



## Avaliação dos efeitos alelopáticos do extrato aquoso de folhas secas de *Psidium guajava* L. sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de *Phaseolus vulgaris* L.

Evaluation of the allelopathic effects of the aqueous extract of dried leaves of *Psidium guajava* L. on the germination and initial development of *Phaseolus vulgaris* L.

G. L. C. Giombelli\*; A. L. M. Taveira; I. O. Siqueira; B. J. S. Jeanfelice;  
W. Krein; C. R. Caldas; J. M. Corsato; A. M. T. Fortes

Laboratório de Fisiologia Vegetal - LAFEV, Unioeste, 85819-110, Cascavel-Paraná, Brasil

\*guilhermelcgiombelli@gmail.com

(Recebido em 09 de outubro de 2024; aceito em 17 de março de 2025)

A alelopatia é um fenômeno natural que consiste na liberação de metabólitos secundários de plantas, e pode ter efeito benéfico ou prejudicial sobre outras plantas. Há grande potencial em incorporar a alelopatia em práticas agrícolas mais sustentáveis, contudo, em sistemas agroflorestais, esse fenômeno precisa ser avaliado na proposição de consórcios entre diferentes espécies de plantas para evitar prejuízos. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo inicial para avaliar em condições laboratoriais os efeitos alelopáticos do extrato aquoso de folhas secas de *Psidium guajava* L. em diferentes concentrações sobre o processo germinativo e o desenvolvimento inicial de plântulas de *Phaseolus vulgaris* L. As variáveis avaliadas foram porcentagem, tempo médio, índice de velocidade, frequência relativa e índice de sincronização do processo germinativo, porcentagem de plântulas normais e anormais, comprimento médio e massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas e teores de lipoperoxidação das raízes de *P. vulgaris*. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os principais resultados observados foram a diminuição da porcentagem de plântulas normais, do comprimento médio e da massa seca da raiz de *P. vulgaris* conforme o aumento da concentração dos extratos de *P. guajava*. Também foi observado maior índice de sincronização e maiores teores de lipoperoxidação na presença dos extratos. Portanto, em condições laboratoriais, o extrato aquoso de folhas secas de *P. guajava* apresentou efeito inibitório sobre os parâmetros avaliados.

Palavras-chave: sistema silviagrícola, feijão, goiaba.

Allelopathy is a natural phenomenon that consists of the release of secondary metabolites from plants, and can have beneficial or harmful effects on other plants. There is great potential to incorporate allelopathy into more sustainable agricultural practices; however, in agroforestry systems, this phenomenon needs to be evaluated in the proposal of consortia between different plant species to avoid losses. Therefore, the objective of this work was to conduct an initial study to evaluate, under laboratory conditions, the allelopathic effects of the aqueous extract of dried leaves of *Psidium guajava* L. at different concentrations on the germination process and initial development of *Phaseolus vulgaris* L. seedlings. The variables evaluated were percentage, average time, speed index, relative frequency and synchronization index of the germination process, percentage of normal and abnormal seedlings, average length and dry mass of the shoot and root of seedlings, and lipid peroxidation levels of the roots of *P. vulgaris*. The data were subjected to analysis of variance and the means were compared by Tukey's test at 5% probability. The main results observed were the decrease in the percentage of normal seedlings, the average length and the dry mass of the *P. vulgaris* root as the concentration of *P. guajava* extracts increased. A higher synchronization index and higher levels of lipid peroxidation were also observed in the presence of the extracts. Therefore, under laboratory conditions, the aqueous extract of dry leaves of *P. guajava* showed an inhibitory effect on the parameters evaluated.

Key-words: agroforestry, bean, guava.

## 1. INTRODUÇÃO

A alelopatia é um fenômeno natural que consiste na liberação de aleloquímicos, substâncias produzidas pelo metabolismo secundário de plantas, microrganismos e fungos. Todos os vegetais são capazes de sintetizar diferentes classes de aleloquímicos, que podem ser liberados por lixiviação, volatilização, exsudação e decomposição do material vegetal no solo. Esse fenômeno traz vantagem na competição entre plantas pelos recursos naturais e os efeitos dessas substâncias sobre a planta receptora podem ser benéficos ou deletérios, podendo ser visualizados sobre a germinação, o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais [1-3].

O uso da alelopatia na agricultura moderna é limitado, mas pode auxiliar na promoção de sistemas mais sustentáveis. Os aleloquímicos podem atuar no metabolismo de outros seres vivos e podem promover a redução populacional de plantas, patógenos, nematoides e insetos indesejados, reduzindo a necessidade da inserção de agroquímicos na produção agrícola. O efeito alelopático pode ser mais intensificado em sistemas agroflorestais, visto que há maior diversidade de espécies nas áreas cultivadas. Neste contexto, torna-se interessante avaliar as interações alelopáticas entre as espécies de interesse agrícola visando garantir o sucesso dos consórcios [4, 5].

As agroflorestas são sistemas de plantio dinâmicos, baseados no consórcio de espécies arbóreas e culturas agrícolas. Nesses sistemas é possível observar aumento dos serviços ecossistêmicos, da produtividade das culturas e da retenção e disponibilidade de água para as espécies consorciadas. Além disso, há maior resiliência do sistema frente às mudanças climáticas e fenômenos meteorológicos diversos. Para o produtor, isso representa maior autonomia e diversificação da produção agrícola [6, 7].

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é uma espécie interessante para ser utilizada nesses sistemas de cultivo. É uma árvore semidecídua, nativa da Mesoamérica e da América do Sul e em condições naturais, pode auxiliar no estabelecimento de comunidades vegetais secundárias. É naturalizada nos trópicos, se desenvolve bem em baixas latitudes, consegue se adaptar em diferentes condições ambientais e por esse motivo pode ser considerada uma espécie invasora em formações campestres. É muito utilizada em pomares domésticos e em plantações. Pode começar a produzir frutos a partir do primeiro ano após o plantio, sendo que estes possuem versatilidade comercial, pois podem ser consumidos *in natura* ou serem processados em diversos produtos. Entretanto, em suas folhas já foram identificadas diferentes classes de aleloquímicos, os quais podem influenciar o desenvolvimento de plantas consorciadas [8-11].

As leguminosas são muito utilizadas em consórcio com outras plantas, principalmente devido a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, que reduz sua competição pelo nitrogênio presente no solo, e sua biomassa, ao ser decomposta, pode disponibilizar nitrogênio para as demais plantas. O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie capaz de desempenhar esse papel ecossistêmico e pode ser cultivado em diferentes sistemas de produção, desde monocultivos mecanizados até em consórcios com outras plantas em pequenas propriedades. É uma planta anual e muito utilizada na América Latina como fonte proteica na alimentação. Além disso, o consórcio do feijão em entrelinhas de sistemas silviagrícolas que contém árvores frutíferas se mostrou pertinente e é uma alternativa para aumentar a renda do produtor e diversificar a produção [12-14].

Tendo em vista os benefícios que sistemas agroflorestais podem proporcionar ao produtor e ao ambiente, fica evidente a importância do estudo das interações alelopáticas entre espécies de interesse nestes sistemas de cultivo. A goiaba, por possuir versatilidade comercial e o feijão por ser uma cultura importante para a alimentação humana, além de prover serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais, podem constituir um consórcio interessante. Entretanto, as características descritas da goiaba podem representar um desafio para a união dessas culturas. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo inicial e em condições laboratoriais para avaliar o efeito alelopático do extrato aquoso de folhas secas de *Psidium guajava* L. sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de *Phaseolus vulgaris* L, ponderando propor discussões sobre um possível consórcio entre as duas espécies em um sistema silviagrícola.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia Vegetal (LAFEV) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *Campus* de Cascavel, no período de setembro de 2023 a abril de 2024.

### 2.1 Prospecção fitoquímica preliminar

Folhas frescas de *P. guajava* foram obtidas de uma propriedade rural do município de Corbélia - PR (24° 47' 56" S, 53° 18' 25" O). Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar a 40°C para a secagem até atingirem massa constante. Quando secas, as folhas foram trituradas em moinho de facas tipo Willey e o pó gerado foi armazenado em recipientes de vidro protegidos da luz e da umidade até a instalação dos experimentos.

A prospecção fitoquímica do pó de folhas secas de *P. guajava*, foi realizada segundo a metodologia descrita por da Silva et al. (2010) [15]. Para a preparação do extrato etanólico, 40 g do pó das folhas secas de *P. guajava* foram suspensas em 200 mL de etanol 92,8%. A suspensão foi levada à banho-maria a 60°C em média por 15 minutos. Em seguida, a mistura foi filtrada em pano fino e em papel filtro. O volume foi ajustado para 200 mL e o extrato resultante foi armazenado em frasco de vidro âmbar ao abrigo da luz.

As classes de aleloquímicos avaliados foram: saponinas, alcaloides, flavonoides, esteroides e taninos. Para a prospecção de saponinas, o extrato etanólico foi reagido com clorofórmio e água destilada e em seguida agitado. Para alcaloides, foi realizada a reação de Dragendorff. Para flavonoides, foi realizada a reação com ácido clorídrico e fita de magnésio. Para esteroides, foi realizada a reação de Lieberman-Burchard. Para taninos, foi realizada a reação com solução alcoólica de cloreto férrico.

### 2.2 Extrato aquoso

Os extratos foram preparados nas concentrações de 2,5, 5, 7,5 e 10 % (p/v). O pó das folhas foi pesado, respectivamente para cada extrato, e misturado em água destilada por um minuto e em seguida as misturas foram armazenadas ao abrigo da luz por 4 horas para então serem filtradas com o auxílio de um filtro de pano [16]. As sementes e plântulas foram submetidas a esses extratos e à água destilada (0,0% p/v), totalizando 5 tratamentos (0,0, 2,5, 5, 7,5, 10 % p/v), e foram acondicionadas em câmara de germinação do tipo B.O.D., com fotoperíodo de 12 horas luz/escuro e temperatura de 25°C ± 2°C.

### 2.3 Teste de germinação

Para a avaliação do efeito alelopático dos extratos de folhas secas de *P. guajava* foram utilizadas 50 sementes de feijão da variedade IAC Veloz, as quais foram acondicionadas entre 3 folhas de papel para germinação do tipo Germitest®. Os papéis foram umedecidos com 2,5 vezes seu peso seco de acordo com os tratamentos descritos anteriormente e armazenados em rolos. A avaliação foi diária e foram contabilizadas como germinadas as sementes que possuíam no mínimo 2 milímetros ou mais de raiz primária [17]. Com os dados obtidos na contagem diária de sementes germinadas, foram calculadas as variáveis: porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG) [18], índice de velocidade de germinação (IVG) [19], frequência relativa de germinação e índice de sincronização de germinação [20].

### 2.4 Avaliação da normalidade das plântulas

Foi realizado teste de germinação para avaliar a normalidade das plântulas de feijão IAC Veloz sob os extratos de folhas secas de *P. guajava*, adaptado de Brasil (2009) [21]. Foram dispostas 20 sementes de feijão entre 3 folhas de papel para germinação do tipo Germitest®. Os papéis

foram umedecidos com 2,5 vezes o seu peso seco de acordo com os tratamentos descritos anteriormente e armazenados em rolos dispostos na vertical envoltos por sacos plásticos [22]. Após 7 dias, as plântulas foram avaliadas como normais, anormais e mortas, de acordo com os critérios estabelecidos em Brasil (2009) [21].

## 2.5 Desenvolvimento inicial em laboratório

Para a avaliação do efeito alelopático dos extratos de folhas secas de *P. guajava* sobre o desenvolvimento inicial do feijão IAC Veloz, foi adaptada a metodologia descrita por Krzyzanowski et al. (2020) [22]. Foram pré-germinadas sementes de feijão durante 3 dias em rolos de 3 folhas de papel para germinação do tipo Germitest® umedecidos apenas com água destilada. Após esse período, 10 plântulas com raiz em torno de 3 a 5 cm foram acondicionadas entre 3 folhas de papel para germinação umedecidos com 2,5 vezes seu peso seco com os tratamentos descritos. Os rolos de papel para germinação foram armazenados em recipientes de aproximadamente 2 L cobertos por sacos plásticos transparentes. A ação dos extratos sobre as plântulas ocorreu por 7 dias. Ao final do experimento, foram quantificados o comprimento da parte aérea e da raiz e as respectivas massas secas [22] de 5 plântulas de cada repetição. Para obter a massa seca, as plântulas foram submetidas a uma estufa de circulação de ar forçada na temperatura de 60°C até atingirem massa constante.

## 2.6 Análises de lipoperoxidação da membrana de raízes

A quantificação de malondialdeído (MDA) foi realizada de acordo com Heath e Paker (1968) citados por Rama Devi e Prasad (1998) [23]. Foram utilizadas 5 raízes de plântulas de feijão coletadas do experimento de desenvolvimento inicial em laboratório. As raízes foram congeladas em nitrogênio líquido e pulverizadas em almofariz. Foram homogeneizados em almofariz 300 mg do pó resultante em 5 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico 0,25% e ácido tricloroacético 10%. O conteúdo resultante foi incubado em banho-maria a 90°C por uma hora. Após o resfriamento, o homogeneizado foi centrifugado a 1000 rpm por 15 minutos em temperatura ambiente. O sobrenadante foi coletado e submetido a leitura de absorvância em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 560 e 600 nanômetros. A diferença entre as duas leituras foi utilizada para calcular a quantidade de malondialdeído em nmol TBARS.g<sup>-1</sup> entre os diferentes tratamentos.

## 2.7 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado para todos os experimentos (DIC). Todos os bioensaios tiveram 5 tratamentos com 4 repetições. Os valores obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas e as representações gráficas foram realizadas com auxílio do programa RStudio versão 4.2.2 [24].

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No extrato de folhas secas de *P. guajava* observa-se a presença de esteroides, taninos, alcaloides e flavonoides (Tabela 1). Os resultados obtidos corroboram com o trabalho de Kenneth et al. (2017) [25], além de que no presente estudo, foi constatada a presença de saponinas em extratos produzidos com água e metanol e em extratos metanólicos não foi constatada a presença de alcaloides [8, 25, 26]. A prospecção de aleloquímicos depende dos métodos de extração e dos solventes utilizados assim como a produção e concentração de aleloquímicos na planta depende de fatores ambientais da localização em que está inserida [27, 28].

Tabela 1: Prospecção fitoquímica do extrato etanólico de folhas secas de *Psidium guajava* L. (+: presença, -: ausência).

Classe de aleloquímicos	Extrato etanólico
Saponinas	-
Esteroides	+
Taninos	+
Alcaloides	+
Flavonoides	+

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas para as variáveis porcentagem, tempo médio e índice de velocidade de germinação das sementes de feijão submetidas ao extrato aquoso de *P. guajava* (Figura 1). Segundo Ferreira e Aquila (2000) [1], a ação dos aleloquímicos é geralmente menos expressiva na porcentagem de germinação, enquanto o tempo médio e a velocidade seriam variáveis mais sensíveis a presença dos aleloquímicos.

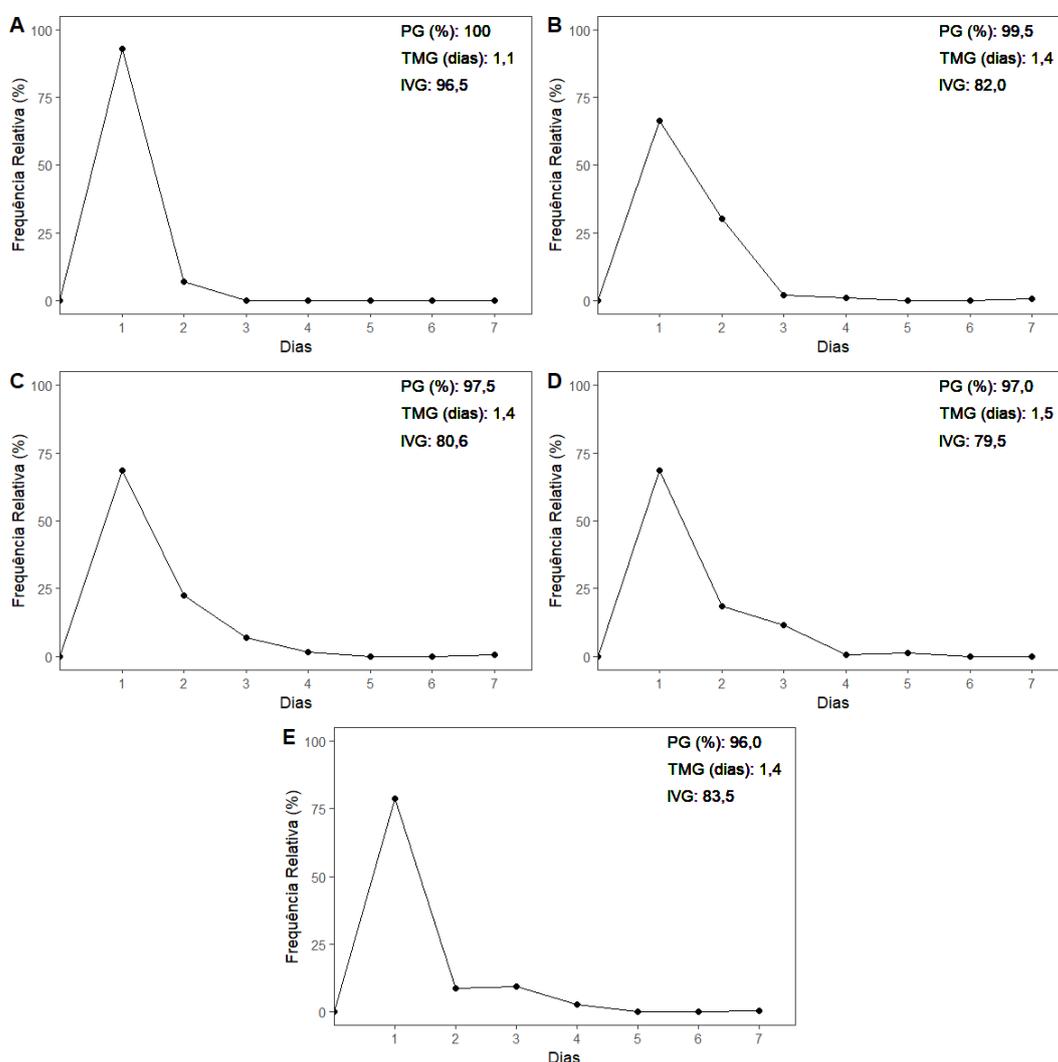


Figura 1: Frequência relativa da germinação de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. sob extrato de folhas secas de *Psidium guajava* L. nas concentrações de 0% (A), 2,5% (B), 5% (C), 7,5% (D) e 10% (p/v) (E). Porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG).

O processo de germinação do feijão também se mostrou menos sensível aos efeitos alelopáticos de outras plantas doadoras. Resultados obtidos no experimento de Teixeira et al. (2011) [29] indicam menor sensibilidade sobre a germinação de sementes de feijão submetidas ao pó de folhas secas de *Digitaria horizontalis* incorporado no solo, visto que a porcentagem, a velocidade e o tempo médio de emergência do feijão também não foram afetados. Altas taxas de germinação também foram relatadas em sementes de feijão submetidas ao extrato aquoso de folhas secas de *Bauhinia forficata* [30], entretanto, nesse estudo, o índice de velocidade de germinação reduziu nas concentrações de 5 e 10% (p/v), e o tempo médio de germinação aumentou conforme o aumento das concentrações dos extratos.

Contudo, o potencial alelopático de *P. guajava* foi evidenciado no processo de germinação de outras espécies. Foi observada a redução da porcentagem de germinação de diásporos de alface submetidos à extratos aquosos de folhas frescas na maior concentração (20%) [31]. Além disso, a aplicação de extratos aquosos de folhas secas de *P. guajava* em *Parthenium hysterophorus* também diminuiu a porcentagem de emergência a partir de concentrações baixas (25%) [32]. Esses resultados validam a presença de aleloquímicos nesta espécie, mesmo não apresentando resultados semelhantes em sementes de feijão.

Na Figura 1, observa-se que a frequência relativa de germinação das sementes de feijão teve um comportamento unimodal e o pico de germinação ocorreu no primeiro dia de avaliação em todos os tratamentos. Entretanto, o aumento da concentração dos extratos levou a redução da intensidade dos picos e a maior distribuição da germinação ao longo do tempo. Consequentemente, a redução e a distribuição da germinação afetaram a sincronização desse processo (Figura 2).

Observa-se que para o índice de sincronização, o tratamento testemunha obteve a menor média e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 2). Entretanto, não houve diferença significativa para essa variável nas sementes submetidas às diferentes concentrações do extrato. Portanto, a presença do extrato já é capaz de interferir no índice de sincronização de germinação das sementes de feijão.

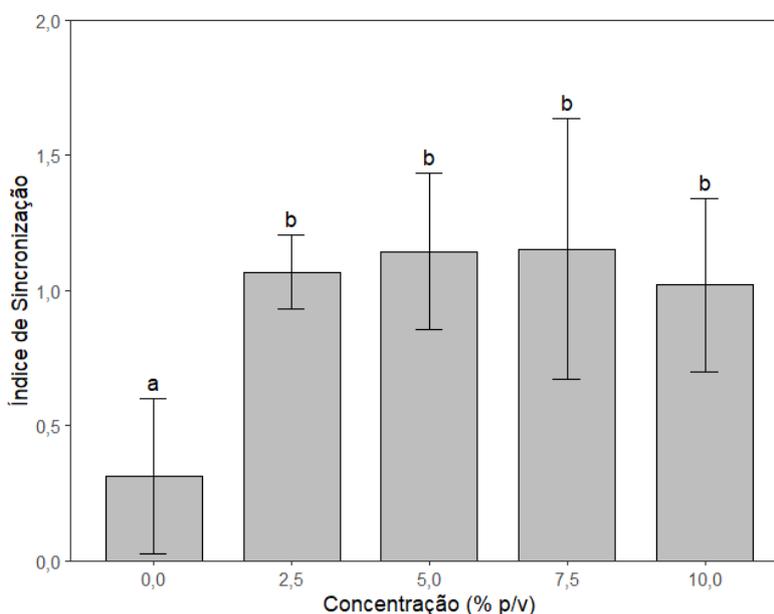


Figura 2: Índice de sincronização de germinação de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. sob extrato de folhas secas de *Psidium guajava* L. em diferentes concentrações. Valores acompanhados de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O deslocamento para a direita da frequência relativa de germinação do feijão também foi observado em solo incorporado com *D. horizontalis* [29]. A distribuição da germinação ao longo do tempo pode estar relacionada ao efeito das classes de aleloquímicos sobre o metabolismo da

semente, por conta de atrasos ou impedimentos da mobilização de reservas ao embrião [33]. Sementes não sincronizadas podem causar a desuniformidade na área de plantio e podem acarretar prejuízos, pois haverá plantas em diferentes estágios de desenvolvimento, as quais podem propiciar o aparecimento de plantas indesejadas e influenciar no rendimento da colheita [34, 35].

Com relação ao desenvolvimento de plântulas normais e anormais (Figura 3), pode-se observar que neste experimento há uma relação inversamente proporcional entre o aumento da concentração dos extratos e a diminuição da porcentagem de plântulas normais. Ao mesmo tempo, o aumento da concentração dos extratos provocou uma relação diretamente proporcional no desenvolvimento de plântulas anormais. As características mais observadas nas plântulas anormais foram o hipocótilo e a raiz retorcidos e o cotilédono deformado.

Plântulas normais indicam o potencial que determinada plântula tem em continuar seu desenvolvimento e se estabelecer como uma planta normal [21]. Entretanto, diversos aleloquímicos podem influenciar no desenvolvimento de plântulas anormais e podem revelar respostas fisiológicas a níveis moleculares [1]. Plântulas anormais muito provavelmente não conseguirão se estabelecer e se desenvolver em plantas normais e isso pode estar relacionado à defeitos na mobilização e na estabilidade de reservas energéticas da semente, e representa prejuízos na produtividade e no rendimento da colheita [36].

Além disso, de acordo com as características observadas nas plântulas anormais do presente estudo (raízes e hipocótilos retorcidos), o efeito alelopático parece ter ocorrido sobre a síntese e a distribuição de auxina pelas plântulas. Os flavonoides podem atuar no transporte de auxina pelas raízes e comprometer o crescimento da planta [37]. Além disso, os aleloquímicos podem afetar o gravitropismo das plântulas pela dispersão dos estatólitos pelo citoplasma dos estatócitos e promover crescimento anormal [38]. Os impactos morfológicos no desenvolvimento das raízes levam ao comprometimento do seu estabelecimento no solo e podem acarretar prejuízos no desenvolvimento da parte aérea durante o ciclo de vida da planta e consequentemente comprometer a produtividade [39].

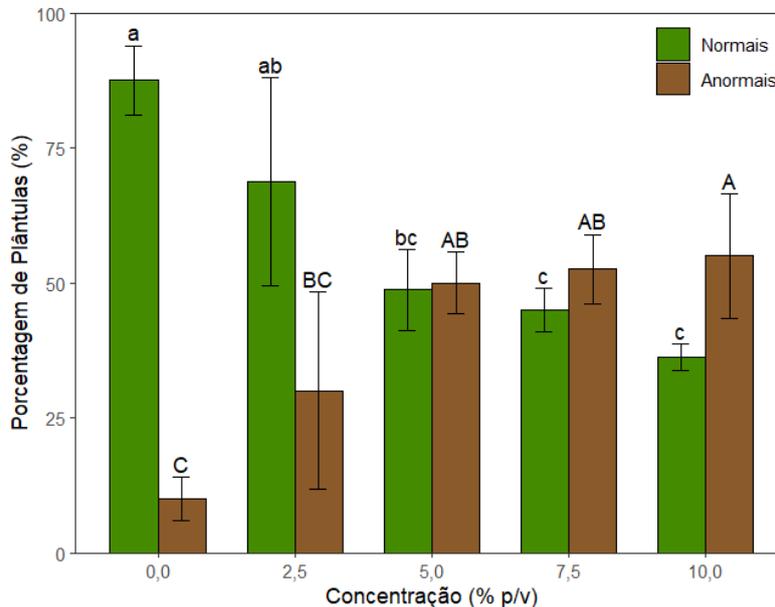


Figura 3: Porcentagem de plântulas de *Phaseolus vulgaris* L. normais e anormais germinadas sob extrato de folhas secas de *Psidium guajava* L. em diferentes concentrações. Valores acompanhados de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam a porcentagem de plântulas normais e letras maiúsculas comparam a porcentagem de plântulas anormais entre os tratamentos.

A respeito do desenvolvimento inicial da parte aérea do feijão, observa-se diferença estatística para o comprimento médio entre a testemunha e o extrato na concentração de 7,5% (p/v). Com

relação à massa seca da parte aérea, não houve diferença estatística entre o tratamento testemunha e os demais tratamentos com os extratos (Figuras 4 A e C). Com relação ao desenvolvimento inicial da raiz, nota-se uma tendência à diminuição das variáveis avaliadas (comprimento médio de raiz e massa seca de raiz) com o aumento da concentração dos extratos (Figuras 4B e 4D). O comprimento médio da raiz na maior concentração do extrato diminuiu quase 2 vezes quando comparado à testemunha. Para a variável massa seca de raiz, apenas o extrato na concentração de 10% (p/v) diferiu significativamente da testemunha (Figura 4D).

Assim como no presente trabalho, a aplicação de extrato aquoso de folhas secas de *P. guajava* a partir da concentração de 25% inibiu o crescimento da raiz de plântulas de *P. hysterophorus* e também foi observada uma tendência à diminuição da raiz [32]. Um estudo com extratos aquosos de folhas frescas e secas de *P. guajava* demonstrou que em ambos os extratos houve inibição do crescimento da raiz e da parte aérea de *Cassia occidentalis*, sendo que em maiores concentrações os efeitos das folhas secas foram mais expressivos [40], resultados também observados para massa seca das raízes do presente trabalho.

As plântulas são mais sensíveis aos aleloquímicos quando comparadas às plantas maduras, pois estão mais suscetíveis aos estresses ambientais [38]. Além disso, os efeitos prejudiciais são mais evidentes sobre as raízes, pois estão em maior contato com os aleloquímicos [29]. Além disso, o menor comprimento e a redução na massa seca da raiz de plântulas promovem a diminuição de sua área de superfície. Em condições ambientais, isso limita o balanço hídrico e pode comprometer o desenvolvimento da plântula e levar a morte [41].

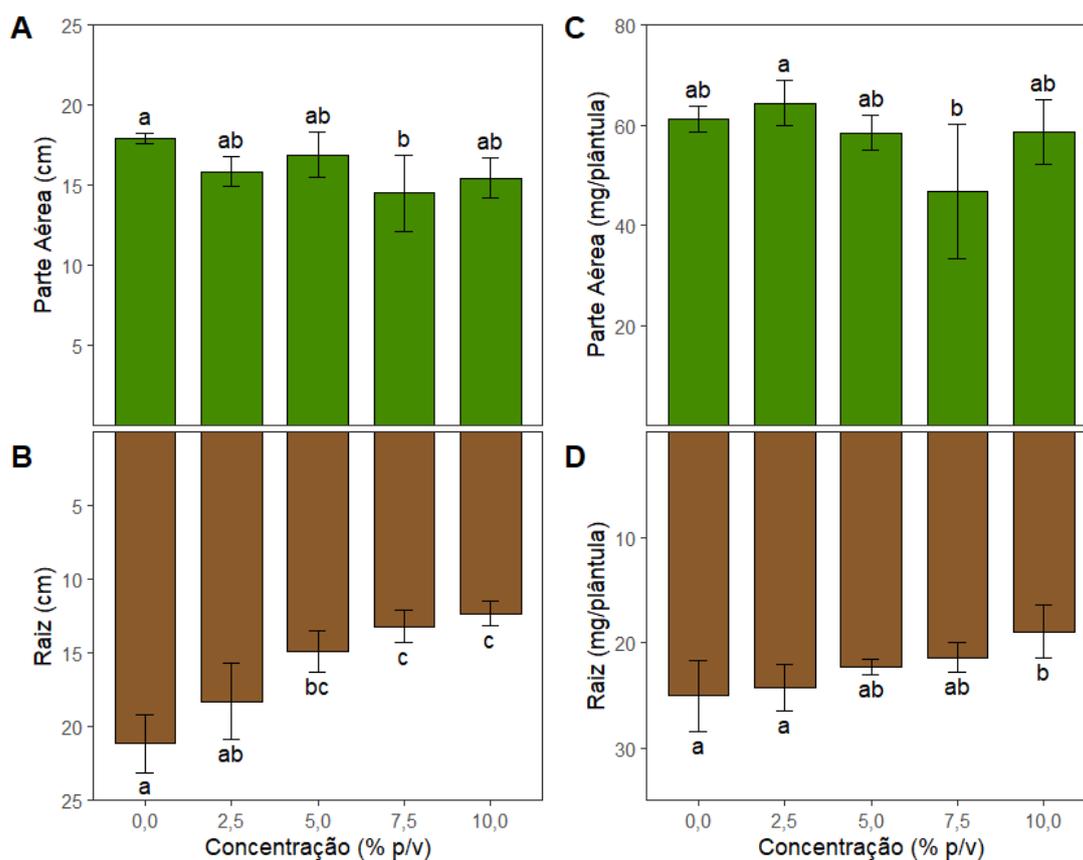


Figura 4: Comprimento médio da parte aérea (A) e da raiz (B) e da massa seca da parte aérea (C) e da raiz (D) de plântulas de *Phaseolus vulgaris* L. sob extrato de folhas secas de *Psidium guajava* L. em diferentes concentrações. Valores acompanhados de letras diferentes diferem do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A análise de lipoperoxidação evidenciou que os teores de malondialdeído (MDA) diferiram significativamente entre a testemunha e os demais tratamentos (Tabela 2). Observa-se que o

extrato, nas diferentes concentrações, gerou maior peroxidação lipídica da membrana das células da raiz quando comparados à testemunha. Entretanto, as diferentes concentrações dos extratos não diferiram significativamente entre si. Com isso, observam-se danos causados pelo extrato a partir da concentração 2,5% p/v, os quais não foram evidenciados no teste de desenvolvimento inicial.

Tabela 2: Teores de malondialdeído (MDA) presentes nas raízes de plântulas de *Phaseolus vulgaris* L. sob extrato de folhas secas de *Psidium guajava* L. em diferentes concentrações.

Concentração	nmol TBARS.g <sup>-1</sup>
0,0	13,4 ± 1,0 a
2,5	17,1 ± 0,9 b
5,0	15,6 ± 0,4 b
7,5	17,5 ± 0,8 b
10,0	16,7 ± 1,5 b
CV %	6,03

Valores acompanhados de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A lipoperoxidação é um dos principais efeitos evidenciado pelo acúmulo de espécies reativas de oxigênio [38]. Esse fenômeno acarreta prejuízos aos sistemas de membranas e aumenta a permeabilidade das células, o que pode levar à morte [42]. Atrelado à capacidade de alguns aleloquímicos modificarem a estrutura das mitocôndrias nas células da raiz e à interferência nas membranas pela lipoperoxidação, ocorre a diminuição da concentração de ATP, o que compromete processos que demandam energia, como a absorção de íons e as divisões celulares [33, 42]. Assim, os níveis de peroxidação lipídica observados neste experimento evidenciam que o extrato de *P. guajava* interfere no sistema radicular do feijão, o que pode afetar a competição dessa espécie por recursos disponíveis no solo, comprometendo assim seu crescimento [43], como foi observado pela variável comprimento médio da raiz.

Resultados em trabalhos de alelopatia sob condições de laboratório são indicativos do comportamento que pode ser observado no campo. Contudo, os resultados em laboratório tendem a ser mais evidentes [1]. Vale ressaltar que em sistemas agroflorestais, observa-se maior transporte de nutrientes pelas camadas do solo e enriquecimento do solo pela incorporação da matéria orgânica, o que contribui para o aumento da produtividade relatado nesses sistemas de cultivo [4]. Além disso, a presença e a ação dos aleloquímicos no solo dependem das condições ambientais que ocorrem nas agroflorestas, como a senescência das folhas, o índice pluviométrico e o efetivo contato entre o material em decomposição e as demais plantas [44].

Assim, ao contrário do observado neste trabalho, folhas secas de *P. guajava* misturadas ao solo, em vasos, promoveram maior comprimento médio de raiz e melhor desenvolvimento das inflorescências do trigo, sendo que esses resultados podem estar associados à matéria orgânica misturada ao solo dos vasos do experimento [45]. Além disso, o plantio do feijão sob a palha de diferentes plantas forrageiras estimulou seu crescimento e não interferiu no índice de velocidade de emergência, entretanto diminuiu a porcentagem de emergência das plântulas [16]. A partir disso, novos estudos são necessários para verificar como o efeito alelopático de *P. guajava* observado em condições laboratoriais pode influenciar o desenvolvimento do feijão em condições ambientais.

#### 4. CONCLUSÃO

O extrato aquoso de folhas secas de *P. guajava* promoveu efeitos prejudiciais sobre o crescimento da raiz, estimulou o desenvolvimento de plântulas anormais e aumentou os níveis de lipoperoxidação das raízes de *P. vulgaris*. Portanto, em condições laboratoriais, o extrato aquoso de folhas secas de *P. guajava* apresentou efeito inibitório sobre o desenvolvimento inicial de *P. vulgaris*.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ferreira AG, Aquila MEA. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. Rev Bras Fisiol Vegetal. 2000;12:175-204.
2. Corsato JM, Fortes AMT, Porto EC, Ribeiro MI, Fruehwirth M. Estresse oxidativo mediado por aleloquímicos e suas implicações na germinação e crescimento inicial de plantas. J Agron Sci. 2016;5:136-50.
3. Aci MM, Sidari R, Araniti F, Lupini A. Emerging trends in allelopathy: A genetic perspective for sustainable agriculture. Agronomy. 2022;12(9):2043. doi: 10.3390/agronomy12092043
4. Rizvi SJH, Tahir M, Rizvi V, Kohli RK, Ansari A. Allelopathic interactions in agroforestry systems. Crit Rev Plant Sci. 1999;18(6):773-96. doi: 10.1080/07352689991309487
5. Singh HP, Batish DR, Kohli RK. Allelopathy in agroecosystems: an overview. J Crop Prod. 2001;4(2):1-41. doi: 10.1300/J144v04n02\_01
6. Maia AG, dos Santos Eusebio G, Fasiaben MDCR, Moraes AS, Assad ED, Pugliero VS. The economic impacts of the diffusion of agroforestry in Brazil. Land Use Policy. 2021 Sep;108:1-11. doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105489
7. Frederico S, Moral YP. Sistema agroflorestal e autonomia: uma revisão sistemática. Rev NERA. 2022;25(63):190-209. doi: 10.47946/rnera.v25i63.8968
8. Gutiérrez RMP, Mitchell S, Solis RV. *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. J Ethnopharmacol. 2008 Apr;117(1):1-27. doi: 10.1016/j.jep.2008.01.025
9. Lorenzi H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 6. ed. São Paulo (SP): Instituto Plantarum de Estudos da Flora; 2014.
10. Fischer G, Melgarejo L. Ecophysiological aspects of guava (*Psidium guajava* L.): A review. Rev Colomb Cienc Hortic. 2021;15(2):1-11. doi: 10.17584/rcch.2021v15i2.12355
11. Proença CEB, Tuler AC, Lucas EJ, Vasconcelos TNDC, de Faria JEQ, Staggemeier VG, et al. Diversity, phylogeny and evolution of the rapidly evolving genus *Psidium* L. (Myrtaceae, Myrteae). Ann Bot. 2022;129(4):367-88. doi: 10.1093/aob/mcac005
12. Graham PH, Ranalli P. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Res. 1997;53(1-3):131-46. doi: 10.1016/S0378-4290(97)00112-3
13. Brooker RW, Bennett AE, Cong WF, Daniell TJ, George TS, Hallett PD, et al. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. New Phytol. 2015;206(1):107-17. doi: 10.1111/nph.13132
14. Dartora J, Assmann JM, Fernandes WC, de Medeiros MJ, Quinaglia GDP, Kiyota N. Produção de cultivares de feijão agroecológico nas entrelinhas de um sistema agroflorestal. Cad Agroecol. 2022;17(3):1-5.
15. da Silva NLA, Miranda FAA, da Conceição GM. Triagem fitoquímica de plantas de Cerrado, da área de proteção ambiental municipal do Inhamum, Caxias, Maranhão. Sci Plena. 2010;6(2):1-17.
16. Carvalho WP, Carvalho GJ, Andrade MJB, Fonseca G, Andrade L, Oliveira DP, et al. Alelopatia de adubos verdes sobre feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev Bras Biociênc. 2012;10(1):86-93.
17. Hadas A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. J Exp Bot. 1976;27(3):480-9. doi: 10.1093/jxb/27.3.480
18. Edmond JB, Drapala WJ. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. Proc Am Soc Hort Sci. 1958;71:428-34.
19. Silva JB, Nakagawa J. Estudos de fórmulas para cálculo de velocidade de germinação. Inf ABRATES. 1995;5:62-73.
20. Labouriau LG, Agudo M. On the physiology of seed germination in *S. hispanica* L. Temperature effects. An Acad Bras Cienc. 1987;59(1):37-56.
21. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília (DF): MAPA; 2009. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_\\_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf)
22. Krzyzanowski FC, França-Neto JB, Gomes-Junior FG, Nakagawa J. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In: Krzyzanowski FC, Vieira RD, França-Neto JB, Marcos-Filho J, editores. Vigor de sementes: Conceitos e testes. Londrina (PR): Abrates; 2020. p. 79-102.
23. Devi SR, Prasad MNV. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: response of antioxidant enzymes and antioxidants. Plant Sci. 1998;138(2):157-65. doi: 10.1016/S0168-9452(98)00161-7
24. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna (AT): R. Foundation for Statistical Computing; 2013. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.

25. Kenneth E, Ogu AC, Okwu GI, Uka CJ, Ihekwereme CP. Phytochemical analysis and antibacterial activity of *Psidium guajava* L. leaf extracts. GSC Biol Pharm Sci. 2017;1(2):13-9. doi: 10.30574/gscbps.2017.1.2.0024
26. Jani NA, Azizi NAA, Aminudin NI. Phytochemical screening and anti-oxidant activity of *Psidium guajava*. Malays J Anal Sci. 2020;24(2):173-8.
27. Shaikh JR, Patil M. Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. Int J Chem Stud. 2020;8(2):603-8. doi: 10.22271/chemi.2020.v8.i2i.8834
28. Inderjit, Wardle DA, Karban R, Callaway RM. The ecosystem and evolutionary contexts of allelopathy. Trends Ecol Evol. 2011;26(12):655-62. doi: 10.1016/j.tree.2011.08.003
29. Teixeira RN, Rocha Pereira MR, de Campos CF, Martins D. Germination and early growth of soybean, dry bean and turnip grown under *Digitaria horizontalis* straw. Biosci J. 2011;27(5):677-85.
30. Porto EC, da Luz EMZ, Rodrigues GDAG, Ribeiro MI, Corsato JM, Fortes AMT. Resposta do sistema antioxidante e fisiologia da germinação de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. sob ação de extrato aquoso de *Bauhinia forficata* Link. J Soc Technol Environ Sci. 2021;10(1):461-76. doi: 10.21664/2238-8869.2021v10i1.p461-476
31. Chapla TE, Campos JB. Allelopathic evidence in exotic guava (*Psidium guajava* L.). Braz Arch Biol Technol. 2010;53(6):1359-62. doi: 10.1590/S1516-89132010000600012
32. Kapoor D, Rinzim, Tiwari A, Sehgal A, Landi M, Brestic M, et al. Exploiting the allelopathic potential of aqueous leaf extracts of *Artemisia absinthium* and *Psidium guajava* against *Parthenium hysterophorus*, a widespread weed in India. Plants. 2019;8(12):1-13. doi: 10.3390/plants8120552
33. Gniazdowska A, Bogatek R. Allelopathic interactions between plants. Multi site action of allelochemicals. Acta Physiol Plant. 2005;27(3):395-407.
34. da Silva PSS. Atuação dos aleloquímicos no organismo vegetal e formas de utilização da alelopatia na agronomia. Biotemas. 2012;25(3):65-74. doi: 10.5007/2175-7925.2012v25n3p65
35. Mitchell J, Johnston IG, Bassel GW. Variability in seeds: biological, ecological, and agricultural implications. J Exp Bot. 2017;68(4):809-17. doi: 10.1093/jxb/erw397
36. Rehmani MS, Xian B, Wei S, He J, Feng Z, Huang H, et al. Seedling establishment: The neglected trait in the seed longevity field. Plant Physiol Biochem. 2023;200:1-7. doi: 10.1016/j.plaphy.2023.107765
37. Cheng Y, Li M, Xu P. Allelochemicals: A source for developing economically and environmentally friendly plant growth regulators. Biochem Biophys Res Commun. 2023;680:1-8. doi: 10.1016/j.bbrc.2023.149248
38. Šoln K, Dolenc Koče J. Allelopathic root inhibition and its mechanisms. Allelopath J. 2021;52(2):181-98. doi: 10.26651/allelo.j/2021-52-2-1315
39. Leskovar DI, Stoffella PJ. Vegetable seedling root systems: morphology, development, and importance. HortScience. 1995;30(6):1153-9.
40. Kawawa RCA, Muyekho FN, Obiri JF, Agevi H, Obiet L. The allelopathic impact of *Psidium guajava* L., leaf extracts on the germination and growth of *Cassia occidentalis* L., seeds. IOSR J Agric Vet Sci. 2016;9(7):101-5. doi: 10.9790/2380-090701101105
41. Grossnickle SC. Why seedlings survive: influence of plant attributes. New Forests. 2012;43(5):711-38. doi: 10.1007/s11056-012-9336-6
42. Cheng F, Cheng Z. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. Front Plant Sci. 2015;6:1-16. doi: 10.3389/fpls.2015.01020
43. Schroth GJAS. A review of belowground interactions in agroforestry, focussing on mechanisms and management options. Agrofor Syst. 1998;43:5-34. doi: 10.1023/A:1026443018920
44. Devi M. Allelopathy in agroforestry: a review. J Pharmacogn Phytochem. 2017;6(3):686-8.
45. Iqbal J, Rauf HA, Shah AN, Shahzad B, Bukhari MA. Allelopathic effects of rose wood, guava, eucalyptus, sacred fig and jaman leaf litter on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in a wheat-based agroforestry system. Planta Daninha. 2017;35:1-11. doi: 10.1590/S0100-83582017350100060