



Artigos de Revisão





Revisão sobre o Potencial alelopático da família *Euphorbiaceae*

Bruna dos Santos Ferreira*; Idonilto da Conceição Fernandes*; Josiane de Fátima Gaspari Dias*; Obdulio Gomes Miguel*; Marilis Dallarmi Miguel*

* Universidade Federal do Paraná- UFPR, Brasil.

*Autor para correspondência e-mail: bruna.aju@hotmail.com

Palavras-chave

Aleloquímicos
Atividade alelopática
Euphorbiaceae
Metabolismo

Keywords

Allelochemicals
Allelopathic activity
Euphorbiaceae
Metabolism

Resumo: A família *Euphorbiaceae*, com aproximadamente 300 gêneros e 8.000 espécies, é reconhecida por sua diversidade global e pela presença abundante de compostos bioativos com composição química variada. Realizou-se uma revisão integrativa, abrangendo literatura científica das bases de dados Google Scholar (n=323), SciELO (n=1) e Web of Science (n=9), totalizando 326 artigos revisados, no período de 1983 a 2023. Após a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, nove estudos foram incluídos na revisão. A análise revelou a diversidade de compostos aleloquímicos presentes nas espécies da *Euphorbiaceae*, com destaque para o gênero *Croton*, estudado com duas espécies específicas. Esses compostos demonstraram efeitos inibitórios, sugerindo impacto negativo no crescimento e desenvolvimento de outras plantas. A revisão também evidenciou a escassez de pesquisas em condições naturais, enfatizando a necessidade de integração de bioensaios com estudos em química vegetal. Os resultados ressaltam a importância de compreender as complexidades da alelopatia na *Euphorbiaceae*, fornecendo insights valiosos para aplicações potenciais em agricultura sustentável e controle de pragas.

Review on the allelopathic potential of the *Euphorbiaceae* family

Abstract: The *Euphorbiaceae* family, comprising approximately 300 genera and 8,000 species, is renowned for its global diversity and the abundant presence of bioactive compounds with varied chemical compositions. An integrative review was conducted, encompassing scientific literature from Google Scholar (n=323), SciELO (n=1), and Web of Science (n=9), totaling 326 reviewed articles, spanning from 1983 to 2023. After applying inclusion and exclusion criteria, nine studies were included in the review. The analysis revealed the diversity of allelochemical compounds present in *Euphorbiaceae* species, with a particular focus on the genus *Croton*, which was studied with two specific species. These compounds exhibited inhibitory effects, suggesting a negative impact on the growth and development of other plants. The review also highlighted the scarcity of research conducted under natural conditions and emphasized the need to integrate bioassays with studies in plant chemistry. The results underscore the importance of understanding the complexities of allelopathy within the *Euphorbiaceae* family, providing valuable insights for potential applications in sustainable agriculture and pest control.

Recebido em: 04/2024

Aprovação final em: 06/2024



Introdução

A alelopatia é a interação causada por certos organismos que liberam no meio ambiente substâncias químicas ou produtos do metabolismo secundário, os quais podem afetar direta ou indiretamente o desenvolvimento de outras plantas, gerando um efeito inibitório ou estimulador. Essas substâncias, denominadas aleloquímicos ou fitotoxinas, são produzidas através de processos metabólicos e estão associadas a mecanismos de defesa, conferindo proteção às plantas contra estresses bióticos (herbívoros e patógenos) e abióticos (condições climáticas adversas), que fazem parte dos processos fisiológicos das plantas (ARAÚJO *et al.*, 2021; CRUZ *et al.*, 2021). Diferente da competição, a alelopatia não envolve disputa direta pelos recursos limitados como luz, água e nutrientes. Dessa forma, a principal função dos compostos alelopáticos é diminuir ou eliminar a competição por esses recursos.

Entre os compostos alelopáticos, destacam-se os ácidos fenólicos, as cumarinas, os terpenoides, flavonoides, alcaloides, glicosídeos cianogênicos, lactonas, poliacetilenos, taninos, entre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2020). No entanto, as substâncias fenólicas e os terpenoides são investigadas, sendo amplamente encontradas nos vegetais. Esses compostos apresentam variações em sua composição, concentração e distribuição, dependendo de fatores como espécie, idade do órgão, temperatura, intensidade da luz, disponibilidade de nutrientes, atividade microbiana na rizosfera e composição do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Embora presentes em todos os órgãos vegetais, é comum que se acumulem principalmente nas folhas (FERREIRA; ÁQUILA, 2000), devido ao fato de que as folhas são os órgãos das plantas que exibem a maior diversidade de aleloquímicos e também a presença de fitotoxinas (TUR *et al.*, 2010).

Algumas fitotoxinas impactam a fisiologia das plantas, influenciando a divisão celular, alongação celular e ultraestrutura. Elas também afetam hormônios responsáveis pelo crescimento, permeabilidade das membranas celulares, abertura estomática, fotossíntese, respiração, síntese de proteínas e a quebra molecular de lipídios e ácidos graxos (JABRAN *et al.*, 2015). Além de restringir o crescimento de outras plantas, essas substâncias podem estabelecer uma barreira física, apresentar um sabor desagradável e induzir efeitos fisiológicos. Elas desempenham papéis ecológicos de atração e repulsão, representando uma vantagem para as plantas contra pragas, patógenos ou predadores (SILVA *et al.*, 2022).

À medida que a agricultura moderna adota práticas que favorecem o uso excessivo de herbicidas, fertilizantes, nematicidas e fungicidas, comprometendo as propriedades físico-químicas do solo e resultando em poluição ambiental, a alelopatia emerge como um foco de pesquisa agrícola. Ela atrai a atenção devido ao seu potencial papel na mitigação da invasão de parasitas e plantas daninhas em culturas. Além de ser um método natural, destaca-se pelo baixo custo e pela ausência da necessidade de equipamentos sofisticados para aplicação. Assim, pesquisas têm sido conduzidas para analisar o mecanismo de ação de vários extratos de plantas, mostrando resultados significativos no controle de plantas daninhas (LOPES *et al.*, 2018).

Além disso, diversos compostos alelopáticos possuem propriedades farmacológicas e medicinais que podem ser investigadas em benefício humano. Substâncias produzidas por certas plantas podem ter efeitos antifúngicos, antibacterianos ou anti-inflamatórios (ISLAM *et al.*, 2018). Em termos de propriedades antibacterianas, por exemplo, esses compostos têm a capacidade de inibir ou eliminar bactérias, o que é crucial para o desenvolvimento de novos antibióticos, especialmente diante do aumento da resistência aos antibióticos convencionais (KLEINOWSKI *et al.*, 2016). Isso ocorre porque esses compostos podem interromper a membrana celular bacteriana, resultando em danos ou morte celular. Eles também podem interferir na síntese de proteínas ou DNA, essenciais para a replicação e função bacterianas (LOBIUC *et al.*, 2023). Outros podem inibir enzimas específicas ou vias metabólicas, prejudicando a capacidade das bactérias de processar nutrientes ou produzir energia.

Assim, os aleloquímicos surgem como potenciais agentes antibacterianos, explorando vulnerabilidades na fisiologia bacteriana (MITTER *et al.*, 2013). Consequentemente, a pesquisa sobre alelopatia na saúde pode estar associada à identificação de compostos naturais com potencial terapêutico (KAUR *et al.*, 2021). Ao explorar substâncias produzidas por plantas, os cientistas



têm a oportunidade de descobrir novos compostos com aplicações no tratamento de doenças (GREENWELL; RAHMAN, 2015). A influência da alelopatia não se limita apenas às interações entre plantas, mas também se estende a aspectos significativos na descoberta de novas substâncias medicinais e no avanço das terapias para várias condições de saúde.

O crescente interesse da comunidade acadêmica em identificar espécies com potencial alelopático tem impulsionado estudos sobre aleloquímicos, tornando-se uma ferramenta na busca por novos compostos ativos. Diante do acentuado aumento na pesquisa focada na alelopatia das plantas, o objetivo deste artigo foi realizar uma investigação abrangente sobre as espécies com potencial alelopático dentro da família Euphorbiaceae e os efeitos alelopáticos que essas espécies exercem sobre outras plantas.

Metodologia

Este estudo consiste em uma revisão integrativa, um método que possibilita a síntese do conhecimento e a compreensão da relevância dos resultados de estudos significativos na prática (SOUZA *et al.* 2010). A metodologia empregada nesta revisão abrangeu um levantamento eletrônico de estudos sobre o tema, seguindo as seguintes etapas: formulação da questão central da pesquisa, busca na literatura científica por estudos primários (segundo os critérios de inclusão e exclusão), extração de dados, avaliação dos estudos primários, análise e síntese dos resultados, culminando na apresentação da revisão (SOUZA *et al.* 2010).

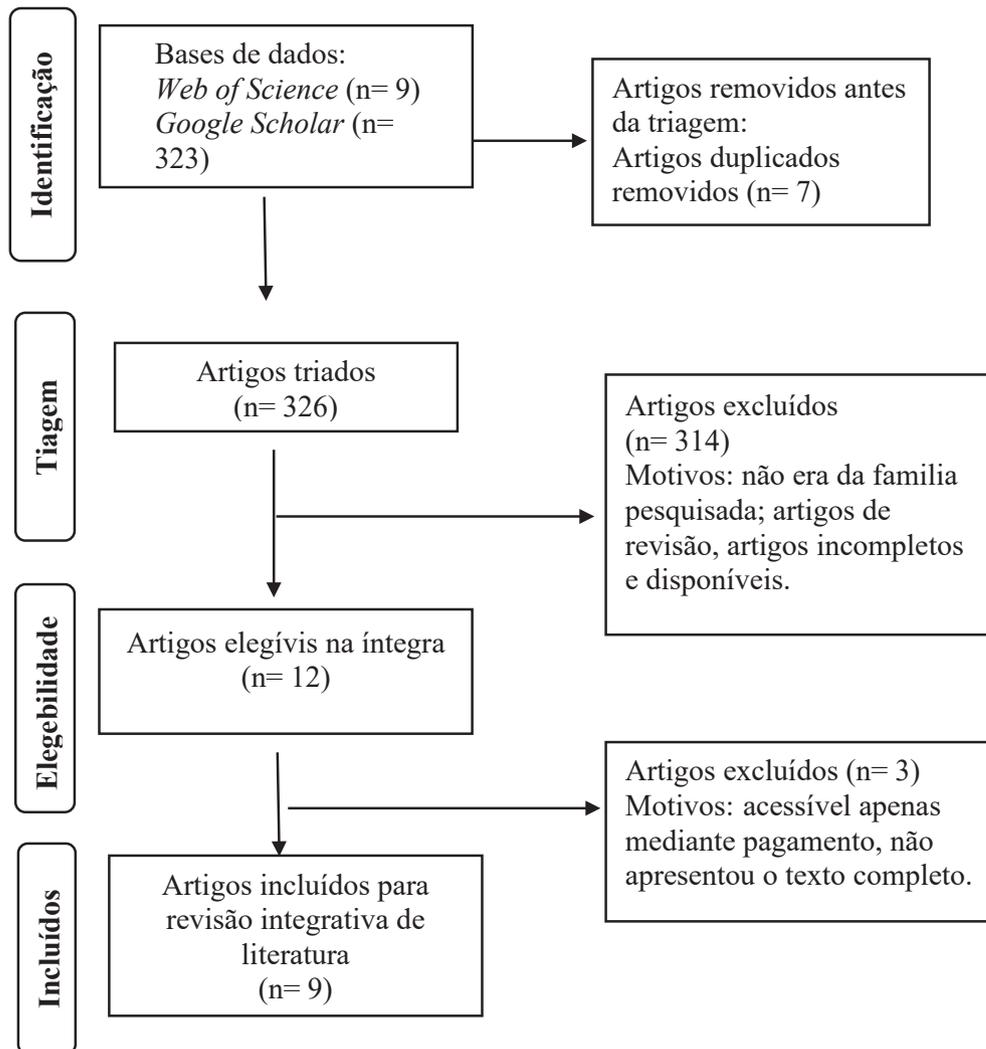
Para a busca de estudos científicos, foram exploradas três bases de dados distintas: Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Web of Science. A primeira etapa da metodologia envolveu a determinação de descritores que abrangiam os objetivos a serem explorados, utilizando os seguintes termos: "Allelopathy AND Euphorbiaceae", "Allelopathy AND Euphorbiaceae AND Isolated Compounds" em inglês. Os critérios de inclusão contemplaram Dissertações de Mestrado, Teses de Doutorado e principalmente artigos científicos publicados em inglês, espanhol e português sobre o tema proposto, com um recorte temporal entre os anos de 1983 até 2023 para compor a base desta pesquisa.

A identificação e seleção dos estudos foram realizadas por dois pesquisadores independentes, previamente treinados para avaliar títulos e resumos, utilizando o programa de revisão online *Rayyan Qatar Computing Research Institute - Rayyan QCRI* (<https://rayyan.qcri.org/>). O Rayyan QCRI facilita o trabalho dos autores, permitindo a rápida exportação de estudos de uma base de dados específica para o programa e a exposição de títulos e resumos com o cegamento do pesquisador auxiliar, garantindo confiabilidade na seleção das informações, acurácia e precisão metodológica (OUZZANI *et al.* 2016).

A partir da combinação dos descritores foram obtidos 333 estudos. Em seguida, procedeu à avaliação e verificação dos critérios de inclusão. Na análise inicial, ao revisar títulos e resumos, foram identificadas 7 publicações com duplicidade. Após resolver 65 divergências entre os autores, foram excluídos 314 artigos que não atendiam aos objetivos da pesquisa. Estas não pertenciam à família Euphorbiaceae, estavam incompletas ou indisponíveis integralmente, eram acessíveis apenas mediante pagamento ou não abordavam comportamentos alelopáticos. Na etapa subsequente, permaneceram 12 artigos, os quais foram submetidos à leitura integral. Contudo, dois deles foram excluídos por estarem acessíveis apenas mediante pagamento, e um por não apresentar o texto completo. Assim, foi possível selecionar nove artigos para compor a amostra final desta revisão integrativa de literatura. Na Figura 1, apresenta-se o fluxograma com as etapas da Revisão:



Figura 1 - Fluxograma da revisão.



Fonte: Autores (2023).

Resultados e Discussão

Alelopatia em espécies da Família *Euphorbiaceae*

A família Euphorbiaceae é reconhecida pela diversidade de espécies vegetais, abrangendo cerca de 300 gêneros e 8000 espécies. Considerada entre as maiores famílias em termos de plantas com flores (fanerógamas), possui uma distribuição global, presente em regiões tropicais e temperadas, especialmente nos continentes americano e africano. Dentro do reino das Angiospermas, destaca-se por ser economicamente importantes, com utilização na alimentação humana, na produção de látex, óleos e na medicina popular. Entre os membros da flora brasileira estão a seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.), originária da Amazônia, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e a mamona (*Ricinus communis* L.), todos com papéis fundamentais em diversos aspectos econômicos e culturais do Brasil (OLIVEIRA, 2013).

Espécies dessa da família possuem composição química diversificada, que incluem concentrações de terpenos, flavonoides, saponinas, ácidos graxos, ésteres, alcaloides, glicosídeos cianogênicos, taninos, lecitinas e glicoproteínas. Estas substâncias são sintetizadas em vários órgãos das plantas: raízes, folhas, flores e frutos, e sua liberação no ambiente ocorre por volatilização, exsudação radicular, lixiviação e decomposição de resíduos. Contudo, a eficácia de sua ação frequentemente depende



de uma liberação contínua, assegurando que os efeitos perdurem até os cultivos subsequentes. A diversidade química proporcionada por essas substâncias oferece um potencial significativo para pesquisa e aplicação em diversas áreas (VANDRESEN, 2007).

Observou-se com isso, um crescimento nos estudos fitoquímicos e farmacológicos relacionados às Euphorbiaceae nas últimas décadas, essas investigações abrangem análises das propriedades alelopáticas, evidenciando, por meio de pesquisas, que essa característica tem impactos tanto na ecologia quanto na agricultura (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Conforme apresentado na Tabela 1, são fornecidas informações essenciais para a compreensão dos resultados obtidos. Estas incluem a espécie investigada, a parte vegetal analisada, os tipos de extratos utilizados, as doses/concentrações empregadas, os parâmetros específicos considerados e, por último, a autoria da pesquisa.

Tabela 1 - Estudos relacionados para a revisão (1983-2023).

Título	Espécies	Parte usada/ Produto	Dose /Concentração	Substância Testada	Parâmetros	Interação	Referência
Pentacyclic triterpenes with selective bioactivity from <i>Sebastiania adenophora</i> leaves, Euphorbiaceae	<i>Sebastiania adenophora</i> Pax & K. Hoffm	Folhas/ Preparação Aquosa; Extrato Orgânico e Compostom Isolado	100 µg/ml 100 µg/ml 250 µg/ml	Triterpenos: 3-epi-β-amirina; β -amirinona; 3-epi-lupeol; lupenona; taraxerol; taraxerona	Crescimento radicular	Negativa	DOI: 10.1007/s10886-006-9208-7
Alelopatia de <i>Joannesia princeps</i> Vell. e <i>Casearia sylvestris</i> Sw. sobre espécies cultivadas	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Sementes/Preparação Aquosa	10, 30, 50, 70, 90, 100%	-	Crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular; Porcentagem de germinação; Índice de velocidade de germinação	Negativa	DOI: 10.1590/S0102-695X2009000600023
Chemical constituents and allelopathic and antioxidant activities of <i>Alchorneopsis floribunda</i> Mull. Arg. (Euphorbiaceae)	<i>Alchorneopsis floribunda</i> Mull. Arg.	Folhas e Caules/ Extratos Metanólico e CH ₂ Cl ₂ (Diclorometano)	5,8, 6,5 e 3,8 g 4,5, 2,0 e 3,0 g	Triterpenóides: α-amirina; β-amirina; lupeol; betulina; ácido betulínico; uvaol; eritrodíol; ácido oleanólico; Ácidos fenólicos e Isocorilagina	Germinação de sementes; Crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular	Negativa	DOI: 10.1080/14786419.2011.643549
Allelopathic prospective of <i>Ricinus communis</i> and <i>Jatropha curcas</i> for bio-control of weeds	<i>Ricinus communis</i> L. e <i>Jatropha curcas</i> L.	Folhas/Extrato Metanólico	3, 10, 30, 100 e 300 mg	-	Porcentagem de germinação de sementes e porcentagem de inibição do hipocótilo/coleóptilo e do crescimento radicular	Negativa	DOI: 10.1080/09064710.2013.865073





Tabela 1 - Estudos relacionados para a revisão (1983-2023) (cont.).

Allelopathic effect of some plants on morphological attributes of invasive alien weed: <i>Malachra capitata</i> (L.) L.	<i>Ricinus communis</i> L.	Folhas/Lixivados Aquosos	5%, 10%, 15% e 20%	-	Características vegetativas e reprodutivas: altura da planta, comprimento da raiz primária e secundária, propagação lateral da raiz, profundidade da raiz mais profunda, parte área da raiz, número de nós, número de ramos, número de folhas, frutos, sementes, inflorescência e biomassa	Negativa	DOI: 10.30574/gscbps.2019.6.2.0020
Allelopathic activity and chemical constituents of extracts from roots of <i>Euphorbia heterophylla</i> L.	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Raízes/Extratos Hexânico e Metanólico	-	β -sitosterol, estigmasterol e ésteres de lupeol, germanicol, taraxasterol, pseudotaraxasterol, α -amirina e β -amirina	Ensaio de germinação, crescimento radicular e hipocótilo	Negativa	DOI: 10.1080/14786419.2018.1460829
Chemical composition and phytotoxicity of essential oils of <i>Croton doctoris</i> S. Moore (Euphorbiaceae)	<i>Croton doctoris</i> S. Moore	Caule e Folhas/Óleos essenciais	0,5, 0,25, 0,12 e 0,05%	Caule: Óxido de cariofileno, E-cariofileno. Folhas: E-cariofileno e α -humuleno e óxido de cariofileno	Germinação, crescimento de raízes e parte aérea, teor total de clorofila, respiração radicular, atividade de peroxidase, catalase e superóxido de dismutase e índice mitótico	Negativa	DOI: 10.1590/1519-6984.231957
Allelopathic Activity of a Novel Compound, Two Known Sesquiterpenes, and a C13 Norisopenoid from the Leaf of <i>Croton oblongifolius</i> Roxb. for Weed Control	<i>Croton oblongifolius</i> Roxb.	Folhas/Extrato Metanólico	1, 3, 10, 30, 100 e 300 mg	(3R,6R,7E) -3-hidroxi-4-7-megastigmadien-9-ona, 2-hidroxi-alpinolida, alpinolida e epialpinolida	Desenvolvimento de brotos, crescimento radicular, crescimento da parte aérea e da raiz	Negativa	DOI: 10.3390/plants12193384
<i>Trewia nudiflora</i> Linn, a Medicinal Plant: Allelopathic Potential and Characterization of Bioactive Compounds from Its Leaf Extracts	<i>Trewia nudiflora</i> Linn.	Folhas/Extrato Metanólico	0,1, 0,3, 1, 3, 10, 30, 100 e 300 mg	Galato de metila e pinoresinol	Crescimento de raízes e parte aérea	Negativa	DOI: 10.3390/horticulturae9080897

Fonte: Autores (2023).



Tabela 2 - Lista de sinônimos das espécies em estudo.

Espécies	Sinônimos
<i>Sebastiania adenophora</i> Pax & K. Hoffm	<i>Sebastiania glandulosa</i> Müll.Arg.
<i>Joannesia princeps</i> Vell.	<i>Anda brasiliensis</i> Raddi; <i>Anda gomesii</i> A.Juss; <i>Andicus pentaphyllus</i> Vell.; <i>Joannésia insolita</i> Pittier
<i>Alchorneopsis floribunda</i> Mull. Arg.	<i>Alchornea glandulosa</i> var. <i>floribunda</i> Benth; <i>Alchornea nemoralis</i> var. <i>floribunda</i> (Benth.) Baill.; <i>Alchorneopsis floribunda</i> var. <i>genuína</i> Müll.Arg.; <i>Alchorneopsis floribunda</i> var. <i>sessiliflora</i> Müll.Arg.; <i>Alchorneopsis trimera</i> Lanj
<i>Jatropha curcas</i> L.	<i>Castiglionia lobata</i> Ruiz & Pav.; <i>Curcas adansonii</i> Endl.; <i>Curcas curcas</i> Britton & Millsp.; <i>Curcas drastica</i> Mart.; <i>Curcas indica</i> A.Rich.; <i>Curcas lobata</i> Splitg. ex Lanj; <i>Curcas purgans</i> Medic.; <i>Curcas purgans</i> Medik.; <i>Jatropha acerifolia</i> Salisb.; <i>Jatropha afrocurcas</i> Pax; <i>Jatropha condor</i> Wall.; <i>Jatropha edulis</i> Sessé; <i>Jatropha yucatanensis</i> Briq.; <i>Manihot curcas</i> Crantz; <i>Ricinoides americana</i> Garsault; <i>Ricinus americanus</i> Mill.; <i>Ricinus jarak</i> Thunb.;
<i>Ricinus communis</i> L.	<i>Ricinus communis</i> f. <i>púrpurascens</i> ; <i>Ricinus communis</i> var. <i>púrpurascens</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>raio</i> ; <i>Ricinus communis</i> var. <i>reichenbachianus</i> ; <i>Ricinus communis</i> var. <i>rhedianus</i> ; <i>Ricinus communis</i> var. <i>Roseus</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>rufescens</i> ; <i>Ricinus communis</i> var. <i>rugoso</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>russatus</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>rutilanos</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>escabreador</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>roteiro</i> ; <i>Ricinus communis</i> subsp. <i>Sinensis</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>sórdido</i> ; <i>Ricinus communis</i> var. <i>especioso</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>estigma</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>estriado</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>subpurpurascens</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>subrotundus</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>sulcatus</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>tigre</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>umbrinus</i> ; <i>Ricinus communis</i> var. <i>vasconcellosii</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>venoso</i> ; <i>Ricinus communis</i> var. <i>violaceocaulis</i> ; <i>Ricinus communis</i> var. <i>virens</i> ; <i>Ricinus communis</i> var. <i>viridis</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>viridis</i> ; <i>Ricinus communis</i> subsp. <i>Zanzibarino</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>zebrinus</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>zollingeri</i> ; <i>Ricinus communis</i> f. <i>zona</i> ; <i>Ricino compacto</i> ; <i>Ricinus digitatus</i> ; <i>Ricinus europaeus</i> ; <i>Ricinus gibsonii</i> <i>Ricinus giganteus</i> ; <i>Ricino glaucus</i> ; <i>Ricinus inermis</i> ; <i>Ricinus japonicus</i> ; <i>Ricinus krappa</i> ; <i>Ricinus laevis</i> ; <i>Ricinus leucocarpus</i> ; <i>Ricinus lividus</i> ; <i>Ricinus macrocarpo</i> ; <i>Ricinus macrocarpus</i> var. <i>nudu</i> ; <i>Ricinus macrophyllus</i> ; <i>Ricino médico</i> ; <i>Ricino médio</i> ; <i>Ricino megalosperma</i> ; <i>Ricinus messeniacus</i> ; <i>Ricino metálico</i> ; <i>Ricinus microcarpo</i> ; <i>Ricinus microcarpus</i> var. <i>atrovirens</i> ; <i>Ricinus microcarpus</i> var. <i>espontâneo</i> ; <i>Ricinus nanus</i> ; <i>Ricinus obermannii</i> ; <i>Ricinus peltatus</i> ; <i>Ricinus perennis</i> ; <i>Ricinus persicus</i> ; <i>Ricinus purpurascens</i> ; <i>Ricinus ruber</i> ;
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	<i>Cyathophora heterophylla</i> Raf.; <i>Euphorbia frangulaefolia</i> Kunth; <i>Euphorbia havanensis</i> Boiss.; <i>Euphorbia heterophylla</i> var. <i>genuína</i> Boiss.; <i>Euphorbia linifolia</i> Vahl; <i>Euphorbia lockhartii</i> Steud.; <i>Poinsettia geniculata</i> var. <i>heterophylla</i> (L.) Klotzsch & Garcke; <i>Poinsettia heterophylla</i> Klotzsch & Garcke; <i>Tithymalus heterophyllus</i> Haw
<i>Croton oblongifolius</i> Roxb.	<i>Croton persimilis</i> Müll.Arg.

Fonte: WFO (2024).



As pesquisas realizadas demonstraram que a aplicação desses compostos ativos, durante a germinação e crescimento de plantas testes, levou a uma série de efeitos. Isso inclui a redução na taxa de germinação das sementes, atraso no desenvolvimento inicial tanto da parte aérea quanto do sistema radicular das plantas, ampliando as possibilidades de discussão e exploração científica sobre as propriedades alelopáticas e fitoquímicas das espécies na família Euphorbiaceae.

De modo geral, nos estudos inseridos destacam nove espécies, descritas nas Tabelas 1 e 2: *Sebastiania adenophora* Pax & K. Hoffm; *Joannesia princeps* Vell; *Alchorneopsis floribunda* Mull. Arg.; *Ricinus communis* L e *Jatropha curcas* L.; *Euphorbia heterophylla* L.; *Croton doctoris* S.Moore; *Croton oblongifolius* Roxb.; *Trewia nudiflora* Linn. Destas, apenas a espécie *Ricinus communis* L. foi encontrada em mais de um trabalho. *Croton* foi o gênero mais estudado, em que duas de suas espécies (*Croton oblongifolius* e *Croton doctoris*) tiveram seu potencial alelopático testado, sendo percebido o efeito inibitório na germinação, no crescimento de raízes e parte aérea (MOH *et al.*, 2023; CÂNDIDO *et al.*, 2022).

Moh e seus colaboradores (2023), avaliaram os extratos metanólicos das folhas de *Croton oblongifolius* (Roxb.) e observaram um significativo potencial inibitório de crescimento sobre quatro plantas de teste (monocotiledôneas: capim-arroz e capim-rabo-de-gato e dicotiledônea: agrião e alface). Compostos do tipo (3R, 6R, 7E)-3-hidroxi-4-7-megastigmadien-9-ona, 2-hidroxi-alpinolida, alpinolida e epialpinolida foram identificados e estão associados ao atraso no crescimento de mudas de agrião. Concluindo assim, que os extratos provenientes das folhas de *C. oblongifolius*, bem como os compostos identificados, possuem potencial para serem empregados como agentes supressores de ervas daninhas para o controle natural, representando uma opção aos herbicidas sintéticos no meio ambiente.

Na pesquisa envolvendo *Croton doctoris* S.Moore, a composição química do óleo essencial extraído do caule e das folhas foi descrita, e sua atividade alelopática, antimicrobiana e citotóxica foi avaliada (CÂNDIDO *et al.*, 2022). Os efeitos dos óleos essenciais foram investigados em relação à germinação, crescimento de raízes e parte aérea, teor total de clorofila, respiração radicular, atividade de peroxidase, catalase e superóxido dismutase, além do índice mitótico, utilizando alface (*Lactuca sativa* var. Grand Rapids) e cebola (*Allium cepa* var. Baia Periforme) como organismos-teste. Os resultados revelaram que o óleo do caule é composto por 15 compostos, sendo o óxido de cariofileno (24,5%) e E-cariofileno (13,3%) os principais. Já o óleo foliar apresentou E-cariofileno (39,6%) seguido de α -humuleno (13,2%) como os compostos majoritários.

Conforme indicado pelos autores, os óleos essenciais demonstraram inibir tanto a germinação quanto o crescimento das plântulas de alface (*Lactuca sativa* var. Grand Rapids) e cebola (*Allium cepa* var. Baia Periforme), além de reduzirem o conteúdo de clorofila, a respiração radicular e a divisão celular. Esses óleos também induziram estresse oxidativo, evidenciado pelo aumento na atividade das enzimas antioxidantes analisadas. Os efeitos fitotóxicos mais significativos foram perceptíveis no óleo do caule, levando à conclusão de que esses processos fisiológicos anormais contribuem para a inibição do crescimento das plantas. Nos ensaios de citotoxicidade, observou-se que o óleo das folhas exibiu maior atividade, atribuível à presença de sesquiterpenos biologicamente ativos que atuam inibindo o crescimento das células cancerígenas (CÂNDIDO *et al.*, 2022). De acordo com Hassan *et al.* (2018), vários compostos do grupo dos sesquiterpenos possuem atividade anticancerígenas.

Diversas pesquisas sobre a composição química de espécies do gênero *Croton* têm demonstrado a predominância de monoterpenos e sesquiterpenos na constituição dos óleos essenciais das plantas (COSTA *et al.*, 2013). Outros estudos também relataram que as folhas, casca do caule e raízes de *Croton doctoris* contêm fitoquímicos como monoterpenos, sesquiterpenos, glicosídeos megastigmano, fenilpropanóides e diterpenóides (WIJESEKERA, 2017).

Entre as partes vegetais analisadas, observa-se uma predominância no estudo das folhas para fins de análise. Essa constatação está alinhada com as informações de Reigosa *et al.* (2013), os quais afirmam que a maioria dos estudos tem se dedicado à investigação das propriedades alelopáticas das folhas, sendo as demais partes, como o caule e, em menor escala, os órgãos reprodutivos, abordadas



em menor frequência. Essa preferência por folhas decorre da facilidade em coletar essa parte da planta, enquanto outras estruturas apresentam maior dificuldade na obtenção de biomassa vegetal, o que impacta diretamente no crescimento das plantas e em seu recrutamento de várias maneiras. Também é motivada principalmente pela abundância dessa parte em condições naturais, facilitando a extração dos compostos aleloquímicos no ambiente, os quais são liberados com facilidade de acordo com as condições ambientais em que as plantas alelopáticas estão inseridas (SILVA *ET al.*, 2018).

Percebeu também que nos trabalhos ocorreu uma variação nas doses ou concentrações dos extratos utilizados, indo desde medidas específicas de 100 µg/ml até percentuais, que incluem 10%, 30%, 50%, 70%, 90% e 100%. A diversidade nessas concentrações ressalta a importância de explorar uma ampla gama de condições para compreender os efeitos alelopáticos. Quanto às substâncias químicas analisadas, observa-se a intensidade e diversidade, predominando estudos sobre terpenos, incluindo triterpenos, sesquiterpenos. Refletindo com isso, a complexidade química das interações entre plantas e a importância de investigar de que modo as diferentes composições atuam nessas interações.

No estudo dos triterpenos pentacíclicos da espécie *Sebastiania adenophora* Pax & K. Hoffm., por exemplo, os pesquisadores isolaram e testaram substâncias provenientes dos extratos de suas folhas, para avaliar, *in vitro*, as bioatividades desses compostos no crescimento radicular de *Amaranthus hypochondriacus* L. e outras espécies. Foi observado um importante efeito estimulador no crescimento da raiz do *Amaranthaceae* para seis triterpenos testados, sendo os mais eficientes o 3-epi-β-amirina, 3-epi-lupeol e taraxerol (250 µg/ml). Além disso, os triterpenos taraxerol e taraxerona inibiram significativamente o crescimento das raízes do *Echinochloa crus-galli* e *Lycopersicon esculentum* e o crescimento radicular do *Lycopersicon esculentum*. Os extratos orgânicos (extraído com hexano, diclorometano e metanol) e o lixiviado aquoso de folhas de *S. adenophora* inibiram o crescimento radicular de todas as espécies testadas. Concluindo que todos os seis triterpenos testados apresentaram bioatividade seletiva no crescimento radicular das plantas alvos (MACÍAS-RUBALCAVA *et al.*, 2006).

A análise química e o potencial alelopático dos extratos de folhas e caules de *Alchorneopsis floribunda* Mull. Arg. também foram estudados. Os resultados indicaram que os extratos metanólicos e de diclorometano (CH_2Cl_2) dos caules inibiram completamente (100%) a germinação das sementes de *Mimosa pudica*, uma erva daninha comum na Região Amazônica. A inibição causada pelo extrato metanólico das folhas foi menor (64%) do que aquela causada pelos extratos metanólico do caule, mas ainda considerável. A diferença da atividade inibitória na germinação de sementes dos extratos CH_2Cl_2 de folhas (0%) e caules (100%) mostra que os pigmentos foliares e ácidos graxos, principais constituintes do extrato CH_2Cl_2 de folhas, não são responsáveis pela atividade. Os resultados também indicaram que *A. floribunda* possui triterpenos e ácidos fenólicos, considerados comuns no gênero *Alchornea*. Além disso, o composto isolado desses extratos, a isocorilagina, demonstrou efeitos alelopáticos inibitórios e antioxidante, estabelecendo um papel importante na atividade inibitória de *A. floribunda*. O comportamento dos extratos de *A. floribunda*, pode ser creditado a presença de triterpenos, ácidos fenólicos e derivados, uma vez que, fenóis simples, ácido benzóico e seus resultantes, juntamente com os compostos obtidos a partir do ácido cinâmico, se tornaram as substâncias alelopáticas mais comumente identificadas produzidas pelas plantas superiores (BATISTA *et al.*, 2011).

Os triterpenos isolados de plantas têm sido alvo de investigações contínuas em busca de compostos de interesse tanto químico quanto biológico. Essas substâncias são utilizadas para funções relacionadas ao crescimento e desenvolvimento da planta, contudo, sua principal participação está associada a interações químicas e proteção em ambientes bióticos e abióticos. As propriedades desses metabólitos abrangem uma ampla gama de atividades biológicas: efeitos anti-inflamatórios (Carvalho *et al.*, 2017), antinociceptivos (Soares *et al.*, 2019; Bednarczyk-Cwynar *et al.*, 2012), antiadipogênicos (Pérez-Jimenez *et al.*, 2016), antimicrobianos (Salih *et al.*, 2018; Wang; You, 2014), alta seletividade anticancerígena (Shang *et al.*, 2019; Ahn *et al.*, 2015) além de hepatoprotetor, efeito sedativo, antioxidante, antialérgico, demonstrando assim, o potencial terapêutico dos triterpenos isolados de plantas (SILVA *et al.*, 2020).

Com o propósito de avaliar a atividade alelopática de extratos hexânicos e metanólicos das raízes



de *Euphorbia heterophylla* L. e identificar os principais metabólitos secundários responsáveis por essa atividade, Silva *et al.* (2018) conduziram um experimento que incluiu ensaios de germinação, crescimento radicular e hipocótilo utilizando *Sorghum bicolor* e *Lactuca sativa* como espécies indicadoras. Nas concentrações testadas, o extrato hexânico exerceu apenas um efeito modesto no crescimento do hipocótilo e não afetou a germinação e o crescimento radicular de ambas as espécies. Em contrapartida, o extrato metanólico, na concentração mais elevada testada (2,0 mg mL⁻¹) inibiu 100% da germinação do hipocótilo e do crescimento radicular de ambas as espécies avaliadas. Tal experimento demonstrou a aplicabilidade da alelopatia empregada na tecnologia de identificação e purificação de metabólitos secundários, que podem estar envolvidos nas interações de *E. heterophylla* com as plantas testes. Assim, além da alta competitividade de *E. heterophylla*, a alelopatia também pode estar envolvida na agressividade desta planta daninha em agroecossistemas.

Essa observação também foi corroborada nos trabalhos de Nasrine *et al.* (2013), os quais investigaram os efeitos alelopáticos dos extratos aquosos da espécie *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. na eficiência germinativa de duas plantas daninhas (*Bromus tectorum* L. e *Melilotus indicus* (L.) All.) e uma espécie de cultura (*Triticum aestivum* L.) em condições de laboratório. Os resultados obtidos foram congruentes com os descritos por Silva *et al.* (2018), indicando que a eficiência de germinação, bem como o comprimento da plúmula e da radícula foram inibidas completamente na maior concentração (10%) de extratos aquosos de *Euphorbia guyoniana*.

A maioria dos trabalhos analisados foram desenvolvidos em câmara de germinação com extratos vegetais alocados diretamente nas sementes e plântulas das espécies-testes, entretanto Vaishali e Alka (2019), utilizou lixiviados aquosos de folhas de *Ricinus communis* L. como pulverização para testar seu efeito, em casa de vegetação, na cultura da espécie *Malachra capitata* [L.]L., evidenciando que seu crescimento foi significativamente inibido em todas as concentrações, além disso, na medida que as concentrações aumentavam, observou-se uma redução no comprimento da raiz e da parte aérea, no número de flores, frutos e sementes da planta daninha. Tanto o peso seco quanto o peso fresco da *Malachra capitata* [L.]L foram impactados negativamente e a ramificação foi totalmente inibida. A concentração de 5% de *R. communis* foi menos efetiva no comprimento de raiz.

Notou-se que nos trabalhos que almejavam apontar a capacidade alelopática de *Ricinus communis* L., *Jatropha curcas* L. e *Joannesia princeps* Vell. não ocorreu um relato aprofundado dos aleloquímicos contidos nas concentrações usadas, estando essas informações referentes à composição química das partes vegetais retratadas em outros estudos.

As espécies *Ricinus communis* L. e *Jatropha curcas* L. sinalizam efeitos inibitórios na germinação de sementes e no crescimento radicular em resposta a extratos metanólicos de suas folhas (ISLAM; KATO-NOGUCHI, 2013). Para explorar o potencial alelopático de ambas, os extratos foram examinados em cinco concentrações diferentes no crescimento de mudas de *Lepidum sativum* L., *Lactuca sativa* L., *Medicago sativa* L., *Lolium multiflorum* Lam., *Echinochloa crus-galli* L., e *Digitaria sanguinalis* L. scop. Os resultados demonstraram que o hipocótilo/coleótilo e o crescimento radicular de todas as espécies foram significativamente inibidos por ambos extratos em concentrações ≥ 30 mg, exceto o *Lolium multiflorum* Lam. e *Echinochloa crus-galli* L., no caso dos extratos de *J. curcas*. Abaixo dessa concentração limite, ambos os extratos têm a tendência de estimular o hipocótilo/crescimento do coleótilo e/ou raiz das espécies testadas. Foi verificado também que a germinação de *Lepidum sativum* L. e *Echinochloa crus-galli* L. foram fortemente inibidas em concentrações ≥ 100 mg de ambos extratos, no entanto, a inibição pelo extrato de *R. communis* foi maior que *J. curcas*. Concluindo que as atividades inibitórias de ambos os extratos vegetais, tanto na germinação quanto no crescimento, dependem da concentração e da espécie testada. Além disso, *R. communis* demonstrou a possibilidade de aprofundar os estudos fitoquímicos para identificação de seus aleloquímicos ativos, o que poderia promover o desenvolvimento de herbicidas naturais biodegradáveis e seguros para aplicação na agricultura.

Com o objetivo investigar o efeito alelopático de *Joannesia princeps* Vell., Capobiango *et al.* (2009), utilizaram extratos aquosos de suas sementes na avaliação da germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas de repolho (*Brassica oleracea* cv. capitata), alface (*Lactuca sativa* cv. grand rapids)



e tomate (*Lycopersicon esculentum*). Os resultados revelaram que os extratos aquosos causaram uma redução e, ou inibição significativa, na germinação das três espécies testadas, com um aumento desse efeito à medida que as concentrações dos extratos aumentavam. Especificamente, foi observado que o crescimento inicial das plântulas de *Brassica oleracea* sofreu forte influência dos extratos aquosos de *J. princeps*, sendo que a partir da concentração de 70%, foi observado inibição no crescimento. Para a *Lactuca sativa*, tanto o sistema radicular quanto a parte aérea apresentaram inibição no crescimento a partir de uma concentração de 50% do extrato aquoso. Em contrapartida, no caso do tomate (*Lycopersicon esculentum*), embora o crescimento inicial não tenha sido inibido, ocorreu uma redução que se intensificava com o aumento da concentração dos extratos a partir da concentração de 30%. Os resultados apontam para um potencial alelopático notável em *J. princeps*, afetando de maneira significativa no percentual de germinação e no crescimento inicial das plântulas e, dentre as espécies, *Lactuca sativa* cv. grand rapids se mostrou a mais sensível.

Nas sementes dessa espécie ocorrem a presença de taninos, saponinas e glicosídeos cianogênicos (WAIBEL *et al.*, 2003). Essas substâncias alelopáticas, podem apresentar mecanismos de ação indiretos e diretos. Os efeitos indiretos incluem alterações nas propriedades e status nutricional do solo, bem como nas populações e, ou atividades de microrganismos. Já os efeitos diretos, que são mais estudados, incluem alterações no metabolismo vegetal, podendo afetar as características citológicas, os fitormônios, as membranas, a germinação, a absorção mineral, a respiração, a atividade enzimática, a divisão celular, entre outros (CAPOBIANGO *et al.*, 2009).

Extratos das folhas de *Trewia nudiflora* Linn foram utilizados por Khatun *et al.* (2023), com o objetivo de investigar os efeitos alelopáticos no crescimento de alfafa (*Medicago sativa* L.) e capim-arroz (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.). Além disso, buscaram isolar e identificar as substâncias alelopáticas ativas responsáveis por esses efeitos. Os resultados indicaram que a inibição alelopática se intensificou com o aumento das concentrações do composto, sendo o crescimento radicular mais sensível à substância pinoresinol do que ao galato de metila. Os extratos das folhas de *T. nudiflora* limitaram o crescimento das plantas tratadas, e as substâncias galato de metila e pinoresinol, isoladas e testadas, foram identificadas como possíveis causadoras da inibição. Os pesquisadores propõem que tanto os extratos das folhas de *T. nudiflora* quanto as substâncias galato de metila e pinoresinol poderiam ser integrados em práticas agrícolas sustentáveis ou empregados no desenvolvimento de bioherbicidas, contribuindo assim para a implementação de estratégias sustentáveis de manejo de ervas daninhas.

Coletivamente, essas pesquisas destacam a importância dos compostos presentes nessas plantas na regulação do crescimento e desenvolvimento de outras espécies vegetais, reforçando a hipótese de que essas espécies podem ser efetivas no manejo de plantas daninhas. Esta sugestão é respaldada pela pesquisa de Mushtaq *et al.* (2020), que destaca o largo uso da alelopatia vegetal como uma alternativa estratégica no manejo de ervas daninhas, visando reduzir a dependência de herbicidas sintéticos e mitigar os efeitos adversos destes, para promover práticas sustentáveis de controle de espécies invasoras.

Além disso, a alelopatia pode ser uma ferramenta valiosa no desenvolvimento de novos medicamentos. Envolvendo a investigação sobre como determinados compostos químicos produzidos por plantas impactam outros organismos, possibilitando a descoberta de novas substâncias bioativas com potencial terapêutico. Por essa razão, a perspectiva futura da alelopatia se concentra na exploração de seus potenciais em diversas áreas. Há um interesse crescente em utilizar aleloquímicos para o desenvolvimento de herbicidas naturais, pesticidas e agentes antibacterianos (Miyassa *et al.*, 2022), anti-inflamatórios (Nelson *et al.*, 2021), antitumorais (Freitas *et al.*, 2010) oferecendo alternativas ecológicas e sustentáveis aos produtos químicos sintéticos. Além disso, estudos sobre a alelopatia podem contribuir para a agricultura, especialmente no manejo integrado de pragas e ervas daninhas, e no melhoramento de culturas. Há também o potencial para explorar a alelopatia em sistemas agroflorestais para promover a biodiversidade e a sustentabilidade.

Conclusão

A revisão integrativa enfoca a importância e diversidade dos compostos aleloquímicos na família



Euphorbiaceae, confirmando que determinadas espécies possuem na sua composição química substâncias que desempenham efeito alelopático. A maioria das interações observadas revela um efeito predominantemente inibitório, indicando um impacto negativo dos compostos testados no crescimento ou desenvolvimento de espécies monocotiledôneas e dicotiledôneas. Essa observação tem implicações relevantes, em especial na agricultura, onde a compreensão dos efeitos alelopáticos pode representar uma possível estratégia para o controle orgânico de ervas daninhas e para incentivar práticas de cultivo sustentáveis, já que a maior parte dos ensaios traz extrações com solvente orgânico ou com água macerados, além disso, essas pesquisas podem nortear o isolamento e purificação de metabólitos presentes no vegetal. Também evidenciou a carência de estudos que buscam replicar as condições naturais, ocorrendo, na maioria dos casos, apenas o contato direto e exclusivo dos extratos vegetais com uma planta teste, sem interferência de outros fatores abióticos. Assim, este estudo não apenas proporciona uma visão abrangente das pesquisas em alelopatia, também evidencia que a família oferece espécies promissoras para investigações fitoquímicas, além de análises das atividades químicas e biológicas. Estudar esses mecanismos em detalhes pode levar a avanços significativos na medicina e na agricultura, oferecendo insights valiosos para aplicações médicas e agrícolas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)-001, pelo seu apoio financeiro; à Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação Ciências Farmacêuticas pela infraestrutura fornecida, e aos colaboradores e colegas pela troca de ideias e apoio ao longo deste estudo.

Referências

- AHN, S.; SIDDIQI, M. H.; NOH, H. Y.; KIM, Y. J.; KIM, Y. J.; JIN, C. G.; YANG, D. C. Anti-inflammatory activity of ginsenosides in LPS-stimulated RAW264.7 cells. **Science Bulletin**, v. 60, n.7, p. 73, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275720612_Anti-inflammatory_activity_of_ginsenosides_in_LPSstimulated_RAW_2647_cells. Acesso em: 10 de Jan. de 2024.
- ALLEN, A.C. 4 novas espécies de Croton L (Eufobiaceae) do Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, v.28, p.406, 1976. Disponível em: <https://botanicaargentina.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/63-81008.pdf>. Acesso em: 10 de Jan. de 2024.
- ANDRIANA, Y.; ANDRIANSYAH, R.; IWANSYAH, A. C.; INDRIATI, A.; ANGGARA, C. E. W.; SURAHMAN, D. N.; MINH, T.N. An overview of allelochemicals and allelopathic activity from *Alpinia malaccensis*. **In AIP Conference Proceedings**, v. 2493, n. 1, 2022.
- ARAÚJO, G. R.; ERASMO, E. A. L.; SILVA, P. P.; OLIVEIRA, D. I.; GONÇALVES, F. B.; BORGES, K. S.; RODRIGUES, R. D. C. M. Potencial alelopático de óleo de eucalyptose de Capim citronela no controle de plantas daninhas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilian-journals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29213>. Acesso em: 28 de Jan. de 2024.
- BATISTA, E. F.; COSTA, D. M.; GUILHON, G. M. P.; MULLER, A. H.; SANTOS, L. S.; ARRUDA, M. S. P.; ARRUDA, A. C.; SILVA, M. N.; SILVA, J. K.; SECCO, R. S.; SOUZA FILHO, A. P. S.; FIGUEIRA, B. A. Chemical constituents and allelopathic and antioxidant activities of *Alchorneopsis floribunda* Müll. Arg. (Euphorbiaceae). **Natural Product Research**, v. 27, n.1, p. 1-8, 2011. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14786419.2011.643549>. Acesso em: 12 de Set. de 2023.
- BEDNARCZYK-CWYNAR, B.; ZAPRUTKO, L.; MARCINIAK, J.; LEWANDOWSKI, G.; SZULC, M.; KAMINSKA, E. The analgesic and anti-inflammatory effect of new oleanolic acid acyloxyimino derivative. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 47, n. 549, 2012. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/22867936>. Acesso em: 28 de Jan. de 2024.
- CÂNDIDO, A. C. S.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, C. B.; SIMIONATTO, E.; MOREL, A. F.; STÜKER, C. Z.; MATOS, M. F. C.; PERES, M. T. L. P. Chemical composition and phytotoxicity of essential oils of *Croton*



doctoris S. Moore (Euphorbiaceae). **Brazilian Journal Of Biology**, [S.L.], v. 82, n. e231957, p. 1-11, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34076159/>. Acesso em: 28 de Jan. de 2024.

CAPOBIANGO, R. A.; VESTENA, S.; BITTENCOURT, A. H. C. Alelopatia de *Joanesia princeps* Vell. e *Casearia sylvestris* Sw. sobre espécies cultivadas. **Revista Brasileira Farmacognosia**, v. 19, n. 4, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/BFqGxgqq3DHYSn6Smy6Rqbh/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 de Set. de 2023.

CARVALHO, K. M.; MELO, T. S.; QUINDERÉ, A. I.; OILVEIRA, F. T.; VIANA, A. F.; NUNES, P. I.; QUETZ, J. D.; VIANA, D. A.; SILVA, A. A.; HAVT, A.; FONSECA, S. G.; CHAVES, M. H.; RAO, V. S.; SANTOS, F. A. Amyrins from *Protium heptaphyllum* reduce high-fat diet-induced obesity in mice via modulation of enzymatic, hormonal and inflammatory responses. **Planta Médica**, v. 83, n. 285, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27525508/>. Acesso em: 28 de Jan. de 2024.

CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J.; ABBADE NETO, D. O.; TEIXEIRA, L. G. V. Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 1-11, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117867/1/Alelopatia-de-extratos-Wellington.pdf>. Acesso em: 28 de Jan. de 2023. Acesso em: 12 de Set. de 2023.

CHEEMA, Z. A.; FAROOQ, M.; KHALIQ, A. Application of allelopathy in crop production: Success story from Pakistan. In: CHEEMA, Z.A.; FAROOQ, M.; WAHID, A. Allelopathy: current trends and future applications. **Germany: Springer**, p.113-144, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270882228_Application_of_Allelopathy_in_Crop_Production_Success_Story_from_Pakistan. Acesso em: 12 de Set. de 2023.

COSTA, A. C. V.; MELO, G. F. A.; MADRUGA, M. S.; COSTA, J. G. M.; GARINO-JUNIOR, F.; QUEIROGA NETO, V. Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of a *Croton rhamnifolioides* leaves Pax & Hoffm. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2853-2864, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744136026.pdf>. Acesso em: 27 de Dez. 2023.

CRUZ, A. C. R.; DA CRUZ, T. S.; REIS, T. C.; STOLBEN, E. M.; COCOZZA, F. D. M. Avaliação do efeito alelopático de diferentes dosagens de extratos vegetais de *Crotalaria Juncea*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/28590>. Acesso em: 27 de Dez. 2023.

FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/LPV/sites/default/files/4%20-%20Referencia%2011%20%20Alelopatia%20na%20Agricultura.pdf>. Acesso em: 27 de Dez. 2023.

FREITAS, L. B. Estudo fitoquímico e da atividade biológica de *Banisteriopsis anisandra* (A. Juss) B. Gates e síntese de amidas indólicas para avaliação da atividade alelopática. 2010. 236. Química – Química Orgânica - Instituto de Ciências Exatas, Belo Horizonte, 2010.

GREENWELL, M.; RAHMAN, P. K. S. M. Medicinal plants: their use in anticancer treatment. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 6, n. 10, p. 4103, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4650206/>. Acesso em: 29 de Jan. 2024.

HASSAN, S. T. S.; BERCHOVÁ-BÍMOVÁ, K.; ŠUDOMOVÁ, M.; MALANÍK, M.; ŠMEJKAL, K.; RENGASAMY, K. R. R. In vitro study of multitherapeutic properties of *Thymus bovei* Benth. essential oil and its main component for promoting their use in clinical practice. **J. Clin Med.**, v. 7, n. 283, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6162671/>. Acesso em: 29 de Jan. 2024.

ISLAM, A. K. M. M.; YEASMIN, S.; QASEM, J. R. S.; JURAIMI, A. S.; ANWAR, MD. P. Allelopathy of medicinal plants: Current status and future prospects in weed management. **Agricultural Sciences**, v. 9, n. 12, p. 1569-1588, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329617605_Allelopathy_of_Medicinal_Plants_Current_Status_and_Future_Prosppects_in_Weed_Management. Acesso em: 29 de Jan. 2024.

ISLAM, A.K.M. M.; KATO-NOGUCHI, H. Allelopathic prospective of *Ricinus communis* and *Jatropha curcas* for bio-control of weeds. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science**, [S.L.],



v. 63, n. 8, p. 731-739, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259188454_Allelopathic_prospective_of_Ricinus_communis_and_Jatropha_curcas_for_bio-control_of_weeds. Acesso em: 21 de Out. 2023.

JABRAN, K.; MAHAJAN, G.; SARDANA, V.; CHAUHAN, B. S. Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop protection**, v. 72, p. 57-65, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219415000782>. Acesso em: 21 de Out. 2023.

KAUR, L.; MALHI, D. S.; COOPER, R.; KAUR, M.; SOHAL, H. S.; MUTREJA, V.; SHARMA, A. Comprehensive review on ethnobotanical uses, phytochemistry, biological potential and toxicology of *Parthenium hysterophorus* L.: A journey from noxious weed to a therapeutic medicinal plant. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 281, p. 114-525, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34411657/>. Acesso em: 21 de Out. 2023.

KHATUN, M. R.; TOJO, S.; TERUYA, T.; KATO-NOGUCHI, H. *Trewia nudiflora* Linn, a Medicinal Plant: allelopathic potential and characterization of bioactive compounds from its leaf extracts. **Horticulturae**, [S.L.], v. 9, n. 8, p. 897, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/8/897>. Acesso em: 21 de Out. 2023.

KLEINOWSKI, A. M.; RIBEIRO, G. A.; MILECH, C.; BRAGA, E. J. B. Potential allelopathic and antibacterial activity from *Alternanthera philoxeroides*. **Hoehnea**, v. 4, p. 533-540, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/hoehnea/a/VzMSk88_8ZVBDhVMQ9jblfM/abstract/?lang=pt&format=html#. Acesso em: 04 de Set. 2023.

LOBIUC, A.; PAVĂL, N. E.; MANGALAGIU, I. I.; GHEORGHITĂ, R.; TELIBAN, G. C.; AMĂRIUCĂI-MANTU, D.; STOLERU, V. Future antimicrobials: Natural and functionalized phenolics. **Molecules**, v. 28, n. 3, p. 1114, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/3/1114>. Acesso em: 04 de Set. 2023.

LOPES, P.G.; OLIVEIRA, S. C. C.; SALLES, K. A.; SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Allelopathy of a native shrub can help control invasive grasses at sites under ecological restoration in a Neotropical savanna. **Plant Ecology & Diversity**, v. 11, n. 4, p. 527-538, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17550874.2018.1539132>. Acesso em: 15 de Nov. 2023.

MACÍAS-RUBALCAVA, M. L.; HERNÁNDEZ-BAUTISTA, B. E.; JIMÉNEZ-ESTRADA, M.; CRUZ-ORTEGA, R.; ANAYA, A. L. Pentacyclic Triterpenes with Selective Bioactivity from *Sebastiania adenophora* Leaves, Euphorbiaceae. **Journal Of Chemical Ecology**, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 147-156, 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10886-006-9208-7>. Acesso em: 15 de Nov. 2023.

MITTER, B.; BRADER, G.; AFZAL, M.; COMPANT, S.; NAVEED, M.; TROGNITZ, F.; SESSITSCH, A. Advances in elucidating beneficial interactions between plants, soil, and bacteria. **Advances in agronomy**, v. 121, p. 381-445, 2013. Disponível em: <http://www.bashanfoundation.org/contributions/Sessitsch-A/angelaadvances.pdf>. Acesso em: 15 de Nov. 2023.

MOH, S. M.; TOJO, S.; TERUYA, T.; KATO-NOGUCHI, H. Allelopathic Activity of a Novel Compound, Two Known Sesquiterpenes, and a C13 Nor-Isopenoid from the Leave of *Croton oblongifolius* Roxb. for Weed Control. **Plants**, [S.L.], v. 12, n. 19, p. 3384, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/19/3384>. Acesso em: 15 de Nov. 2023.

MUSHTAQ, W.; SIDDIQUI, M. B.; HAKEEM, K. R. Allelopathic control of native weeds. **Allelopathy: Springer Briefs in Agriculture**, p. 53-59, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40807-7_6. Acesso em: 15 de Nov. 2023.

NASRINE, S.; EL-TAHER, S. E. D. H. Allelopathic effect of *Euphorbia guyoniana* aqueous extract and their potential uses as natural herbicides. **Sains Malays**, v. 42, p. 1501-1504, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288161030_Allelopathic_Effect_of_Euphorbia_guyoniana_Aqueous_Extract_and_Their_Potential_Uses_as_Natural_Herbicides. Acesso em: 15 de Nov. 2023.

NELSON, D. W.; MILLAR, B. C.; RAO, J. R.; MOORE, J. E. The role of plants and macrofungi as a source of novel antimicrobial agents. **Reviews and Research in Medical Microbiology**, v. 32, n. 4, p. 231-236, 2021. Disponível em: https://journals.lww.com/revmedmicrobiol/abstract/2021/10000/the_role_of_plants_and_macrofungi_as_a_source_of.6.aspx. Acesso em: 15 de Nov. 2023.



OLIVEIRA, D. G. A família Euphorbiaceae Juss. em um fragmento de Caatinga em Sergipe. **Scientia Plena**, [S. I.], v. 9, n. 4, 2013. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/1121>. Acesso em: 12 dez. 2023.

OLIVEIRA, E. B.; SILVA, I. A.; SILVA, W. F.; SILVA, J. A.; SILVA, C. B.; SILVA, R. R. Phytochemical investigation and allelopathic activity of the foliar extract of *Croton heliotropiifolius* Kunth on the initial development of *Lactuca sativa* L. **Research, Society and Development**, [S. I.], v. 11, n. 14, p. e151111435613, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.35613. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35613>. Acesso em: 6 Oct. 2023.

OLIVEIRA, Y. R.; SILVA, P. H.; ABREU, M. C.; LEAL, C. B.; OLIVEIRA, L. P. Potencial Alelopático de Espécies da Família Fabaceae Lindl. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, [S. I.], v. 24, n. 1, p. 65–74, 2020. DOI: 10.17921/1415-6938.2020v24n1p65-74. Disponível em: <https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioeciencia/article/view/7435>. Acesso em: 12 Dez. 2023.

OUZZANI, M.; HAMMADY, H.; FEDOROWICZ, Z.; ELMAGARMID, A. Rayyan - a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 5, n. (1):210, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311443509_Rayyana_web_and_mobile_app_for_systematic_reviews. Acesso em: 12 Dez. 2023.

PÉREZ-JÍMENEZ, A.; RUFINO-PALOMARES, E. E.; GALLEGO, N. F.; ORTUÑO COSTELA, M. C.; REYEZ-ZURITA, F. J.; PERAGÓN, J.; GARCÍA-SALGUERO, I.; MOKHTARI, K.; MEDINA, P. P.; LUPIÁÑEZ, J. A. Target molecules in 3T3-L1 adipocytes differentiation are regulated by maslinic acid, a natural triterpene from *Olea europaea*. **Phytomedicine**, v. 23, n. 1301, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27765349/>. Acesso em: 12 Dez. 2023.

REIGOSA, M.; GOMES, A. S.; FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Allelopathic research in Brazil**. *Acta Botanica Brasílica*, v. 27, n. 4, p. 629-646, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/5QxJF3ZM-9tFhsfgtg4IKyhWy/abstract/?lang=en>. Acesso em: 12 Dez. 2023.

SALIH, E. Y. A.; JULKUNEN-TIITTO, R.; LAMPI, A. M.; KANNINEN, M.; LUUKKANEN, O.; SIPI, M.; LEHTONEN, M.; VUORELA, H.; FYHRQUIST, P. Terminalia laxiflora and Terminalia brownii contain a broad spectrum of antimycobacterial compounds including ellagitannins, ellagic acid derivatives, triterpenes, fatty acids and fatty alcohols. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 227, n. 82, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29733942/>. Acesso em: 12 Dez. 2023.

SHANG, J.-H.; SUN, W.-J.; ZHU, H.-T.; WANG, D.; YANG, C.-R.; ZHANG, Y.-J. New hydroperoxylated and 20,24-epoxylated dammarane triterpenes from the rot roots of *Panax notoginseng*. **Journal of Ginseng Research**, v. 423, n. 1, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7195571/>. Acesso em: 12 Dez. 2023.

SILVA, F. C. O.; FERREIRA, M. K. A.; SILVA, A. W.; MATOS, M. G. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; SILVA, P. T.; BANDEIRA, P. N.; MENEZES, J. E. S. A.; SANTOS, H. S. Bioatividades de Triterpenos isolados de plantas: Uma breve revisão. **Revista Virtual Química**, v. 12, n. (1), 000-000, 2020. Disponível em: <https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v12n1a18.pdf>. Acesso em: 12 Dez. 2023.

SILVA, M. A. D.; SILVA, J. N.; ALVES, R. M.; GONÇALVES, E. P.; VIANA, J. S. Allelopathy of Caatinga species. **Research, Society and Development**, [S. I.], v. 10, n. 4, p. e57610414328, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14328>. Acesso em: 16 nov. 2023.

SILVA, M. P.; DUTRA, F. B.; SANTOS, G. O. B.; NASCIMENTO, T. J.; FERNANDES, G. C.; BARBOSA, M. C.; BOA, G. S.; VIVEIROS, E.; FRANCISCO, B. S. Uma breve abordagem teórica sobre o potencial alelopático em comunidades vegetais. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. I.], v. 4, p. e20511426021, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26021>. Acesso em: 12 Dez. 2023.

SILVA, U. P.; FURLANI, G. M.; DEMUNER, A. J.; SILVA, O. L. M.; VAREJÃO, E. V. V. Allelopathic activity and chemical constituents of extracts from roots of *Euphorbia heterophylla* L. **Natural Product Research**, [S.L.], v. 33, n. 18, p. 2681-2684, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1>



080/14786419.2018.1460829. Acesso em: 06 de Jan. 2024.

SOARES, I. C. R.; SANTOS, S. A. A. R.; COELHO, R. F.; ALVES, Y. A.; VIEIRA-NETO, A. E.; TAVARES, K. C. S.; MAGALHÃES, F. E. A.; CAMPOS, A. R. Oleanolic acid promotes orofacial antinociception in adult zebrafish (*Danio rerio*) through TRPV1 receptors. **Chemico-Biological Interactions**, v. 299, n. 37, 2019. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20193369095>. Acesso em: 06 de Jan. 2024.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. **Revisão integrativa: o que é e como fazer. Einstein**, v. 8(1), p. 102-106, 2010. <https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 de Jan. 2024.

TUR, C. M.; PASTORIN, L. H. Alelopatia de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativae* *Lycopersicum esculentum*. **Revista Biotemas**, v. 23, n. 2, p. 13-22, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315123155_Alelopatia_de_extratos_aquosos_de_Duranta_repens_sobre_a_germinacao_e_o_crescimento_inicial_de_Lactuca_sativa_e_Lycopersicum_esculentumdoi_1050072175-79252010v23n2p13. Acesso em: 12 Dez. 2023.

VAISHALI, R.; ALKA, C. Allelopathic effect of some plants on morphological attributes of invasive alien weed: *Malachra capitata* (L.)L. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, v. 06, n. 02, p. 108-114, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331740460_Allelopathic_effect_of_some_plants_on_morphological_attributes_of_invasive_alien_weed_Malachra_capitata_LL. Acesso em: 12 Dez. 2023.

VANDRESEN, J. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do Sul do Brasil. **Acta botânica Brasilica**, v. 21, n. (4), p. 753-65, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/kZngnTTjQC5Fn4Tj7hDTp6F/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 Dez. 2023.

WAIBEL, R.; BENIRSCHKE, G.; BENIRSCHKE, M.; ACHENBACH, H. Sesquiterpeneolignans and other constituents from the seeds of *Joannesia princeps*. **Phytochemistry**, v. 62, p. 805-811, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942202003576>. Acesso em: 18 de Nov. 2023.

WANG, S. G.; YOU, S. L. Hydrogenative Dearomatization of Pyridine and an Asymmetric AzaFriedel-Crafts Alkylation Sequence. **Angewandte Zueschriften**, v. 53, n. (8)2194-7, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24470000/>. Acesso em: 18 de Nov. 2023.

WFO (2024): World Flora Online. Published on the Internet; Disponível em: <http://www.worldfloraonline.org>. Acesso em: 17 de Nov. 2023.

WIJESEKERA, K. A bioactive diterpene; Nasimalun A from *Croton oblongifolius* Roxb. **Prayogik Rasayan**, v. 1, p. 41-44, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327446939_A_bioactive_diterpene_Nasimalun_A_from_Croton_oblongifolius_Roxb. Acesso em: 18 de Nov. 2023.