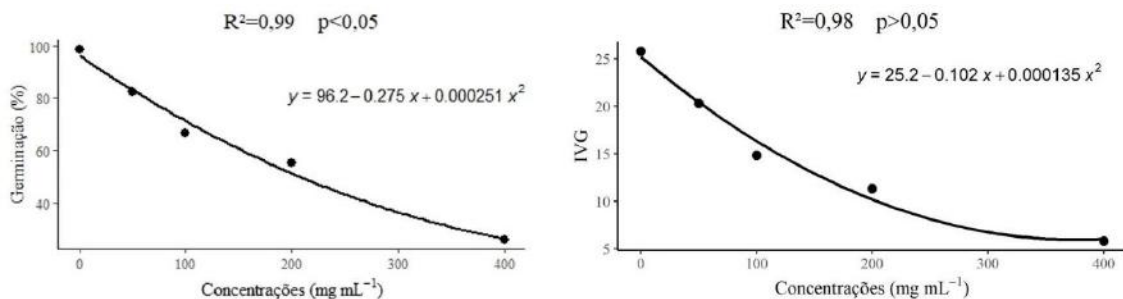
L. sativa é uma espécie reconhecidamente sensível à diferentes substâncias nocivas (Brasil, 2009) e, por isso, amplamente utilizada em estudos que visam identificar a presença destas substâncias em extratos de plantas e seus efeitos fisiológicos, permitindo a observação de ausência de efeito alelopático (Carvalho et al., 2014; Souto et al., 2015), de efeitos alelopático positivo (Silva et al., 2019) ou ainda, efeitos alelopáticos negativos (Novais et al., 2017; Silva, E. et al., 2018), como observado neste estudo. A germinação e o IVG de sementes de *L. sativa* sofreram inibição em razão do aumento das concentrações de EAD de *Z. officinale*, sendo que, a partir de 100 mg mL⁻¹, essa redução diferiu significativamente do CN

(Tabela 1). O efeito inibitório no PG e/ou IVG de *L. sativa* em função das concentrações também foi observada em estudos que avaliaram o potencial fitotóxico de extratos aquosos de *Mikania laevigata* (Santos & Gonçalves, 2020), de *Hancornia speciosa* (Uhlmann et al., 2018), de *Mimosa pudica* (Santos et al., 2018) e de *Persea americana* (Oliveira et al., 2018).

Considerando que *B. pilosa* é uma planta espontânea de grande ocorrência em território brasileiro e que acarreta prejuízos a lavouras comerciais (Lorenzi, 2008), apresentando biótipos resistentes à alguns herbicidas, como os que possuem como princípio ativo o imazethapyr, imazaquin, pyriithiobac-sodium, chlorimuron-ethyl, nicosulfuron e atrazina (Baio et al., 2013; Heap, 2020; Takano et al., 2016), sua sensibilidade à aleloquímicos naturais já foi testada em diferentes estudos, sendo que em estudos realizados por Andreani Junior et al. (2018) e Sartor et al. (2015), diferentemente desse estudo, extratos aquosos de folhas de espécies arbóreas exerceram efeito inibitório significativo sobre o percentual e o índice de velocidade de germinação de sementes de *B. pilosa*. Ferreira et al. (2007), por sua vez, ao avaliar o potencial alelopático de extratos de *Pinus elliottii* sobre a germinação de *B. pilosa*, também não identificou influência significativa sobre o PG e o IVG.

A interferência no processo germinativo em *L. sativa*, demonstrada na Tabela 1 e na Figura 1, indica redução no percentual e velocidade de germinação a partir da concentração 50 mg mL⁻¹, sendo que quanto maior a concentração, menor o PG e o IVG.

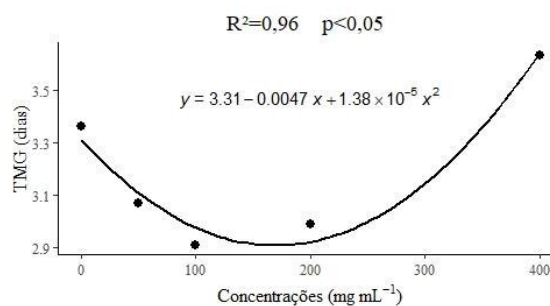
Figura 1. Percentual de Germinação (PG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de *Lactuca sativa* submetidas, em câmara de germinação, à diferentes concentrações de extrato aquoso (decocto) de *Zingiber officinale*.



Fonte: Autores.

A variável TMG, por sua vez, foi afetada significativo apenas em *B. pilosa* (Tabela 1; Figura 2), sendo que, com exceção da concentração 400 mg mL⁻¹, houve redução no TMG. Essa redução é um indicativo de quebra de dormência da semente por meio de baixas concentrações de EAD de *Z. officinale*, uma vez que, de acordo com Adegas et al. 2003, uma das características das sementes de *B. pilosa* é a dormência, que reduz a velocidade de germinação e requer um período maior de embebição para iniciar os processos fisiológicos relacionados à germinação.

Figura 2. Tempo Médio de Germinação (TMG) de sementes de *Bidens pilosa* submetidas, em câmara de germinação, à diferentes concentrações de extrato aquoso (decocto) de *Zingiber officinale*.



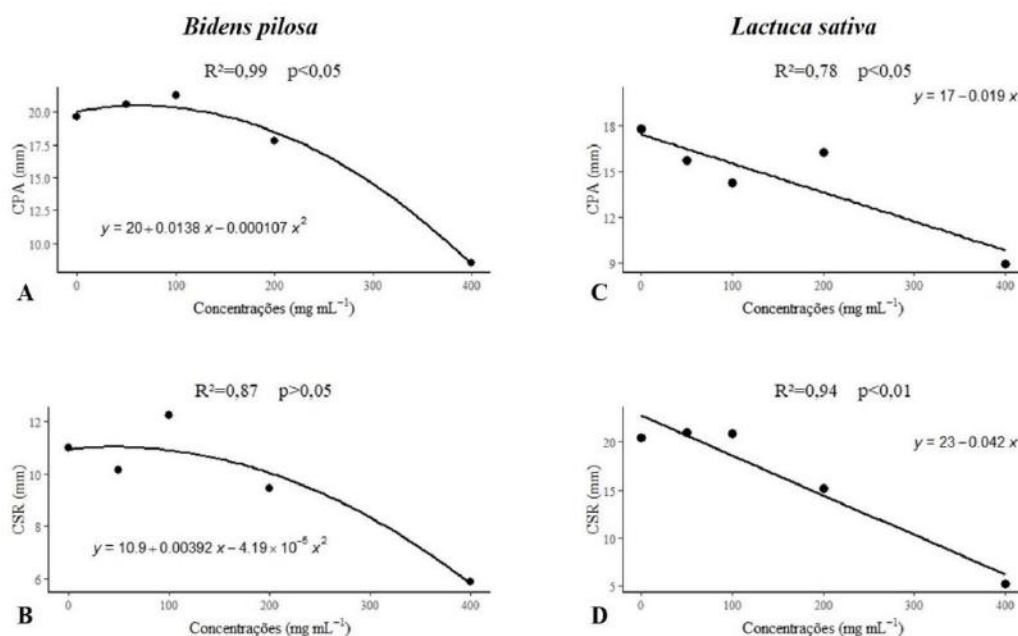
Fonte: Autores.

Neste estudo, as espécies receptoras foram submetidas às mesmas condições, portanto, a redução no número de sementes germinadas, quando comparadas com seu respectivo CN, pode ser atribuída à presença de metabólitos secundários com potencial alelopático no EAD de *Z. officinale* que interferiram nos processos metabólicos relacionados à germinação. Estudos em que os compostos bioativos de óleos e extratos de *Z. officinale* foram isolados resultaram na identificação de altas concentrações de compostos fenólicos totais e de terpenos (Andradre et al., 2012; Dabague et al., 2011; Jardim et al., 2019; Justo et al., 2008; Liu et al., 2019), grupos de metabólitos secundários que, em ambiente natural, dentre a grande diversidade de funções, promovem a inibição da germinação ou do crescimento de plantas próximas (Taiz & Zeiger, 2013).

A análise dos resultados obtidos aponta para grande influência da concentração dos metabólitos presentes no EAD de *Z. officinale* sobre a germinação, sendo que a concentração 400 mg mL⁻¹ promoveu uma inibição da germinação de 73,74% das sementes de *L. sativa*, indicando que seu metabolismo de germinação foi mais afetado que o das sementes de *B. pilosa*, onde a inibição foi de apenas 27,06%. A sensibilidade de *L. sativa* foi confirmada ainda por meio da IC₅₀, que aponta a concentração 194,76 mg mL⁻¹ como aquela capaz de promover a inibição da germinação de 50% das sementes, com efeito crescente a partir desta concentração.

O efeito alelopático, contudo, não se restringe aos processos germinativos, atuando também sobre o desenvolvimento inicial da plântula, conforme observado neste estudo (Figura 3), sendo esta etapa ainda mais sensível aos aleloquímicos e fundamental para a sobrevivência, crescimento autossustentável e subsequente da planta (Ferreira & Aquila, 2000; Taiz et al., 2017).

Figura 3. Comprimento da Parte Aérea (CPA) e do Sistema Radicular (CSR) de *Bidens pilosa* (A e C) e *Lactuca sativa* (B e D) submetidos, em câmara de germinação, à diferentes concentrações de extrato aquoso (decocto) de *Zingiber officinale*.



Fonte: Autores.

Os resultados obtidos neste estudo apontam que para a *B. pilosa*, o efeito alelopático do EAD de *Z. officinale* foi maior sobre o desenvolvimento inicial da plântula do que sobre a germinação, uma vez que plântulas expostas às concentrações 200 e 400 mg mL⁻¹ apresentaram redução do CPA e do CSR, quando comparadas àquelas expostas ao CN (Figuras 3A e 3B).

A espécie *L. sativa*, por sua vez, sofreu maior influência no processo germinativo, sendo o CPA pouco influenciado, exceto na concentração 400 mg mL⁻¹ (Figura 3C), enquanto que o CSR foi estimulado nas concentrações 50 e 100 mg mL⁻¹

(Figura 3D). A influência negativa de compostos alelopáticos sobre o desenvolvimento inicial de plântulas de *B. pilosa* e/ou *L. sativa*, também foi observada em estudos que avaliaram extratos de *Mikania laevigata* (Santos & Gonçalves, 2020), de folhas de mangueira (Costa et al., 2019) e de nim indiano (Albuquerque et al., 2015).

A análise conjunta das variáveis relacionadas à germinação e ao desenvolvimento inicial de plântulas permite uma avaliação mais precisa do potencial alelopático da espécie doadora, uma vez que o crescimento e a sobrevivência da planta não dependem apenas da germinação da semente, mas também de sistema radicular e parte aérea bem desenvolvidos.

3.2 Bioensaio em Casa de Vegetação (CVeg)

O experimento em casa de vegetação (CVeg) corroborou os resultados obtidos em CGer, sendo observado efeito significativo do EAD de *Z. officinale* sobre todas as variáveis analisadas, (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de F, coeficiente de variação CV (%) e resultado do teste de média para o percentual de emergência (PE), índice de velocidade emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), índice de sincronização (IS), comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento do sistema radicular (CSR) de *Bidens pilosa* e *Lactuca sativa*, em casa de vegetação, sob efeito de diferentes concentrações de extrato aquoso (decocto) de *Zingiber officinale*.

	Concentrações	PE (%)	IVE	TME (dias)	IS	CPA (mm)	CSR (mm)
<i>Bidens pilosa</i>	0 mg mL ⁻¹	70,83 a	6,12 ab	3,95 ab	2,09 ab	26,19 bc	53,23 c
	50 mg mL ⁻¹	72,50 b	7,72 a	3,14 b	1,88 ab	24,08 c	66,06 ab
	100 mg mL ⁻¹	54,17 d	5,42 ac	3,19 b	1,53 b	28,52 a	71,42 a
	200 mg mL ⁻¹	61,67 c	4,95 bc	4,64 a	2,38 a	25,44 c	65,25 b
	400 mg mL ⁻¹	51,67 e	4,45 c	3,70 ab	1,64 b	28,21 ab	64,75 b
	F	3,08*	8,10**	8,14**	4,34*	12,90**	14,78**
	CV (%)	0,003	0,94	11,59	17,23	3,94	14,33
<i>Lactuca sativa</i>	0 mg mL ⁻¹	79,17 a	12,26 a	2,64 c	1,93 ab	30,43 a	58,92 ab
	50 mg mL ⁻¹	63,33 ab	7,85 a	3,98 c	2,55 a	25,00 ab	62,81 a
	100 mg mL ⁻¹	50,00 bc	3,18 b	6,24 b	2,69 a	19,85 bc	55,99 ab
	200 mg mL ⁻¹	33,33 cd	1,70 c	7,05 ab	2,46 a	13,30 cd	49,24 bc
	400 mg mL ⁻¹	16,67 d	0,69 d	8,44 a	1,47 b	11,97 d	41,16 c
	F	24,47**	65,90**	21,42**	8,39**	20,49**	12,79**
	CV (%)	20,45	24,92	18,02	15,74	17,13	8,92

ns, *, **: Não significativo e significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Para atender aos pressupostos da Análise de Variância foram transformados por Box-Cox: IVE de *Lactuca sativa*; PE, IVE e CSR de *Bidens pilosa*. Fonte: Autores.

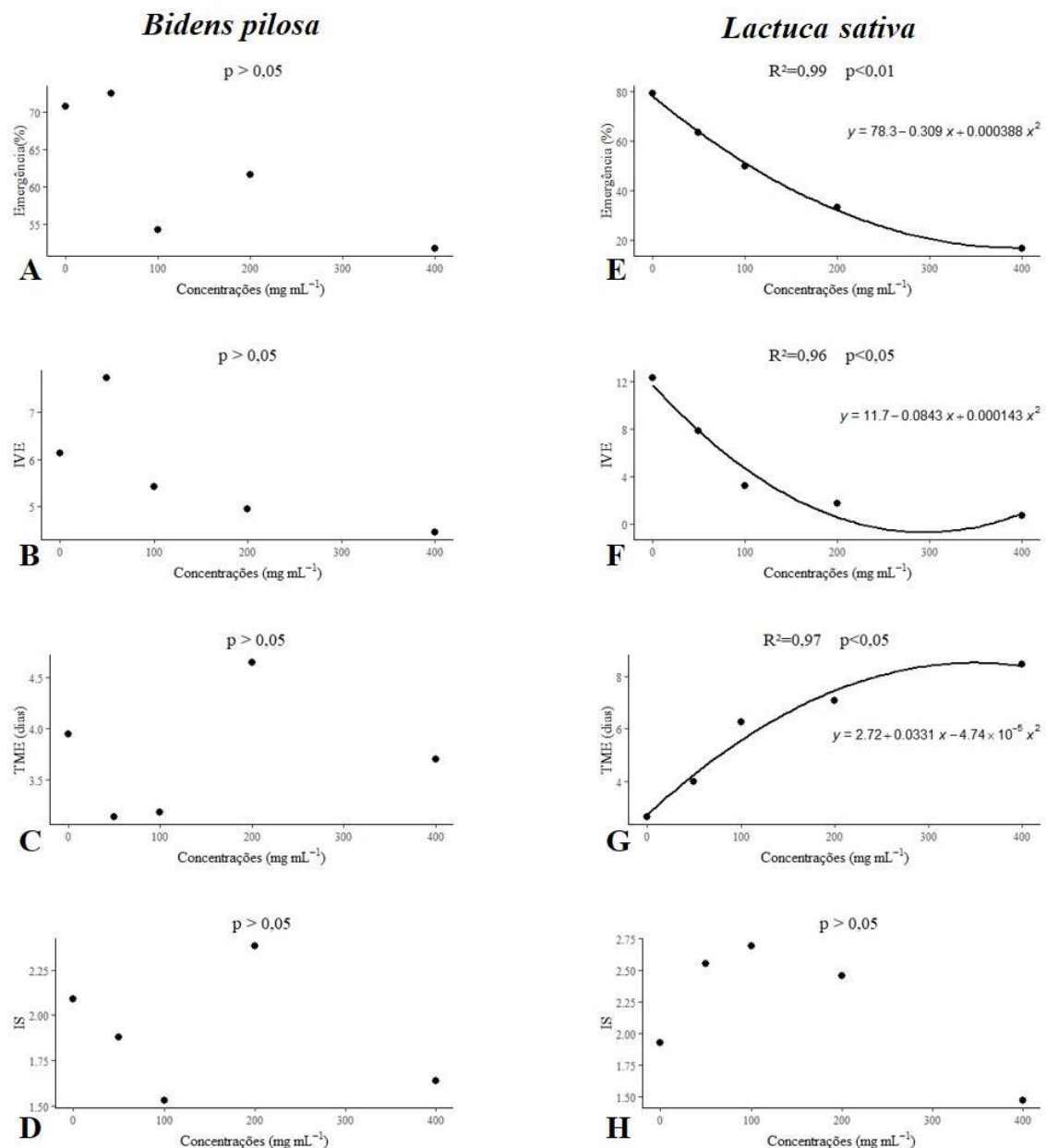
Ao avaliar as médias das variáveis relacionadas ao processo de emergência (PE, IVE, TME e IS), podemos inferir que os compostos aleloquímicos presentes no EAD de *Z. officinale* afetam o metabolismo de diferentes espécies (heterotóxicos) e que a espécie *L. sativa* sofreu efeito inibitório mais acentuado (Tabela 2). Quando o PE de emergência das sementes expostas aos extratos é comparado ao CN (0 mg mL⁻¹), observa-se que para *B. pilosa* a inibição média de emergência foi de apenas 15,29%, enquanto que para *L. sativa*, foi de 48,43% com a IC₅₀ estabelecida em 93,31 mg mL⁻¹.

O efeito alelopático pode ser detectado tanto pelo total de plantas emergidas, conforme observado neste estudo para ambas as espécies receptoras, mas também por outros indicadores, como o IVE e o TME (Tabela 2), provocando alterações no padrão de emergência (Ferreira & Aquila, 2000). O atraso na emergência é consequência do atraso na germinação, o que, por vezes, pode ocorrer em decorrência de condições inadequadas para o desenvolvimento da plântula (Santos et al., 2018; Taiz et al., 2017), como, por exemplo, disponibilidade de água e luz, temperatura e presença de aleloquímicos no substrato.

O atraso na emergência é evidenciado por meio do índice de sincronização (IS), sendo que quanto maior o seu valor, maior a distribuição ao longo do tempo, enquanto valores menores indicam que o maior percentual de emergência de plântulas está concentrado em um ou dois dias (Labouriau & Agudo, 1987; Ranal & Santana, 2006). Nesse estudo, a emergência de plântulas de espécie *L. sativa* foi inferior à de *B. pilosa* e apresentou maior distribuição entre os dias de avaliação do experimento, especialmente nas concentrações 50, 100 mg mL⁻¹ e em 400 mg mL⁻¹, onde as plântulas emergiram apenas nos três últimos dias, diferindo estatisticamente das demais concentrações (Tabela 2).

A análise de regressão não foi significativa para *B. pilosa*, contudo, foram plotados gráficos para ambas as espécies a fim de demonstrar o efeito das concentrações do EAD de *Z. officinale* sobre a emergência das plântulas (Figura 4). Para a variável IS, não houve ajuste de regressão para nenhuma das espécies receptoras.

Figura 4. Percentual de Emergência (PE), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Média de Emergência (TME) e Índice de Sincronização (IS) de *Bidens pilosa* (A - D) e *Lactuca sativa* (E - H) submetidas, em casa de vegetação, à diferentes concentrações de extrato aquoso (decocto) de *Zingiber officinale*.



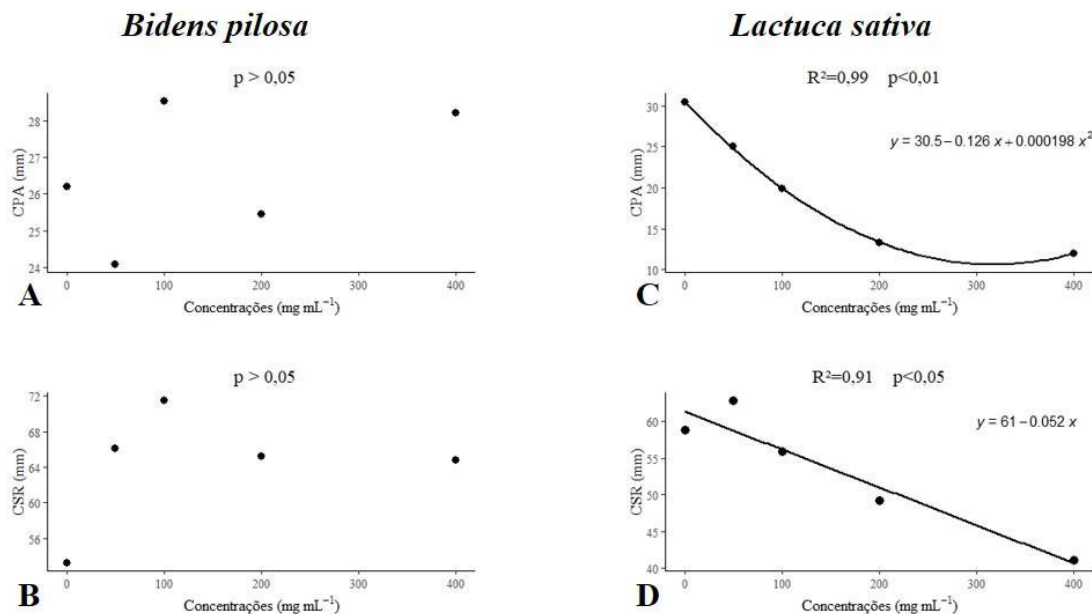
Fonte: Autores.

A análise dos gráficos acima demonstra como as concentrações de EAD de *Z. officinale* promovem respostas fisiológicas distintas nas espécies receptoras, sendo possível observar que uma mesma concentração pode ter efeito alelopático positivo sobre uma espécie e negativo para outra, como ocorre na concentração 50 mg mL⁻¹, que estimulou a emergência em *B. pilosa* e inibiu em *L. sativa* (Figuras 4A e 4E). O efeito da redução das variáveis relacionadas à emergência, quando comparado com o CN (0 mg mL⁻¹), indica que *L. sativa* é mais sensível aos compostos alelopáticos presentes no EAD de *Z. officinale*, sendo a redução da emergência diretamente relacionada ao aumento das concentrações (Figuras 4E e 4F).

A comparação entre as concentrações do EAD de *Z. officinale* sobre desenvolvimento inicial evidencia a diferença dos efeitos sobre a espécie receptora (Tabela 2), sendo que em *B. pilosa*, plantas submetidas à concentração 100 mg mL⁻¹ responderam positivamente aos aleloquímicos, resultando em aumento significativo do CPA e do CSR, sendo que o estímulo também foi observado no experimento em CGer, indicando que, nesta concentração, o EAD de *Z. officinale* atua como um biofertilizante, favorecendo o crescimento e o desenvolvimento da planta. Para *L. sativa*, no entanto, o mesmo extrato atua como bioherbicida pré-emergente, inibindo tanto a emergência quanto o desenvolvimento inicial a partir de 100 mg mL⁻¹, embora o CSR tenha sofrido inibição significativa apenas a partir de 200 mg mL⁻¹.

O efeito dos aleloquímicos no desenvolvimento inicial das plântulas pode ser visualizada a partir da análise de regressão (Figura 5), contudo o ajuste de regressão foi observado apenas em *L. sativa*.

Figura 5. Comprimento da Parte Aérea (CPA) e do Sistema Radicular (CSR) de *Bidens pilosa* (A e B) e *Lactuca sativa* (C e D) submetidas, em casa de vegetação, à diferentes concentrações de extrato aquoso (decocto) de *Zingiber officinale*.



Fonte: Autores.

Os resultados obtidos indicam que EAD de *Z. officinale* possui efeito alelopático sobre as espécies receptoras, independentemente do ambiente em que o experimento foi realizado, sendo que em casa de vegetação o efeito foi mais evidente. Considerando a utilização de diferentes substratos (papel filtro e substrato comercial) e as diferenças quanto à temperatura e luminosidade dos dois ambientes em que os bioensaios foram conduzidos, é possível inferir que a intensidade da resposta das espécies receptoras às concentrações de EAD de *Z. officinale* sofreu influência dessas condições, uma vez que, de acordo com Pires e Oliveira (2011), fatores ambientais (substrato, luz, água e temperatura) podem provocar estresse na planta e assim alterar

seu metabolismo, acentuando ou atenuando a ação dos aleloquímicos sobre a germinação/emergência e desenvolvimento inicial da plântula.

4. Conclusão

A resposta à aplicação do extrato aquoso obtido por meio da decocção do rizoma de *Zingiber officinale* variou em função das concentrações testadas e das espécies receptoras (*Bidens pilosa* e *Lactuca sativa*), sendo ainda influenciada pelas diferenças entre os ambientes em que os bioensaios foram realizados.

A inibição da germinação e emergência da espécie comercial (*L. sativa*) foi bastante significativa, enquanto que para a planta espontânea (*B. pilosa*) estas variáveis não foram afetadas significativamente e houve ainda o estímulo ao desenvolvimento inicial da plântula. Recomenda-se, portanto, que extratos aquosos, do tipo decocto, do rizoma de *Zingiber officinale*, nas concentrações testadas ou superiores, não sejam utilizados como forma de manejo de plantas espontâneas em hortas domiciliares ou em cultivos orgânicos.

Contudo, considerando que *Zingiber officinale* possui potencial alelopático positivo ou negativo, dependendo da espécie receptora, sugere-se que em trabalhos futuros seja realizada a prospecção fitoquímica dos extratos avaliados, bem como sejam utilizadas outras espécies receptoras (comerciais e espontâneas) e outras metodologias, como plantio consorciado ou utilização de solo/substrato previamente utilizado para cultivo de *Z. officinale*.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- Aarestrup, J. R., Souza, A. S., Artmann, M. & Leitzke, R. C. Z. (2013). Análise comparativa da sensibilidade de sementes de *Lactuca sativa* L. e *Lycopersicon esculentum* Mill. submetidas aos tratamentos com plantas medicinais. *Revista de Biologia e Farmácia*, 9(4):1-9.
- Adegas, F. S., Voll, E. & Prete, C. E. C. (2003). Embebição e germinação de sementes de picão-preto (*Bidens pilosa*). *Planta daninha*, 21(1):21-25.
- Albuquerque, M. B., Garcia Neto, S., Almeida, D. J. & Malta, A. O. (2015). Efeito do extrato aquoso das folhas de nim indiano (*Azadirachta indica*) sobre o crescimento inicial de plantas daninhas. *Gaia Scientia*, 9(1):1-6.
- Andrade, M. A., Cardoso, M. G., Batista, L. R. B., Mallet, A. C. T. & Machado, S. M. F. (2012). Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividade antioxidante e antibacteriana. *Revista Ciência Agronômica*, 43(2):399-408.
- Andreani Junior, R., Otero, M. Q. & Silva, M. M. (2018). Efeito de extratos vegetais aquosos sobre a germinação de plantas daninhas. *Enciclopédia Biosfera*, 15(27):188-197.
- Ashraf, K., Sultan, S. & Shah, S. A. A. (2017). Phytochemistry, phytochemical, pharmacological and molecular study of *Zingiber officinale* Roscoe: a review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 9(11):8 – 16.
- Baio, F. H. R., Pires, L. F. & Tomquelski, G. (2013). Mapeamento de picão preto resistente aos herbicidas inibidores da ALS na região sul mato-grossense. *Bioscience Journal*, 29(1):59-64.
- Barbosa, J. A., Ferreira, S. D., Salvalaggio, A. C., Costa, N. V. & Echer, M. M. (2018). Allelopathy of aqueous *Pachyrhizus erosus* K. extracts on *Euphorbia heterophylla* and *Bidens pilosa*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 48(1):59-65.
- Brasil, Ministério da Agricultura e abastecimento. *Regras para análise de sementes*. (2009). Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: Mapa/ACS. 399p.
- _____. Resolução da Diretoria Colegiada n. 26 (2014). *Dispõe sobre a notificação de drogas vegetais junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e dá outras providências*. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0026_13_05_2014.pdf
- Buainain, M., Garcia, J. R. & Vieira, P. A. (2016). O desafio alimentar no século XXI. *Estudos Sociedade e Agricultura*, 24(2):497-522.
- Carvalho, W. P., Carvalho, G. J., Abbade Neto, S. O. & Teixeira, L. G. V. (2014). Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. *Bioscience Journal*, 30(3):1-11. Supl. 1.

- Carvalho, W. P., Teixeira, L. G. V., Abbade Neto, D. O., Moreira, J. M. S. & Cunha, C. E. (2016). Alelopatia de resíduos de plantas de cobertura no controle de braquiária cv. Marandu. *Revista Brasileira de Biociências*, 14(2):60-69.
- Costa, E. M., Cavalcante, U. R., Silva, A. M., Pereira, L. S., Ventura, M. V. A., Carvalho, N. M. & Franco, H. P. (2019). Efeito alelopático de extratos aquosos de mangueira sobre a germinação e crescimento das plântulas de alface. *Ipê Agronomic Journal*, 3(1):47-58.
- Dabague, I. C. M., Deschamps, C., Mógor, A. G., Scheer, A. P. & Côcco, L. (2011). Teor e composição de óleo essencial de rizomas de gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) após diferentes períodos de secagem. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13(1):79-84.
- Dias, V. V., Schultz, G., Schuster, M. S. & Révillion, J. P. (2015). O mercado de alimentos orgânicos: um panorama quantitativo e qualitativo das publicações internacionais. *Ambiente & Sociedade*, 18(1):161-182.
- Ferreira, M. C., Souza, J. R. P. & Faria, T. J. (2007). Potencial alelopático de extratos vegetais na germinação e no crescimento inicial de picão-preto e alface. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(4):1054-1060.
- Ferreira, A. G. & Aquila, M. E. A. (2000). Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12:175-204. Edição Especial.
- Heap, I. *The International Herbicide-Resistant Weed Database* (2020). <http://www.weedscience.org/>.
- Hister, C. A. L., Trapp, K. C., Tedesco, S. B. (2016). Potencial alelopático e antiproliferativo de extratos aquosos das folhas de *Psidium cattleianum* Sabine sobre *Lactuca sativa* L. *Revista Brasileira de Biociências*, 14(2):124-129.
- Jardim, M. F. A., Furlan, L. C. O., Carvalho, I. S., Barbosa, L. N., Otutumi, L. K., Jacomassi, E., Germano, R. M. & Soares, A. A. (2019). Atividade antibacteriana e antioxidante dos extratos aquosos das folhas e dos rizomas de *Zingiber officinale* Roscoe cultivado no horto medicinal da UNIPAR. *Brazilian Journal of Development*, 5(10):18292-18309.
- Justo, O. R., Moraes, A. M., Barreto, G. P. M., Mercadante, A. Z. & Rosa, P. T. V. (2008). Avaliação do potencial antioxidante de extratos ativos de plantas obtidos por extração com fluido supercrítico. *Química Nova*, 31(7):1699-1705.
- Klein, F. R. S., Martinazzo, E. G., Pedó, T., Aumonde, T. Z. & Villela, F. A. (2014). Performance de sementes e plântulas de alface sob ação alelopática de extratos de raízes de ginseng brasileiro. *Tecnologia, Ciência e Agropecuária*, 8(5):39-43.
- Labouriau, L. G. & Agudo, M. (1987). On the physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I. temperature effects. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 59(1/2):37-56.
- Liu, Y., Liu, J. & Zhang, Y. (2019). Research progress on chemical constituents of *Zingiber officinale* Roscoe. *Biomed Research International*, 2019:5370823.
- Lorensi, C. A., Passamani, B. R., Ponce, M. M. & Ethur, L. Z. (2017). Alelopatia de extratos vegetais na germinação e crescimento inicial do tomateiro. *Enciclopédia Biosfera*, 14(25):185-195.
- Lorenzi, H. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. (2008). Nova Odessa, SP: Plantarum. 672p.
- Maguire, J. D. Speed of germination-aid in selection evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*, 2(2):176-177.
- Novais, D. B., Souto, J. S., Souto, P. C., Leonardo, F. A. P. & Barroso, R. F. (2017). Efeito alelopático dos extratos aquosos de folhas e raízes de *Luetzelburgia auriculata* L. sobre a germinação de alface. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 13(3):247-254.
- Oliveira, U.O., Rodrigues, A. S., Cardoso, E. S. & Rossi, A. A. B. (2018). Efeito alelopático de extratos aquosos de *Persea americana* Mill. sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* L. *Ensaio e Ciências*, 22(2):148-151.
- Parente, K. M. S., Parente Filho, E. G. & Silva, E. V. (2015). Alelopatia de *Ziziphus joazeiro* Mart. sobre *Lactuca sativa* L. and *Lycopersicon esculentum* Mill. *Revista Fitos*, 9(2):79-86.
- Pereira, R. J. & Cardoso, M. das G. (2012). Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 3(4):146-152.
- Pires, N. M. & Oliveira, V. R. Alelopatia. In: Oliveira Jr, R. S., Constantin, J. & Inoue, M. H.(ed.). (2011). *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. Curitiba: Omnipax.
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Raimundo, M. G. M. (org). (2017). *Sabores da horta: do plantio ao prato*. São Paulo: Coordenadoria de Desenvolvimento do Agronegócio. 44p.
- Ranal, M. A. & Santana, D. G. (2006). How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany*, 29(1):1-11.
- Reigosa, M., Gomes, A. S., Ferreira, A. G. & Borghetti, F. (2013). Allelopathic research in Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 27(4):629-646.
- Rizzi, E. S., Pereira, C. L., Abreu, C. A. A., Silva, B. C. F. L., Fernandes, R. M., Oliveira, A. K. M. & Matias, R. (2016). Allelopathic potential and phytochemistry of camarazinho (*Vochysia haenkeana* (Spreng.) Mart.) leaves in the germination and development of lettuce and tomato. *Bioscience Journal*, 32(1):98-107.
- Santos, L. M. L. & Gonçalves, A. H. (2020). In vitro phytotoxicity of *Mikani laevigata* Schultz Bip. ex Baker extracts on *Lactuca sativa* L. and *Bidens pilosa* L. *Revista Biotemas*, 33(2):1-10.
- Santos, M. F., Santos, L. M. L., Duarte, G. N. & Gonçalves, A. H. (2018). Potencial alelopático do extrato aquoso de *Mimosa pudica* L., sobre o crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. *Conexão Ciência (Online)*, 13(4):29-45.

- Santos, S., Moraes, M. L. L. & Rezende, M. O. O. (2007). Allelopathic potential and systematic evaluation of secondary compounds in extracts from roots of *Canavalia ensiformis* by capillary electrophoresis. *Eclética Química*, 32(4):13-18.
- Sartor, L. R., Lopes, L., Martin, T. N. & Ortyz, S. (2015). Alelopatia de acículas de pínus na germinação e desenvolvimento de plântulas de milho, picão preto e alface. *Bioscience Journal*, 31(2):470-480.
- Silva, E. S., Machado, M. A. B. L. & Albuquerque, K. A. D. (2018). Efeito alelopático de extrato aquoso de folhas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook F. Ex S. Moore sobre a germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. *Revista Ouricuri*, 8(2):10-25.
- Silva, J. P., Rocha, K. B. & Rocha, J. H. T. (2018). Alelopatia de *Eucalyptus* spp. na germinação de sementes agrícolas. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 31(1):1-9.
- Silva, L. L. A., Agra Neto, A. C. & Barbosa, U. N. (2019). Avaliação do potencial alelopático do extrato aquoso de *Passiflora alata* Curtis na germinação de *Lactuca sativa* L. *Brazilian Journal of Development*, 5(11):26361-26366.
- Souto, J. S., Borges, C. H. A., Medeiros, W. P., Leonardo, F. A. P., Souto, P. C. & Souto, L. S. (2015). Potencial alelopático do extrato aquoso de folhas de moringa na germinação e no crescimento inicial de alface. *ACSA*, 11(2):55-60.
- Souza, G. S., Bonilla, O. H., Chaves, B. E., Lucena, E. M. P. & Silva, C. S. (2017). Potencial alelopático de seis espécies do gênero *Croton* L. na germinação de alface e tomate. *Iheringia- Série Botânica*, 72(2):155-160.
- Souza, J. P., Sarturi, L., Abreu, A. R., Sousa, T. A. & Geron, V. L. M. G. (2019). Breve relato sobre os efeitos terapêuticos do gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe). *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, 10(1):44-53.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (org). (2013). *Fisiologia Vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed. 954p.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M. & Murphy, A. (org). (2017). *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 858p.
- Takano, H. K., Oliveira Junior, R. S., Constantin, J., Braz, G. B. P., Franchini, L. H. M. & Burgos, N. R. (2016). Multiple resistance to atrazine and imazethapyr in hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). *Ciência e Agrotecnologia*, 40(5):547-554.
- Uhlmann, L. A., Oliveira, R. J. & Santos, M. G. (2018). Efeitos alelopáticos de extratos vegetais de *Hancornia speciosa* Gomes na germinação de *Lactuca sativa* L. *Fitos*, 12(2):147-160.