

Potencial alelopático de *Allium sativum* no manejo de plantas daninhas: revisão bibliográfica

Allelopathic potential of *Allium sativum* in weed management: a literature review

Potencial alelopático de *Allium sativum* en el control de malas hierbas: revisión bibliográfica

DOI: 10.34188/bjaerv9n2-246

Submitted: Mar 20th, 2026

Approved: Apr 2nd, 2026

José Vitor da Silva Nunes

Mestrando em Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Arapiraca, AL. Brasil
E-mail: vitor4899@gmail.com

Josilene Pereira Silva

Mestranda em Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Arapiraca, AL. Brasil
E-mail: pereirasilvajosilene41@gmail.com

Mariana Cabral do Nascimento Santos

Graduanda em Química - Licenciatura
Universidade Estadual de Alagoas - UNEAL
Arapiraca, AL. Brasil
E-mail: marianacabral Santos2@gmail.com

Luiz Eduardo de Melo Lima

Mestrando em Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Arapiraca, AL. Brasil
E-mail: luiz.eml@arapiraca.ufal.br

Luana Kamila dos Santos

Mestranda em Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Arapiraca, AL. Brasil
E-mail: luana.kamila@arapiraca.ufal.br

Monique Maria de Souza Costa

Graduanda em Zootecnia
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Arapiraca, AL. Brasil
E-mail: moniquemariacosta@gmail.com

Gabrielle Ferreira de Lira

Mestranda em Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Arapiraca, AL. Brasil
E-mail: gabrielle.lira@ceca.ufal.br

Juliana Lúcia de Souza

Mestranda em Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Arapiraca, AL. Brasil
E-mail: juliana.lucia@arapiraca.ufal.br

RESUMO

As plantas daninhas constituem um dos principais fatores responsáveis pela redução da produtividade agrícola, causando prejuízos econômicos e ambientais significativos aos sistemas produtivos. Nesse contexto, a busca por alternativas sustentáveis ao uso intensivo de herbicidas sintéticos tem impulsionado pesquisas relacionadas à alelopatia e ao uso de bioinsumos vegetais no manejo agrícola. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo analisar o potencial alelopático de *Allium sativum* no manejo de plantas daninhas, enfatizando seus compostos bioativos, mecanismos de ação fisiológica e aplicações na agricultura sustentável. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, utilizando artigos científicos, dissertações, livros e documentos acadêmicos obtidos em bases de dados nacionais e internacionais. Os resultados evidenciaram que *Allium sativum* apresenta elevada concentração de compostos organossulfurados, fenólicos e flavonoides, especialmente alicina, dialil dissulfeto e dialil trissulfeto, responsáveis por efeitos inibitórios sobre germinação, crescimento radicular, divisão celular e desenvolvimento fisiológico de plantas infestantes. Observou-se ainda que extratos aquosos, resíduos vegetais e formulações bioativas à base de alho apresentam potencial para utilização em sistemas agroecológicos e manejo integrado de plantas daninhas. Conclui-se que *Allium sativum* possui relevante potencial alelopático e pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias agrícolas mais sustentáveis, reduzindo parcialmente a dependência de herbicidas sintéticos e favorecendo práticas ambientalmente seguras.

Palavras-chave: *Allium sativum*, alelopatia, plantas daninhas, bioherbicidas, agricultura sustentável

ABSTRACT

Weeds are among the main factors responsible for reducing agricultural productivity, causing significant economic and environmental losses to production systems. In this context, the search for sustainable alternatives to the intensive use of synthetic herbicides has stimulated research related to allelopathy and the use of plant-based bioinputs in agricultural management. Therefore, this study aimed to analyze the allelopathic potential of *Allium sativum* in weed management, emphasizing its bioactive compounds, physiological mechanisms of action, and applications in sustainable agriculture. To achieve this, a qualitative bibliographic review was conducted using scientific articles, dissertations, books, and academic documents obtained from national and international databases. The results showed that *Allium sativum* has a high concentration of organosulfur compounds, phenolics, and flavonoids, especially allicin, diallyl disulfide, and diallyl trisulfide, which are responsible for inhibitory effects on germination, root growth, cell division, and physiological development of weed species. It was also observed that aqueous extracts, plant residues, and garlic-based bioactive formulations present potential for use in agroecological systems and integrated weed management. It is concluded that *Allium sativum* has relevant allelopathic potential and may contribute to the development of more sustainable agricultural strategies, partially reducing dependence on synthetic herbicides and promoting environmentally safe practices.

Keywords: *Allium sativum*, allelopathy, weeds, bioherbicides, sustainable agriculture

RESUMEN

Las malas hierbas se encuentran entre los principales factores responsables de la disminución de la productividad agrícola, lo que provoca importantes pérdidas económicas y medioambientales en los sistemas de producción. En este contexto, la búsqueda de alternativas sostenibles al uso intensivo de herbicidas sintéticos ha impulsado la investigación relacionada con la alelopatía y el uso de bioinsumos de origen vegetal en la gestión agrícola. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar el potencial alelopático de *Allium sativum* en el manejo de malezas, haciendo hincapié en sus compuestos bioactivos, los mecanismos fisiológicos de acción y sus aplicaciones en la agricultura sostenible. Para ello, se llevó a cabo una revisión bibliográfica cualitativa utilizando artículos científicos, tesis, libros y documentos académicos obtenidos de bases de datos nacionales e internacionales. Los resultados mostraron que *Allium sativum* presenta una alta concentración de compuestos organosulfurados, fenólicos y flavonoides, especialmente alicina, disulfuro de dialilo y trisulfuro de dialilo, que son responsables de los efectos inhibidores sobre la germinación, el crecimiento radicular, la división celular y el desarrollo fisiológico de las especies de malezas. También se observó que los extractos acuosos, los residuos vegetales y las formulaciones bioactivas a base de ajo presentan potencial para su uso en sistemas agroecológicos y en el manejo integrado de malezas. Se concluye que *Allium sativum* tiene un potencial alelopático relevante y puede contribuir al desarrollo de estrategias agrícolas más sostenibles, reduciendo parcialmente la dependencia de los herbicidas sintéticos y promoviendo prácticas seguras para el medio ambiente.

Palabras clave: *Allium sativum*, alelopatía, malas hierbas, bioherbicidas, agricultura sostenible

1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola mundial enfrenta constantes desafios relacionados ao manejo de plantas daninhas, consideradas um dos principais fatores responsáveis pela redução da produtividade das culturas agrícolas. Essas espécies competem diretamente por água, luz, nutrientes e espaço, comprometendo o desenvolvimento fisiológico das plantas cultivadas e ocasionando prejuízos econômicos significativos aos sistemas produtivos (Pitelli, 1987; Oerke, 2006). Na cultura do alho (*Allium sativum* L.), essa problemática torna-se ainda mais relevante devido ao crescimento inicial lento da cultura, à reduzida capacidade de cobertura do solo e ao sistema radicular superficial, fatores que favorecem a interferência de espécies infestantes durante os estádios iniciais de desenvolvimento (Qasem, 2005; Ronchi *et al.*, 2010).

O controle químico por meio de herbicidas sintéticos é amplamente utilizado no manejo de plantas daninhas devido à sua elevada eficiência operacional. Entretanto, o uso contínuo e inadequado desses produtos tem provocado impactos ambientais significativos, como contaminação do solo e dos recursos hídricos, redução da biodiversidade e seleção de biótipos resistentes aos princípios ativos utilizados (Heap, 2024; Chauhan, 2020). Além disso, a crescente preocupação com sustentabilidade ambiental e segurança alimentar tem impulsionado a busca por alternativas menos agressivas ao ambiente e mais compatíveis com sistemas agrícolas sustentáveis.

Nesse contexto, a alelopatia destaca-se como uma importante estratégia biológica no manejo alternativo de plantas daninhas. Esse fenômeno refere-se à capacidade de determinadas espécies

vegetais produzirem e liberarem compostos químicos capazes de interferir positiva ou negativamente no desenvolvimento de outros organismos vegetais (Farooq *et al.*, 2020). Entre as espécies de interesse alelopático, *Allium sativum* tem despertado crescente interesse científico devido à presença de metabólitos secundários bioativos, especialmente compostos organossulfurados, fenólicos e flavonoides, que apresentam potencial para interferir na germinação, crescimento radicular e desenvolvimento fisiológico de espécies infestantes (Shang *et al.*, 2019; El-Saadony *et al.*, 2024).

Os compostos bioativos presentes no alho, como alicina, dialil dissulfeto e dialil trissulfeto, apresentam elevada atividade biológica e podem atuar diretamente em processos fisiológicos essenciais das plantas, incluindo atividade enzimática, permeabilidade de membranas celulares, metabolismo respiratório e equilíbrio oxidativo (Borlinghaus *et al.*, 2014; Khalid *et al.*, 2023). Dessa forma, extratos vegetais, resíduos orgânicos e formulações bioativas à base de alho vêm sendo investigados como alternativas promissoras para o manejo sustentável de plantas daninhas, especialmente em sistemas agroecológicos e agricultura orgânica.

A realização desta pesquisa justifica-se pela necessidade de ampliar o conhecimento científico sobre o potencial alelopático de *Allium sativum* e suas aplicações no manejo sustentável de plantas daninhas. Embora diversos estudos abordem os efeitos bioativos do alho, ainda existem lacunas relacionadas à padronização metodológica dos experimentos, à seletividade dos compostos alelopáticos e à validação prática desses efeitos em condições de campo. Assim, a presente revisão bibliográfica contribui teoricamente ao reunir, sistematizar e discutir os principais mecanismos fisiológicos e bioquímicos associados à atividade alelopática do alho, proporcionando maior compreensão acerca dos compostos bioativos envolvidos e de seus efeitos sobre espécies infestantes.

Além das contribuições teóricas, o estudo apresenta relevância prática ao evidenciar o potencial de utilização de bioinsumos vegetais derivados de *Allium sativum* como alternativas sustentáveis aos herbicidas sintéticos convencionais. Os resultados discutidos podem subsidiar futuras pesquisas experimentais, contribuir para programas de manejo integrado de plantas daninhas e auxiliar produtores rurais na adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, economicamente acessíveis e ambientalmente seguras. Dessa maneira, o estudo reforça a importância da utilização de compostos naturais no desenvolvimento de estratégias de manejo agrícola alinhadas aos princípios da sustentabilidade e da conservação ambiental.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar, por meio de revisão bibliográfica, o potencial alelopático de *Allium sativum* no manejo de plantas daninhas, enfatizando

seus compostos bioativos, mecanismos de ação fisiológica e aplicações no contexto da agricultura sustentável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E BIOQUÍMICAS DE *ALLIUM SATIVUM*

O alho (*Allium sativum* L.) é uma espécie herbácea monocotiledônea pertencente à família Amaryllidaceae, subfamília Allioideae, sendo amplamente cultivado em diferentes regiões do mundo devido à sua importância alimentar, medicinal e farmacológica (shang *et al.*, 2019). Botanicamente, a planta apresenta caule subterrâneo modificado em bulbo, composto por diversos bulbilhos envolvidos por túnicas protetoras. As folhas são alongadas, estreitas e de coloração verde-clara, enquanto o sistema radicular é fasciculado e superficial (el-saadony *et al.*, 2024). A cultura apresenta elevada adaptação a regiões de clima ameno, sendo amplamente utilizada tanto na culinária quanto na medicina tradicional em razão de suas propriedades bioativas (el-saadony *et al.*, 2024). Além disso, o alho destaca-se pela presença de metabólitos secundários, principalmente compostos organossulfurados, responsáveis por diversas atividades biológicas, incluindo ações antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias (subroto *et al.*, 2021; szychowski *et al.*, 2018).

A composição bioquímica de *Allium sativum* caracteriza-se pela elevada concentração de compostos organossulfurados, considerados os principais responsáveis pelas propriedades terapêuticas da espécie. Entre esses compostos destacam-se a aliina, a alicina, os tiosulfinais e os sulfetos de dialila, além de flavonoides, saponinas, terpenos e compostos fenólicos (shang *et al.*, 2019; subroto *et al.*, 2021). Os compostos sulfurados encontram-se armazenados em compartimentos celulares do bulbo e são liberados após danos mecânicos aos tecidos vegetais, como corte ou esmagamento. Essa reação bioquímica ocorre pela ação da enzima alinase sobre a aliina, formando a alicina, substância responsável pelo odor característico do alho e por grande parte de suas atividades biológicas e farmacológicas (borlinghaus *et al.*, 2014). A composição química do alho pode variar em função de fatores genéticos, ambientais, condições de cultivo e armazenamento pós-colheita (el-saadony *et al.*, 2024).

A alicina (diallyl thiosulfinate) é considerada o principal composto bioativo do alho, sendo formada imediatamente após a ruptura dos tecidos vegetais pela conversão enzimática da aliina mediada pela alinase. Esse composto apresenta elevada instabilidade química, sofrendo rápida degradação e originando outros compostos sulfurados secundários, como ajoeno, dialil dissulfeto e dialil trissulfeto (borlinghaus *et al.*, 2014). Diversos estudos demonstram que a alicina possui importantes propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias e cardioprotetoras, atuando no combate a bactérias, fungos e espécies reativas de oxigênio (shang *et al.*, 2019; el-

saadony *et al.*, 2024). Além disso, pesquisas apontam que a alicina exerce ação protetora contra processos oxidativos celulares e pode contribuir para a prevenção de doenças cardiovasculares e metabólicas (petrova *et al.*, 2021). Sua atividade biológica está associada principalmente à elevada reatividade com grupos sulfidríla presentes em proteínas celulares e enzimas microbianas, interferindo em processos metabólicos essenciais dos microrganismos (borlinghaus *et al.*, 2014).

Outro grupo de compostos de grande relevância em *Allium sativum* corresponde aos compostos fenólicos, substâncias amplamente reconhecidas pelo elevado potencial antioxidante. Entre os principais compostos fenólicos presentes no alho destacam-se flavonoides, ácidos fenólicos e flavonoides, como a quercetina (shang *et al.*, 2019). Esses metabólitos desempenham importante função na neutralização de espécies reativas de oxigênio, reduzindo danos oxidativos em nível celular e contribuindo para a proteção contra processos inflamatórios e degenerativos (subroto *et al.*, 2021). Estudos demonstram que o alho *in natura* apresenta elevada concentração de compostos fenólicos totais, diretamente relacionada à capacidade antioxidante da espécie (szychowski *et al.*, 2018). Além disso, fatores como processamento térmico, armazenamento e industrialização podem alterar significativamente os teores fenólicos presentes nos bulbos de alho (lu *et al.*, 2024). A presença desses compostos contribui não apenas para as propriedades funcionais e terapêuticas do alho, mas também para sua estabilidade bioquímica e potencial conservante natural.

Os compostos bioativos presentes em *Allium sativum* apresentam atuação sinérgica, potencializando as propriedades farmacológicas e funcionais da espécie. Compostos sulfurados e fenólicos atuam conjuntamente na modulação de processos oxidativos, inflamatórios e microbiológicos, justificando o amplo interesse científico no uso do alho como alimento funcional e matéria-prima fitoterápica (Shang *et al.*, 2019; El-Saadony *et al.*, 2024). Pesquisas recentes reforçam que os efeitos biológicos do alho estão diretamente relacionados à diversidade e à concentração de seus metabólitos secundários, os quais variam conforme cultivar, condições edafoclimáticas e métodos de processamento utilizados (Szychowski *et al.*, 2018; Lu *et al.*, 2024). Dessa forma, o conhecimento das características botânicas e bioquímicas de *Allium sativum* torna-se fundamental para compreensão de seus efeitos terapêuticos e aplicações nas áreas agrícola, alimentícia e farmacêutica.

2.2 POTENCIAL ALELOPÁTICO DE *ALLIUM SATIVUM*

O potencial alelopático de *Allium sativum* L. tem despertado crescente interesse científico devido à capacidade da espécie em produzir metabólitos secundários biologicamente ativos capazes de interferir no desenvolvimento de outros organismos vegetais. A alelopatia corresponde à liberação de substâncias químicas no ambiente com potencial de alterar processos fisiológicos e

bioquímicos de espécies vizinhas, influenciando principalmente a germinação e o crescimento vegetal (Farooq *et al.*, 2020). Em espécies do gênero *Allium*, essa atividade está relacionada principalmente à presença de compostos organossulfurados, fenólicos e derivados sulfurados voláteis, considerados responsáveis pela elevada atividade biológica observada em diferentes sistemas agrícolas (El-Saadony *et al.*, 2024).

Diversos estudos demonstram que extratos obtidos de bulbos e resíduos vegetais de alho apresentam efeitos inibitórios sobre a germinação de sementes de espécies infestantes e cultivadas. Os compostos aleloquímicos presentes no alho podem interferir na permeabilidade das membranas celulares, na atividade enzimática e no metabolismo respiratório das sementes durante o processo germinativo (Chon *et al.*, 2022). Além disso, pesquisas recentes indicam que a presença de compostos sulfurados derivados da alicina reduz significativamente a porcentagem de germinação e o vigor inicial de plântulas submetidas à exposição dos extratos de *Allium sativum* (Nawaz *et al.*, 2021).

O crescimento radicular constitui um dos principais parâmetros utilizados na avaliação da atividade alelopática, devido à elevada sensibilidade das raízes aos compostos liberados no ambiente. Estudos relatam que extratos aquosos de alho promovem redução do alongamento radicular, alterações no metabolismo oxidativo e desorganização celular em tecidos meristemáticos das raízes (Bogatek; Gniazdowska, 2007). Compostos sulfurados presentes em *Allium sativum* também podem interferir diretamente na divisão celular e na absorção de nutrientes, comprometendo o crescimento fisiológico inicial das plantas expostas aos aleloquímicos (Khalid *et al.*, 2023). Resultados semelhantes foram observados por Antoniassi *et al.* (2021), que verificaram influência de extratos vegetais sobre o desenvolvimento radicular de espécies do gênero *Allium*, evidenciando alterações no enraizamento e crescimento inicial das plântulas.

Além dos efeitos sobre a germinação e o crescimento radicular, o alho também influencia o desenvolvimento inicial das plântulas. Pesquisas recentes demonstram que os compostos bioativos presentes em *Allium sativum* podem reduzir o comprimento da parte aérea, a produção de biomassa e o vigor inicial das plantas, afetando processos fisiológicos associados à fotossíntese e ao balanço oxidativo celular (Shang *et al.*, 2019). Esses efeitos estão relacionados principalmente à ação sinérgica entre compostos fenólicos e organossulfurados, capazes de induzir alterações metabólicas e bioquímicas em espécies sensíveis (Subroto *et al.*, 2021).

Em razão dessas propriedades, *Allium sativum* apresenta elevado potencial para aplicações agrícolas sustentáveis, especialmente no manejo alternativo de plantas daninhas e fitopatógenos. Compostos alelopáticos derivados do alho vêm sendo estudados como alternativas naturais aos herbicidas sintéticos, visando reduzir impactos ambientais e minimizar a seleção de biótipos

resistentes em sistemas agrícolas (Dayan *et al.*, 2009). Além disso, resíduos vegetais, extratos aquosos e formulações bioativas à base de alho podem ser utilizados em programas de manejo integrado e agricultura sustentável, contribuindo para maior equilíbrio ecológico e redução da dependência de produtos químicos convencionais (Chauhan, 2020).

2.3 PLANTAS DANINHAS E IMPACTOS NA AGRICULTURA

As plantas daninhas constituem um dos principais fatores limitantes da produtividade agrícola, devido à elevada capacidade competitiva dessas espécies em relação às culturas comerciais. A interferência ocorre principalmente pela disputa por recursos essenciais ao desenvolvimento vegetal, como água, luz, nutrientes e espaço, comprometendo o crescimento e o rendimento das culturas agrícolas (pitelli, 1987; brighenti; oliveira, 2011). Além disso, muitas espécies infestantes apresentam alta capacidade de adaptação, rápida disseminação e elevado potencial reprodutivo, favorecendo sua permanência nos sistemas produtivos. Em escala mundial, estima-se que as perdas causadas por plantas daninhas possam ultrapassar 30% da produtividade agrícola quando não há manejo eficiente dessas espécies (oerke, 2006; jabran *et al.*, 2015). A elevada interferência dessas plantas também está associada ao aumento dos custos de produção, à dificuldade de colheita e à redução da qualidade dos produtos agrícolas (embrapa, 2023; chauhan, 2020).

Na cultura do alho (*Allium sativum* L.), a competição com plantas daninhas assume importância ainda maior devido às características morfológicas e fisiológicas da cultura. O alho apresenta crescimento inicial lento, reduzida capacidade de cobertura do solo e sistema radicular superficial, fatores que favorecem o estabelecimento e desenvolvimento de espécies infestantes nos estádios iniciais da cultura (Qasem, 1996; Pitelli, 1985; Lucini *et al.*, 2020). Espécies do gênero *Allium* são altamente sensíveis à interferência de plantas daninhas, principalmente durante os primeiros estádios de desenvolvimento, período considerado crítico para prevenção de perdas produtivas (Qasem, 1996; Pitelli, 1985; UC IPM, 2024). A convivência prolongada com plantas daninhas pode comprometer significativamente o crescimento vegetativo, o diâmetro dos bulbos e a produtividade final da cultura (Ronchi *et al.*, 2010; Antoniassi *et al.*, 2021). Além disso, a presença dessas espécies reduz a eficiência do aproveitamento de água, luz e nutrientes disponíveis no solo, afetando diretamente o desempenho agrônômico do alho (Oerke, 2006; Chauhan, 2020; Korres *et al.*, 2019).

Os impactos das plantas daninhas na cultura do alho não se restringem apenas à redução da produtividade, mas também comprometem a qualidade comercial dos bulbos produzidos. A competição interespecífica reduz o enchimento dos bulbos e favorece a produção de alho com menor

uniformidade, tamanho reduzido e menor valor comercial. Estudos demonstram que a interferência de plantas daninhas afeta diretamente os componentes de rendimento e a produtividade comercial do alho, principalmente durante os períodos críticos de convivência da cultura com as espécies infestantes (qasem, 1996; pitelli, 1985). Além disso, espécies daninhas dificultam práticas de manejo, como irrigação, adubação e colheita, aumentando os custos operacionais do sistema produtivo. Em áreas com elevada infestação, as perdas econômicas podem comprometer significativamente a viabilidade comercial da cultura. A manutenção da lavoura livre de plantas daninhas é considerada fundamental para obtenção de bulbos de melhor qualidade e maior produtividade (oerke, 2006; chauhan, 2020).

Outro fator relevante está relacionado ao uso intensivo de herbicidas para o controle de plantas daninhas na cultura do alho. Embora o controle químico seja amplamente empregado devido à praticidade e eficiência operacional, sua utilização contínua e inadequada favorece a seleção de espécies resistentes aos princípios ativos utilizados. Esse cenário representa um dos principais desafios da agricultura moderna, especialmente em culturas com limitada disponibilidade de herbicidas seletivos registrados, como o alho (heap, 2024). Herbicidas como oxyfluorfen, pendimethalin e oxadiazon apresentam potencial no controle de plantas daninhas na cultura do alho, porém sua utilização deve ocorrer de forma criteriosa, visando reduzir riscos de fitotoxicidade à cultura e seleção de biótipos resistentes (qasem, 2005; chauhan, 2020). Além disso, o uso excessivo de herbicidas pode ocasionar impactos ambientais relacionados à contaminação do solo e dos recursos hídricos, comprometendo a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (chauhan, 2020).

As plantas daninhas também exercem impactos indiretos sobre a cultura do alho ao atuarem como hospedeiras alternativas de pragas e patógenos. A presença dessas espécies favorece a sobrevivência e disseminação de organismos fitopatogênicos entre os ciclos produtivos, contribuindo para o aumento da incidência de doenças nas áreas agrícolas (scortichini *et al.*, 2022). Além disso, determinadas espécies infestantes alteram o microclima do ambiente de cultivo, aumentando a umidade relativa e favorecendo condições propícias ao desenvolvimento de doenças fúngicas em culturas hortícolas (scortichini *et al.*, 2022). Em cultivos de alho e cebola, a elevada infestação de plantas daninhas pode favorecer a manutenção de patógenos, dificultar o manejo fitossanitário e comprometer a produtividade das lavouras (uc ipm, 2024). Dessa forma, o controle eficiente das espécies infestantes constitui etapa fundamental para manutenção da qualidade fitossanitária da cultura do alho.

Diante desses impactos, o manejo integrado de plantas daninhas tem sido amplamente recomendado como estratégia sustentável para a cultura do alho. Essa abordagem consiste na integração de métodos culturais, físicos, mecânicos e químicos, visando reduzir a infestação de

espécies daninhas e minimizar os impactos ambientais decorrentes do uso excessivo de herbicidas (chauhan, 2020). Práticas como cobertura morta, rotação de culturas, utilização de plantas de cobertura e capinas em períodos críticos contribuem significativamente para o manejo eficiente das plantas infestantes (korres *et al.*, 2019). Além de reduzir perdas produtivas, o manejo integrado favorece maior sustentabilidade econômica e ambiental dos sistemas agrícolas, reduzindo a pressão de seleção de biótipos resistentes e promovendo maior equilíbrio ecológico no agroecossistema (norsworthy *et al.*, 2012; swanton *et al.*, 2020).

2.4 HERBICIDAS SINTÉTICOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Os herbicidas sintéticos são amplamente utilizados no controle de plantas daninhas devido à eficiência e rapidez de ação, sendo considerados ferramentas importantes para a manutenção da produtividade agrícola. Entretanto, o uso contínuo e inadequado desses produtos tem provocado diversos impactos ambientais e agrônômicos, especialmente relacionados à seleção de plantas daninhas resistentes, contaminação ambiental e desequilíbrios ecológicos (heap, 2024; chauhan, 2020). Na cultura do alho (*Allium sativum* L.), o manejo químico é frequentemente empregado devido à elevada sensibilidade da cultura à competição com plantas invasoras durante o desenvolvimento inicial, principalmente em sistemas de produção intensiva (lucini *et al.*, 2020).

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas representa um dos principais problemas associados ao uso repetitivo de moléculas químicas com o mesmo mecanismo de ação. Esse fenômeno ocorre quando indivíduos naturalmente tolerantes sobrevivem às aplicações e transmitem essa característica às gerações seguintes, tornando o controle progressivamente menos eficiente (heap, 2024). Segundo a International Herbicide-Resistant Weed Database, centenas de casos de resistência já foram registrados no mundo, afetando diferentes culturas agrícolas e aumentando os custos de produção (heap, 2024). Em sistemas de cultivo do alho, essa situação pode comprometer significativamente a produtividade, uma vez que a cultura apresenta crescimento inicial lento e baixa capacidade competitiva contra plantas daninhas (lucini *et al.*, 2020).

Além da resistência, a contaminação ambiental causada pelos herbicidas sintéticos constitui uma preocupação relevante para a agricultura sustentável. Após a aplicação, parte desses compostos pode atingir o solo, corpos d'água superficiais e águas subterrâneas por processos de lixiviação, escoamento superficial e deriva, afetando organismos não alvo e comprometendo a qualidade ambiental (duke; powles, 2008; chauhan, 2020). Alguns ingredientes ativos apresentam elevada persistência no ambiente, favorecendo a bioacumulação e aumentando os riscos toxicológicos para fauna, flora e seres humanos (duke; powles, 2008). Em regiões produtoras de alho, o uso intensivo

de herbicidas pode intensificar processos de degradação ambiental, especialmente em áreas de manejo convencional contínuo.

Os efeitos ambientais dos herbicidas também incluem alterações na microbiota do solo, redução da biodiversidade e desequilíbrios ecológicos nos agroecossistemas. Estudos indicam que determinados herbicidas podem interferir na atividade microbiana e nos ciclos biogeoquímicos do solo, afetando processos importantes para a fertilidade e sustentabilidade agrícola (duke; powles, 2008). Além disso, resíduos químicos podem atingir organismos aquáticos e polinizadores, provocando efeitos indiretos sobre a dinâmica ecológica local (chauhan, 2020). Na cultura do alho, esses impactos reforçam a necessidade de adoção de estratégias integradas de manejo de plantas daninhas, incluindo práticas culturais, cobertura do solo e uso de bioinsumos vegetais como alternativas sustentáveis ao controle exclusivamente químico (lucini *et al.*, 2020).

2.5 ALELOPATIA NO MANEJO SUSTENTÁVEL

A alelopatia pode ser definida como a interferência positiva ou negativa de uma planta sobre outra por meio da liberação de compostos químicos no ambiente, chamados aleloquímicos; essa liberação pode ocorrer por exsudação radicular, lixiviação, volatilização ou decomposição de resíduos vegetais (moura *et al.*, 2013; khamare *et al.*, 2022). No manejo sustentável, esse fenômeno é importante porque pode reduzir a dependência de herbicidas sintéticos, sendo aplicado por rotação de culturas, consórcios, cobertura morta e uso de extratos vegetais (scavo *et al.*, 2021; khamare *et al.*, 2022).

Os mecanismos alelopáticos envolvem alterações na germinação, no crescimento radicular, na divisão celular, na fotossíntese, na respiração, na absorção de nutrientes, na síntese de proteínas e na atividade enzimática das plantas sensíveis (pires; oliveira, 2011). Em geral, as raízes são bastante afetadas porque entram em contato direto com os compostos liberados no solo; por isso, estudos de alelopatia frequentemente avaliam germinação, comprimento de raiz e desenvolvimento inicial das plântulas (pires; oliveira, 2011; moura *et al.*, 2013).

Os aleloquímicos são metabólitos secundários, como compostos fenólicos, terpenos, flavonoides, alcaloides e ácidos orgânicos, capazes de atuar como inibidores ou estimuladores do crescimento vegetal, dependendo da espécie, concentração e forma de aplicação (ain *et al.*, 2023; motmainna *et al.*, 2021). No caso do alho (*Allium sativum* L.), há interesse no uso de extratos aquosos e compostos sulfurados como alternativas naturais no manejo de plantas daninhas, pois espécies do gênero *Allium* podem contribuir com substâncias bioativas capazes de interferir no desenvolvimento de plantas competidoras (iqbal; cheema, 2011; scavo *et al.*, 2021).

Na cultura do alho, a alelopatia pode ser compreendida como uma estratégia complementar dentro do manejo sustentável, especialmente associada à cobertura do solo, rotação de culturas e uso criterioso de extratos vegetais. Estudos indicam que extratos de dentes de alho podem apresentar efeito inibitório sobre plantas daninhas, como a tiririca-roxa, enquanto concentrações menores podem favorecer algumas culturas, mostrando que a resposta depende da dose e da espécie-alvo (el-rokiek *et al.*, 2018). Porém, resultados com óleo essencial de alho mostraram baixa ou ausência de efeito alelopático em algumas condições experimentais, reforçando a necessidade de estudos específicos para dose, forma de aplicação e seletividade na cultura do alho (moura *et al.*, 2013).

2.6 BIOINSUMOS VEGETAIS NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Os bioinsumos vegetais correspondem a produtos obtidos de plantas ou de seus metabólitos, utilizados na agricultura com o objetivo de promover o manejo sustentável de pragas, doenças e plantas daninhas. Entre esses produtos destacam-se os extratos vegetais, óleos essenciais e compostos alelopáticos, que apresentam potencial para reduzir a dependência de herbicidas sintéticos e minimizar impactos ambientais (scavo; mauromicale, 2021; khamare *et al.*, 2022). O uso desses insumos está associado aos princípios da agricultura sustentável, principalmente por favorecer sistemas produtivos menos dependentes de compostos químicos sintéticos e mais equilibrados ambientalmente.

Os extratos vegetais têm sido amplamente estudados devido à presença de substâncias bioativas capazes de interferir na germinação e no desenvolvimento inicial de plantas invasoras. Compostos fenólicos, flavonoides, terpenos e compostos sulfurados podem atuar diretamente na divisão celular, na atividade enzimática e no crescimento radicular das plantas daninhas (pires; oliveira, 2011). Pesquisas demonstram que extratos aquosos apresentam potencial alelopático significativo e podem ser utilizados como alternativa no manejo agroecológico, reduzindo a pressão de infestação em diferentes sistemas agrícolas (souza *et al.*, 2018; scavo; mauromicale, 2021).

Os bioherbicidas são produtos formulados a partir de organismos vivos ou substâncias naturais capazes de controlar plantas daninhas de maneira menos agressiva ao ambiente. Esses produtos podem atuar por contato ou inibição fisiológica, comprometendo a germinação e o crescimento das espécies invasoras. A utilização de compostos naturais com atividade alelopática vem sendo considerada uma estratégia promissora para programas de manejo integrado de plantas daninhas, especialmente em sistemas orgânicos e sustentáveis (khamare *et al.*, 2022). Além disso, a adoção de bioherbicidas pode contribuir para diminuir problemas relacionados à resistência de plantas daninhas aos herbicidas convencionais.

Na cultura do alho (*Allium sativum* L.), os bioinsumos vegetais apresentam importância crescente devido à presença de compostos sulfurados biologicamente ativos, como a alicina, capazes de exercer ação alelopática sobre espécies competidoras. Estudos indicam que extratos de alho podem reduzir a germinação e o crescimento inicial de determinadas plantas daninhas, demonstrando potencial para utilização como ferramenta complementar no manejo sustentável (el-rokiek *et al.*, 2018). Além disso, produtos preparados à base de alho vêm sendo empregados em sistemas agroecológicos devido à sua ação bioativa e à facilidade de obtenção pelos agricultores familiares, fortalecendo práticas de baixo impacto ambiental (scavo; mauromicale, 2021).

Dentro da agricultura sustentável, o uso de bioinsumos vegetais na cultura do alho pode favorecer a conservação do solo, a redução da contaminação ambiental e a diversificação das estratégias de manejo agrícola. O emprego de extratos vegetais e compostos alelopáticos integra práticas sustentáveis que buscam reduzir o uso excessivo de agroquímicos e estimular o equilíbrio ecológico nos agroecossistemas (scavo; mauromicale, 2021; khamare *et al.*, 2022). Dessa forma, os bioinsumos vegetais representam alternativas viáveis para o manejo integrado de plantas daninhas, contribuindo para sistemas produtivos mais sustentáveis e economicamente acessíveis.

3 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, desenvolvida com a finalidade de reunir, analisar e discutir informações científicas relacionadas ao potencial alelopático de *Allium sativum* no manejo de plantas daninhas. A pesquisa bibliográfica consiste em um método de investigação fundamentado na análise de produções científicas já publicadas, permitindo a sistematização do conhecimento existente acerca da temática estudada. A abordagem qualitativa foi adotada por possibilitar interpretação crítica dos resultados descritos na literatura, considerando aspectos fisiológicos, bioquímicos e agrônômicos associados à atividade alelopática do alho.

Para a realização da pesquisa, foram utilizadas bases de dados científicas nacionais e internacionais de ampla relevância acadêmica, visando garantir maior abrangência e confiabilidade das informações coletadas. As buscas foram realizadas nas plataformas SciELO, Google Scholar, ScienceDirect, Portal de Periódicos CAPES e Web of Science, devido à elevada disponibilidade de artigos científicos, dissertações, teses e livros relacionados às áreas de alelopatia, fisiologia vegetal, bioinsumos agrícolas e manejo sustentável de plantas daninhas.

A seleção dos estudos ocorreu a partir de critérios previamente estabelecidos. Foram incluídos artigos científicos, dissertações, teses, livros e capítulos de livros que apresentavam relação direta com o potencial alelopático de *Allium sativum* e sua aplicação no controle de plantas

daninhas. Também foram considerados estudos publicados nos idiomas português, inglês e espanhol, priorizando trabalhos publicados entre os anos de 2005 e 2024. Entretanto, publicações clássicas anteriores a esse período foram incluídas quando consideradas relevantes para fundamentação teórica do estudo. Foram excluídos trabalhos sem respaldo científico reconhecido, publicações duplicadas e estudos que não abordavam diretamente os mecanismos alelopáticos ou aplicações agrícolas do alho.

As buscas bibliográficas foram realizadas utilizando descritores e palavras-chave em português e inglês, combinadas por meio de operadores booleanos. Entre os principais termos utilizados destacam-se: “*Allium sativum*”, “*allelopathy*”, “*bioherbicide*”, “*weed management*”, “alelopatia”, “plantas daninhas”, “bioinsumos vegetais” e “manejo sustentável”. A utilização desses descritores possibilitou identificar estudos relacionados aos compostos bioativos presentes no alho, seus efeitos fisiológicos sobre espécies infestantes e seu potencial de aplicação em sistemas agrícolas sustentáveis.

Após a seleção das publicações, os dados foram analisados de forma qualitativa por meio de leitura exploratória, seletiva e interpretativa dos materiais obtidos. As informações foram organizadas de maneira temática, considerando os principais assuntos abordados na literatura, como características bioquímicas de *Allium sativum*, mecanismos de ação alelopática, efeitos sobre germinação e crescimento vegetal, impactos das plantas daninhas na agricultura e utilização de bioinsumos vegetais no manejo sustentável. Posteriormente, realizou-se análise comparativa entre os resultados apresentados pelos diferentes autores, buscando identificar convergências, divergências e lacunas científicas relacionadas ao uso de *Allium sativum* como alternativa sustentável no manejo de plantas daninhas. Dessa forma, a metodologia adotada permitiu reunir evidências científicas relevantes e contribuir para melhor compreensão do potencial alelopático do alho no contexto agrícola.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos estudos revisados demonstra que *Allium sativum* apresenta elevado potencial alelopático devido à presença de metabólitos secundários biologicamente ativos, especialmente alicina, compostos organossulfurados e flavonoides. Esses compostos atuam diretamente em processos fisiológicos essenciais das plantas, como respiração celular, atividade enzimática, permeabilidade de membranas e equilíbrio oxidativo, promovendo efeitos inibitórios sobre espécies infestantes (Shang *et al.*, 2019; Subroto *et al.*, 2021). Os resultados indicam que a alicina constitui o principal composto bioativo do alho, apresentando elevada reatividade química e forte capacidade

de interferência metabólica nas plantas expostas, principalmente durante os estádios iniciais de desenvolvimento (Borlinghaus *et al.*, 2014; Petrova *et al.*, 2021).

Os estudos analisados também evidenciam que os compostos sulfurados secundários, como dialil dissulfeto, dialil trissulfeto e ajoeno, apresentam importante participação na atividade alelopática do alho. Esses metabólitos atuam na divisão celular, na absorção de nutrientes e na integridade das membranas celulares, comprometendo diretamente o crescimento fisiológico das plantas sensíveis (El-Saadony *et al.*, 2024; Khalid *et al.*, 2023). Além disso, os flavonoides e compostos fenólicos presentes em *Allium sativum* exercem ação antioxidante e potencializam os efeitos dos compostos sulfurados, indicando atuação sinérgica entre os diferentes metabólitos bioativos presentes na espécie (Szychowski *et al.*, 2018; Subroto *et al.*, 2021).

Em relação aos efeitos fisiológicos observados, os resultados da literatura demonstram que os extratos de alho promovem redução significativa da germinação de sementes de plantas daninhas. Essa inibição germinativa está associada principalmente à interferência dos aleloquímicos no metabolismo respiratório e na atividade enzimática das sementes durante o processo germinativo (Nawaz *et al.*, 2021; Chon *et al.*, 2022). Os trabalhos revisados mostram ainda que a intensidade desses efeitos depende da concentração dos extratos, do tempo de exposição e da espécie vegetal avaliada, indicando que a resposta alelopática apresenta comportamento variável entre diferentes condições experimentais.

O crescimento radicular foi apontado como um dos parâmetros mais sensíveis aos compostos alelopáticos de *Allium sativum*. Os estudos demonstraram redução do alongamento das raízes, alterações morfológicas e desorganização celular em tecidos meristemáticos submetidos à exposição dos extratos vegetais (Bogatek; Gniazdowska, 2007). Além disso, os compostos sulfurados presentes no alho interferem na absorção de nutrientes e na divisão celular, comprometendo diretamente o desenvolvimento inicial das plantas infestantes (Khalid *et al.*, 2023). Esses resultados reforçam que os efeitos alelopáticos do alho não se restringem apenas à germinação, mas afetam múltiplos processos fisiológicos das espécies sensíveis.

Os trabalhos revisados indicam ainda que os extratos aquosos de alho representam os bioinsumos mais estudados para manejo sustentável de plantas daninhas. A utilização desses extratos apresenta vantagens relacionadas ao baixo custo, facilidade de preparo e menor impacto ambiental quando comparada ao uso de herbicidas sintéticos convencionais (El-Rokiek *et al.*, 2018; Scavo; Mauromicale, 2021). Os extratos etanólicos também demonstraram potencial bioativo relevante, principalmente devido à maior concentração de compostos fenólicos e sulfurados obtida durante a extração com solventes orgânicos (Subroto *et al.*, 2021). Além disso, resíduos vegetais provenientes de folhas, cascas e bulbos de alho apresentaram capacidade de liberação gradual de

compostos alelopáticos durante a decomposição, contribuindo simultaneamente para cobertura do solo e incremento da matéria orgânica em sistemas agrícolas sustentáveis (Farooq *et al.*, 2020). Os dados sintetizados na Tabela 1 demonstram que compostos organossulfurados e extratos de alho possuem potencial aplicação como bioherbicidas naturais.

Tabela 1 – Potencial alelopático de *Allium sativum* no manejo de plantas daninhas

Compostos/Extratos avaliados	Principais efeitos observados	Potencial de aplicação agrícola	Autores
Alicina	Interferência na atividade enzimática, metabolismo celular, crescimento vegetal e estresse oxidativo	Uso como bioherbicida natural e controle alternativo de plantas infestantes	Borlinghaus <i>et al.</i> (2014); Petrova <i>et al.</i> (2021)
Compostos organossulfurados	Alteração da permeabilidade celular, divisão celular e crescimento radicular	Potencial aplicação como bioherbicidas naturais	El-Saadony <i>et al.</i> (2024); Khalid <i>et al.</i> (2023)
Flavonoides e compostos fenólicos	Ação antioxidante e atividade bioativa associada aos compostos sulfurados	Formulação de bioinsumos vegetais	Szychowski <i>et al.</i> (2018); Subroto <i>et al.</i> (2021)
Extratos aquosos de alho	Redução da germinação e do desenvolvimento inicial de espécies infestantes	Aplicação em sistemas agroecológicos e agricultura sustentável	Nawaz <i>et al.</i> (2021); Chon <i>et al.</i> (2022); El-Rokiek <i>et al.</i> (2018)
Extratos de alho	Redução do vigor das plântulas e atividade bioativa sobre espécies sensíveis	Alternativa sustentável aos herbicidas sintéticos	Subroto <i>et al.</i> (2021)
Resíduos vegetais de alho	Liberação gradual de compostos alelopáticos e cobertura do solo	Manejo agroecológico e conservação da umidade do solo	Farooq <i>et al.</i> (2020)
Bioinsumos vegetais à base de alho	Redução da dependência de herbicidas e menor impacto ambiental	Agricultura sustentável e manejo integrado	Scavo; Mauromicale (2021); Khamare <i>et al.</i> (2022); Chauhan (2020); Embrapa (2020)

Fonte: Autor (2026).

Os resultados analisados reforçam ainda o potencial de utilização de *Allium sativum* em sistemas agroecológicos e agricultura orgânica. O uso de extratos vegetais e resíduos de alho pode contribuir para redução parcial da dependência de herbicidas sintéticos, diminuindo problemas relacionados à resistência de plantas daninhas, contaminação ambiental e impactos sobre

organismos não alvo (Khamare *et al.*, 2022; Chauhan, 2020). Além disso, práticas baseadas em bioinsumos vegetais favorecem a conservação do solo, a manutenção da biodiversidade e o equilíbrio ecológico dos agroecossistemas, estando diretamente associadas aos princípios da agricultura sustentável (Embrapa, 2020; Scavo; Mauromicale, 2021).

Apesar dos resultados promissores observados na literatura, os estudos demonstram limitações importantes relacionadas à variabilidade metodológica dos experimentos. Diferenças entre cultivares, métodos de extração, concentrações utilizadas, tempo de exposição e espécies avaliadas influenciam significativamente os resultados obtidos (El-Saadony *et al.*, 2024). Os autores destacam ainda que concentrações elevadas dos extratos promovem forte inibição germinativa, enquanto concentrações menores podem apresentar efeitos reduzidos ou até estímulo fisiológico em determinadas espécies vegetais (El-Rokiek *et al.*, 2018). Dessa forma, a ausência de padronização experimental dificulta a comparação entre estudos e limita a consolidação de protocolos de utilização agrícola dos extratos de alho (Farooq *et al.*, 2020). Assim, os resultados da revisão indicam a necessidade de novas pesquisas voltadas à padronização metodológica e validação dos efeitos alelopáticos em condições de campo, visando ampliar a aplicabilidade prática de *Allium sativum* no manejo sustentável de plantas daninhas.

A literatura revisada também evidencia que os mecanismos de ação alelopática do alho estão diretamente relacionados à interferência em processos metabólicos fundamentais das plantas daninhas. Compostos bioativos presentes em *Allium sativum* podem alterar a atividade enzimática, comprometer a permeabilidade das membranas celulares, reduzir a absorção de nutrientes e induzir estresse oxidativo, resultando em prejuízos ao crescimento e ao estabelecimento das espécies infestantes (Petrova *et al.*, 2021; El-Saadony *et al.*, 2024). Além disso, a liberação gradual de compostos alelopáticos no solo durante a decomposição vegetal contribui para a supressão contínua das plantas daninhas em sistemas agrícolas sustentáveis (Farooq *et al.*, 2020).

5 CONCLUSÃO

A presente revisão bibliográfica permitiu evidenciar que *Allium sativum* apresenta elevado potencial alelopático, principalmente devido à presença de compostos bioativos organossulfurados, fenólicos e flavonoides, capazes de interferir diretamente em processos fisiológicos essenciais ao desenvolvimento de plantas daninhas. Compostos como alicina, dialil dissulfeto e dialil trissulfeto demonstraram atuação significativa sobre a germinação, crescimento radicular, divisão celular, metabolismo respiratório e equilíbrio oxidativo das espécies infestantes, reforçando a relevância biológica e agrônômica do alho no contexto do manejo sustentável.

Os estudos analisados demonstraram que extratos aquosos, resíduos vegetais e formulações bioativas à base de alho apresentam potencial promissor como alternativas naturais aos herbicidas sintéticos convencionais. Além de contribuírem para redução parcial da dependência química nos sistemas agrícolas, esses bioinsumos podem favorecer práticas mais sustentáveis, reduzindo impactos ambientais relacionados à contaminação do solo, da água e à seleção de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. Dessa forma, a utilização de compostos alelopáticos derivados de *Allium sativum* mostra-se compatível com os princípios da agricultura sustentável, do manejo integrado de plantas daninhas e dos sistemas agroecológicos.

A revisão também evidenciou que os efeitos alelopáticos do alho variam de acordo com fatores como concentração dos extratos, forma de aplicação, espécie vegetal avaliada, condições ambientais e métodos de extração utilizados. Essa variabilidade metodológica representa uma limitação importante observada nos estudos revisados, dificultando a padronização dos resultados e a consolidação de protocolos de utilização agrícola em larga escala. Além disso, alguns trabalhos demonstraram que concentrações reduzidas podem apresentar efeitos menos expressivos ou até estímulo fisiológico em determinadas espécies vegetais, reforçando a necessidade de estudos mais específicos sobre seletividade e segurança agrônômica.

Diante disso, conclui-se que *Allium sativum* possui relevante potencial como fonte de compostos alelopáticos aplicáveis ao manejo sustentável de plantas daninhas, especialmente em sistemas agrícolas que buscam reduzir a utilização intensiva de herbicidas sintéticos. Entretanto, ainda são necessárias novas pesquisas experimentais e validações em condições de campo que permitam padronizar métodos de aplicação, definir concentrações adequadas e ampliar a compreensão dos mecanismos fisiológicos envolvidos. Assim, o uso de bioinsumos derivados do alho poderá contribuir futuramente para o desenvolvimento de estratégias agrícolas mais eficientes, economicamente viáveis e ambientalmente seguras.

Como limitações da presente pesquisa, destaca-se a dependência exclusiva de dados secundários obtidos na literatura científica, bem como a heterogeneidade metodológica entre os estudos analisados, envolvendo diferenças de espécies avaliadas, métodos de extração, concentrações dos extratos e condições experimentais. Essas variações dificultam comparações diretas entre os resultados e limitam a generalização das conclusões para diferentes sistemas agrícolas e condições de campo.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos experimentais em condições controladas e em campo, visando avaliar a eficiência agrônômica dos compostos alelopáticos de *Allium sativum* sobre diferentes espécies de plantas daninhas. Sugere-se também investigar a seletividade dos extratos em culturas agrícolas, os efeitos sobre organismos não alvo, a persistência

dos compostos no solo e a viabilidade econômica da utilização de bioinsumos à base de alho em sistemas produtivos comerciais. Além disso, novas pesquisas relacionadas à formulação de bioherbicidas naturais e à padronização metodológica poderão ampliar a aplicabilidade prática dos compostos bioativos de *Allium sativum* no manejo sustentável de plantas daninhas.

REFERÊNCIAS

- AIN, Q. et al. Allelopathy: an alternative tool for sustainable agriculture. 2023.
- ANTONIASSI, T. V. et al. Avaliação do enraizamento de cebola (*Allium cepa*) sob influência de doses crescentes de extrato aquoso de tiririca (*Cyperus rotundus*). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 3685–3692, 2021.
- BOGATEK, R.; GNIAZDOWSKA, A. ROS and phytohormones in plant–plant allelopathic interaction. *Plant Signaling & Behavior*, Philadelphia, v. 2, n. 4, p. 317–318, 2007.
- BORLINGHAUS, J. et al. Allicin: chemistry and biological properties. *Molecules*, Basel, v. 19, n. 8, p. 12591–12618, 2014.
- BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. *Biologia de plantas daninhas*. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (org.). *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 1–36.
- CHAUHAN, B. S. Grand challenges in weed management. *Frontiers in Agronomy*, Lausanne, v. 1, p. 1–4, 2020.
- CHON, S. U. et al. Allelopathic potential and biological activity of plant-derived compounds in sustainable agriculture. *Agronomy*, Basel, v. 12, n. 5, p. 1184, 2022.
- DAYAN, F. E. et al. *Natural products in crop protection*. Bioorganic & Medicinal Chemistry, Oxford, v. 17, n. 12, p. 4022–4034, 2009.
- DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science*, Sussex, v. 64, n. 4, p. 319–325, 2008.
- EL-ROKIEK, K. G. et al. The allelopathic effects of *Allium sativum* cloves on sunflower and purple nutsedge. 2018.
- EL-SAADONY, M. T. et al. Garlic bioactive substances and their therapeutic potential. *Frontiers in Immunology*, Lausanne, v. 15, p. 1277074, 2024.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Controle de plantas daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia*. Brasília, DF: Embrapa, 2020.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Plantas daninhas*. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: Embrapa. Acesso em: 24 maio 2026.
- FAROOQ, M. et al. Allelopathy in sustainable agriculture. *Plants*, Basel, v. 9, n. 12, p. 1795, 2020.
- HEAP, I. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Corvallis, 2024. Disponível em: WeedScience. Acesso em: 24 maio 2026.
- IQBAL, J.; CHEEMA, Z. A. Allelopathic effects of crop water extracts on weed management. 2011.
- JABRAN, K. et al. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, Guildford, v. 72, p. 57–65, 2015.

KHALID, S. et al. Allelopathic effects of bioactive plant compounds on seed germination and root development. *Plants*, Basel, v. 12, n. 7, p. 1452, 2023.

KHAMARE, Y. et al. Allelopathy and its application as a weed management tool. 2022.

KORRES, N. E. et al. Cultivating sustainable weed management practices. *Weed Research*, Oxford, v. 59, n. 3, p. 166–185, 2019.

LU, X. et al. Effects of processing and storage on phenolic compounds and antioxidant activity in garlic. *Food Chemistry*, Amsterdam, v. 451, p. 138921, 2024.

LUCINI, M. A. et al. *Cultura do alho*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020.

MOTMAINNA, M. et al. Allelopathic potential of plant secondary metabolites in sustainable agriculture. 2021.

MOURA, G. S. et al. Potencial alelopático do óleo essencial de plantas medicinais sobre a germinação e desenvolvimento inicial de picão-preto e pimentão. 2013.

NAWAZ, A. et al. Allelopathic influence of garlic extracts on seed germination and seedling growth of selected plant species. *Sustainability*, Basel, v. 13, n. 9, p. 4872, 2021.

NORSWORTHY, J. K. et al. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science*, Lawrence, v. 60, n. sp1, p. 31–62, 2012.

OERKE, E. C. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 144, n. 1, p. 31–43, 2006.

PETROVA, A. et al. Garlic-derived compounds and cardiovascular protection. *Antioxidants*, Basel, v. 10, n. 11, p. 1765, 2021.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. *Alelopatia*. Brasília, DF: Embrapa, 2011.

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. IPEF, Piracicaba, n. 12, p. 1–24, 1987.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16–27, 1985.

QASEM, J. R. Critical period of weed competition in onion (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, Amã, v. 1, n. 1, p. 32–42, 2005.

RONCHI, C. P. et al. Manejo de plantas daninhas em hortaliças. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 28, n. esp., p. 843–852, 2010.

SCAVO, A.; MAUROMICALE, G. Crop allelopathy for sustainable weed management in agroecosystems. *Agronomy*, Basel, v. 11, 2021.

SCORTICHINI, M. et al. Sustainable management of diseases in horticulture. *Horticulturae*, Basel, v. 8, n. 6, p. 517, 2022.

SHANG, A. et al. Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*, Basel, v. 8, n. 7, p. 246, 2019.

SOUZA, J. R. P. et al. Efeito de extratos vegetais aquosos sobre a germinação de plantas daninhas. 2018.

SUBROTO, E. et al. Bioactive compounds in garlic (*Allium sativum* L.) as a source of antioxidants and its potential to improve the immune system: a review. *Food Research, Selangor*, v. 5, n. 1, p. 1–8, 2021.

SWANTON, C. J. et al. Integrated weed management: knowledge-based weed management systems. *Pest Management Science, Sussex*, v. 76, n. 7, p. 2457–2464, 2020.

SZYCHOWSKI, K. A. et al. Characterization of active compounds of different garlic cultivars. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, Olsztyn*, v. 68, n. 1, p. 73–81, 2018.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA INTEGRATED PEST MANAGEMENT PROGRAM (UC IPM). Integrated weed management for onion and garlic. California, 2024. Disponível em: UC IPM. Acesso em: 24 maio 2026.