

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA BACHARELADO

LEIDE ANA MIRANDA LIMA

**POTENCIAL FITOTÓXICO DE EXTRATOS DE *Cajanus cajan* (L.) Millsp., NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE *Lactuca sativa* L.**

SÃO LUÍS
2026

LEIDE ANA MIRANDA LIMA

**POTENCIAL FITOTÓXICO DE EXTRATOS DE *Cajanus cajan* (L.) Millsp., NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE *Lactuca sativa* L.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia Bacharelado do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Estadual do
Maranhão, como requisito para obtenção do título
de Engenheira Agrônoma.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Maria Rosangela
Malheiros Silva

SÃO LUÍS
2026

LEIDE ANA MIRANDA LIMA

**POTENCIAL FITOTÓXICO DE EXTRATOS DE *Cajanus cajan* (L.) Millsp., NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE *Lactuca sativa* L.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia Bacharelado do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Estadual do
Maranhão, como requisito para obtenção do
título de Engenheira Agrônoma.

Aprovado em: / / 2026

Banca examinadora

Prof.^a Dr.^a Maria Rosangela Malheiros Silva (Orientador)
Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal)
Universidade Estadual do Maranhão-UEMA

Prof.^a Dr.^a Maria José Pinheiro Corrêa
Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal)
Universidade Estadual do Maranhão-UEMA

Marianne Camile Rodrigues Peixoto
Engenheira Agrônoma - Universidade Estadual do
Maranhão-UEMA

Lima, Leide Ana Miranda.

Potencial fitotóxico de extratos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. na germinação e crescimento de *Lactuca sativa* L./ Leide Ana Miranda Lima. São Luís - MA, 2026.

34 p.

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica Bacharelado)
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, 2026.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Rosângela Malheiros Silva.

1. Alelopatia. 2. Interferência química. 3. Adubo verde. I. Título.

CDU:633.33-293.7

Elaborado por Luciana de Araújo - CRB 13/445

Com profundo respeito e gratidão, dedico este trabalho a pessoas que são pilares em minha vida. Ao meu amado pai, que sempre me incentivou com seu amor incondicional e me ensinou o valor da persistência e da dedicação. Seu apoio e exemplo foram essenciais para a conclusão desta jornada. Aos meus familiares, em especial aos meus irmãos, tios, primos e a todos que, de perto ou de longe, vibraram com minhas conquistas e estiveram ao meu lado nos momentos de desafio. O carinho e a força que recebi de vocês foram a minha principal motivação. Esta conquista é também de vocês.

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso é fruto de um longo percurso, e sou grata a todos que contribuíram para esta jornada.

Ao meu Pai: Meu eterno agradecimento pela inspiração, pelo apoio incondicional e pelos ensinamentos de vida que me trouxeram até aqui. Sua presença e crença em meu potencial foram fundamentais. Aos meus Familiares: Agradeço por toda a paciência, compreensão e incentivo. O amor e o suporte de vocês foram meu refúgio e minha força nos momentos mais exigentes.

À Professora Maria Rosangela Malheiros Silva: Expresso minha sincera gratidão por sua orientação exemplar, paciência, sabedoria e incentivo constante. Seus conhecimentos e sua dedicação foram cruciais para a concretização desta pesquisa e para o meu desenvolvimento acadêmico.

Aos Colegas e Amigos: Pela troca de experiências, pelo companheirismo e pelo apoio mútuo ao longo do curso.

“Disse-lhe Jesus: Eu sou a ressurreição a verdade e a vida; quem crê em mim, ainda que morra, viverá; e todo aquele que vive e crê em mim nunca morrerá” João 11:25-26

RESUMO

O feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) é amplamente utilizado como adubo verde e planta de cobertura, devido à sua capacidade de melhorias das condições físico-químicas do solo e supressão de plantas daninhas. Além disso, essa espécie pode liberar substâncias químicas no ambiente, conhecidas como aleloquímicos, que justifica a investigação de seu potencial fitotóxico. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o potencial fitotóxico dos extratos aquosos de feijão-guandu sobre a germinação e crescimento de *Lactuca sativa* L. (alface) visando contribuir para sistemas agrícolas mais equilibrados e resilientes. As sementes de alface foram utilizadas como bioindicador do potencial alelopático do feijão-guandu, em função de sua elevada sensibilidade. O experimento foi conduzido no Laboratório de Plantas Daninhas da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições e cinco tratamentos, as concentrações 0, 2,5%; 5,0%; 7,5%; e 10%. O tratamento 0% constou somente de água destilada, sendo a testemunha. O extrato aquoso foi preparado a partir de folhas secas do feijão-guandu, trituradas e maceradas em água destilada, sendo posteriormente diluído para obtenção das concentrações 2,5%; 5,0%; 7,5%; e 10%. Os bioensaios de germinação e crescimento foram realizados em placas de Petri sob condições controladas em BOD de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. As variáveis analisadas foram a porcentagem e índice de velocidade de germinação (PG e IVG), comprimento da raiz (CR) e da parte aérea (CPA), massa da raiz fresca (MRF), massa da parte aérea fresca (MPAF), massa da raiz seca (MRS) e massa da parte aérea seca (MPAS). A testemunha apresentou a maior porcentagem de germinação (100%) em relação aos demais tratamentos. A concentração de 2,5% do extrato reduziu a germinação em 83,75% e a partir da concentração de 5% não houve germinação. O IVG foi maior na testemunha, seguido pela concentração de 2,5% (1,23), enquanto nas concentrações a partir de 5% não ocorreu germinação. Para a CPA, e CR a testemunha apresentou os maiores valores (1,23) e (0,43), respectivamente, sendo essas variáveis inibidas pelas concentrações do extrato. A testemunha também apresentou os maiores valores de MPAF (1,02), MPAS (1,00), enquanto os demais tratamentos inibiram essas variáveis. Apenas a testemunha apresentou acúmulo de MRF (1,001g) e MRS (1,0006 g), enquanto as concentrações de 2,5% a 10% resultaram em 0,000 g. Conclui-se que os extratos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., apresentam elevado potencial fitotóxico para germinação e crescimento das plântulas de *Lactuca sativa* L., indicando seu potencial como alternativa no manejo de plantas daninhas, em consonância com os princípios da agroecologia.

Palavras-chave: alelopatia; interferência química; adubo verde.

ABSTRACT

Pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) is widely used as green manure and cover crop due to its ability to improve the physical and chemical conditions of the soil and suppress weeds. Furthermore, this species can release chemical substances into the environment, known as allelochemicals, which justifies the investigation of their phytotoxic potential. The objective of this research was to evaluate the phytotoxic potential of aqueous extracts of pigeon pea on the germination and growth of *Lactuca sativa* L. (lettuce), aiming to contribute to more balanced and resilient agricultural systems. Lettuce seeds were used as a bioindicator of the allelopathic potential of pigeon pea, due to their high sensitivity. The experiment was conducted in the Weed Science Laboratory of the State University of Maranhão (UEMA) in a completely randomized design (CRD) with four replications and five treatments, with concentrations of 0, 2.5%, 5.0%, 7.5%, and 10%. The 0% treatment consisted only of distilled water, which served as the control. The aqueous extract was prepared from dried pigeon pea leaves, crushed and macerated in distilled water, and subsequently diluted to obtain concentrations of 2.5%, 5.0%, 7.5%, and 10%. Germination and growth bioassays were performed in Petri dishes under controlled conditions in a 25°C BOD incubator and a 12-hour photoperiod. The variables analyzed were the percentage and speed index of germination (PG and IVG), root length (CR) and shoot length (CPA), fresh root mass (MRF), fresh shoot mass (MPAF), dry root mass (MRS), and dry shoot mass (MPAS). The control showed the highest percentage of germination (100%) compared to the other treatments. The 2.5% extract concentration reduced germination by 83.75%, and from the 5% concentration onwards, no germination occurred. The IVG was higher in the control, followed by the 2.5% concentration (1.23), while no germination occurred at concentrations of 5% or higher. For CPA and CR, the control showed the highest values (1.23) and (0.43), respectively, with these variables being inhibited by the extract concentrations. The control also showed the highest values for MPAF (1.02) and MPAS (1.00), while the other treatments inhibited these variables. Only the control showed an accumulation of MRF (1.001 g) and MRS (1.0006 g), while concentrations from 2.5% to 10% resulted in 0.000 g. It is concluded that extracts of *Cajanus cajan* (L.) Millsp. have a high phytotoxic potential for germination and seedling growth of *Lactuca sativa* L., indicating their potential as an alternative in weed management, in line with the principles of agroecology.

Keywords: allelopathy; chemical interference; green manure.

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Coleta do material vegetativo e pré-secagem.	23
Figura 2. Processo de secagem do material vegetativo.....	23
Figura 3. Trituração e pesagem do material vegetal.	24
Figura 4. Processo de filtração da solução aquosa.	24
Figura 5. Processo de evaporação da água destilada e obtenção do extrato de feijão-guandu.	25
Figura 6. Placas de petri em solução de hipoclorito e em câmara de fluxo laminar.	25
Figura 7. Extratos de feijão-guandu de 2,5%, 5%, 7,5%, 10% e aplicação de 3mL de cada extrato para cada tratamento.	26
Figura 8. Medindo o comprimento da raiz e pesando as massas frescas.	27
Figura 9. Processo de secagem de massa fresca acondicionada em estufa.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porcentagem de Germinação (%) em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.	29
Tabela 2. Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.	29
Tabela 3. Comprimento da Parte Aérea (cm) da alface em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.	30
Tabela 4. Comprimento da raiz (cm) da alface em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.	31
Tabela 5. Massa da parte aérea fresca (MPAF) e seca (MPAS) da alface em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.	32
Tabela 6. Massa da raiz fresca (MRF) e seca (MRS) da alface em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.	33

SIGLAS

CPA – Comprimento da parte aérea

CR – Comprimento de raiz

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

EROs – Espécies reativas de oxigênio

FBN – Fixação biológica de nitrogênio

IVG – Índice de Velocidade de Germinação

NEAPO – Núcleo de Estudos em Agroecologia e Produção Orgânica.

MPAF – Massa da parte aérea fresca

MPAS – Massa da parte aérea seca

MRF – Massa da raiz fresca

MRS – Massa da raiz seca

PG – Porcentagem de Germinação

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

UV – Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVO.....	16
2.1	Geral.....	16
2.2	Específicos.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Alelopatia	16
3.2	Potencial Alelopático da Adubação Verde.....	18
3.3	-Potencial Alelopático do Gênero <i>Cajanus</i>	20
3.4	Resposta do Bioindicador <i>Lactuca Sativa</i>	21
4	METODOLOGIA.....	22
4.1	Coleta e Identificação do Material Vegetal	23
4.2	Preparo dos extratos	23
4.3	Bioensaio de emergência.....	25
4.4	Bioensaio de crescimento	27
4.5	Delineamento experimental.....	28
4.6	Análise estatística	28
5	RESULTADO	28
6	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

A adubação verde destaca-se como uma prática sustentável essencial para a recuperação da saúde do solo, utilizando plantas específicas que, além de aportarem matéria orgânica e nitrogênio, exercem efeitos alelopáticos significativos sobre a comunidade de plantas daninhas. Segundo Silva *et al.*, (2022), o uso de coberturas vegetais como a aveia-preta (*Avena strigosa*) e o centeio (*Secale cereale*) demonstra uma redução drástica na infestação de invasoras devido à presença de ácidos fenólicos, o que minimiza a necessidade de intervenções químicas imediatas e preserva a biodiversidade microbiana do solo.

Os efeitos alelopáticos da adubação verde refere-se à liberação de compostos químicos secundários que podem inibir a germinação e o desenvolvimento de espécies competidoras, funcionando como um mecanismo natural de regulação do ecossistema agrícola. Espécies como a crotalária (*Crotalaria juncea*) e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) são exemplos práticos de como a biomassa produzida pode atuar no controle de plantas daninhas por meio do sombreamento e da alelopatia.

Oliveira e Santos (2023) relataram que a adoção dessas coberturas vegetais em sistemas de plantio direto não apenas otimiza a ciclagem de nutrientes, mas também reduz em até 60% a dependência de herbicidas sintéticos, consolidando-se como uma estratégia viável para a transição agroecológica em grandes e pequenas propriedades. Enquanto, Corbari (2020) define a transição agroecológica como um processo complexo de mudança das práticas sociais, produtivas e da base técnica, visando o resgate de processos sustentáveis.

A ocorrência de plantas daninhas em áreas de cultivo representa um dos maiores problemas ambientais da atualidade, pois exercem uma competição agressiva por recursos essenciais, como água, luz e nutrientes, o que compromete o crescimento e o desenvolvimento das culturas agrícolas. O manejo dessas populações tem sido realizado de forma desordenada por meio do uso repetitivo de herbicidas sintéticos, o que exerce uma elevada pressão de seleção e favorece o surgimento de biótipos resistentes. O manejo integrado, que combina conhecimentos sobre a biologia das espécies invasoras e o uso de métodos não químicos, é essencial para reduzir a pressão de seleção de plantas resistentes (Mendes; Silva, 2022).

Nesse contexto, as plantas alelopáticas surgem como uma alternativa natural promissora, pois produzem e liberam substâncias químicas que influenciam o crescimento de plantas vizinhas. Conforme destacado por Hasan *et al.*, (2021), os compostos alelopáticos agem como um interruptor de controle de qualidade biológica: ao serem absorvidos, sinalizam um estresse oxidativo massivo que força as células a interromperem a divisão radicular e a síntese de clorofila, desregulando hormônios e impedindo que as plantas invasoras concluam sua

germinação ou sustentem o crescimento. Benvindo (2024) reforça que as espécies invasoras representam uma grande ameaça à biodiversidade global por meio do deslocamento de espécies nativas e modificação do funcionamento dos ecossistemas.

A eficácia dessa interferência biológica é observada no potencial de espécies como a *Lantana camara* (Cambará), que demonstra capacidade significativa de inibir plantas daninhas no cultivo de trigo sem prejudicar a cultura principal (Anwar *et al.*, 2018). Outros exemplos incluem o extrato de *Parthenium hysterophorus* L., com efeito promissor contra o arroz daninho, e o extrato foliar de *Datura stramonium* L., que reduz o crescimento da parte aérea e radicular de diversas invasoras. Da mesma forma, a *Pinus densiflora* tem demonstrado capacidade de suprimir o desenvolvimento de espécies como *Lolium multiflorum* e *Digitaria sanguinalis* (Hijano *et al.*, 2021).

Entre as espécies com elevado potencial fitotóxico, destaca-se a leguminosa *Cajanus cajan* (L.) Millsp., conhecida como feijão-guandu, amplamente utilizada no Brasil como adubo verde e planta de cobertura. Além de sua relevância nutricional e capacidade de fixação biológica de nitrogênio, essa espécie apresenta compostos bioativos capazes de inibir o desenvolvimento de outras plantas, atuando como uma ferramenta complementar de manejo biológico.

Lima Filho *et al* (2023) descreve o guandu como o "zebu" das leguminosas devido à sua extrema rusticidade e capacidade de se manter verde o ano todo, desenvolvendo-se bem até em solos de reduzida fertilidade. Estudos indicam que extratos de guandu, especialmente em concentrações de 10%, podem retardar a velocidade de germinação e causar forte inibição inicial em espécies sensíveis como o picão-preto (*Bidens pilosa* L.). Para investigar tais efeitos em laboratório, o uso de bioindicadores como a alface (*Lactuca sativa* L.) é fundamental, dada a sua alta sensibilidade e capacidade de germinação, o que permite estimar de forma robusta o potencial inibitório dos extratos vegetais (Silva, 2017).

A pesquisa sobre a liberação de fitometabólitos do feijão-guandu justifica-se pela necessidade em encontrar alternativas naturais e sustentáveis para o controle de plantas daninhas. Assim, o presente estudo objetiva avaliar o potencial fitotóxico de extratos aquosos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., sobre o desenvolvimento inicial da alface (*Lactuca sativa* L.), inserindo-se na busca por métodos que reduzem os impactos da resistência aos herbicidas, e promovam a sustentabilidade agrícola.

2 OBJETIVO

2.1 Geral

Avaliar o potencial fitotóxico dos extratos aquosos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., sobre a germinação e crescimento de *Lactuca sativa* L. para a promoção de sistemas agrícolas mais equilibrados e resilientes.

2.2 Específicos

- Avaliar o efeito in vitro dos extratos aquosos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., sobre a germinação de *Lactuca sativa* L.;
- Verificar a eficiência fitotóxica do extrato de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., sobre o crescimento inicial de *Lactuca sativa* L.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Alelopatia

O termo alelopatia foi criado pelo pesquisador alemão Hans Molisch em 1937; o termo resulta da junção de duas palavras gregas: *alellon* que significa "de um para outro"; e *pathós* que significa "sofrer" (Ferreira, 2019). De acordo com sua definição, alelopatia é "a capacidade de as plantas superiores ou inferiores produzirem substâncias químicas que, liberadas no ambiente de outras, influenciam de forma favorável ou desfavorável ao seu desenvolvimento".

Ferreira (2019) ainda define que embora o termo tenha sido formalmente cunhado em 1937, as fontes indicam que observações sobre a capacidade de influência de algumas espécies vegetais na fisiologia de outras espécies foram registradas muito antes, por figuras históricas como Demócrito (500 a.C.), Teofrasto (300 a.C.), Plínio (1 d.C.) e outros pensadores ao longo dos séculos.

Alelopatia é um fenômeno biológico em que plantas liberam compostos químicos no ambiente, chamados aleloquímicos, que podem influenciar o crescimento, desenvolvimento ou sobrevivência de outras plantas ou organismos ao seu redor. Esses efeitos podem ser positivos, como estimular o crescimento de espécies vizinhas, ou negativos, como inibir a germinação e o desenvolvimento de outras plantas. É uma estratégia natural que muitas vezes está relacionada à competição por recursos no ecossistema (Pereira, 2017).

Os aleloquímicos são mecanismo de ação das plantas que influenciam o crescimento e desenvolvimento de outras plantas. Esses compostos interferem em processos fisiológicos essenciais na planta receptora, como a absorção de água e nutrientes, a permeabilidade da

membrana celular, a divisão e o alongamento celular, além de afetarem diretamente a fotossíntese e a respiração

Os aleloquímicos podem ser liberados de diferentes maneiras: pela lixiviação, onde os compostos são liberados das folhas ou outras partes da planta e transportados pela água até o solo; pela volatilização, que envolve a emissão de compostos voláteis na forma de gás diretamente no ambiente; pela exsudação radicular, quando as raízes liberam aleloquímicos diretamente no solo; e pela decomposição de resíduos, onde restos de plantas em decomposição liberam compostos alelopáticos no ambiente (Dias, 2008).

Algumas espécies tendem a liberar mais compostos alelopáticos, enquanto outras são mais vulneráveis aos seus efeitos. A concentração dos aleloquímicos também é um fator crucial, já que concentrações mais elevadas geralmente produzem efeitos mais intensos, podendo inibir o crescimento ou a germinação de plantas vizinhas (Sousa *et al.*, 2018).

A alelopatia é influenciada por diversos fatores que determinam a intensidade e os efeitos dos aleloquímicos liberados no ambiente (Silva, 2021). Dentre os principais fatores, destaca-se a interação entre espécies doadoras e receptoras, pois a composição química dos aleloquímicos varia entre espécies, assim como a sensibilidade das plantas receptoras (Silva *et al.*, 2017).

Além disso, as condições ambientais, como temperatura, umidade, pH do solo e disponibilidade de nutrientes, influenciam a liberação, a persistência e a eficácia dos aleloquímicos. Por exemplo, solos ácidos ou com baixa umidade podem intensificar os efeitos alelopáticos (Gama, 2019).

Os métodos de avaliação do potencial alelopático geralmente incluem bioensaios de germinação e crescimento realizados em condições controladas, a fim de observar os efeitos dos aleloquímicos em plantas-alvo (Brito, 2010). No teste de germinação, sementes de plantas alvo são tratadas com extratos vegetais ou aleloquímicos específicos, permitindo a avaliação de parâmetros como taxa de germinação, tempo necessário para germinar e uniformidade da germinação (Araldi, 2011).

No teste de crescimento, as plântulas são expostas aos extratos, analisando-se os efeitos sobre o comprimento das raízes, parte aérea e biomassa. Além disso, diferentes concentrações dos extratos são testadas para determinar a intensidade dos efeitos alelopáticos, ajudando a identificar impactos negativos ou positivos no desenvolvimento inicial das plantas (Nepomuceno, 2011).

Para a identificação e quantificação desse potencial fitotóxico, a alface (*Lactuca sativa* L.) permanece como o padrão-ouro em bioensaios de monitoramento ambiental e agrônômico. Sua alta sensibilidade permite que até mesmo baixas concentrações de extratos aquosos de adubos verdes sejam detectadas por meio da redução do crescimento da radícula e do hipocótilo.

Oliveira, Lima e Castro (2024) observaram que a alface funciona como um sensor biológico preciso, onde a redução da viabilidade das plântulas serve de parâmetro para determinar o "poder de controle" de resíduos vegetais em sistemas de plantio direto. Reforçando essa perspectiva, Mendes *et al.*, (2023) destacam que a uniformidade da germinação da alface minimiza variáveis experimentais, tornando os resultados de alelopatia mais confiáveis para a recomendação de rotação de culturas em campo.

A alelopatia da adubação verde atua como uma ferramenta biotecnológica no manejo de plantas daninhas através da liberação de compostos aleloquímicos, que inibem o metabolismo de espécies competidoras. Esse fenômeno é potencializado pela decomposição da palhada sobre o solo, que libera substâncias capazes de interferir na divisão celular e na síntese de enzimas das plantas invasoras.

3.2 Potencial Alelopático da Adubação Verde

A adubação verde constitui uma estratégia biotecnológica fundamental para a sustentabilidade agrícola, baseando-se no cultivo de plantas que promovem a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Segundo levantamentos de Ferreira e Lima (2021), a utilização de leguminosas nesse processo é particularmente eficaz devido à simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, o que pode suprir grande parte da demanda nutricional das culturas subsequentes sem o aporte de fertilizantes sintéticos.

Além da nutrição, essa prática atua na proteção contra agentes erosivos e no aumento da infiltração de água, consolidando-se como um pilar para o manejo conservacionista. Conforme reiterado por Souza, (2022), a biomassa produzida pelos adubos verdes eleva os teores de matéria orgânica, favorecendo a atividade microbiana e a estabilidade dos agregados do solo, o que resulta em sistemas produtivos mais resilientes às variações climáticas.

O papel das plantas de cobertura no controle de plantas daninhas transcende a competição por recursos e a melhoria da fertilidade do solo, sendo o potencial alelopático um dos pilares da sua eficácia nos sistemas de produção sustentáveis. Santos *et al.*, (2022), destacaram que a utilização de coberturas vegetais de inverno demonstra uma eficácia significativa na supressão de sementes de plantas daninhas no banco de sementes do solo,

evidenciando que a alelopatia desses adubos verdes é uma alternativa viável ao uso intensivo de herbicidas pré-emergentes.

O feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), uma leguminosa de destaque, exerce uma dupla função supressora. Primeiramente, forma uma barreira física densa e altamente produtiva, que, ao ser manejada (cortada e depositada na superfície do solo), cria uma espessa camada de palhada. Essa palhada atua no abafamento, reduzindo drasticamente a luminosidade que atinge o solo, o que inibe a germinação de fotoblásticas positivas e o desenvolvimento inicial das plântulas concorrentes (Assis *et al.*, 2019).

Em segundo lugar, e de forma complementar, o *Cajanus cajan* (L.) Millsp., libera substâncias aleloquímicas que são responsáveis pela fitotoxicidade observada. As leguminosas da família Fabaceae são conhecidas por produzir uma vasta gama de metabólitos secundários, como fenóis, flavonoides e alcaloides, que são lixiviados das folhas pelo orvalho e chuva ou liberados pela decomposição dos resíduos e exsudação radicular (Oliveira *et al.*, 2020).

O extrato aquoso da parte aérea do feijão-guandu, conforme demonstrado por Meira *et al.*, (2025) inibiu a germinação da alface (*Lactuca sativa* L.), o que comprova o alto potencial de aleloquímicos. Nesse sentido, a inclusão do feijão-guandu em sistemas de rotação de culturas, aproveitando tanto a barreira física quanto a ação química dos seus resíduos, se configura como uma prática de manejo que contribui significativamente para a redução da dependência de insumos sintéticos e para a sustentabilidade da agricultura.

A rica composição química da Família Fabaceae é uma adaptação evolutiva para a defesa contra herbivoria e patógenos, mas, em contexto agrícola, essa mesma composição confere o potencial de manejo biológico de espécies indesejáveis (Sousa *et al.*, 2022). Entre os principais grupos de aleloquímicos encontrados em Fabaceae, e com potencial fitotóxico documentado, destacam-se:

Compostos Fenólicos	Incluindo ácidos fenólicos e seus derivados, que são frequentemente os principais agentes alelopáticos liberados. Eles atuam desregulando o balanço hormonal e a respiração em plantas sensíveis (Pereira; Diniz, 2024).
Flavonoides	Amplamente distribuídos, estes compostos têm demonstrado capacidade de inibir enzimas essenciais para o crescimento vegetal e podem atuar como antioxidantes ou pró-oxidantes, dependendo do contexto biológico (Santos <i>et al.</i> , 2020).

Alcalóides e Saponinas	Embora em menor proporção nos extratos aquosos, esses metabólitos também contribuem para a fitotoxicidade, interferindo na integridade das membranas celulares e na absorção de nutrientes (Oliveira; Costa, 2023).
-------------------------------	---

3.3 -Potencial Alelopático do Gênero *Cajanus*

O gênero *Cajanus* e, em especial, a espécie *Cajanus cajan* (L.) Millsp., têm sido consistentemente reportados na literatura científica como uma fonte potente de aleloquímicos. O potencial supressor do guandu não está restrito a uma única parte da planta, sendo verificada a liberação de compostos bioativos por exsudatos radiculares, resíduos foliares e caules, e através de extratos aquosos e orgânicos (Pinto *et al.*, 2024).

A classificação taxonômica posiciona *Cajanus cajan* (L.) Millsp., na Família Fabaceae (ou Leguminosae), um grupo vegetal de imensa relevância ecológica e econômica. Esta família é reconhecida como um verdadeiro "laboratório químico" natural, capaz de biossintetizar uma vasta e diversificada gama de metabólitos secundários, muitos dos quais possuem atividade biológica comprovada, incluindo a alelopatia (Silva *et al.*, 2023).

A *Cajanus cajan* (L.) Millsp., (conhecida como "guandú", "gandul" ou "pigeonpea") é amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais, é considerada a sexta leguminosa alimentar mais produzida globalmente, valorizada por suas propriedades de enriquecimento do solo devido à fixação de nitrogênio e possui alto teor nutricional, fornecendo proteínas, minerais essenciais e vitaminas do complexo B (Monrroy, 2025).

A intensidade do efeito alelopático do *Cajanus cajan* (L.) Millsp., é intrinsecamente ligada à concentração do extrato e ao órgão da planta utilizado. Extratos preparados a partir de folhas maduras, por exemplo, geralmente exibem maior toxicidade devido à maior concentração de metabólitos secundários acumulados (Pinto *et al.*, 2024).

Os mecanismos de ação dos aleloquímicos derivados do *Cajanus* são complexos e multifacetados, envolvendo a interferência em processos celulares vitais das plantas receptoras. Estudos indicam que a fitotoxicidade pode resultar de:

Disfunção Mitocondrial e Estresse Oxidativo:	Alguns aleloquímicos fenólicos podem induzir a produção de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) nas células da plântula, levando ao estresse oxidativo e, conseqüentemente, à peroxidação lipídica das membranas e danos ao DNA, inibindo a divisão celular (Azevedo; Lima, 2022).
	Compostos identificados podem atuar diretamente no ciclo celular, inibindo a mitose e, conseqüentemente, o alongamento
Inibição da Divisão e Alongamento Celular:	da raiz e do coleóptilo. Isso é particularmente visível na raiz primária de <i>L. sativa</i> , cujo crescimento é notoriamente mais sensível a agentes inibitórios (Santos <i>et al.</i> , 2020).
Interferência na Absorção de Nutrientes:	A alteração da permeabilidade da membrana celular radicular, causada pelos aleloquímicos, pode comprometer a absorção de água e nutrientes essenciais, contribuindo para o retardo no desenvolvimento das plântulas (Oliveira; Costa, 2023).

3.4 Resposta do Bioindicador *Lactuca Sativa*

A alface (*Lactuca sativa* L.) é amplamente utilizada em ensaios laboratoriais como uma espécie bioindicadora de alelopatia devido à sua alta sensibilidade a compostos fitotóxicos, germinação rápida e crescimento uniforme. Essa sensibilidade permite que pesquisadores identifiquem o potencial inibitório de extratos vegetais sobre o desenvolvimento radicular e o índice de velocidade de germinação, servindo como um modelo biológico padrão para triagens fitoquímicas.

De acordo com as investigações de Pereira *et al.*, (2021), a alface responde de forma acentuada a metabólitos secundários, como fenóis e flavonoides, que podem causar anomalias morfológicas e estresse oxidativo nas plântulas. Complementarmente, Costa e Silva (2023)

ressaltam que o uso da Alface em bioensaios é uma alternativa de baixo custo e alta eficiência para monitorar a presença de substâncias alelopáticas em extratos foliares de diversas espécies, permitindo prever o impacto desses compostos na dinâmica de ecossistemas agrícolas.

O bioensaio utilizando a alface (*Lactuca sativa* L.) como planta receptora é a metodologia padrão ouro para avaliar a fitotoxicidade de extratos vegetais. A escolha da alface se justifica pela sua alta uniformidade genética, rápido ciclo de germinação e notável sensibilidade a uma ampla gama de substâncias químicas, tornando-a um indicador robusto de toxicidade (Mendes; Costa, 2021).

Estudos recentes confirmam o efeito inibitório e dose-dependente de extratos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., sobre a *Lactuca sativa* L., a resposta da alface pode ser categorizada em dois aspectos principais: inibição da germinação e do crescimento inicial. Na inibição da germinação, o extrato fitotóxico interfere no processo inicial de germinação, afetando tanto a porcentagem final de germinação (capacidade) quanto a velocidade com que as sementes germinam.

Santos *et al.*, (2022) e Pinto *et al.*, (2024) demonstraram que concentrações elevadas do extrato de guandu podem reduzir a germinação da alface em até 70%, sugerindo que os aleloquímicos podem atuar inibindo a síntese de proteínas essenciais ou a mobilização de reservas.

O efeito mais pronunciado e significativo do potencial fitotóxico é a inibição do crescimento da plântula, especialmente no sistema radicular (Pereira; Diniz, 2024). Para o extrato de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., Azevedo e Lima (2022) observaram uma redução drástica no alongamento da radícula de *Lactuca sativa* L., muitas vezes resultando em raízes curtas, engrossadas e necróticas. Este efeito é uma indicação clássica de que os aleloquímicos estão interferindo na divisão e/ou alongamento celular do meristema apical radicular.

Embora menos sensível que a raiz, o crescimento do hipocótilo e das folhas cotiledonares também é significativamente afetado, resultando em plântulas de alface com menor vigor e biomassa total (Oliveira; Costa, 2023).

4 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no Laboratório de Plantas Daninhas e Núcleo de Estudos em Agroecologia e Produção Orgânica (NEAPO) da Universidade Estadual do Maranhão em São Luís-MA.

4.1 Coleta e Identificação do Material Vegetal

As folhas da *Cajanus cajan* (L.) Millsp., foram coletadas na área do NEAPO na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA/São Luís) Figura 1. E as sementes da planta receptora *Lactuca sativa* L., foram obtidas comercialmente.

Figura 1. Coleta do material vegetativo e pré-secagem.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

4.2 Preparo dos extratos

As folhas da *Cajanus cajan* (L.) Millsp., foram coletadas nos horários mais amenos e levadas para o laboratório, para secar à temperatura ambiente e à sombra em área arejada, e logo após foram colocadas em estufa de ventilação forçada por 24 horas a 40°C até atingirem massa constante (Figura 2).

Figura 2. Processo de secagem do material vegetativo.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Em seguida o material vegetal foi triturado em moinho de facas modelo Willey e pesado em balança com duas casas decimais (Figura 3).

Figura 3. Trituração e pesagem do material vegetal.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Para o preparo do extrato aquoso foi utilizado 300g do material vegetal triturado para 1500 mL de água destilada, sendo a mistura foi deixada no escuro para evitar a fotodegradação e à temperatura ambiente por 24 horas. Em seguida, o material foi filtrado com auxílio de kitassato com funil forrado com algodão. Realizou-se uma segunda filtragem em filtro de papel para garantir uma extração livre de resíduos do material vegetal. Após esta etapa o líquido obtido foi acondicionado em geladeira para o uso posterior (Figura 4).

Figura 4. Processo de filtragem da solução aquosa.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Após a filtragem, o material foi submetido ao processo de evaporação utilizando um secador de cabelo substituindo o evaporador rotativo em temperatura tolerável de 45 °C (Figura 5). A massa pastosa obtida desse processo foi pesada em balança analítica em 2,5g; 5,0 g; 7,5g;

e 10,0 g. Em seguida cada uma dessas amostras foram diluídas em 100 mL de água deionizada, obtendo-se as concentrações 2,5%; 5%; 7,5% e 10%, respectivamente.

Figura 5. Processo de evaporação da água destilada e obtenção do extrato de feijão-guandu.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

4.3 Bioensaio de emergência

As sementes da alface, espécie receptora da atividade alelopática foi submetida a teste preliminares de germinação para verificação da viabilidade e do vigor das sementes. O teste preliminar mostrou que as sementes de alface estavam 100% viáveis.

A seguir as placas de petri foram previamente desinfetadas em solução de hipoclorito de sódio a 2% por 10 minutos, lavadas em água destilada e colocadas sob luz UV em câmara de fluxo laminar por 20 minutos (Figura 6).

Figura 6. Placas de petri em solução de hipoclorito e em câmara de fluxo laminar.

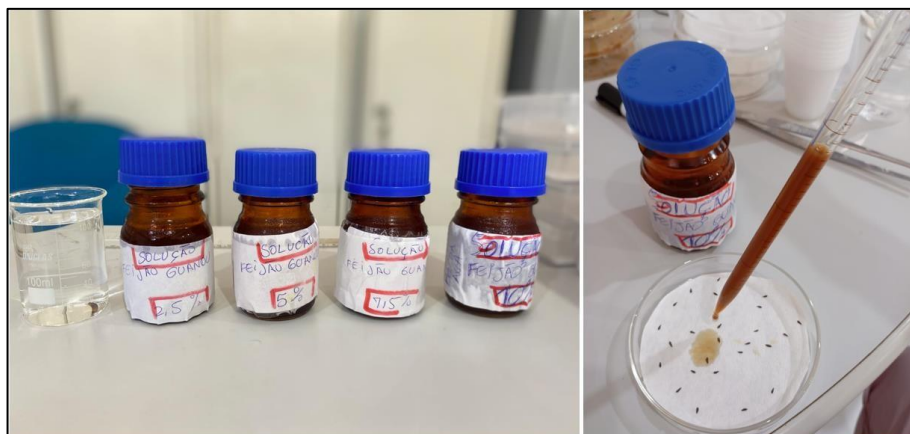


Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Após a esterilização foram depositadas 20 sementes da espécie receptora por placa de petri revestidas com papel germitest autoclavado a 120 °C por uma hora. Depois aplicou-se 3

mL do extrato de cada concentração (2,5%; 5,0%; 7,5% e 10%) por placa, adicionando-se o mesmo volume de água destilada para a testemunha (0%) (Figura 7).

Figura 7. Extratos de feijão-guandu de 2,5%, 5%, 7,5% ,10% e aplicação de 3mL de cada extrato para cada tratamento.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

As placas de petri foram acondicionadas ao acaso na câmara de germinação do tipo B.O.D reguladas para temperatura de 25° C e fotoperíodo de 12 h. Durante o período de cinco dias foi observado as placas e acrescentando 3mL de água destilada caso necessário. Os efeitos inibitórios dos extratos foram analisados tendo como fator de comparação o tratamento testemunha (água destilada).

As variáveis de avaliação da germinação foram a Porcentagem de Germinação (PG) e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG). A contagem do número de sementes germinadas foi realizada em intervalos de 24 horas, durante cinco dias. As sementes foram consideradas germinadas quando produziram raiz primária com pelo menos 2 mm de comprimento Brasil (2009).

Para a porcentagem de germinação foi aplicada a fórmula descrita por Labouriau e Valadares (1976): $G = (N/A) \times 100$. Onde, N = número total de sementes germinadas; A = número total de sementes colocadas para germinar e para o cálculo do Índice de Velocidade de Germinação (IVG), foi empregada a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVI = G_1N_1 + G_2N_2 + \dots + G_nN_n \quad (1)$$

Onde:

- IVG = Índice de Velocidade de Germinação;
- G = O número de sementes germinadas na contagem;

- N = Dia de avaliação.

4.4 Bioensaio de crescimento

Para os bioensaios de crescimento inicial foi instalado outro experimento em placas petri com 20 sementes da espécie receptora de forma semelhante ao da germinação no qual os testes foram realizados em câmaras tipo BOD, em condições controladas de 25 °C de temperatura constante e fotoperíodo de 12 horas.

As variáveis consideradas foram comprimento médio da parte aérea (CPA em cm), comprimento médio da raiz (CR em cm), massa da raiz fresca (MRF em g), massa da parte aérea fresca (MPAF em g) e massa da raiz seca (MRS em g) e massa da parte aérea seca (MPAS em g).

O comprimento da raiz (CR) foi obtido utilizando-se régua com graduação em milímetros, tomando-se a medida do ápice meristemático da raiz principal até a região do coleto, após permanência de cinco dias na câmara B.O.D. Esse mesmo procedimento também foi empregado para a medição do hipocótilo das plântulas, tomando-se a medida da região do epicótilo até o ponto de inserção dos cotilédones conforme Carvalho *et al.*, (2014) (Figura 8).

Figura 8. Medindo o comprimento da raiz e pesando as massas frescas.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

As massas frescas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de secagem com circulação forçada à temperatura de $40 \pm 2^\circ\text{C}$, até obter-se massa seca estável, pesadas em balança analítica de precisão (Figura 9).

Figura 9. Processo de secagem de massa fresca acondicionada em estufa.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

4.5 Delineamento experimental

O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro concentrações dos extratos (2,5; 5,0; 7,5 e 10%) e uma testemunha (água destilada) e quatro repetições, totalizando cinco tratamentos e 20 parcelas, sendo cada parcela uma placa de petri.

4.6 Análise estatística

Os dados dos bioensaios de germinação e crescimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, e suas médias foram comparadas mediante o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, através do software estatístico AgroEstat (Barbosa; Maldonado Júnior, 2015).

5 RESULTADO

Para a porcentagem de germinação, verificou-se que a testemunha apresentou a maior germinação (100%) que os demais tratamentos. A concentração mais baixa do extrato aquoso de feijão-guandu (2,5%) reduziu a germinação em 83,75% e a partir da concentração de 5% não houve germinação (Tabela 1).

Os resultados obtidos demonstraram que os extratos aquosos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., exerceram um efeito fitotóxico significativo sobre a germinação, principalmente a partir de 5%, embora em 2,5% tenha ocorrido algumas germinações foi menor que a testemunha, inclusive sem possibilidade de medir parte aérea e raiz. Isso indica que o limite de toxicidade máxima, onde os aleloquímicos são suficientes para impedir completamente o processo, foi atingido já na concentração de 5%.

Santos *et al.*, (2022) e Pinto *et al.*, (2024) demonstraram que concentrações elevadas do extrato de guandu podem reduzir a germinação da alface em até 70%, sugerindo que os aleloquímicos podem atuar inibindo a síntese de proteínas essenciais ou a mobilização de reservas.

Tabela 1. Porcentagem de Germinação (%) em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.

Tratamento	Média de Germinação (%)	Agrupamento de Tukey
0%	100,00	A
2,5%	16,25	B
5%	0,00	C
7,5%	0,00	C
10%	0,00	C
CV (%): 21,32		

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Para o índice de velocidade de germinação (IVG), verificou-se que a testemunha também apresentou a maior média (20) seguida pela concentração do extrato aquoso em 2,5% (1,23) e a partir de 5% não houve germinação (Tabela 2).

A inibição aguda da germinação é corroborada pelos resultados do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) que na concentração de 2,5% foi menor que a testemunha e nulo a partir de 5%. Os dados confirmam que o extrato não apenas diminuiu a capacidade germinativa, mas também atrasou o processo na concentração de 2,5% e inibiu totalmente a partir da concentração de 5%.

Tabela 2. Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.

Tratamento	Média de IVG	Agrupamento de Tukey
0%	20	A
2,5%	1,23	B
5%	0	C
7,5%	0	C
10%	0	C
CV (%): 6,54		

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Houve diferenças significativas entre os tratamentos para o comprimento da parte aérea em que a testemunha apresentou o maior valor (1,23). A partir da concentração de 2,5% não se observou desenvolvimento da parte aérea (Tabela 3).

Em relação ao crescimento da parte aérea a toxicidade do extrato do feijão-guandu nas concentrações usadas foi ainda mais pronunciada. O Comprimento da parte aérea demonstrou ser uma variável sensível, sendo totalmente inibido em todas as concentrações testadas.

Sousa *et al.*, (2018) relataram que a concentração dos aleloquímicos é um fator crucial, já que concentrações mais elevadas geralmente produzem efeitos mais intensos, podendo inibir o crescimento ou a germinação de plantas vizinhas, isso também foi notado por Benassi (2023), visto que em seu estudo com *Pyrostegia venusta*, os maiores efeitos inibitórios também ocorreram nas concentrações de 50%, 75% e 100%.

Tabela 3. Comprimento da Parte Aérea (cm) da alface em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.

Tratamento	Média Transformada	Agrupamento de Tukey
0%	1,238	A
2,50%	1,000	B
5%	1,000	B
7,50%	1,000	B
10%	1,000	B
CV (%): 1,32		

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados com raiz ($x+1$). Fonte: Arquivo pessoal (2025).

O comprimento da raiz apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que a testemunha apresentou maior valor (0,43) em relação aos demais tratamentos que inibiram o comprimento da raiz (Tabela 4).

O comprimento da raiz assim como o comprimento da parte aérea fora sensível a todas as concentrações do extrato do feijão-guandu. Pereira; Diniz (2024) relataram que a inibição do crescimento da raiz é o parâmetro mais sensível.

Azevedo; Lima, (2022) verificaram que o extrato de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., causa uma redução drástica no alongamento da radícula de *Lactuca sativa* L., muitas vezes resultando em raízes curtas, engrossadas e necróticas. Este efeito é uma indicação clássica de que os aleloquímicos estão interferindo na divisão e/ou alongamento celular do meristema apical radicular.

Tabela 4. Comprimento da raiz (cm) da alface em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.

Tratamento	Média Transformada	Agrupamento de Tukey
0%	0,4317	A
2,50%	0,00	B
5%	0,00	B
7,50%	0,00	B
10%	0,00	B
CV (%): 23,7		

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Para a massa da parte aérea fresca (MPAF) e massa da parte aérea seca (MPAS) os tratamentos diferiram significativamente da testemunha que apresentou os maiores valores, sendo 1,02 e 1,00 respectivamente. Os demais tratamentos foram inibidos pelas concentrações (Tabela 5).

A ausência de desenvolvimento da parte aérea, observada nas plântulas submetidas aos extratos, indica uma inibição metabólica que impossibilita o acúmulo de fitomassa, resultando em valores de MPAF e MPAS muito inferiores, ou nulos, em relação à testemunha (controle).

Santos *et al.* (2014) em pesquisas sobre adubos verdes (incluindo o guandu-anão) na cultura da alface, também constataram efeitos alelopáticos, principalmente nas concentrações mais elevadas, ou seja, mostraram que o extrato de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., reduziu drasticamente a germinação (em 83,75% na dose de 2,5% e 100% a partir de 5%) e o crescimento da alface. A família Fabaceae, à qual pertence o *Cajanus cajan* (L.) Millsp., é conhecida por produzir uma vasta gama de metabólitos secundários atuando como inibidores enzimáticos ou causando danos celulares (Santos *et al.*, 2020).

A inibição da germinação e o nulo acúmulo de massa fresca e seca nas plântulas de alface confirmam os resultados reportados por Santos *et al.* (2022), que também observaram severos efeitos inibitórios de extratos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., sobre a capacidade e velocidade de germinação de sementes de alface.

Tabela 5. Massa da parte aérea fresca (MPAF) e seca (MPAS) da alface em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.

Tratamento	MPAF (g)	MPAS (g)
0%	1,0233 A	1,0052 A
2,50%	1,000 B	1,000 B
5%	1,000 B	1,000 B
7,50%	1,000 B	1,000 B
10%	1,000 B	1,000 B
	CV (%): 0,328	CV (%): 0,027

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados com raiz ($x+1$). Fonte: Arquivo pessoal (2025).

A massa da raiz fresca (MRF) e massa da raiz seca (MRS) também diferiram estatisticamente da testemunha (0%) que foi o único tratamento a apresentar acúmulo de biomassa fresca (1,001g) e biomassa seca (1,0006 g). As concentrações de 2,5% a 10% resultaram em 0,000 g para as duas variáveis (Tabela 6).

Os resultados para massa da raiz fresca (MRF) e seca (MRS) confirmaram um efeito inibitório altamente significativo do extrato aquoso do feijão-guandu em todas as concentrações, caracterizando a inibição total da produção de biomassa radicular.

Dotto *et al.* (2018) ao avaliar o efeito alelopático do extrato de feijão-guandu no desenvolvimento de plântulas de cenoura observaram que os compostos químicos do *Cajanus cajan* (L.) Millsp., afetaram negativamente a biomassa radicular, o que corrobora com os resultados desta pesquisa.

A inibição total do acúmulo de biomassa radicular (MRF e MRS) em todas as concentrações de extrato, mesmo na dose mais baixa de 2,5%, onde alguma germinação ocorreu, reforça o princípio de que o crescimento inicial e o sistema radicular são as variáveis mais sensíveis à ação dos aleloquímicos (Ferreira; Aquila, 2000). A necrose da radícula ou a total ausência de alongamento, como observado nas análises de comprimento, impediu o desenvolvimento da plântula e, conseqüentemente, o acúmulo de massa.

Tabela 6. Massa da raiz fresca (MRF) e seca (MRS) da alface em diferentes concentrações do extrato aquoso de feijão-guandu.

Tratamento	MRF (g)	MRS (g)
0%	1,0015 A	1,0006 A
2,50%	1,000 B	1,000 B
5%	1,000 B	1,000 B
7,50%	1,000 B	1,000 B
10%	1,000 B	1,000 B
	CV (%): 0,028	CV (%): 0,016

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados transformados com raiz ($x+1$). Fonte: Arquivo pessoal (2025).

6 CONCLUSÃO

Os extratos aquosos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp., demonstraram elevado potencial fitotóxico para a *Lactuca sativa* L., mostrando efeito inibitório severo sobre a germinação e o crescimento inicial da alface (*Lactuca sativa* L.). As concentrações mais elevadas dos extratos provocaram maiores redução da porcentagem e velocidade de germinação. Assim, os extratos aquosos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp podem ser uma alternativa natural para manejo de plantas daninhas e redução do uso de herbicidas sintéticos, porém sugere-se a realização de mais pesquisas sobre seu potencial alelopático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANWAR, T.; ILYAS, N.; QURESHI, R.; MAQSOOD, M.; MUNAZIR, M.; ANWAR, P.; RAHIM, B. Z.; ANSARI, K. A.; PANNI, M. K. **Allelopathic potential of *Lantana camara* against selected weeds of wheat crop**. Applied Ecology and Environmental Research, [S. l.], v. 16, n. 5, p. 6741-6760, 2018. Disponível em: <http://www.aloki.hu>. Acesso em: 01/11/2025.
- ARALDI, D. B. et al. **Interferência alelopática de extratos de *Hovenia dulcis* Thunb. na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan**. 2011. 208 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.
- AZEVEDO, L. M.; LIMA, S. C. Estresse oxidativo e peroxidação lipídica em *Lactuca sativa* exposta a extratos de guandu. **Revista de Biologia Celular e Toxicológica**, São Luís, v. 14, n. 3, p. 110-125, 2022.
- ASSIS, J. M. de et al. Atributos físico-químicos e biológico do solo sob Influência do Feijão Guandu *Cajanus Cajan* (L. Millsp.), no Município de Pacajá-Pará. 2019.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Experimentação Agrônômica & AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Multipress, 396 p., 2015.
- BENASSI, N. B. **Potencial alelopático de *Pyrostegia venusta* sobre a germinação e crescimento inicial de plantas daninhas**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.
- BENVINDO, H. H. **Avaliação da composição florística invasora do regadio do Baixo Limpopo**. 2024.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura e Reforma Agrária**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes, Brasília, 2009. 399 p.
- BRITO, I. C. A. et al. **Alelopatia de espécies arbóreas da caatinga na germinação e vigor de sementes de feijão macaçar e de milho**. 2010. 53p Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos-PB, 2010.
- CARVALHO, W. P. et al. Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. **Biosci. J.**, v. 30, p. 1-11, 2014.
- CORBARI, F. et al. **Transição agroecológica: um estudo de experiências no Brasil e no México**. 2020. 286 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural Sustentável) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020.
- COSTA, R. A.; SILVA, T. M. **Bioensaios de alelopatia: sensibilidade da *Lactuca sativa* L. a extratos vegetais**. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 210-225, 2023.
- DA SILVA, M. A. D. et al. Alelopatia de espécies da Caatinga. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e57610414328-e57610414328, 2021.

DIAS, G. et al. Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 61, n. 1, p. 4237- 4247, 2008.

DOTTO, L. et al. Alelopatia de feijão guandu sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de cenoura. **Scientific Electronic Archives**, Sinop, v. 11, n. 5, p. 55-58, out. 2018.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, n. esp., p. 175-204, 2000.

FERREIRA, E. V. R. et al. **Atividade alelopática e compostos fenólicos de plantas daninhas pelo método sanduíche**. 2019. 106 f. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Universidade Federal do Alagoas, Rio Largo, 2019

FERREIRA, L. S.; LIMA, M. J. **Dinâmica do nitrogênio em sistemas de adubação verde**. Revista de Ciências Agrárias, Piracicaba, v. 44, n. 1, p. 88-102, 2021.

GAMA, L. A. da. **Plantas de cobertura no manejo sustentável das infestantes e na produtividade do guaranazeiro** (Paullinia cupana var. sorbilis (Mart.) Ducke). 2019. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

HASAN, M.; AHMAD-HAMDANI, M. S.; ROSLI, A. M.; HAMDAN, H. Bioherbicides: An Eco-Friendly Tool for Sustainable Weed Management. **Plants**, Basel, v. 10, n. 6, art. 1212, 15 jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants10061212>. Acesso em: 01/11/2025.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds Calotropis procera (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.

LIMA FILHO, O. F. de et al. (Org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2023. v. 1.

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

MEIRA, R. O. et al. **Atividade Alelopática de Extratos de Adubos Verdes Sobre a Germinação e Desenvolvimento Inicial de *Bidens Pilosa* L., (Asteraceae, Picão Preto)**. In: OPEN SCIENCE RESEARCH XIX. Editora Científica Digital, 2025. p. 79-101.

MENDES, F. A.; COSTA, P. V. Potencial alelopático do guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) como alternativa para o manejo ecológico de plantas invasoras. **Jornada de Agroecologia e Sustentabilidade**, Salvador, v. 6, p. 55-68, 2021.

MENDES, J. R. et al. Bioensaios com *Lactuca sativa* L. para avaliação do potencial fitotóxico de biomassa vegetal. **Revista de Agroecologia e Meio Ambiente**, Maringá, v. 16, n. 1, p. 12-28, 2023.

MENDES, K. F.; DA SILVA, A. A. **Plantas daninhas: biologia e manejo**. Oficina de Textos, 2022.

MENDES, K. F.; DA SILVA, A. A.. **Plantas daninhas: herbicidas**. Oficina de Textos, 2023.

MONRROY, M.; GARCÍA, J. R. **Phytochemical Characterization and Antioxidant Activity of *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Leaf Extracts for Nutraceutical Applications**. *Molecules*, v. 30, n. 8, p. 1773, 2025.

NEPOMUCENO, M. **Intervalo de dessecação de *Urochloa ruziziensis* (R. German & Evrard) Crins e seu efeito alelopático na cultura da soja RR**. 2011. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia- Produção Vegetal) –Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; LIMA, G. S.; CASTRO, M. E. Sensibilidade de bioindicadores em testes de alelopatia: uma revisão sistemática. **Jornal de Ciências Botânicas**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 45-60, 2024.

OLIVEIRA, Y. R. et al. Potencial alelopático de espécies da família Fabaceae Lindl. Ensaios e Ciência: **Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 24, n. 1, p. 65-74, 2020.

OLIVEIRA, G. H.; COSTA, M. N. Efeitos de saponinas e alcaloides da Fabaceae na absorção de nutrientes por plântulas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências Botânicas**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 1-15, 2023.

OLIVEIRA, R. M.; SANTOS, P. H. **Impacto das coberturas vegetais na supressão de plantas daninhas**. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 45-58, 2023.

PEREIRA, A. G.; DINIZ, M. B. Compostos fenólicos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. e a inibição da radícula de alface: análise de dose-resposta. **Ciência Agronômica e Biodiversidade**, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 201-218, 2024.

PEREIRA, G. F. et al. **Efeitos fitotóxicos de metabólitos secundários no desenvolvimento inicial de alface**. *Jornal de Fitotecnia Aplicada*, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 45-59, 2021.

PEREIRA, J. C. et al. **Potencial alelopático e estudo fitoquímico dos extratos aquosos e etanólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC e *Paspalum maritimum***, 2017. 145f.

PINTO, E. R.; SOUZA, V. P.; FARIAS, C. A. Fitotoxicidade dose-dependente de extratos foliares de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. em bioensaios de germinação. **Revista de Pesquisa em Agronomia Tropical**, Goiânia, v. 18, n. 1, p. 45-56, 2024.

SANTOS, D. P. et al. Efeito da palhada de adubos verdes na germinação e no desenvolvimento inicial de plantas invasoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 52, n. 4, e20210542, 2022.

SANTOS, J. R.; SILVA, A. C.; MOTA, L. G. Inibição enzimática e fitotoxicidade de flavonoides isolados de sementes de leguminosas. **Pesquisa em Fitoquímica e Agronomia**, Recife, v. 5, n. 4, p. 220-235, 2020.

SANTOS, L. K.; GOMES, P. T.; ALMEIDA, R. C. Efeitos inibitórios de extratos aquosos de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. na capacidade e velocidade de germinação de sementes de alface. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 133-145, 2022.

SANTOS, T. S. et al. Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, Supl. 1, p. 139148, 2014.

SILVA, A. J. et al. **Alelopatia e adubação verde: mecanismos de controle sustentável no campo**. *Jornal de Ciências Agrárias*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 112-125, 2022.

SILVA, Bruna Pires da. **Potencial alelopático de *Cosmos sulphureus***. 2017 138 p.: il.; 29 cm. Tese (Doutorado em Agronomia- Produção Vegetal), –Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP, Jaboticabal, 2017.

SILVA, J. P.; LIMA, C. B.; SANTOS, E. F. Metabólitos secundários da família Fabaceae e seu papel na alelopatia e defesa vegetal. **Jornal de Ecologia Aplicada**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 88-102, 2023.

SOUSA, Luara Lopes; DA SILVA FERREIRA, Marcia Flores; MACIEL, Talles Eduardo Ferreira. Marcadores moleculares baseados em sequenciamento de nova geração. **Tópicos Especiais em Genética e Melhoramento II**, v. 144, 2018.

SOUSA, V. P.; PEREIRA, R. S.; LOPES, F. T. O guandu como adubo verde: implicações agronômicas e alelopáticas. **Cadernos de Agronomia e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 25-40, 2022.

SOUZA, R. T. **Manejo conservacionista e saúde do solo: o papel da biomassa vegetal**. Editora Acadêmica Brasil, Belo Horizonte, 2022. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2017.

HIJANO, N. et al. Interferência: conhecer para usá-la a nosso favor. **Matologia: Estudos sobre plantas daninhas**, v. 1, p. 106-144, 2021.