

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELA PILATTI

SELETIVIDADE DO ALELOQUÍMICO PIPLARTINA PARA A CULTURA DA SOJA

PATO BRANCO

2022

GABRIELA PILATTI

SELETIVIDADE DO ALELOQUÍMICO PIPLARTINA PARA A CULTURA DA SOJA

Selectivity of the allelochemical piplartin for soybean culture

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Michelangelo Muzell Trezzi, Prof. Dr.

Coorientadora: Sirlei Dias Teixeira, Prof.^a Dr.^a

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GABRIELA PILATTI

Seletividade do aleloquímico piplartina para a cultura da soja

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia do *Campus* Pato Branco da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 24/novembro/2022

Michelangelo Muzell Trezzi
Doutor em Fitotcnia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Sirlei Dias Teixeira
Doutora em Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Martha Menin
Mestre em Processos Químicos e Bioquímicos
Secretaria de Educação do Estado do Paraná

Gabrielli Monzani de Lima
Mestre em Processos Químicos e Bioquímicos
Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP)

PATO BRANCO

2021

Dedico este trabalho à minha família,
pelos momentos de ausência e por toda a
ajuda recebida.

AGRADECIMENTOS

Deixo neste momento todo o meu carinho e os mais sinceros agradecimentos a todos que fizeram parte desta caminhada.

Agradeço em especial aos meus pais por todo apoio, estrutura e incentivo, ao meu namorado por sempre estar ao meu lado, reiterando que eles foram essenciais para que eu vencesse mais esta jornada. Também agradeço aos meus amigos por todas as vezes que me ouviram e aconselharam.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi, a minha coorientadora Prof.^a Dr.^a Sirlei Dias Teixeira, por todos os ensinamentos.

Agradeço ao LABSOLOS pelo auxílio na construção do conhecimento e nas análises efetuadas para esse trabalho.

Deixo o meu agradecimento ao CNPq, Fundação Araucária e FNDE pelas bolsas de iniciação científica e extensão das quais obtive durante a graduação. Com isso, agradeço a todos os meus ex-orientadores, bem como, o Tutor do Grupo PET.

Agradeço aos meus colegas de todos os grupos de pesquisa e extensão dos quais fiz parte, em especial do Grupo Niped e também aos acadêmicos, mestrandos, estagiários e professores do curso de Química da UTFPR pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço a Deus pela vida.

Obrigada!

Cada dia a natureza produz o suficiente para
nossa carência. Se cada um tomasse o que lhe
fosse necessário, não havia pobreza no mundo e
ninguém morreria de fome.
(Mahatma Gandhi).

RESUMO

A cultura da soja é a commodity de maior destaque no Brasil, com incrementos de produtividade muito significativos nos últimos anos. A necessidade pelo aumento de produtividades está passando por ameaças de ordem fitossanitária, destacando-se um cenário complexo de infestações crescentes de plantas daninhas, com biótipos resistentes e tolerantes a herbicidas. A alelopatia surge como uma opção promissora na busca de novas substâncias de origem natural, com potencial herbicida, podendo-se utilizarem programas de manejo de plantas daninhas de difícil controle. Os derivados de *Piper tuberculatum*, dentre eles a piplartina já demonstraram eficiência no controle de plantas daninhas de grande importância agrícola. Neste estudo foram realizados experimentos para determinar a influência da piplartina sobre a germinação e o desenvolvimento de plantas de soja, sobre a cultivar TMG 2757 IPRO. Analisando a seletividade desse aleloquímico em aplicações em pré e pós-emergência. No experimento de germinação foram determinados o índice de velocidade, tempo médio de germinação e comprimento da radícula e hipocótilo, percentual de plântulas normais, anormais e mortas. Em pré-emergência, foram determinados o percentual de emergência, o índice de velocidade e o tempo médio de emergência. Em pré e pós-emergência foram avaliados o comprimento da parte aérea, comprimento de parte radicular, número de folhas, fitotoxicidade e matérias verde e seca da parte aérea e de raiz. No bioensaio de germinação não houve influência negativa da piplartina sobre a germinação e no desenvolvimento das sementes de soja. Em pré-emergência, os resultados negativos foram praticamente nulos, sendo a única variável afetada a massa verde de raiz, entretanto não diferindo da testemunha. Em pós-emergência, a interferência da piplartina sobre o desenvolvimento da soja foi baixa, pois o decréscimo provocado por algumas doses não diferiu da testemunha. Portanto, os resultados de seletividade da piplartina para a cultura da soja foram muito promissores, visto que não apresentaram interferência negativo nessa cultura.

Palavras-chave: Alelopatia; manejo com herbicidas; *Piper tuberculatum*; soja.

ABSTRACT

Soybean is the most prominent commodity in Brazil, with very significant increases in productivity in recent years. The higher yields involves phytosanitary threats, among which a complex scenario of growing infestations of weeds, stands out herbicide resistant and tolerant weed biotypes,. Allelopathy appears as a promising option in the search for new molecules of natural origin, whose potential can be used in programs for the management of weeds that are difficult to control. Derivatives of *Piper tuberculatum*, including piplartine, have already demonstrated efficiency in controlling weeds of great agricultural importance. In this study, experiments were carried out to determine the influence of piplartine on germination and development of soybean plants, cultivar TMG 2757 IPRO, as well as the selectivity of this allelochemical in pre- and post-emergence applications on the same cultivar. In the germination experiment, the speed index and mean time of germination, radicle and hypocotyl length, as well as the percentage of normal, abnormal and dead seedlings were determined. In the pre-emergence experiment, the percentage of emergence, the speed index and the average emergence time were determined. Both in pre and post-emergence experiments were evaluated plant height, shoot length, number of leaves, phytotoxicity and fresh and dry matter of shoots and roots. In the germination bioassay, there was no negative influence of piplartine on the germination and development of soybean seeds. In pre-emergence, the negative results were practically null, being the only variable affected the fresh mass of the root, however not differing from the control. In post-emergence, the interference of piplartine on soybean development was very low, as the decrease caused by some doses did not differ from the control without piplartine application. Therefore, the selectivity results of piplartine for the soybean crop were very promising.

Keywords: Allelopathy; management with herbicidas; *Piper tuberculatum*; soybean..

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Planta de <i>Piper tuberculatum</i> Jacq.....	18
Figura 2 – Estrutura química da piplartina.....	19
Figura 3 – Medição de hipocótilo e radícula.....	22
Figura 4 – Medição de raízes.....	25
Figura 5 – Coleta de diâmetro de caule.....	26
Figura 6 – Tempo médio de germinação (TMg) de sementes de soja da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina e testemunha.....	27
Figura 7 – Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de soja da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina e testemunha. .	27
Figura 8 – Comprimento de radícula de plântulas de soja da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina e testemunha.....	28
Figura 9 – Comprimento de hipocótilo de plântulas de soja da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina e testemunha.....	28
Figura 10 – Plantas normais, anormais e mortas da cultivar TMG 2757 IPRO resultantes de tratamentos com diferentes doses de piplartina e testemunha.....	29
Figura 11 – Porcentagem de germinação da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha.....	30
Figura 12 – Índice de velocidade (IVE) e tempo médio de emergência (TME) da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha.....	31
Figura 13 – Altura de planta da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha.....	31
Figura 14 – Diâmetro de caule da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha.....	32
Figura 15 – Comprimento da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha.....	32
Figura 16 – Número de folhas da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha.....	33
Figura 17 – Massa verde da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha.....	33
Figura 18 – Massa seca da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha.....	34
Figura 19 – Altura de planta da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha.....	36
Figura 20 – Diâmetro de caule da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha.....	36
Figura 21 – Comprimento da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha.....	37

Figura 22 – Número de folhas da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha.....	37
Figura 23 – Massa verde da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha.....	38
Figura 24 – Massa seca da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IVE	Índice de velocidade de emergência
IVG	Índice de velocidade de germinação
NBR	Normas Brasileiras
ppm	Partes por milhão
TME	Tempo médio de emergência
TMG	Tropical Genética & Melhoramento
TMg	Tempo médio de germinação
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Geral.....	14
2.2	Específicos.....	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1	Interferência de plantas daninhas.....	15
3.2	Manejo com herbicidas.....	16
3.3	Alelopatia.....	17
3.4	Compostos de <i>Piper tuberculatum</i>.....	18
3.5	Cultura da soja.....	19
3.5.1	Cultivar de soja TMG 2757 IPRO.....	20
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1	Extração da amida.....	21
4.2	Preparo das soluções e tratamentos.....	21
4.3	Bioensaio de germinação.....	21
4.4	Avaliações do bioensaio de germinação.....	22
4.5	Aplicações em pré e pós-emergência.....	23
4.6	Avaliações em pré-emergência.....	24
4.7	Avaliações em pós-emergência.....	25
4.8	Análises estatísticas.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.1	Bioensaio de germinação.....	27
5.2	Pré-emergência.....	30
5.3	Pós-emergência.....	35
6	CONCLUSÕES.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41
	APÊNDICE A – Comparação de médias bioensaio de germinação.....	45
	APÊNDICE B – Comparação de médias pré-emergência.....	47
	APÊNDICE C – Comparação de médias pós-emergência.....	49
	ANEXO A – Escala de Frans.....	51

1 INTRODUÇÃO

Planta daninha é considerada toda planta indesejada no meio agrícola, a qual, de alguma maneira causa influência negativa nas espécies cultivadas, através da competição por espaço, nutrientes, água e luz (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011). Estas plantas interferem diretamente no desenvolvimento das plantas de culturas agrícolas e é a maior causadora de infestações em áreas de lavoura. Além disso, vem apresentando maior tolerância e resistência aos mecanismos de ação disponíveis no mercado.

A cultura da soja é destaque no cenário agrícola nacional, sendo produzida em todas as regiões do país. Apresentando variadas destinações e inúmeros derivados de grande importância para a subsistência humana e animal. A soja é prejudicada pela presença de espécies infestantes nas lavouras, principalmente nos seus estádios iniciais de desenvolvimento. Atualmente, o controle químico é o método mais utilizado no manejo de plantas daninhas na cultura. No entanto, o uso inadequado e mal planejado de herbicidas e outras práticas de manejo inapropriadas têm intensificado o processo de seleção de plantas daninhas tolerantes e resistentes a herbicidas (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

Por conseguinte, a utilização de manejos alternativos é uma aposta para reduzir os inúmeros de casos de resistência, ao mesmo tempo em que o controle seja eficiente e não cause danos grandes a produtividade. A alelopatia está entre as alternativas promissoras ao controle de plantas daninhas como bioherbicidas, sendo esta, definida pela capacidade de uma planta de influenciar no desenvolvimento de outra por meio da liberação de substâncias do seu metabolismo especializado. Esta interferência pode ser negativa, neutra ou positiva. O efeito negativo ocorre quando a substância reduz o desenvolvimento ou causa a morte de outras espécies. Já o efeito positivo, quando ele potencializa o desenvolvimento da planta alvo.

O uso de substâncias extraídas de plantas ou outros organismos da natureza traz benefícios ao ambiente e tem maior aceitação por parte da população, por reduzir a utilização de substâncias sintéticas. Além disso, a descoberta de novas substâncias tem grande capacidade de originar novos mecanismos de ação, aos quais as plantas infestantes não possuem tolerância e isso permite níveis de controle mais elevados.

As plantas do gênero *Piper* se destacam pela grande quantidade de compostos já isolados com capacidade alelopática (MIRANDA *et al.*, 2021). Dentre estas, a espécie *Piper tuberculatum* ganha relevância por possuir amidas com elevado potencial de controle de plantas daninhas, entre as amidas encontradas está a piplartina. Entretanto há poucos estudos realizados que demonstrem o potencial da piplartina no controle de plantas daninhas e na seletividade desta substância para espécies cultivadas importantes no Brasil. Neste contexto, os estudos que determinem o potencial alelopático dessas substâncias são extremamente relevante para a agricultura brasileira.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a seletividade da piplartina, amida isolada de *P. tuberculatum* (pimenta longa) para a cultura da soja.

2.2 Específicos

Verificar a influência da piplartina, amida isolada de *P. tuberculatum* (pimenta longa) sobre o processo germinativo e crescimento de soja;

Avaliar a seletividade de diferentes doses de Piplartina aplicada sobre o solo (pré-emergência) e sobre a parte aérea (pós-emergência) da cultura da soja;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Interferência de plantas daninhas

Um dos fatores que mais influenciam o desenvolvimento e conseqüentemente, afetam a produtividade das grandes culturas, são as plantas daninhas. Estas por sua vez, competem diretamente com as cultivadas por água, luz, nutrientes e espaço (KARAM; MELHORANÇA, 2008). As plantas daninhas são plantas não desejadas no meio agrícola e que, de alguma maneira causam a redução da produtividade da planta cultivada presente no campo (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011).

Fleck e Candemil (1993) apontam que os prejuízos gerados por estas plantas aos campos cultivados podem ser quantitativos, sendo o principal a redução da produtividade, podendo atingir até 90%, quando não adotadas práticas de controle, e qualitativos, influenciando o desenvolvimento das plantas. Além da redução da produtividade, as plantas daninhas podem trazer problemas secundários às grandes produções agrícolas no país, não competindo diretamente com as plantas cultivadas, mas sendo hospedeiras de pragas e doenças, que podem vir a afetar a cultura presente no campo (FLECK; CANDEMIL, 1993).

A convivência entre plantas daninhas e cultivadas é inevitável, pois em algum momento do ciclo de desenvolvimento de uma grande cultura agrícola, uma planta invasora estará presente no campo de cultivo, entretanto, conhecer a biologia destas plantas e os fatores de interferência é fundamental para adotar medidas que sejam eficientes no controle das mesmas e conseqüentemente, na redução dos danos ocasionados por elas (MONQUEIRO, 2014).

As plantas daninhas possuem características que permitem sua adaptação e sobrevivência em diferentes condições, até mesmo nas mais precárias ao desenvolvimento quando comparadas com plantas cultivadas (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Se caracterizam pelo crescimento rápido e grande capacidade de produção e propagação de sementes. Com isso, ocorre um aumento cada vez maior na capacidade de disseminação destas plantas. São inúmeras as formas pelas quais as plantas daninhas podem se disseminar, sendo estas naturais,

através do carregamento pela água e vento e também pelas ações humanas, como os implementos agrícolas e atividades de produção animal.

Silva *et al.* (2009) consideram que a densidade de plantas daninhas em uma lavoura, bem como, a duração do período de interferência destas sobre as culturas, são os fatores primordiais para o déficit da produção agrícola, com isso, quanto maior a infestação e maior o período de convivência entre plantas daninhas e cultivadas, maior será o prejuízo à produção. Ainda nesta linha, Carvalho *et al.* (2011) apontam que a interferência está relacionada a três condições, sendo elas: a cultura, na qual o porte de cultivar, a densidade de semeadura e espaçamento entre plantas e linhas são os fatores mais importantes; as plantas daninhas, sendo densidade, distribuição e composição específica os fatores primordiais; e as condições de ambiente, principalmente clima e solo, atuam interagindo com os demais fatores citados.

Portanto, manejos adequados, diminuem a interferência com as plantas cultivadas, e conseqüentemente, propiciam o aumento da capacidade produtiva das mesmas, diminuindo a capacidade de propagação e disseminação destas plantas indesejáveis (GOMES JUNIOR; CHRISTOFFOLETI, 2008).

3.2 Manejo com herbicidas

Atualmente o uso de herbicidas é o método de controle mais utilizado na agricultura brasileira. Segundo Vargas *et al.* (2016) o uso desta prática é também a mais eficiente no controle destas plantas, pela praticidade e rapidez. Ela consiste na aplicação de produtos químicos que, em sua grande maioria, não são nocivos às grandes culturas, entretanto, tóxicos à maioria das plantas daninhas presentes na lavoura, diminuindo a interferência sobre as cultivadas e conseqüentemente, os danos à cultura (ANANIAS *et al.*, 2020). Estes produtos foram introduzidos no país a partir de 1945, quando se deu início a chamada “modernização da agricultura”, com o intuito de facilitar os tratamentos culturais e aumentar a produtividade e seu uso foi aumentando grandemente ao longo do tempo (SALOMÃO; FERRO; RUAS, 2020).

No entanto, associados aos benefícios trazidos pelos herbicidas podem ocorrer situações negativas, como fitointoxicação e fitotoxicidade das culturas pelo uso incorreto destes produtos e tais situações podem comprometer a produtividade de

uma lavoura (ANANIAS *et al.*, 2020). Outro fator negativo associado ao uso de agroquímicos é a resistência das plantas daninhas. Os casos de resistência limitam cada vez mais o número de herbicidas alternativos presentes no mercado, bem como o número de ingredientes ativos disponíveis para controlar determinadas plantas se torna restrito, agravando os problemas causados por biótipos resistentes (VARGAS; ROMAN, 2006).

O uso excessivo de herbicidas na agricultura também tem implicações sobre a resistência de plantas daninhas (VARGAS *et al.*, 2016). Segundo os autores, isso se deve ao uso do mesmo mecanismo de ação nas áreas de cultivo por muitos anos, sem a adoção de outras práticas de manejo que possam prevenir este problema. Com isso, a adoção de práticas alternativas no manejo e controle destas plantas em áreas agrícolas é fundamental, sendo a utilização de compostos alelopáticos uma opção de substituição dos produtos químicos (VARGAS *et al.*, 2016).

3.3 Alelopatia

A alelopatia pode ser definida como a interferência causada pela liberação de substâncias, por parte de plantas ou organismos, sobre o desenvolvimento de outros componentes do ambiente (PIRES; OLIVEIRA, 2011). Segundo Carvalho *et al.* (2011) os compostos alelopáticos podem estar presentes em qualquer parte de uma planta, desde as raízes até a área foliar. Pires e Oliveira (2011) apontam que a liberação natural desses metabólitos por parte das plantas pode ocorrer por volatilização, lixiviação, exudação radicular e pela decomposição dos tecidos vegetais e isto, influencia diretamente no desenvolvimento de outras presentes ao seu redor.

O potencial alelopático utilizado para controle de plantas daninhas na agricultura moderna ainda é pouco explorado. Balbinot Junior (2004) menciona que estes compostos podem interferir tanto na germinação, quanto no desenvolvimento de plantas, entretanto, cita que a germinação se mostra menos sensível aos danos de aleloquímicos em comparação ao desenvolvimento vegetativo.

A utilização de compostos alelopáticos traz benefícios como a diminuição do uso de substâncias sintéticas, contribuiu com o manejo em de áreas com

infestações de plantas daninhas resistentes e tolerantes aos herbicidas, pela possibilidade de originar um novo mecanismo de ação (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Além disso, a alelopatia se apresenta como uma grande alternativa para controle de plantas daninhas, visto que traz a possibilidade da descoberta de novos compostos químicos eficientes ao controle e ao mesmo tempo menos danosos ao ambiente (SOUZA FILHO, 2002).

3.4 Compostos de *Piper tuberculatum*

Existem na literatura centenas de relatos de plantas que possuem ação alelopática, no entanto, muitos destes compostos foram estudados como potenciais inseticidas e até mesmo com antimicrobianos, sendo o seu potencial para o manejo de plantas daninhas ainda pouco explorado (BALBINOT JUNIOR, 2004).

Dentre as plantas com grande potencial alelopático, destacam-se as do gênero *Piper*, pertencente à família das Piperaceas, que possuem plantas com diversas finalidades desde ornamental, medicinal, até a utilização na alimentação humana (MENIN, 2021). Esta família contém cerca de 12 gêneros e 1.400 espécies, sendo que, 170 destas já foram localizadas no Brasil (SOUZA; LORENZI, 2008).

Miranda *et al.* (2002) apontam que as plantas pertencentes a este gênero, em geral apresentam grande capacidade de produção de óleos voláteis e metabólitos fixos, principalmente, ligninas e amidas. Dentre estas, as plantas de *P. tuberculatum* se destacam por liberarem ao ambiente substâncias com relevante potencial de efeito alelopático.

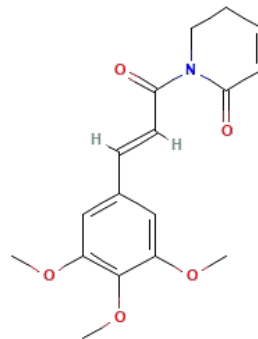
Figura 1 – Planta de *Piper tuberculatum* Jacq.



Fonte: Bornstein (2021).

Dentre as amidas liberadas no ambiente por plantas de *P. tuberculatum*, pode-se destacar a piplartina (5,6-di-hidro-1-[1-oxo-3-(3,4,5-trimetoxifenil)-2-propenil]-2(1H) piridinona), substância com grande potencial alelopático, utilizada amplamente para a medicina humana e como inseticida no meio agrícola (BEZERRA *et al.*, 2008). Entretanto, outros estudos como de Celis *et al.* (2009) e Alves *et al.* (2017), consideram a piplartina um bioherbicida ainda pouco estudado e explorado.

Figura 2 – Estrutura química da piplartina



Fonte: USDA (2022).

3.5 Cultura da soja

A soja tem como seu centro de origem o Nordeste da Ásia, contudo sua disseminação ocorreu rapidamente para outros continentes através das grandes navegações. No Brasil, a primeira aparição de uma lavoura cultivada de soja se deu no ano de 1882, na Bahia, sendo posteriormente, disseminada para os outros estados (FREITAS, 2011).

Até a década de 50, a soja não tinha muita importância no mercado brasileiro, sendo a sua produção voltada principalmente para a alimentação animal (DALLA'AGNOL *et al.*, 2007). Para Fleek e Candemil (1993) o estabelecimento como uma cultura de grande importância para o país aconteceu a partir de 1950, onde o grão passou a ser produzido em grande escala e o seu mercado comercial evoluiu significativamente. Desde então, a produção nacional da commodity passou por grandes avanços, buscando a melhor qualidade de produção e a rentabilidade

aos agricultores. Corroboram com o aumento da produção nacional as grandes expansões territoriais em regiões antes pouco exploradas pela agricultura (FREITAS, 2011).

Freitas (2011) aponta que o crescimento da produção do grão no país se deve também aos avanços tecnológicos implementadas no campo, como o avanço da mecanização, o desenvolvimento de cultivares de grande potencial produtivo e tolerantes a diversos tipos de pragas e doenças. Segundo Dall'Agnol *et al.* (2007) com a ampliação da sua utilização, a oleaginosa passou ao status de maior cultura agrícola do país.

A demanda por este grão é cada vez maior, visto que, é um grande componente da alimentação humana e animal, podendo dar origem a inúmeros derivados importantes na cadeia alimentar mundial (COLUSSI *et al.*, 2016).

Atualmente, devido aos projetos de melhoramento e manejo, a soja é produzida em todas as regiões do país. Dall'Agnol *et al.* (2007) apontam que as perspectivas para o futuro da cultura são de crescimento em nível de produtividade nacional, bem como, de demanda por exportação. O crescimento no mercado interno também deve ser expressivo, principalmente em nível de novos subprodutos de indústrias não convencionais. Na safra 2020/21 o Brasil atingiu o status de maior produtor mundial se soja, produzindo cerca de 135 milhões de toneladas do grão, em uma área aproximada de 38 milhões de hectares cultivados (CONAB, 2021).

3.5.1 Cultivar de soja TMG 2757 IPRO

A cultivar de soja TMG 2757 IPRO tem como características, o alto potencial produtivo e resistência à fitóftora e ao acamamento. Tem hábito de crescimento indeterminado e apresenta tolerância ao cancro da haste, podridão radicular de fitóftora, pústula bacteriana e nematoide de cisto. Apresenta resistência média ao oídio. Seu ciclo gira entre 115 e 130 dias, variando a localidade, além de ser uma cultivar indicada para produtores da Região Sul, por ter uma melhor adaptação e desenvolvimento. É uma cultivar que exige uma alta fertilidade de solo e pertence ao grupo de maturação 5.7 (TMG, 2021).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Três experimentos foram conduzidos nas dependências da UTFPR, Campus Pato Branco. O primeiro experimento foi efetuado no Laboratório de Plantas Daninhas do Curso de Agronomia, em câmara do tipo BOD, e foi avaliado o efeito da piplartina sobre o processo germinativo de plantas de soja. Outros dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Curso de Agronomia, com a finalidade de avaliar o efeito da piplartina aplicada nas modalidades de pré-emergência e pós-emergência.

4.1 Extração da amida

A extração da piplartina (amida), foi feita nos laboratórios do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP). As raízes das plantas de *P. tuberculatum* foram expostas a secagem em estufa a 45 °C, sendo em seguida, trituradas. A amida foi extraída com o auxílio de metanol, o qual atua como solvente para a liberação do composto. Este processo foi repetido três vezes em temperatura ambiente. Em seguida ocorreu a filtração, restando somente o pó de amida.

4.2 Preparo das soluções e tratamentos

Para os testes de germinação em BOD, foram preparadas soluções de piplartina em água destilada. Foi preparada inicialmente uma solução-estoque de concentração 750 ppm, sendo posteriormente diluída em doses menores de 500, 250 e 125 ppm. Para todas as diluições foram acrescentadas gotas de Tween 80 e levadas ao banho Ultrassom, para uma melhor microemulsão.

Nos testes de pré e pós-emergência o preparo das soluções seguiu os mesmos preparos do bioensaio de germinação, entretanto, as doses foram maiores, sendo estas de 1000, 2000, 3000 e 4000 ppm, com concentração de solução estoque de 4000 ppm.

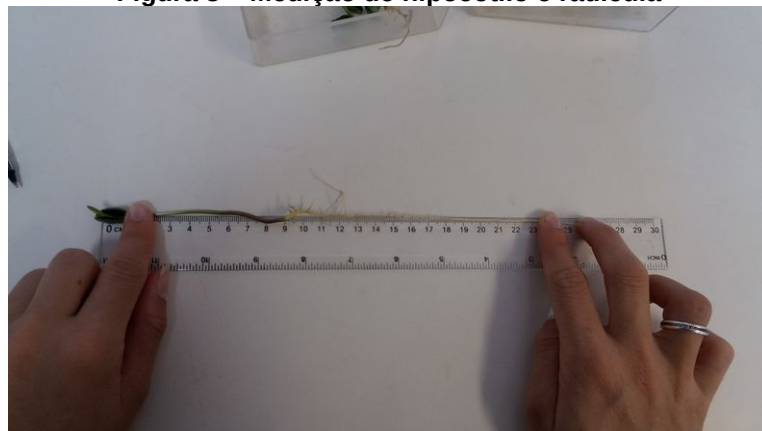
4.3 Bioensaio de germinação

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, testando a influência de cinco doses de piplartina sobre a germinação e crescimento da soja. Primeiramente, ocorreu a higienização das sementes de soja em câmara de fluxo laminar vertical do modelo MA1500/90, utilizando luz UV por 15 minutos. Na sequência, as sementes foram transferidas para caixas gerbox, as quais foram forradas com papel filtro, para ajudar manter a umidade. Em cada caixa foram depositadas 15 sementes de soja da cultivar TMG 2757 IPRO. Com isso, foram adicionadas 5,7 mL de cada uma das doses de solução de piplartina (125, 250, 500 e 750 ppm) às gerbox, além da testemunha (dose 0 ppm), totalizando 20 gerbox, com 4 repetições por dose. Em seguida, as gerbox foram levadas para câmara do tipo BOD, sob temperatura de 25 °C durante o dia e a noite, com fotoperíodo de 12 horas.

4.4 Avaliações do bioensaio de germinação

Foi efetuada a contabilização diária do número de plântulas germinadas. No sétimo dia em câmara BOD, foi realizada a medição das radículas e hipocótilos das sementes germinadas, bem como, contabilizadas as plântulas normais, anormais e mortas. Para medir as partes germinadas, as plantas foram alongadas e com o auxílio de uma régua, os valores foram obtidos e anotados.

Figura 3 – Medição de hipocótilo e radícula



Fonte: Autoria própria (2021).

Foram calculados para cada tratamento o tempo médio de germinação (TMG), porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de germinação (IVG) (SOUZA FILHO; GUILHON; SANTOS, 2010).

$$\text{Tempo médio de germinação (TMg): } TMG = (ng \times ti) / ng \quad (1)$$

Onde: ng: número de sementes germinadas;

ti: tempo (dias) após o início do bioensaio.

$$\text{Porcentagem de germinação (PG): } PG = (N/T) \times 100 \quad (2)$$

Onde: N: número de sementes germinadas no último dia;

T: número de sementes colocadas nas gerbox.

Índice de velocidade de germinação (IVG):

$$IGV = (N_1/1) + (N_2/2) + (N_3/3) + \dots + (N_n/n) \quad (3)$$

Onde: N: sementes germinadas proporcional ao dia.

Ao final desta contagem foi avaliada a porcentagem de plântulas normais (PN), anormais (PA) e mortas (PM), as quais foram obtidas por meio das seguintes equações (OLIVEIRA *et al.*, 2010):

$$PN = (nr/T) \times 100 \quad (4)$$

$$PA = (A/T) \times 100 \quad (5)$$

$$PM = (M/T) \times 100 \quad (6)$$

Onde: nr = número de plântulas normais;

A = número de plântulas anormais;

M = número de plântulas mortas;

T = número total de sementes a serem germinadas.

4.5 Aplicações em pré e pós-emergência

Dois experimentos foram efetuados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 repetições por tratamento, um para pré e outro para pós-emergência. Ambos testaram o efeito das cinco doses de solução de piplartina.

Primeiramente foi feita a coleta de solo, oriundo de uma propriedade no município de Itapejara d'Oeste - PR, o qual foi peneirado em peneira de 2 mm, seco a sombra e corrigido com gesso agrícola e NPK, seguindo as recomendações da análise de solo. Após isto, 30 potes plásticos com 9,5 centímetros de diâmetro foram esterilizados com álcool 70% e posteriormente preenchidos com o solo, ocupando um volume de 270 g.

Inicialmente, as sementes foram higienizadas em câmara de fluxo laminar vertical do modelo MA1500/90, utilizando luz UV por 15 minutos, a fim de evitar a presença de patógenos maléficos. Foram semeadas 5 sementes de soja por recipiente, a um centímetro de profundidade. Na sequência, foram adicionados 80 mL de água destilada ao solo para propiciar umidade para a germinação das plantas.

Na modalidade de pré-emergência, foram distribuídas uniformemente sobre o solo e com o auxílio de uma pipeta, 10 mL de cada solução de piplartina e na sequência ocorreu a semeadura das sementes de soja. Enquanto, em pós-emergência, 1,7 mL de solução contendo as distintas doses de piplartina foram aplicados sobre plântulas emergidas de soja, após o surgimento de duas folhas simples completamente desenvolvidas, com o auxílio de um borrifador.

A semeadura de ambas as modalidades de aplicação ocorreram no mesmo dia, sendo as mesmas transferidas para câmara BOD com temperaturas de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas, permanecendo lá até a ocorrência da primeira germinação, momento em que foram levadas para casa de vegetação. Durante todos os dias de duração do experimento, ocorreu irrigação manual das plantas utilizando um pulverizador com pressão por ação manual, com capacidade para 2 litros.

4.6 Avaliações em pré-emergência

Diariamente foram contabilizadas as plantas germinadas e a cada 7 dias após a primeira germinação, foram efetuadas as seguintes avaliações: (a) percentual de germinação (PG); e semanalmente: (b) fitotoxicidade, por meio da atribuição de notas, com auxílio da escala de Frans (1986); (c) altura de planta, sendo as duas últimas avaliações efetuadas durante 28 dias. Ao final deste período, as plantas de soja (parte aérea e sistema radicular) foram cuidadosamente retiradas dos potes,

sendo contabilizados em cada planta: (a) o comprimento da radícula; (b) o comprimento da parte aérea; (c) percentual de plântulas normais e anormais; (d) contagem do número de folhas por planta; e (e) biomassa verde e seca de raízes e parte aérea.

A diferença entre altura de planta e comprimento de parte aérea situa-se pela primeira ser considerada do solo até a última folha, sendo esta esticada e feita a medição. Já o comprimento parte do solo até o nó que carrega a última folha.

Figura 4 – Medição de raízes



Fonte: A autoria própria (2021).

4.7 Avaliações em pós-emergência

A cada 7 dias após a aplicação em pós-emergência, foram efetuadas as seguintes avaliações: (a) fitotoxicidade, por meio da atribuição de notas, com auxílio da escala de Frans (1986); (b) altura de planta. Essas medições foram efetuadas até 28 dias após a aplicação. Ao término do período, as plântulas foram cuidadosamente retiradas dos potes, sendo determinados: (a) o comprimento da radícula; (b) o comprimento da parte aérea; (c) percentual de plântulas normais e anormais; (d) número de folhas por planta e (e) biomassa verde e seca de raízes e parte aérea.

A mesma metodologia utilizada em pré-emergência para realizar as medições de altura de planta e comprimento aéreo foi repetida em pós-emergência.

Figura 5 – Coleta de diâmetro de caule



Fonte: Autoria própria (2021).

4.8 Análises estatísticas

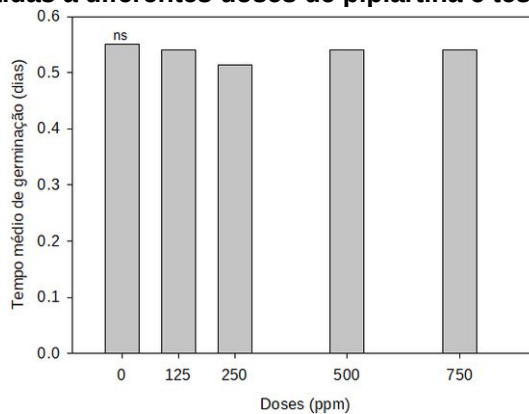
Inicialmente verificou-se a normalidade através do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade dos dados coletados, através do teste de Bartlett, com auxílio do software R. Em caso de confirmação da hipótese alternativa nas análises de variância (ANOVA) pelo mesmo software, foi aplicado o Teste de Tukey para comparação de médias, com o nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Bioensaio de germinação

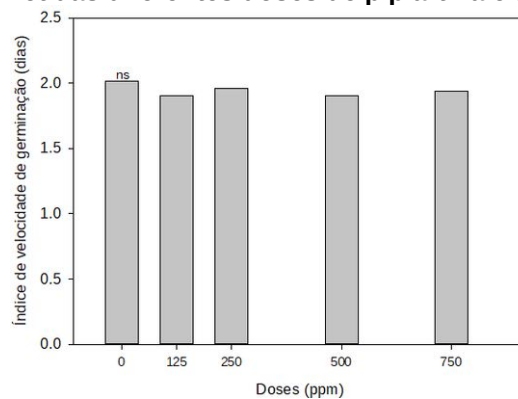
As figuras 6 e 7 apresentam o TMg e IVG, respectivamente. Não foram constatadas diferenças significativas entre as doses de piplartina e a testemunha, sem a presença do aleloquímico. Isso significa que as diferentes doses de piplartina não exerceram efeito sobre o tempo médio para a germinação das sementes e nem sobre a velocidade de germinação. É importante destacar que esses dois índices apresentam valores de magnitude opostos, pois à medida que o tempo para a germinação é reduzido a velocidade aumenta e vice-versa.

Figura 6 – Tempo médio de germinação (TMg) de sementes de soja da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

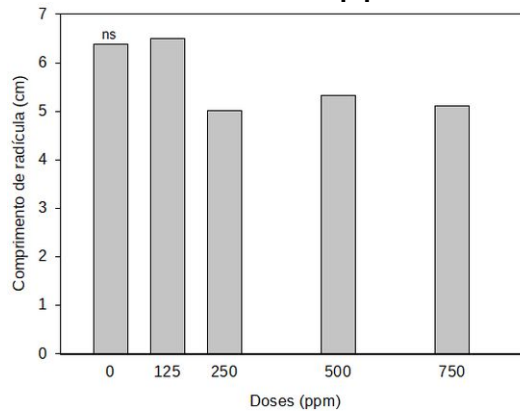
Figura 7 – Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de soja da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas diferentes doses de piplartina e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

O comprimento de radícula é apresentado na figura 8. Em valores nominais, os maiores comprimentos de radícula foram obtidos na testemunha sem piplartina e na dose de 125 ppm, entretanto, os valores não apresentaram diferenças significativas estatisticamente das demais doses.

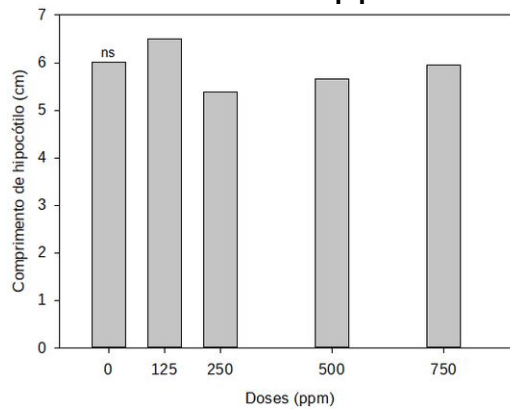
Figura 8 – Comprimento de radícula de plântulas de soja da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

A figura 9 demonstra os resultados do comprimento de hipocótilo das plantas de soja. As distintas doses de piplartina não apresentaram diferenças entre si, nem estas diferiram da testemunha.

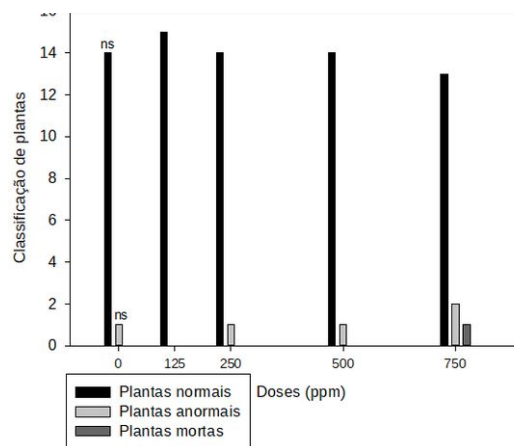
Figura 9 – Comprimento de hipocótilo de plântulas de soja da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

A contagem de plantas normais, anormais e mortas, revela que a dose 125 ppm foi a única em que houve 100% de plantas normais, com ausência de plantas anormais e mortas (figura 10). E que apenas a dose 750 ppm ocasionou a morte de uma planta, enquanto as demais não apresentaram plantas mortas, com apenas uma planta anormal (exceção a concentração de 125 ppm). Entretanto, para nenhuma dessas três variáveis foi constatada diferença significativa a 5% de probabilidade entre as distintas doses, nem destas em relação à testemunha.

Figura 10 – Plantas normais, anormais e mortas da cultivar TMG 2757 IPRO resultantes de tratamentos com diferentes doses de piplartina e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

Em síntese, os resultados do ensaio de germinação revelam um potencial muito baixo, praticamente nulo de fitotoxicidade de distintas doses de piplartina para o processo germinativo e de crescimento inicial das plantas de soja da cultivar TMG 2757 IPRO.

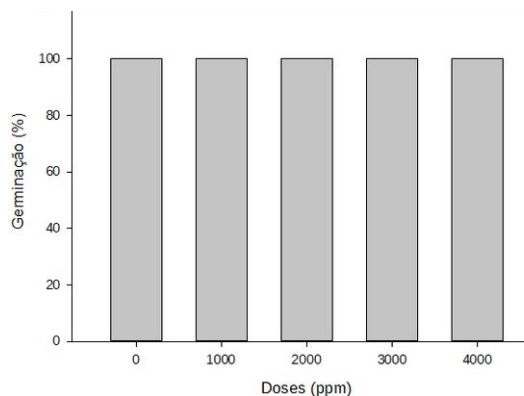
Para que um aleloquímico apresente perspectivas para uso em uma espécie cultivada, configurando um potencial bioherbicida, ele deve apresentar boa eficiência de controle de plantas daninhas e também seletividade para uma ou mais espécies cultivadas. O fato do aleloquímico piplartina apresentar baixíssimo potencial fitotóxico durante os processos iniciais de germinação e desenvolvimento desta cultivar de soja é extremamente positivo, pois indica elevada seletividade deste aleloquímico para essa cultura. Além disso, estudos conduzidos por Menin (2021), também em ambiente de laboratório, revelaram que a piplartina apresentou níveis

aceitáveis de controle das espécies Poaceae e Asteraceae, importantes plantas daninhas no Sul do Brasil.

5.2 Pré-emergência

A primeira avaliação no experimento de pré-emergência foi a porcentagem de germinação, cujos resultados estão apresentados na figura 11. Não houve influência das doses de piplartina aplicados em pré-emergência sobre a germinação de plantas, pois em todos os tratamentos houve 100% de germinação. Camargo (2013) verificou que a influência de amidas sobre a germinação é maior em monocotiledôneas e a soja é uma espécie dicotiledônea.

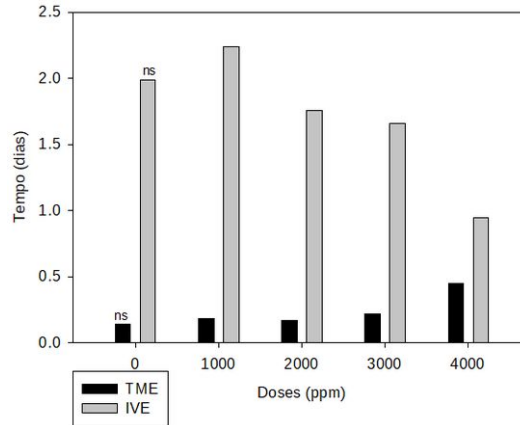
Figura 11 – Porcentagem de germinação da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

A figura 12 apresenta o tempo médio de emergência (TME) e o índice de velocidade de emergência (IVE). É possível concluir que houve um decréscimo numérico no TME a partir de doses de piplartina de 2000 ppm, porém essa diferença não é significativa estatisticamente. Quanto ao IVE, também não foram constatadas diferenças entre os tratamentos com piplartina e destes com a testemunha sem piplartina.

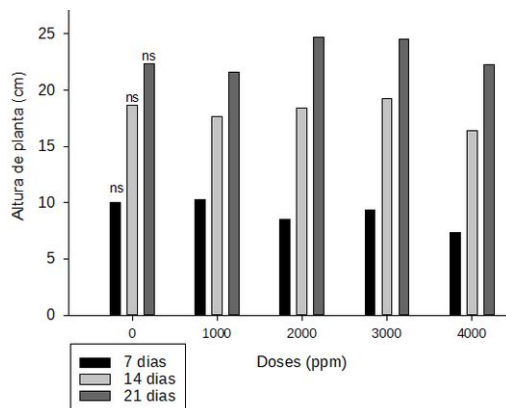
Figura 12 – Índice de velocidade (IVE) e tempo médio de emergência (TME) da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

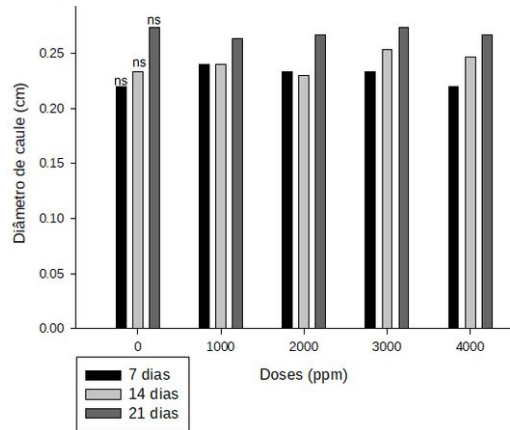
As variáveis altura de planta e diâmetro de caule também não apresentaram diferenças significativas em nível de confiança de 5% para as duas avaliações efetuadas, aos 7, 14 e 21 dias após a emergência, ou seja, as quatro doses de piplartina não provocaram diferenças significativas em altura e diâmetro de caule comparativamente à testemunha (figuras 13 e 14).

Figura 13 – Altura de planta da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

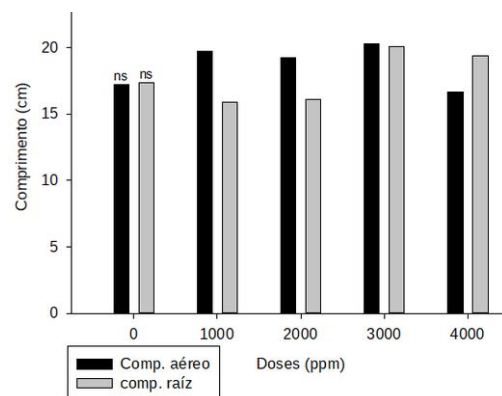
Figura 14 – Diâmetro de caule da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

A variável comprimento da parte aérea (figura 15) apresenta uma pequena diminuição na dose 4000 ppm, entretanto, isto não tem significância de prejuízos para as plantas em nível estatístico de 5 %. O comprimento de raiz também não demonstrou diferenças significativas entre as doses de piplartina e destas com a testemunha (figura 15).

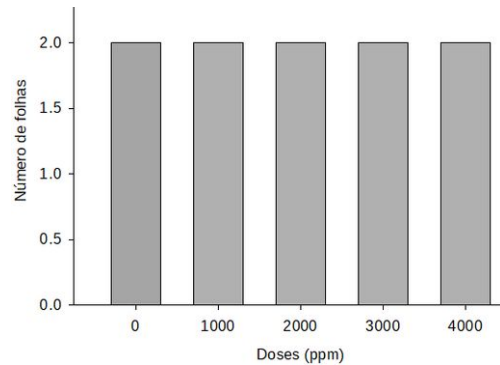
Figura 15 – Comprimento da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

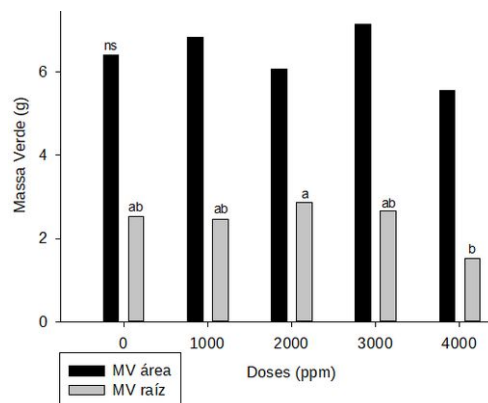
A figura 16 apresenta o número de folhas, onde é perceptível que, em todas as aplicações as plantas desenvolveram o mesmo número de folhas, não havendo assim diferença significativa entre nenhuma das doses.

Figura 16 – Número de folhas da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 17 – Massa verde da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha



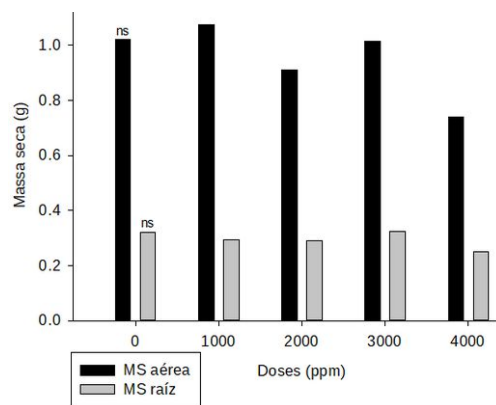
Fonte: Autoria própria (2022).

A figura 17 demonstra que a variável massa verde da parte aérea não diferiu significativamente entre os tratamentos. A análise de comparação de médias de massa verde da raiz permite observar que a dose de 4000 ppm reduziu o desenvolvimento das plantas em comparação com a dose de 2000 ppm. Porém, a

matéria verde da raiz do tratamento com 4000 ppm não diferiu estatisticamente da testemunha sem piplartina e nem das doses de 1000 e 3000 ppm. Silva *et al.* (2013) constataram em seus estudos que os efeitos alelopáticos dos óleos essenciais de Piper têm um maior efeito sobre as raízes das plantas, em relação à sua parte aérea.

A figura 18 apresenta as variáveis massa seca de parte aérea e massa seca da raiz. Apesar da dose 4000 ppm apresentar uma diminuição numérica das duas variáveis, esta não difere estatisticamente das demais, sendo assim, nenhum tratamento apresentou diferença em nível de 5%.

Figura 18 – Massa seca da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pré-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

A variável fitotoxicidade foi avaliada utilizando a escala de Frans (1986) através do estabelecimento de notas para fitotoxicidade. Para as três avaliações, aos 7, 14 e 21 dias a nota direcionada foi 0, ou seja, não houve danos visíveis nas partes aéreas das plantas ocasionados pelas diferentes doses de piplartina. E por isso esses dados não foram demonstrados na forma de figura.

Em resumo, os resultados do ensaio de pré-emergência, em que ocorreu a aplicação de distintas doses de piplartina sobre o solo revelam um potencial muito baixo de influência sobre as plantas de soja, praticamente nulo de fitotoxicidade nas distintas doses de piplartina para o processo germinativo e de crescimento inicial das plantas de soja cultivar TMG 2757 IPRO. A única variável afetada negativamente foi a matéria verde do sistema radicular, porém a mesma não diferiu

estatisticamente da testemunha. Esses resultados são promissores, uma vez que já foi constatado controle de plantas daninhas gramíneas com a aplicação de piplartina em pré-emergência, no mesmo solo em que foi desenvolvido o presente experimento (LIMA, 2022).

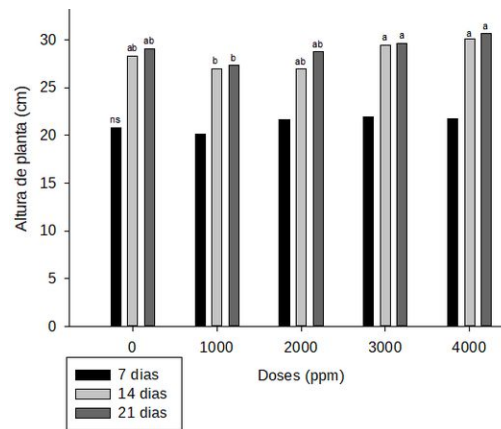
Nas aplicações de piplartina em pré-emergência, diferentemente dos testes efetuados em placas de Petri ou em pós-emergência, deve-se destacar a presença do solo como um fator que afeta a fitotoxicidade. Como já exposto por Iderjit e Nilsen (2003) o solo exerce um grande papel de retenção de compostos aleloquímicos através da adsorção pelas micelas, com isso, estes tipos de componentes ficam menos disponíveis para serem absorvidos pelas plantas e, conseqüentemente, isso diminui os sintomas negativos apresentados pelas plantas.

Arelado a isso, o trabalho de Silva (2011), que através dos estudos químicos de amidas isoladas de *Piper tuberculatum*, entre estas, a Piplartina, aponta que, plantas dicotiledôneas, como é o caso da soja, são extremamente seletivas para felilalanina como substrato para enzima tetramétrica PAL (felilalanina amônia liase), a qual está diretamente envolvida nos mecanismos de defesa das plantas. Já as plantas monocotiledôneas, como, por exemplo, nas famílias Graminácea e Poaceae as enzimas reconhecem a felilalanina como um substrato. Esta atividade enzimática das monocotiledôneas, por sua vez, pode dar origem ao ácido *p*-cumárico, causando uma diferenciação na regulação metabólica destas plantas, quando comparadas às dicotiledôneas, isto explica-se justamente pelo excesso deste composto nas plantas.

5.3 Pós-emergência

A figura 19 demonstra as alturas de planta de soja nos dias 7, 14 e 21. A altura das plantas no dia 7 não foi significativa, entretanto, nos dias 14 e 21, as doses 3000 e 4000 ppm apresentaram as melhores alturas, no entanto, estas não diferem significativamente da testemunha e da dose 2000 ppm. Já a dose 1000 ppm foi a que apresentou mais efeitos negativos com a aplicação da piplartina, entretanto, esta não diferiu significativamente das demais doses.

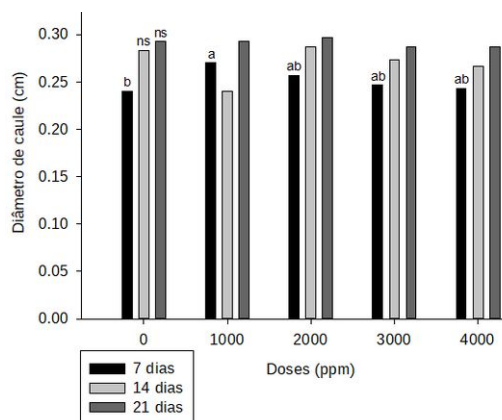
Figura 19 – Altura de planta da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

A figura 20 aponta que o diâmetro de caule apresentou diferença significativa ao 7o dia após a emergência, sendo que, a dose que apresentou menos nocividade a cultura foi a de 1000 ppm, já a dose que obteve menor diâmetro de caule foi a de 0 ppm. As demais não diferiram estatisticamente de 0 e 1000. Nas avaliações seguintes, ocorreu a homogeneização das plantas, com isso, o diâmetro aos 14 e aos 21 dias não apresentaram efeitos significativos correlacionados às doses aplicadas sobre as plantas.

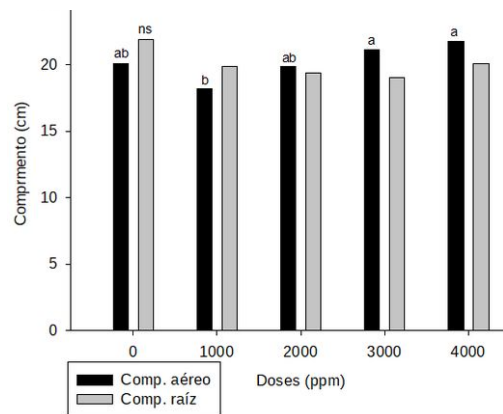
Figura 20 – Diâmetro de caule da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

O comprimento aéreo e radicular estão apresentados na figura 21. As doses 3000 e 4000 ppm apresentaram os melhores desenvolvimentos aéreos, enquanto as plantas submetidas a aplicação da concentração 1000 ppm foi a mais afetada, sendo que as demais não diferiram significativamente destas. O comprimento de raiz não diferiu estatisticamente entre as doses.

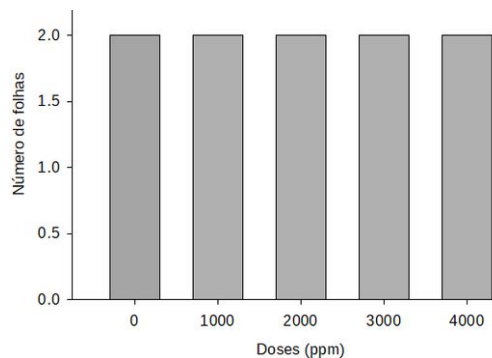
Figura 21 – Comprimento da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

O número de folhas está na figura 22, a qual mostra que todas as plantas estavam com a mesma quantidade no último dia de avaliação, não havendo assim, influência das doses aplicadas sobre o desenvolvimento das plantas.

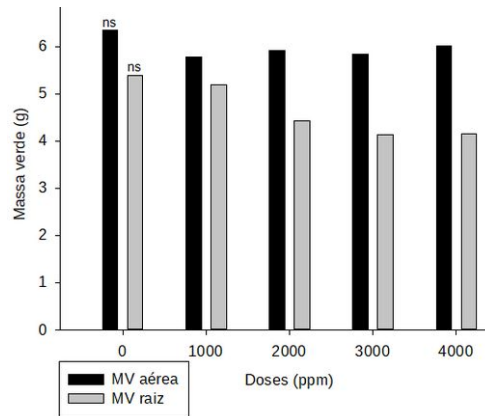
Figura 22 – Número de folhas da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

A massa de matéria verde apresentada na figura 23 não apontou diferença significativa entre as diferentes doses de piplartina, tanto para parte aérea, quanto para radicular, como apresentado abaixo.

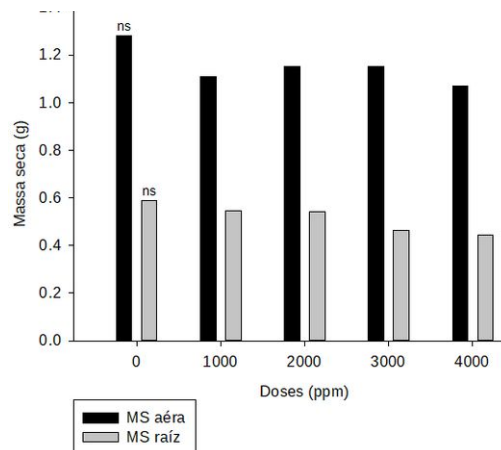
Figura 23 – Massa verde da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

A variável massa de matéria seca de parte aérea e radicular, através da análise de variância, apontou que não houve influência das diferentes doses de piplartina aplicadas tanto para parte aérea, quanto para parte radicular das plantas de soja (figura 24).

Figura 24 – Massa seca da cultivar TMG 2757 IPRO submetidas a diferentes doses de piplartina em pós-emergência e testemunha



Fonte: Autoria própria (2022).

A fitotoxicidade foi avaliada através do estabelecimento de notas, baseadas na escala de Frans (1986), onde todas as plantas, de todos os tratamentos receberam nota 0, sendo assim, justificando a não apresentação da figura.

Resumidamente, em pós-emergência as plantas de soja representadas pela cultivar TMG 2757 IPRO apresentaram diferenças principalmente na altura, comprimento e diâmetro de caule, entre as doses de piplartina aplicadas, no entanto, estas não diferem estatisticamente da testemunha. O contato direto do aleloquímico com as folhas aumenta a disponibilidade da substância para ser absorvida e translocada. Entretanto, existem barreiras na própria planta que impedem muitas vezes a adequada absorção e translocação das substâncias, sendo a cutícula foliar a barreira mais efetiva para a absorção em muitos casos. O conhecimento das características físico-químicas da piplartina são fundamentais para que conheçamos melhor o seu comportamento nas plantas, porém, ainda há necessidade de sua determinação.

Superadas as barreiras para absorção e translocação de uma substância, os sintomas nocivos podem ser mais evidentes em comparação com a aplicação em pré-emergência. Entretanto, a soja tem uma grande capacidade de defesa e recuperação rápida ao estresse causado por fatores externos. Com isso, a explicação evidenciada por Silva (2011) também se enquadra para esta modalidade de aplicação, visto que, as plantas dicotiledôneas têm um sistema de defesa bem estabelecido para as a atribuição da felilalanina, dentro do seu sistema como substrato para a PAL (felilalanina amônia liase), impedindo que esse substrato cause uma desregulação no seu sistema, assim como acontece em plantas monocotiledôneas.

Portanto, a explicação para maiores evidências de danos nesta modalidade de aplicação seria o tempo de absorção, como já exposto em trabalhos de Dias *et al.* (2003), o modo de translocação dos compostos sobre as plantas, sendo a principal forma de danificação dos seus sistemas, bem como, a capacidade de ocasionar a sua morte. Segundo Ronan *et al.* (2007) as amidas em geral têm translocação preferencialmente por parte aérea, o que explicaria os resultados obtidos.

6 CONCLUSÕES

Existem poucos estudos sobre o potencial bioherbicida de amidas em geral, e conseqüentemente, da piplartina. Quando se trata de testes de seletividade sobre as plantas cultivadas, os resultados são praticamente nulos.

O bioensaio de germinação revelou baixíssima influência das doses de piplartina sobre a germinação das sementes, bem como sobre o índice de velocidade de germinação (IGV) e o tempo médio de germinação (TMG), que se apresentaram muito semelhantes em todos os tratamentos, ou seja, também não sofreram influências nas diferentes doses.

Corroborando com isso, os dados de germinação em pré-emergência, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) os quais não foram influenciados pela presença das diferentes doses dessa amida. As demais variáveis em pré-emergência, com exceção da massa da matéria verde da raiz, também não apresentaram problemas ocasionados pelas aplicações de piplartina.

Entretanto, as plantas em pós-emergência apresentaram mais sintomas nocivos, principalmente com relação a altura de planta, comprimento aéreo e diâmetro de caule, causados pelas diferentes doses de piplartina nos primeiros dias após a aplicação, ressaltando que, as doses que causaram reduções não diferiram significativamente da testemunha. No entanto, com o decorrer dos dias, observou-se uma estabilização das plantas.

Deste modo, conclui-se que a piplartina pode ser utilizada em seu potencial, como bioherbicida para controle de plantas daninhas, pois seus danos à cultura da soja foram praticamente nulos. Considerando apenas a necessidade de estudos mais profundos em pós-emergência, para verificar se a aplicação sobre as folhas não interfere diretamente sobre o rendimento e seus componentes.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. de A.; COSTA, R. G. da; HENRIQUE, M. K. da C.; ALVES, T. de A.; PRAÇA-FONTES, M. M. Potencial tóxico do extrato aquoso de *Piper tuberculatum*. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 378, 23 jan. 2017. DOI 10.18066/revistaunivap.v22i40.883. Disponível em: <http://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/883>. Acesso em: 26 ago. 2022.
- ANANIAS, D. N.; BARROSO, P. A. V.; BOGIANI, J. C.; RODRIGUES, C. A. G. **Sistematização de informações sobre biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas na base SciELO**. 2020.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. Manejo de plantas daninhas pela alelopatia. **Revista Agropecuária Catarinense**. v.17, n.1, pg. 61-64, 2004.
- BEZERRA, D. P.; MOURA, D. J.; ROSA, R. M.; DE VASCONCELLOS, M. C.; E SILVA, A. C. R.; MORAES, M. O.; SILVEIRA, E. R.; LIMA, M. A. S.; HENRIQUES, J. A. P.; COSTA-LOTUFO, L. V.; SAFFI, J. Evaluation of the genotoxicity of piplartine, an alkamide of *Piper tuberculatum*, in yeast and mammalian V79 cells. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 652, n. 2, p. 164–174, abr. 2008.
- BORNSTEIN, A. J. ***Piper Tuberculatum Jacq.: Taxonomia***. Field Museum. Disponível em: https://fm-digital.assets.fieldmuseum.org/1504/645/PIPE_Piper_tuberculatum_nic_SHol2468.jpg. Acesso em: 06 dez. 2022.
- BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. **Biologia de plantas daninhas: biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, p. 1–36, 2011.
- CAMARGO, A. P. **Aplicação de compostos polifenólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland na germinação e na emergência de plantas espontâneas**. 2013. 119 f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Acesso em: 31 ago. 2022.
- CARVALHO, L. B. de. **Estudos ecológicos de plantas daninhas em agroecossistemas**. 1. ed. Jaboticabal: Editado pelo autor, 2011.
- CELIS, A.; MENDONZA, C.; PACHÓN, M. E. Revisión: Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. **Temas Agrários**. v. 15, p. 5–16, 2009.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 507–515, 2003.
- COLUSSI, J.; WEISS, C. R.; SOUZA, Â. R. L.; OLIVEIRA, L. de. O agronegócio da soja: Uma análise da rentabilidade do cultivo da soja no Brasil. **Revista Espacios**, v. 37, p. 23, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira**. v. 8, n. 11, p. 1–108, 2021. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>.

DALLA'AGNOL, A.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKUR, M. Hiroshi; OLIVEIRA, A. B. de. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Embrapa Circular Técnica (INFOTECA-E), n. 1, p. 1–12, 2007.

DIAS, N. M. P.; REGITANO, J. B.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; TORNISIELO, V. L. Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies suscetível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria* spp.). **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 293–300, 2003.

FLECK, N. G.; CANDEMIL, C. R. G. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência Rural**, v. 25, n. 1, p. 27–32, 1993.

FRANS, R.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. **Southern Weed Science Society**, 3.edi., p. 29–46, 1986.

FREITAS, M. de C. M. de. **A cultura da soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola**. Enciclopédia Biosfera, v. 7, p. 1, 2011.

GANDHI, Mohandas Karamchand. **Autobiografia: minha vida e minhas experiências com a verdade**. 2. ed. São Paulo: Pala Athenas, 2001.

GOMES JUNIOR, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 789–798, 2008.

INDERJIT; NILSEN, E. T. Bioassays and Field Studies for Allelopathy in Terrestrial Plants: Progress and Problems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, n. 3–4, p. 221–238, maio 2003. DOI 10.1080/713610857. Disponível em:

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713610857>. Acesso em: 18 out. 2022.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L. **Cultivo do Milho**. Sistemas de Produção Embrapa, v. 2, n. 6, p. 1–7, 2008. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/491888/4/Plantasdaninhas.pdf>.

Acesso em: 1 ago. 2021.

LIMA, G. M. de. **Atividade fitotóxica e análise toxicológica de piplartina:**

aplicação em processos biotecnológicos. 2022. 122 f. Dissertação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022. Disponível em:

<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27884>. Acesso em: 31 out. 2022.

MENIN, M. **Extrato metanólico de raízes de *Piper tuberculatum* e piplartina:**

verificação de atividade alelopática para potencial aplicação em processos biotecnológicos. 2021. 133 f. Dissertação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021. Disponível em:

<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4845>. Acesso em: 24 out. 2021.

MIRANDA, J.; ROCHA, K. C.; BORTOLI, S. A. de; NAVICKIENE, H.; KATO, M. J.; FURLAN, M.; OLIVEIRA, J. E. M. de. Potencial Inseticida do Extrato de *Piper tuberculatum* (PIPERACEAE) Sobre *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepdoptera: Noctuidae). **Rev. bras. ol. fibros**, v. 6, p. 557–563, 2002.

MONQUEIRO, P. A. **Aspecto da biologia e manejo das plantas daninhas**. 1. ed. São Carlos: Rima Editora, 2014.

OLIVEIRA, A. K.; COELHO, M. de F. B.; MAIA, S. S.; DIÓGENES, F. E.; MEDEIROS FILHO, S. Alelopatia de extratos de diferentes órgãos de mulungu na germinação de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 480–483, 2012.

PIRES, N. de M.; OLIVEIRA, V. R. **Alelopatia**. Biologia e Manejo de Plantas Daninhas. Curitiba: Ompipax, p. 95–123, 2011.

SALOMÃO, P. E. A.; FERRO, A. M. S.; RUAS, W. F. Herbicidas no Brasil: um breve revisão. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 2, p. e32921990, 2020.

SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; GALON, L.; COELHO, A. T. C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 75–84, mar. 2009.

SILVA, F. C. da. **Investigação bioquímica, transcriptômica e proteômica em espécies de Piperaceae**. 2011. 198 f. Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2011. Acesso em: 31 ago. 2022.

SILVA, J. N. E. da; MELHORNÇA FILHO, A. L.; ARAÚJO, M. L. de; SILVA, R. G. P. O. Efeito alelopático de *Piper hispidinervium* sobre desenvolvimento inicial de milho (*Zea mays*). **Revista Agrarian**, v. 6, p. 148–153, 2013.

SOUZA FILHO, A. P. S. Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcoólicos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 357–364, dez. 2002.

SOUZA FILHO, A. P. S.; GUILHON, G. M. S. P.; SANTOS, L. S. Metodologias Empregadas em Estudos de Avaliação da Atividade Alelopática em Condições de Laboratório – Revisão Crítica. **Planta Daninha**, v. 28, p. 689–697, 2010.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**; guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG 2. 2008. Biblioteca Nacional de Agricultura - BINAGRI.

TROPICAL MELHORMENTO & GENÉTICA. Cultivares de soja. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.tmg.agr.br/ptbr/cultivar/tmg-2757-ipro>. Acesso em: 17 jan. 2022.

USDA, Serviço de Pesquisa Agrícola, Sistema Nacional de Germoplasma Vegetal. 2022. **Rede de Informação de Recursos de Germoplasma (GRIN Taxonomy)**. Laboratório Nacional de Recursos de Germoplasma, Beltsville, Maryland. URL: <http://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomydetail?28595>. Acesso em: 6 dez. 2022.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. p. 1–27, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/852512/1/pdo58.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

VARGAS, L.; ADEGAS, F.; GAZZIERO, D.; KARAM, D.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, Wilton Tavares da. **Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas no Brasil:** Histórico, Distribuição, Impacto Econômico, Manejo e Prevenção. A Era Glyphosate. [S. l.: s. n.], 2016. p. 219–230.

APÊNDICE A – Comparação de médias bioensaio de germinação

Tabela 01 - Comparação de médias bioensaio de germinação

Variável	Testemunha	125ppm	250ppm	500ppm	750ppm
TMg	0,55 ^{ns}	0,54	0,51	0,54	0,54
IGV	1,84 ^{ns}	1,87	1,29	1,87	1,87
Comp. de radícula	6,39 ^{ns}	6,5	5,01	5,33	5,11
Comp. de hipocótilo	6,02 ^{ns}	6,49	5,38	5,66	5,94
Plantas normais	93,33 ^{ns}	100,00	95,56	95,00	81,67
Plantas anormais	5,00 ^{ns}	0,00	2,22	3,33	15,00
Plantas mortas	1,67 ^{ns}	0,00	2,22	1,67	3,33

ns= não significativo em nível de 5%.

Fonte: Autoria própria (2022).

APÊNDICE B – Comparação de médias pré-emergência

Tabela 02 – Comparação de médias pré-emergência

Variável	Testemunha	1000ppm	200ppm	3000ppm	4000ppm
PG	100 ^{ns}	100	100	100	100
IVE	3.98 ^{ns}	4.48	3.51	3.31	1.88
TME	0.29 ^{ns}	0.36	0.33	0.44	0.89
AP 7DAE	10.01 ^{ns}	10.27	8.49	9.32	7.31
AP 14DAE	18.66 ^{ns}	17.61	18.39	19.23	16.35
AP 21DAE	22.35 ^{ns}	21.58	24.71	24.54	22.22
DC 7DAE	0.22 ^{ns}	0.24	0.23	0.23	0.22
DC 14DAE	0.23 ^{ns}	0.24	0.23	0.25	0.24
DC 21DAE	0.27 ^{ns}	0.26	0.26	0.27	0.27
Comp. aéreo	17.19 ^{ns}	19.74	19.26	20.31	16.67
Comp. de raíz	17.32 ^{ns}	15.89	16.12	20.1	19.36
Número de folhas	2.00 ^{ns}	2.00	2.00	2.00	2.00
Massa verde aérea	6.4 ^{ns}	6.82	6.06	7.14	5.54
Massa verde de raíz	2.86	2.66	2.51	2.46	1.51*
Massa seca aérea	1.02 ^{ns}	1.07	0.91	1.01	0.74
Massa seca de raíz	0.32 ^{ns}	0.29	0.29	0.32	0.25

ns= não significativo em nível de 5%.

*= significativo em nível de 5%.

Fonte: Autoria própria (2022).

APÊNDICE C – Comparação de médias pós-emergência

Tabela 03 – Comparação de médias pós-emergência

Variável	Testemunha	1000ppm	2000ppm	3000ppm	4000ppm
AP 7DAE	20.84 ^{ns}	20.11	21.64	21.93	21.71
AP 14DAE	30.07	29.48	28.33	26.99	25.87*
AP 21DAE	30.7	29.68	29.1	28.77	27.31*
DC 7DAE	0.27	0.26	0.25	0.24*	0.24*
DC 14DAE	0.28 ^{ns}	0.24	0.28	0.27	0.26
DC 21DAE	0.29 ^{ns}	0.29	0.3	0.29	0.29
Comp. aéreo	21.78	21.09	20.04	19.83	18.16*
Comp. de raíz	21.9 ^{ns}	19.88	19.4	19	20.04
Número de folhas	2.00 ^{ns}	2.00	2.00	2.00	2.00
Massa verde aérea	6.34 ^{ns}	5.78	5.92	5.82	6.01
Massa verde de raíz	5.38 ^{ns}	5.18	4.43	4.13	4.15
Massa seca aérea	1.28 ^{ns}	1.11	1.15	1.15	1.07
Massa seca de raíz	0.59 ^{ns}	0.54	0.54	0.46	0.44

ns= não significativo em nível de 5%.

*= significativo em nível de 5%.

Fonte: Autoria própria (2022).

ANEXO A – Escala de Frans

Tabela 04 – Escala de Frans

Nota	Descrição das categorias principais	Controle (plantas daninhas)	Injúria (cultura)
0	Ausência de efeitos	Sem danos visíveis	Nenhuma injúria
10	Efeito leve	Controle muito pobre	Leve descoloração ou atrofia
20		Controle pobre	Alguma descoloração e atrofia
30		Controle pobre a deficiente	Injúria mais pronunciada, mas não definitiva
40	Efeito moderado	Controle deficiente	Injúria moderada, geralmente recupera
50		Controle deficiente a moderado	Injúria mais permanente, recuperação duvidosa
60		Controle moderado	Injúria permanente, sem recuperação
70	Efeito severo	Controle pouco satisfatório	Injúria pesada e perda de stand
80		Controle satisfatório a bom	Quase destruídas, poucas plantas sobreviventes
90		Controle bom a excelente	Ocasionalmente algumas poucas sobreviventes
100	Efeito completo (morte)	Controle total	Destruição total da cultura

Fonte: Frans (1986).