

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GUILHERME SCHIOCHET**

**ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE EXTRATOS AQUOSOS DE *RICHARDIA  
BRASILIENSIS* GOMES NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO INICIAL DE  
FEIJÃO E SOJA**

**PATO BRANCO**

**2022**

**GUILHERME SCHIOCHET**

**ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE EXTRATOS AQUOSOS DE *RICHARDIA  
BRASILIENSIS* GOMES NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO INICIAL DE  
FEIJÃO E SOJA**

**Allelopathic activity of *Richardia brasiliensis* gomes aqueous extracts in the  
germination and initial growth of beans and soybeans**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia do Curso de  
Bacharelado em Agronomia da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marisa De Cacia Oliveira

Coorientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adriana Paula  
D'agostini Contreiras Rodrigues

**PATO BRANCO**

**2022**



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

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GUILHERME SCHIOCHET**

**ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE EXTRATOS AQUOSOS DE *RICHARDIA*  
*BRASILIENSIS* GOMES NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO INICIAL DE  
FEIJÃO E SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia do Curso de  
Bacharelado em Agronomia da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 29/novembro/2022

---

Marisa De Cacia Oliveira  
Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Adriana Paula D'agostini Contreiras Rodrigues  
Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Michelangelo Muzell Trezzi  
Doutorado em Fitotecnia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PATO BRANCO**

**2022**

Dedico o presente trabalho a minha família, ao meu amor Bárbara Nicole Daboit e aos meus amigos, que criaram propósito, força e motivação para seguir essa alegre jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, e por desfrutar de momentos e histórias com as pessoas que neste texto agradeço.

Agradeço ao meu amor Bárbara Nicole Daboit, por me ajudar na confecção desse trabalho, e por ser minha parceira ao longo dessa trajetória, minha melhor amiga e amor da minha vida.

Agradeço a minha família, pelas experiências e conselhos que visaram sempre meu bem, ajudando a encontrar meu caminho.

Agradeço aos amigos, que, tornando os dias mais leves e felizes durante a graduação, proporcionaram momentos incríveis, que levarei na memória. Agradeço a Emanuelli Pereira da Silva e Edipo Vinicius dos Santos Tagliatella pela ajuda na execução deste trabalho.

Agradeço a professora Profa. Dra. Marisa De Cacia Oliveira e Profa. Dra. Adriana Paula D'agostini Contreiras Rodrigues, pela orientação neste trabalho e ao laboratório Multiusuário Central de Análises – CA, UTFPR-PB.

## RESUMO

A ocorrência de plantas daninhas nas lavouras é considerada um dos principais fatores nocivos para a produtividade das culturas, comprometendo de 20% a 30% do total produzido por meio da competição e alelopatia. A poaia-branca (*Richardia brasiliensis* Gomes), erva daninha comum no sul do Brasil, apresenta propriedades alelopáticas, havendo genótipos resistentes aos herbicidas utilizados no controle químico. Considerando isso, este trabalho teve como objetivo compreender as atividades alelopáticas dos extratos aquosos da *Richardia brasiliensis* Gomes em cultivares de soja (*Glycine max* L. Merrill) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Ademais, identificar os componentes do extrato aquoso da planta por meio do uso de 17 padrões em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), contribuindo para o entendimento dos efeitos alelopáticos dos compostos com ação limitante ou estimulante. Os extratos aquosos de poaia-branca foram obtidos através da mistura de uma parte de material vegetal seco em estufa, com oito partes de água destilada, formando o extrato 100% (125 g/L). Este foi diluído para a obtenção dos tratamentos de 75%, 50%, 25%, e uma testemunha com água destilada (0%). Foram realizados testes de germinação e vigor, com delineamento experimental inteiramente casualizado, contendo quatro repetições para cada tratamento. Os parâmetros analisados foram a porcentagem de germinação (GER), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE), comprimento de plântulas (CP), massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa verde de raiz (MVR) e massa verde de parte aérea (MVPA). Os extratos de poaia-branca reduziram a germinação da soja e incrementaram o ganho de massa verde de raiz e massa verde de parte aérea em plântulas, para todas as concentrações testadas. A PCG da soja foi menor para o tratamento 50%, e os parâmetros IVE, VE, CP e MSPA apresentaram médias sem diferença significativa. Em feijão os extratos 50% e 75% reduziram o comprimento de raiz e de parte aérea, e a concentração 25% reduziu o IVE. Os demais parâmetros não possuíram diferenças significativas para as variáveis testadas. A Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) revelou os ácidos Cafeico, Ferúlico, Vanílico, Cumárico, seguidos de Astragalina, Catequina, e os ácidos Gálico e Cinâmico, em ordem decrescente de concentração.

**Palavras-chave:** metabólitos especializados; sementes; plântulas; vigor; competição .

## ABSTRACT

The occurrence of weeds in crops is considered one of the main harmful factors for crop productivity, compromising 20% to 30% of the total produced due to competition and allelopathy. The Brazilian clover (*Richardia brasiliensis* Gomes), a common weed in southern Brazil, has allelopathic properties, with resistant genotypes to herbicides used in chemical control. Therefore, this work aimed to understand the allelopathic activities of the aqueous extracts of *Richardia brasiliensis* Gomes in soybean (*Glycine max* L. Merrill) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Furthermore, to identify the components of the aqueous extract of the plant through the use of 17 standards in High Performance Liquid Chromatography (HPLC), contributing to the understanding of the allelopathic effects of compounds with limiting or stimulating action. The aqueous extracts of Brazilian clover were obtained by mixing one part of oven-dried plant material with eight parts of distilled water, forming the 100% extract (125 g/L). This was diluted to obtain the treatments of 75%, 50%, 25%, and a control with distilled water (0%). Germination and vigor tests were carried out in a completely randomized design, with four replications for each treatment. The parameters analyzed were germination percentage (GER), first germination count (PCG), emergence speed index (IVE), emergence speed (VE), seedling length (CP), root dry mass (MSR), shoot dry mass (MSPA), root green mass (MVR) and shoot green mass (MVPA). The Brazilian clover extracts reduced soybean germination and increased the gain of root green mass and shoot green mass in seedlings, for all concentrations tested. Soybean PCG was lower for the 50% treatment, and the parameters IVE, VE, CP and MSPA presented means without significant difference. In common bean the 50% and 75% extracts reduced root and shoot length, and the 25% concentration reduced IVE. The other parameters had no significant differences for the tested variables. High Performance Liquid Chromatography (HPLC) revealed Caffeic, Ferulic, Vanillic, Coumaric acids, followed by Astragalín, Catechin, and Gallic and Cinnamic acids, in decreasing order of concentration.

**Keywords:** specialized metabolites; seeds; seedlings; vigor; competition.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Efeito dos extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes sobre os parâmetros CPA e CR em *Glycine max* (L.) Merrill (A e B), e CPA e CR em *Phaseolus vulgaris* L. (K e L). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ), dado pelo teste de scott knott. UTFPR, 2022 . . . . . 26
- Figura 2** – Efeito dos extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes sobre os parâmetros MVPA e MVR em *Glycine max* (L.) Merrill (C e D), e MVPA e MVR em *Phaseolus vulgaris* L. (M e N). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ), dado pelo teste de scott knott. UTFPR, 2022 . . . . . 27
- Figura 3** – Efeito dos extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes sobre os parâmetros MSPA e MSR em *Glycine max* (L.) Merrill (E e F), e MSPA e MSR em *Phaseolus vulgaris* L. (O e P). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ), dado pelo teste de scott knott. UTFPR, 2022 . . . . . 28
- Figura 4** – Efeito dos extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes sobre os parâmetros IVE e VE em *Glycine max* (L.) Merrill (G e H), e IVE e VE em *Phaseolus vulgaris* L. (Q e R). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ), dado pelo teste de scott knott. UTFPR, 2022 . . . . . 29
- Figura 5** – Efeito dos extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes sobre os parâmetros GER e PCG em *Glycine max* (L.) Merrill (I e J), e GER e PCG em *Phaseolus vulgaris* L. (S e T). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ), dado pelo teste de scott knott. UTFPR, 2022 . . . . . 31
- Figura 6** – Concentração das substâncias encontradas no extrato aquoso 125 g/L de *Richardia brasiliensis* Gomes submetido a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). UTFPR, 2022 . . . . . 33



## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes, hábito e ramificações . . . . .	16
Fotografia 2 – <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes, flores e estruturas . . . . .	16
Fotografia 3 – Extrato aquoso 100% de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes, em repouso	21
Fotografia 4 – Rolos de papel germitest posicionados em BOD, sob temperatura e fotoperíodo controlado . . . . .	23
Fotografia 5 – Vasos com areia em ambiente controlado, classificados para teste de vigor de plântulas . . . . .	24

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 – Resumo da análise de variância para germinação (GER), índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CRA), massa verde de parte aérea (MVPA), massa verde de raiz (MVR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSRA) e primeira contagem de germinação (PCG). * Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns : não significativo . . . . .</b>	<b>32</b>
---	-----------

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

### Siglas

UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PIB	Produto Interno Bruto
ANOVA	Análise de Variância
CP	Comprimento de Plantulas
CRA	Comprimento de Raiz
CPA	Comprimento de Parte Aérea
GER	Germinação
PCG	Primeira Contagem de Germinação
IVE	Índice de Velocidade de Emergência
VE	Velocidade de Emergência
MVR	Massa Verde de Raiz
MVPA	Massa Verde de Parte Aérea
MSR	Massa Seca de Raiz
MSPA	Massa Seca de Parte Aérea
ppm	Partes por Milhão
Q.M.	Quadrados Médios
C.V.	Coeficiente de Variação
G.L.	Graus de Liberdade
F.calc.	F Calculado
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>13</b>
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Agricultura brasileira</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Soja</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Feijão</b>	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Poaia branca</b>	<b>15</b>
2.4.1	Competição Interespecífica	17
2.4.2	Controle Químico	17
2.4.3	Composição Química dos Extratos de Poaia Branca	17
<b>2.5</b>	<b>Alelopatia</b>	<b>18</b>
2.5.1	Potencial Alelopático da Poaia Branca	20
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Obtenção do material experimental</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Tratamento de sementes</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Variáveis resposta</b>	<b>22</b>
3.3.1	Germinação (GER)	22
3.3.2	Comprimento de Plântulas (CP), Massa Verde de Plântulas (MV) e Massa Seca de Plântulas (MS)	22
3.3.3	Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Velocidade de Emergência (VE) e Primeira Contagem de Germinação (PCG)	23
<b>3.4</b>	<b>Delineamento experimental e análise estatística</b>	<b>24</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise química do extrato 100%</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Comprimento de plântulas</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>Massa verde de plântulas</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Massa seca de plântulas</b>	<b>28</b>
<b>4.4</b>	<b>Vigor de plântulas</b>	<b>29</b>

4.5	<b>Germinação e primeira contagem de germinação . . . . .</b>	<b>30</b>
4.6	<b>Análise de variância . . . . .</b>	<b>30</b>
4.7	<b>Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) . . . . .</b>	<b>31</b>
5	<b>CONCLUSÕES . . . . .</b>	<b>34</b>
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A agronegócio é um dos principais motores da economia brasileira. Estima-se que em 2021, o setor contribuiu com 27,4% do PIB do país (CEPEA; CNA, 2022). Dentre as principais culturas produzidas no Brasil, destacam-se as culturas da soja (*Glycine max* L. Merrill) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.).

A soja é uma leguminosa originária da Ásia que possui elevado teor de proteína em sua composição, e ganhou espaço no mercado mundial nas últimas décadas. Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial do grão, com produção de 124.047,8 mil toneladas na safra 2021/2022 (CONAB, 2022), tornando este produto o mais importante no agronegócio brasileiro, responsável por grande parte do desenvolvimento da fronteira agrícola.

O feijão, leguminosa pertencente à mesma família que a soja (Fabaceae), é um dos alimentos mais comuns na alimentação diária do brasileiro. Referindo-se ao seu cultivo, os levantamentos demonstram uma produção de 3.110,8 mil toneladas na safra 2021/2022, produção superior ao consumo interno do país no mesmo período (CONAB, 2022).

A soja e o feijão estão entre as principais culturas destinadas à produção de grãos e sementes, sendo importantes *comodities* agrícolas consumidas e exportadas. Na lavoura, diferentes plantas competem por nutrientes, luz e espaço, comprometendo a produção. Além disso, uma planta pode influenciar outra positiva ou negativamente, através de substâncias químicas liberadas no ambiente, interferindo no desenvolvimento de plantas próximas, inclusive nas culturas agrícolas, e isso denomina-se alelopatia (BARROSO; MURATA, 2021).

A poaia-branca (*Richardia brasiliensis* Gomes), pertencente à família Rubiaceae, é uma planta daninha anual comumente encontrada nas lavouras no momento de plantio (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010), que pode prejudicar o desenvolvimento de outras plantas pela liberação de substâncias (exsudação pelas raízes, volatilização e decomposição) com atividade alelopática (SILVA *et al.*, 2017; BARROSO; MURATA, 2021)

Sabe-se que os extratos aquosos de poaia-branca têm efeito alelopático significativo sobre espécies suscetíveis como a alfaca, nos parâmetros porcentagem de germinação, tempo de germinação e desenvolvimento radicular; apesar disso, pouco se sabe sobre sua influência nas principais culturas do Brasil (BUCHOSKI; TATIBANA, 2010).

Dependendo do estágio de desenvolvimento, a aplicação dos extratos vegetais de diferentes espécies podem induzir o vigor de plantas e sua germinação, funcionando como indutores naturais (MEYER *et al.*, 2022). Com isso, busca-se compreender as interações dos extratos aquosos de poaia-branca na germinação e desenvolvimento de soja e feijão.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar os efeitos dos extratos aquosos da poaia-branca em diferentes concentrações e sua influência nas culturas da soja e feijão, na germinação e desenvolvimento das plantas.

Demonstrar a composição química do extrato de poaia-branca, revelando as concentrações das moléculas presentes através de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Verificar se os efeitos variam de acordo com as concentrações 100% (125 g/L), 75%, 50% e 25% dos extratos de poaia-branca e se as médias de variação são significativas para as variáveis.

Determinar a interferência dos extratos aquosos, em concentrações distintas de poaia-branca, apresentando a curva repostada para diferentes parâmetros nas espécies de interesse citadas.

Submeter o extrato aquoso de poaia-branca concentrado (100%) à cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), identificando os compostos químicos presentes e suas concentrações, discutindo os resultados obtidos para as variáveis testadas, através das possíveis interferências que as moléculas encontradas possuem nos parâmetros de desenvolvimento de plântulas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Agricultura brasileira

A agricultura brasileira está em constante evolução e diversos foram os avanços ao longo do tempo. A inovação passou pela utilização, em larga escala, de maquinários, defensivos agrícolas, fertilizantes e variedades de plantas cada vez mais produtivas.

Os transgênicos, por exemplo, introduzidos a partir dos anos 2000, formaram um dos grandes marcos da agricultura e deram força à expansão da fronteira agrícola brasileira, que além de aumentar a área cultivada, fez com que os produtores tivessem facilidade de controle de plantas invasoras.

Os conhecimentos científicos, da mesma maneira, revolucionaram a agricultura com a implementação do plantio direto, manejo químico e físico do solo, manejo integrado de pragas, e o manejo integrado de plantas daninhas.

A presença de plantas daninhas nas áreas cultivadas é considerada um dos principais fatores deletérios para a produção de grãos. Estima-se que as perdas associadas aos seus danos podem chegar a até 80% caso não haja controle adequado (VARGAS; ROMAN, 2006). Em 2022 o uso de herbicidas representou 64,25% do total de químicos utilizados nas lavouras no estado do Paraná (BARBIERI, 2022).

Levando em consideração a perda de eficiência dos herbicidas químicos e os danos ambientais, busca-se cada vez mais o desenvolvimento e uso de produtos biológicos para a agricultura moderna, sejam eles indutores, ou herbicidas naturais.

### 2.2 Soja

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta herbácea, de dias curtos, pertencente à família Fabaceae, com um ciclo que pode variar de 100 a 160 dias dependendo da cultivar. Destaca-se como um alimento especial devido seu alto valor nutritivo, possuindo aproximadamente 40% de proteínas vegetais e 19% de óleo em sua composição, além de ser rica em vitaminas (SILVA *et al.*, 2006; HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

As características da soja permitem seu emprego em rações para animais, produção de biocombustíveis, óleo vegetal, entre outros, o que evidencia sua versatilidade (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). Além disso, por apresentar isoflavonas em sua composição, é reconhecida por suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, demonstrando efeitos comprovados no controle de neoplasias e sintomas da menopausa (DALPIZOL *et al.*, 2020).

De origem chinesa, foi introduzida oficialmente no Brasil em 1914 no estado do Rio Grande do Sul e, posteriormente, dispersa para o resto do país, principalmente nos anos 1970, com a expansão da fronteira agrícola e com a Revolução Verde. O crescente interesse da indús-



tria de óleo e a demanda do mercado internacional também foram fatores que impulsionaram sua produção no país (ANDRADE; EI-HUSNY, 2006).

A soja é cultivada a partir 11 de setembro até o final de dezembro e início de janeiro, seguindo o zoneamento agrícola do município de Pato Branco (MAPA, 2022), período que coincide com a primeira safra do feijão; durante essa fase, ambas as plantas estão sujeitas a competição com as diversas daninhas estabelecidas na lavoura.

Entre as mais comuns encontradas nesse período, destaca-se a poaia-branca, planta dicotiledônea anual de caule ramificado, e reprodução apenas por sementes, pertencente a família Rubiaceae (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010).

### 2.3 Feijão

O feijão é um nome dado a um conjunto de plantas das leguminosas pertencentes à família Fabaceae, não se limitando a apenas uma espécie. Nativo da América, o *Phaseolus vulgaris* L., mais conhecido como feijão-comum, é uma leguminosa herbácea anual, de ciclo curto, rico em proteínas, fibras, carboidratos, ferro, cálcio, zinco, magnésio e vitaminas. Considerado um alimento popular, fornece boa parte da proteína e carboidratos da alimentação brasileira; sua associação com o arroz, constitui um alimento completo em aminoácidos, rico em lisina, metionina e cisteína (PINTO, 2016; FERREIRA; BARRIGOSI, 2021).

A safra no território brasileiro ocorre em três épocas distintas: a primeira safra, das águas, semeado entre agosto e dezembro; segunda safra, da seca, entre janeiro e abril; e por fim a terceira safra, de inverno, entre maio e julho. Tal cenário favorece a oferta constante do grão ao longo do ano e possibilita flexibilidade de cultivo (CONAB, 2021). Somente na temporada 2021/22, somando as três safras, o Brasil produziu 3.110,8 mil toneladas, colocando-o como terceiro maior produtor mundial do grão (CONAB, 2022).

Caracterizado como um dos principais ingredientes da gastronomia brasileira, estando presente também em outras culturas, é apontado como um alimento de extrema importância na dieta de populações de baixa renda devido ao seu alto valor nutricional (POSSE *et al.*, 2010; COELHO, 2018). Os países em desenvolvimento, localizados nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, são responsáveis por 89,8% da produção mundial e por 87,1% do consumo global (POSSE *et al.*, 2010). O brasileiro tem o consumo do feijão entre as maiores médias per capita de alimentos, ingerindo 142,2 g do grão diariamente, atrás apenas do café (IBGE, 2017).

### 2.4 Poaia branca

A *Richardia brasiliensis* Gomes (Fotografias 1 e 2), também conhecida como poaia-branca ou poaia do campo, é uma erva daninha anual pertencente à família Rubiaceae, subfamília rubioideae e tribo spermacoaceae. Enquadrada no grupo das eudicotiledôneas é considerada

uma planta herbácea de hábito prostrado e de caule ramificado, podendo chegar até 50 cm. Suas folhas são ovais, pubescentes e dispostas de forma opostas, com nervuras aparentes e pecíolo curto; reproduz-se exclusivamente através de sementes, principalmente no início do verão (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010).

Nativa do sul brasileiro, a poia disseminou-se por outras partes do mundo. Hoje pode ser encontrada na maior parte da América do Sul, Estados Unidos, México, Havaí, Espanha e no continente africano (LEWIS; OLIVER, 1974). Comumente encontrada em beiras de rodovias, córregos, gramados, terrenos baldios e no período de entressafra nas lavouras, evidencia potencial medicinal, como antiemético (evitar o vômito) e no tratamento de diabetes (PINTO *et al.*, 2008; LEWIS; OLIVER, 1974). Suas propriedades fitoterápicas são derivadas dos seus metabólitos secundários como as cumarinas, flavonoides e taninos, contribuindo para o tratamento de doenças de pele e hemorroidas (DORNELLES, 2015).

**Fotografia 1 – *Richardia brasiliensis* Gomes, hábito e ramificações**



Fonte: A autoria própria (2022).

**Fotografia 2 – *Richardia brasiliensis* Gomes, flores e estruturas**



Fonte: A autoria própria (2022).

#### 2.4.1 Competição Interespecífica

Caso a dessecação pré-plantio seja ineficiente ou inexistente, a poaia-branca tem a condição de se espalhar pela lavoura, situação agravada quando os preceitos conservacionistas do plantio direto não são seguidos. Esta situação aumenta a competição por nutrientes, espaço, luz e água, liberando metabólitos secundários no meio, que podem ou não afetar as plantas próximas.

Em condições de campo, soma-se a competição por fatores ambientais e as interferências relativas a alelopatia. Considerando o rendimento de grãos de soja, cada planta de poaia-branca por metro quadrado pode reduzir de 2 a 2,6% a produção. Essa interferência se deve principalmente, pela redução dos parâmetros: vagens por planta, grãos por vagem e massa de mil sementes (DIESEL, 2016).

#### 2.4.2 Controle Químico

Para a eliminação da poaia-branca das lavouras com cultivares RR (roundup ready), ou em pré dessecação, utiliza-se, frequentemente, o herbicida sistêmico glifosato, popularmente empregado pelos baixos custos de controle (VARGAS *et al.*, 2011). Atualmente, existem biótipos mais tolerantes, que progressivamente têm sido selecionados pelo herbicida, levando à utilização de doses mais elevadas para obter um efeito significativo de controle (MONQUERO; CURY; CHISTOFFOLETI, 2005). A poaia-branca apresenta, inclusive, biótipos que necessitam doses superiores às utilizadas frequentemente nas lavouras. O período prolongado de exposição das áreas ao herbicida está ligado ao surgimento destas espécies de difícil controle, demonstrando a pressão de seleção do glifosato (DIESEL, 2016).

A habilidade dos biótipos tolerantes de poaia-branca estão ligados a barreiras de translocação do herbicida na planta, que no caso do glifosato mantém-se na folha por período prolongado. Também é possível correlacionar a maior produção de cera epicuticular e a tolerância destes biótipos resistentes (DIESEL, 2016).

#### 2.4.3 Composição Química dos Extratos de Poaia Branca

A análise fitoquímica do extrato etanólico bruto de poaia-branca revelou distintas classes de compostos presentes nas folhas e caules, tais como os compostos fenólicos, flavonoides, triterpenos e esteróides, presentes em maior intensidade, e os taninos, cumarinas e alcaloides com intensidade média. Para os esteróides isolou-se sitosterol e estigmasterol, além do ácido oleanólico e o ácido ursólico (MATIAS *et al.*, 2018). Em estudos Pinto *et al.* (2008) isolaram os compostos secundários da poaia-branca e identificaram a cumarina, escopoletina, isorametina-3-O-rutinosídeo, ácido oleanólico, os ácidos *p*-hidroxibenzóico e *m*-metoxi-

*p*-hidroxi-benzóico. Também estão presentes as cumarinas brailina, norbrailina, cedrelopsina e cumarineletefina, além do flavoinoide canferol e 151-hidroxi-(151-S)-porfirinolactona (SOUZA, 2009).

## 2.5 Alelopatia

O termo alelopatia foi sugerido, primeiramente, pelo pesquisador Hans Molisch em 1937, e segundo ele, seria a capacidade com que uma planta pode influenciar outra positiva ou negativamente, através de substâncias químicas liberadas no ambiente. Nessas interações também estão inclusos os microrganismos presentes no solo, que de maneira análoga estabelecem interações no ecossistema (RICE, 1984).

As plantas exsudam substâncias no ambiente através das raízes para aumentar a absorção de nutrientes do solo e interagir com demais organismos benéficos. Entre os exsudatos destacam-se os metabólitos secundários responsáveis pela alelopatia, denominados aleloquímicos; estes seriam liberados com o objetivo de restringir o desenvolvimento das raízes de outros indivíduos, conforme a descrição feita por Fisiologia. . . (). Os compostos são liberados pela planta no ambiente de diferentes maneiras, salientando a exsudação das raízes, decomposição de restos culturais, volatilização e remoção de compostos de tecido morto ou vivo através da lixiviação (FERREIRA; AQUILA, 2000).

Os compostos químicos dos alelopáticos interferem em uma ampla gama de processos fisiológicos, devido à multiplicidade estrutural destes (PEDROL; GONZÁLEZ; REIGOSA, 2006). De maneira geral, a produção destes metabólitos secundários é regulada pelos estresses abióticos e bióticos. Conforme o estresse aumenta, haverá uma produção maior desses compostos na planta doadora. Além disso, a planta receptora tende a ficar mais sensível as interferências, variando com a intensidade do estresse e com a espécie (EINHELLIG, 1996). Em contrapartida Lehman e Blum (1999) apontaram a aclimação de plantas aos efeitos provenientes da alelopatia quando estas foram submetidas ao estresse antes do tratamento com os metabólitos.

As interferências alelopáticas podem ser indiretas, quando os metabólitos afetam a disponibilidade de nutrientes e microrganismos, e direta quando afetam a planta incisivamente, podendo influenciar os fitormônios, permeabilidade da membrana, absorção dos nutrientes, síntese proteica, respiração, fotossíntese e nos genes (RIZVI *et al.*, 1992).

As plantas produzem uma grande variedade de metabólitos. Os primários são aqueles que estão diretamente ligados ao desenvolvimento da planta; os metabólitos especializados (secundários), em contrapartida, possuem atividade particular, interagindo com fatores bióticos, como o ataque de patógenos e herbívoros, além de atrair organismos favoráveis ao seu crescimento. Estes metabólitos também estariam ligados à proteção contra outros fatores bióticos estressantes (BORGES; AMORIM, 2020).

Sabe-se de quatro vias metabólicas que a planta utiliza para sintetizar os compostos alelopáticos: a via do ácido chiquímico, do ácido malônico, do ácido mevalônico e a do ácido 3-

fosfoglicérico. Os compostos alelopáticos derivados dessas vias podem ser agrupados em três grupos, os terpenos, compostos fenólicos e os compostos nitrogenados. Entre esses grupos são encontradas moléculas com potencial inseticida, repelente e atrativos (CARVALHO, 2013).

De maneira geral, a presença, quantidade e proporção dos metabólitos especiais é determinada pelo estágio de desenvolvimento da planta, que podem possuir maior atividade aleloquímica a depender do nível do crescimento desta. Além disso, a quantidade desses compostos está intimamente ligada aos estresses do ambiente, como as variações de temperatura, altitude, radiação ultravioleta, nutrientes e danos mecânicos (GOBBO NETO; LOPES, 2007).

Tratando-se da química dos compostos alelopáticos, pode-se citar os compostos fenólicos, que se constituem de um anel aromático ligado a uma hidroxila como unidade fundamental. Estes metabólitos, geralmente são sintetizados através da via do chiquimato durante o ciclo das pentoses-fosfato, sendo considerável sua influência nas atividades alelopáticas (MACIAS; MEJÍAS; MOLINILLO, 2019). Entre os compostos fenólicos destacam-se os ácidos benzóicos, as cumarinas e flavonoides. Outros compostos com semelhança estrutural aos fenólicos são as quinonas, com compostos alelopáticos importantes como o sorgoleone, encontrado, principalmente, em sorgo (MACIAS; MEJÍAS; MOLINILLO, 2019).

De maneira geral, os estudos envolvendo a alelopatia são difíceis de serem reproduzidos em condições de campo, pois as características do solo, sua dinâmica com os compostos aleloquímicos e a modificação da fitotoxicidade destes ainda não são bem compreendidas (SINGH, 2001). Entre os fatores que afetam essa dinâmica é importante ressaltar a sorção do solo na biodisponibilidade destes metabólitos secundários, além disso, destaca-se a interdependência desses compostos em condições de campo (THARAYIL; BHOWMIK; XING, 2006). Os distintos argilominerais do solo também atuam diferencialmente na polimerização e catalização oxidativa dos compostos fenólicos, alterando a estrutura molecular dos aleloquímicos (WANG; LI; FERNG, 1978).

Os aleloquímicos, pela sorção preferencial dos compostos fenólicos em sítios da matriz do solo, alteram a dinâmica de interações dos exsudatos da rizosfera, e a liberação de compostos para a solução do solo. Além disso, a capacidade alelopática dessas substâncias está ligada à sua disponibilidade para a planta, que em lavouras com grande teor de matéria orgânica tem sua dinâmica alterada, havendo maior sorção preferencial destes compostos (THARAYIL; BHOWMIK; XING, 2006).

Nos últimos tempos os casos de resistência das plantas daninhas aos herbicidas aumentaram. Os herbicidas selecionam as plantas resistentes, que permanecem gerando descendentes na lavoura. Esse fato aumenta devido à alta pressão de seleção dos herbicidas e a alta variabilidade genética das daninhas. O aumento de plantas daninhas resistentes leva a necessidade de pesquisa de novos herbicidas com modo de ação funcionais (SALOMÃO; FERRO; RUAS, 2020). Muitos trabalhos e estudos sobre aleloquímicos foram feitos, inclusive com a descoberta de novos compostos importantes com potencial alelopático, incrementando o acervo

de produtos naturais a ter como base para futuros agroquímicos e bio-herbicidas da agricultura moderna (CARVALHO, 2013).

#### 2.5.1 Potencial Alelopático da Poaia Branca

Além da competição com espécie de interesse comercial, é possível que a poaia-branca tenha capacidade de interferir negativamente nas plantas adjacentes, através de seus metabólitos especializados (BUCHOSKI; TATIBANA, 2010).

Em estudos, Gibbert *et al.* (2018) analisaram as interferências dos extratos aquosos da poaia-branca sobre o comprimento e massa de matéria seca da radícula da soja quando submetida a diferentes concentrações do extrato, comprovando a interferência alelopática da poaia-branca na fase de germinação da soja. Na situação em que o extrato foi mais concentrado (200 g/L), verificou-se redução de 55,71% no comprimento da radícula, em relação ao desenvolvimento normal da raiz. Os extratos aquosos da parte aérea da poaia-branca afetaram significativamente o percentual de germinação e índice de velocidade de germinação, influenciando, inclusive, no comprimento da raiz e parte aérea da alface (BUCHOSKI; TATIBANA, 2010). Além disso, podem influenciar negativamente no vigor de sementes de rúcula (COLOGNESE *et al.*, 2016), o que demonstra os possíveis efeitos alelopáticos que a planta possui em relação a espécies mais suscetíveis.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Sementes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco. Foram avaliados os efeitos de extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes nas concentrações de 100% (125 g/L), 75%, 50%, 25% (tratamentos) e o controle com água destilada, na germinação e estádios iniciais de desenvolvimento de soja e feijão. Para tal, foram realizados testes de germinação e vigor nas cultivares Donmario DM53154 IPRO (soja) e IPR Tuiuiú (feijão). Além disso, o extrato de 100% foi analisado, através de cromatografia líquida de alta eficiência, para a determinação dos principais compostos.

O delineamento experimental foi totalmente casualizado com 4 repetições. Considerando os quatro tratamentos, o controle e as duas espécies avaliadas, cada experimento implantado formou 34 unidades experimentais.

#### 3.1 Obtenção do material experimental

As cultivares avaliadas Donmario DM53154 IPRO (soja) e IPR Tuiuiú (feijão) foram adquiridas através da Cooperativa Agropecuária Tradição (Coopertradição), provenientes da safra 2021/2022. Na segunda quinzena de março de 2022, às 17:00 horas, foram coletadas plantas inteiras (parte aérea e raiz) de poaia-branca em seu estágio de floração na área experimental da UTFPR- PB, localizada em altitude aproximada de 770 metros. As plantas foram secas em estufa durante 120 horas a 40 °C.

**Fotografia 3 – Extrato aquoso 100% de *Richardia brasiliensis* Gomes, em repouso**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

As plantas coletadas foram lavadas em água corrente para retirada de solo e outras sujidades e colocadas em estufa de secagem, onde ficaram até massa constante. Após secagem,

o material foi triturado em liquidificador. Em seguida, adicionou-se água destilada, na proporção de 8:1 (água: material vegetal), que correspondeu a um litro de água destilada para 125 gramas de matéria seca, permanecendo em repouso por 24 horas (fotografia 3). Após filtragem em papel filtro comum, a solução obtida foi diluída, nas concentrações de 93,75 g/L (75%), 62,5 g/L (50%) e 31,25 g/L (25%), em relação a original. Para as variáveis respostas, os experimentos foram instalados na primeira quinzena de maio de 2022, no qual avaliou-se a qualidade fisiológica das sementes após a aplicação dos tratamentos.

### **3.2 Tratamento de sementes**

Inicialmente, realizou-se um pré-condicionamento das sementes de soja. Foram dispostas 200 sementes em 25 caixas “gerbox” com tela, contendo 40 mL de água durante 24 horas a 25 °C, com objetivo de evitar danos por embebição rápida, conforme recomendação das RAS (MAPA, 2009). Durante esse processo as sementes passaram de 11,8% de umidade para 17,7%. Esse procedimento não foi repetido para as sementes de feijão.

Posteriormente, as sementes de soja e de feijão foram submersas nos diferentes tratamentos 100% (125g/L), 75%, 50%, 25% e em água destilada (controle) por três minutos. Este procedimento foi o mesmo para todos os testes implantados.

### **3.3 Variáveis resposta**

#### **3.3.1 Germinação (GER)**

Em laboratório, o teste foi realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (MAPA, 2009), conduzido com quatro repetições de 50 sementes cada (pré-tratadas em submersão conforme descrito acima), em rolo com três folhas de papel para germinação, umedecido com água destilada em 2,8 vezes o seu peso seco. Os rolos foram colocados em germinador à temperatura de 25 °C. Realizou-se a primeira contagem aos cinco dias. Os resultados para contagem foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

#### **3.3.2 Comprimento de Plântulas (CP), Massa Verde de Plântulas (MV) e Massa Seca de Plântulas (MS)**

Esse teste foi realizado em laboratório em rolos de papel à semelhança do teste de germinação (NAKAGAWA, 1999). Após a submersão nos tratamentos, formou-se quatro repetições de 20 sementes para cada tratamento. As sementes foram posicionadas em uma linha tracejada no terço superior da folha. Os rolos foram posicionados verticalmente em BOD por sete dias à 25 °C com foto período de 12 horas. Ao final deste período efetuou-se a medida da raiz



**Fotografia 4 – Rolos de papel germitest posicionados em BOD, sob temperatura e fotoperíodo controlado**



**Fonte: Autorial própria (2022).**

primária (CR) e parte aérea (CPA) das plântulas normais germinadas com auxílio de uma régua. Os resultados foram expressos em centímetros médios por plântulas.

Imediatamente após cada medição do CP, foram obtidas a massa verde de raiz (MVR) e massa verde de parte aérea (MVPA); deste material, retirou-se os cotilédones e, posteriormente seco em estufa com circulação forçada de ar a 80 °C, até massa constante, obtiveram-se massas secas de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA). A média dos resultados foi expressa em gramas.

### 3.3.3 Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Velocidade de Emergência (VE) e Primeira Contagem de Germinação (PCG)

Realizado em vasos mantidos em casa de vegetação com volume de três litros, contendo 2,5 kg de areia lavada, umedecida até a sua saturação completa. A semeadura foi realizada manualmente, cada vaso contendo 20 sementes, com quatro repetições. Os vasos foram mantidos em estufa iluminada e climatizada, com temperatura em 25 °C. As contagens das plântulas foram realizadas diariamente após a instalação, contabilizando aquelas que apresentavam os cotilédones totalmente emergidos. Os índices foram calculados com as seguintes formulas:

$$IVE = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$$

Onde: G1, G2, ..., Gn = Número total de plântulas normais emergidas, na primeira, segunda, até a enésima contagem. N1, N2, ..., Nn = Número de dias da semeadura à primeira, segunda, e enésima contagem.

$$VE = (N1 \cdot G1 + N2 \cdot G2 + \dots + Nn \cdot Gn) / (G1 + G2 + \dots + Gn)$$

**Fotografia 5 – Vasos com areia em ambiente controlado, classificados para teste de vigor de plântulas**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Onde: G1, G2, ..., Gn = Número de plântulas normais emergidas nas 24 horas anteriores à contagem. N1, N2, ..., Nn = Número de dias da semeadura à primeira, segunda, e enésima contagem.

$$PCG = (G \cdot N - 1) \cdot 100$$

Onde: G = Número de plântulas normais germinadas cinco dias após a semeadura. N = Número de sementes postas para germinar.

Para cada repetição calculou-se o número de plântulas emergidas e fez-se a média, sendo o resultado o índice (sem unidade), que representa o vigor das plântulas (NAKAGAWA, 1999).

### **3.4 Delineamento experimental e análise estatística**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Após a compilação dos resultados das variáveis resposta, o conjunto de dados foi submetido ao teste de Lilliefors para verificação da homogeneidade da variância.

Cumpridos os pressupostos do modelo, aplicou-se a análise de variância (ANOVA). Após a verificação da significância dos efeitos principais do grupo pela ANOVA ( $p < 0,05$ ), foram realizadas as comparações múltiplas entre as médias dos níveis dos fatores por meio do teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade, para o fator qualitativo. Para o efeito do fator quantitativo (doses), realizou-se análise de regressão polinomial, com ajuste de equações para as curvas representativas.

Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

### 3.5 Análise química do extrato 100%

Para análise do perfil fitoquímico de poaia-branca, foi enviado o extrato microfiltrado de 100% (125 g/L), ao Laboratório Multiusuário Central de Análises da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, na primeira quinzena de julho de 2022, onde foi realizado Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

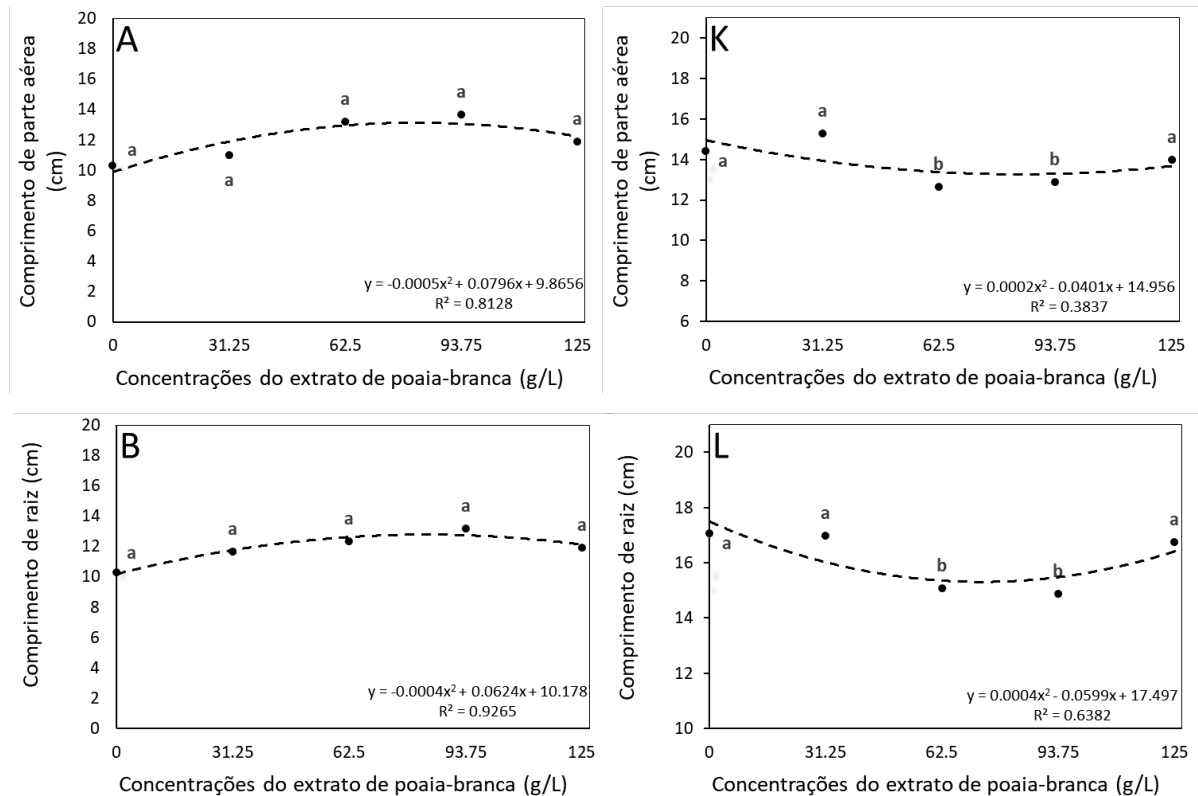
Os ácidos fenólicos e flavonoides foram analisados por CLAE-DAD usando um equipamento Varian 920-LC (Walnut Creek, CA, USA) utilizando uma coluna fase reversa do tipo C18. A coluna foi mantida a 30 °C durante a análise e o volume injetado do extrato foi de 10 µL. A fase móvel era composta por água:ácido acético (98:2) (solvente A) e água:acetonitrila:ácido acético (58:40:2) solvente B com modo de eluição do tipo gradiente. O gradiente iniciou com 5% do solvente B a 25% em 20 min, 85% de B em 40 min com manutenção desta proporção até 45 min, 95% de B em 48 min com manutenção até 51 min, em 54 min a proporção de B retornou para 5% e manteve-se nesta condição até os 64 min. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação do tempo de retenção e perfil de absorção no ultravioleta com padrões autênticos. Para fins de quantificação, foi realizada curva de calibração externa com os padrões variando em concentração entre 1 e 50 mg/L. Foram utilizados os seguintes padrões autênticos com integração no comprimento de onda de 280 nm: ácido gálico, catequina, ácido clorogênico, ácido vanílico, ácido cafeico, epicatequina, ácido cumárico, ácido ferulico, rutina, isoquercetina, ácido isoclorogênico, astragalina, ácido salicílico, miricetina, quercetina, ácido cinâmico e canferol.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Comprimento de plântulas

Em teste de comparação de médias Scott-Knott, a nível de 5% de probabilidade de erro, não houve diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros comprimento de raiz e comprimento de parte aérea de plântulas de soja (Figura 1A e 1B). Já para o feijão, as concentrações 50% e 75% dos extratos, diminuíram o comprimento de ambos os parâmetros (Figura 1K e 1L), demonstrando respostas diferentes das espécies aos tratamentos e o possível efeito fitotóxico dos extratos de poaia-branca no desenvolvimento das plântulas.

**Figura 1 – Efeito dos extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes sobre os parâmetros CPA e CR em *Glycine max* (L.) Merrill (A e B), e CPA e CR em *Phaseolus vulgaris* L. (K e L). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos (P<0.05), dado pelo teste de scott knott. UTFPR, 2022**



Fonte: Autoria própria (2022).

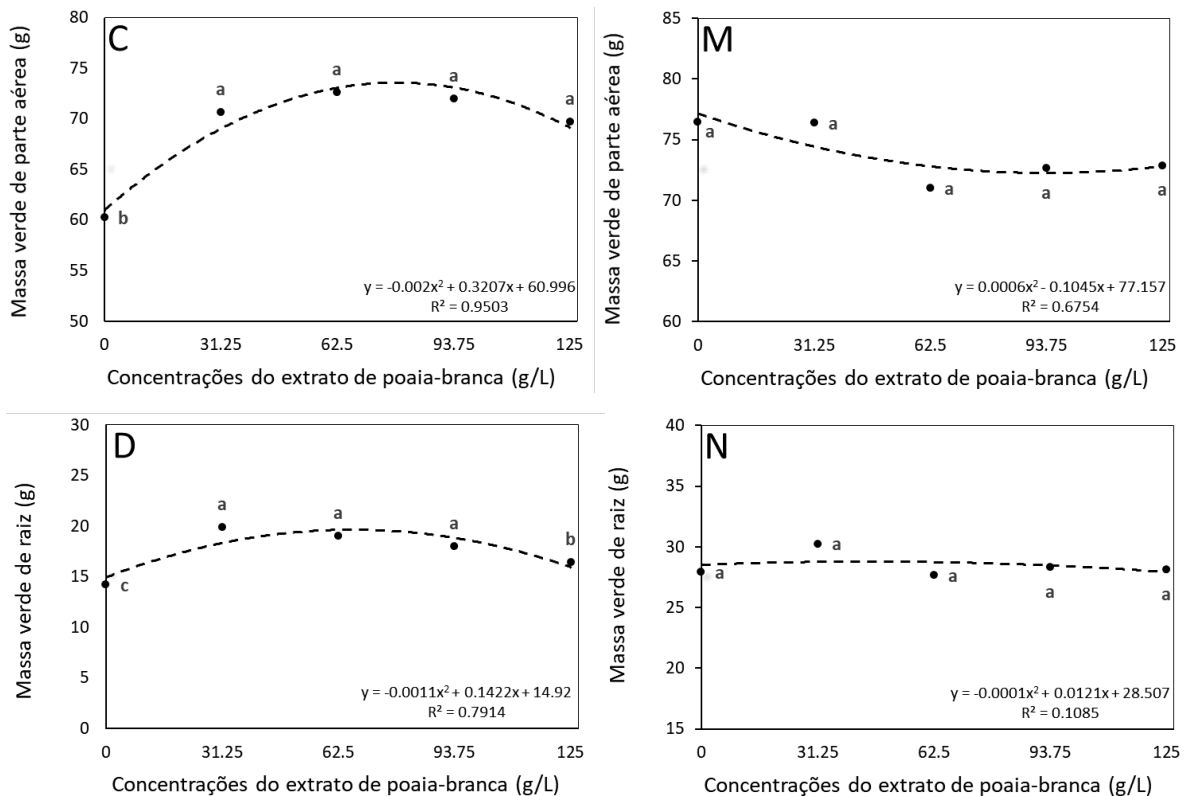
Estes resultados são compatíveis aos descritos por Buchoski e Tatibana (2010), na interferência dos extratos aquosos de poaia-branca sob o comprimento de plântulas de alface, onde houve redução significativa no comprimento de raiz e parte aérea. Nunes *et al.* (2014) salientaram que diferentes concentrações de extratos aquosos de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), linhaça (*Linum usitatissimum* L.), canola (*Brassica napus* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) não interferiram no CPA da soja. Outros trabalhos demonstram que extratos de citronela e brachiaria podem induzir o crescimento inicial de feijão na primeira semana (radícula e hi-

pocótilo), porém, este efeito se inverte com o passar do tempo, retardando o desenvolvimento (MELHORANÇA FILHO *et al.*, 2011).

Em estudos com extratos aquosos de *Bidens pilosa*, aplicados em feijão-comum, também demonstraram inibição do crescimento de plantas (MELHORANÇA FILHO *et al.*, 2011). Extratos aquosos de 100 g/L de adubos verdes como o sorgo e feijão-de-porco podem reduzir o crescimento de raiz e hipocótilo de feijão, afetando na massa de raízes; porém, em concentrações menores (50 g/L) podem ter o efeito contrário, favorecendo o crescimento (CARVALHO *et al.*, 2012). Em concentrações menores é possível que o extrato tenha influência benéfica, ofertando nutrientes e induzindo o crescimento, em detrimento da inibição alelopática, como visto no comprimento de plântulas submetidas ao extrato 25%. Estes resultados da dose-resposta podem estar ligados a hormese, onde a exposição a baixas doses de toxinas pode ser favorável para a planta, e conforme a concentração aumenta verifica-se respostas diferentes, como a limitação no desenvolvimento.

#### 4.2 Massa verde de plântulas

**Figura 2 – Efeito dos extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes sobre os parâmetros MVPA e MVR em *Glycine max* (L.) Merrill (C e D), e MVPA e MVR em *Phaseolus vulgaris* L. (M e N). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ), dado pelo teste de scott knott. UTFPR, 2022**



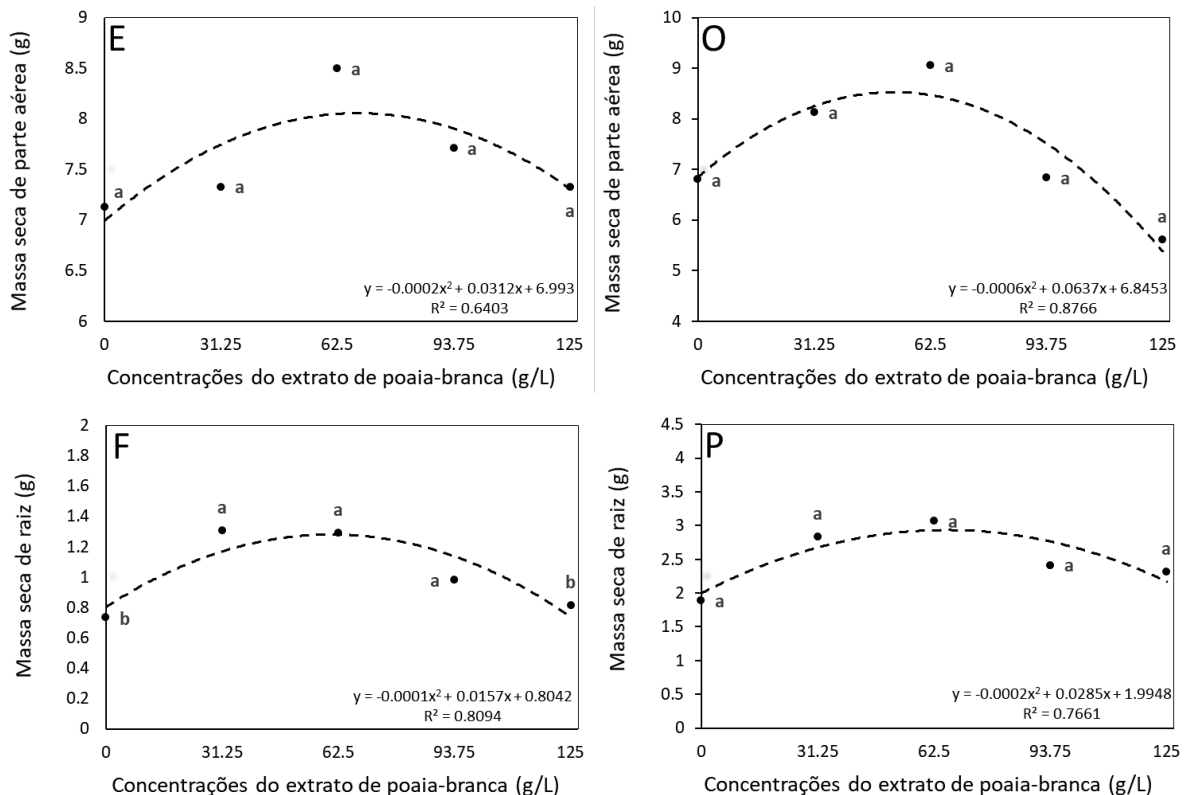
Fonte: Autoria própria (2022).

A interferência dos tratamentos nos parâmetros MVR e MVPA foram significativos para a soja, porém, não foram expressivos em feijão. Em soja, as menores médias de massa foram do tratamento controle, que diferiu entre os demais tratamentos, comprovando que o extrato aquoso estimulou o ganho de massa verde para todas as concentrações, embora a concentração superior (100%) tenha diminuído sua média em relação às demais concentrações (Figura 2D).

Estes resultados vão de encontro aos efeitos do extrato aquoso de crotalária em soja, resultando em ganho de massa fresca conforme a concentração aumenta (NUNES *et al.*, 2014). Esta diferença de estímulo de ganho de massa dos extratos menos concentrados para o de máxima concentração, poderia estar ligada ao aumento da fitotoxicidade dos compostos presentes no extrato 100%, e a ação da cumarina escopoletina, que em níveis superiores atua de maneira semelhante a uma auxina, inibindo o crescimento das raízes primárias (GRAÑA *et al.*, 2017).

### 4.3 Massa seca de plântulas

**Figura 3 – Efeito dos extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes sobre os parâmetros MSPA e MSR em *Glycine max* (L.) Merrill (E e F), e MSPA e MSR em *Phaseolus vulgaris* L. (O e P). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ), dado pelo teste de Scott Knott. UTFPR, 2022**



Fonte: Autoria própria (2022).

Após a secagem do material, verificou-se que o controle e o tratamento de 100% não diferiram entre si para MSR em soja, apresentando as menores médias de massa em relação

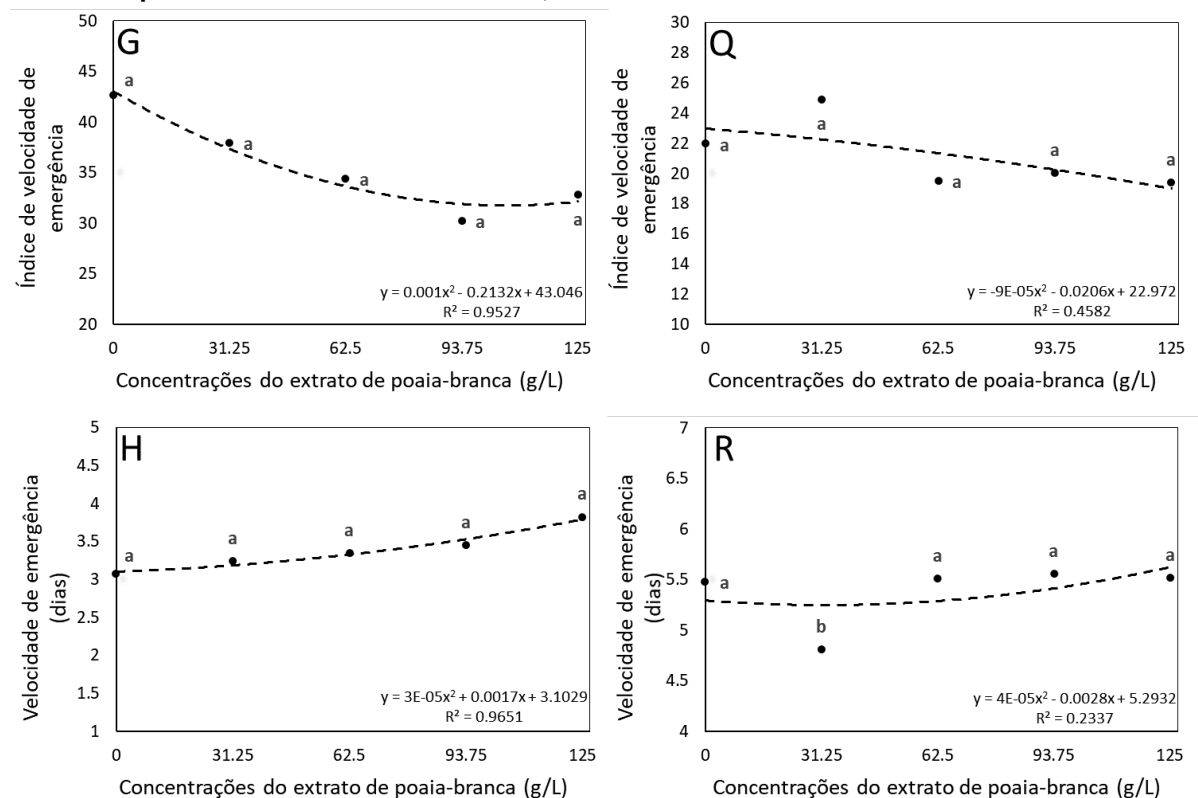
aos demais tratamentos. Paralelamente, os tratamentos 25%, 50% e 75% incrementaram a massa seca de raiz, não diferindo entre si em nível de 5% de significância (Figura 3F). Os extratos de poaia-branca não resultaram em interferências significativas para os fatores MSPA da soja e de feijão, e para MSR de feijão.

Carvalho *et al.* (2012) demonstraram o incremento de massa seca de raízes de feijoeiro comum devido aos extratos aquosos de diferentes adubos verdes, entre eles o sorgo, a crotalária, o feijão-de-porco, o guandu-anão e a aveia preta. Esta tendência também foi observada nos extratos de poaia-branca para massa verde de plântulas.

#### 4.4 Vigor de plântulas

As variáveis IVE e VE em soja, tiveram médias distintas, diminuindo o vigor das plântulas conforme o aumento da concentração dos extratos, porém, sem diferença significativa para nenhum dos resultados (Figuras 4G e 4H).

**Figura 4 – Efeito dos extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes sobre os parâmetros IVE e VE em *Glycine max* (L.) Merrill (G e H), e IVE e VE em *Phaseolus vulgaris* L. (Q e R). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos (P<0.05), dado pelo teste de scott knott. UTFPR, 2022**



Fonte: Autoria própria (2022).

Buchoski e Tatibana (2010) relataram a interferência significativa dos extratos de poaia-branca no decréscimo do IVG de alface, colaborando com os resultados obtidos. O IVE do feijão também não foi afetado pelos extratos, apenas o tratamento 25% teve diferença significativa

para o parâmetro VE, aumentando o vigor das plântulas e diminuindo, assim, o tempo de emergência (Figuras 4Q e 4R).

#### 4.5 Germinação e primeira contagem de germinação

Para a variável GER, descrita em percentual, o tratamento controle diferiu entre os demais tratamentos, indicando que houve interferência negativa em sementes de soja, diminuindo o número de plântulas normais, quando submetidas aos extratos de poaia-branca (Figura 5I). Buchoski e Tatibana (2010), de maneira semelhante, testando os extratos aquosos de poaia-branca, demonstraram resultados de inibição da germinação de sementes de alface. Estes resultados corroboram com os obtidos por Colpas *et al.* (2003), que trabalharam com diferentes compostos secundários, como as cumarinas, ácido ferúlico e naringenina, demonstrando alto efeito inibitório sobre a germinação de sementes de soja tratadas.

A germinação do feijão não foi afetada pelos extratos de poaia-branca (Figura 5S). Teixeira (2018) encontrou resultados distintos em estudos com extratos de picão-preto e aveia-preta, apontando a redução da germinação do feijão quando na presença dos extratos, mas sem efeitos para a soja. Carvalho *et al.* (2012) demonstraram que extratos de diferentes espécies de adubos verdes podem induzir ou inibir a germinação de feijão-comum, representando respostas diferentes para a planta.

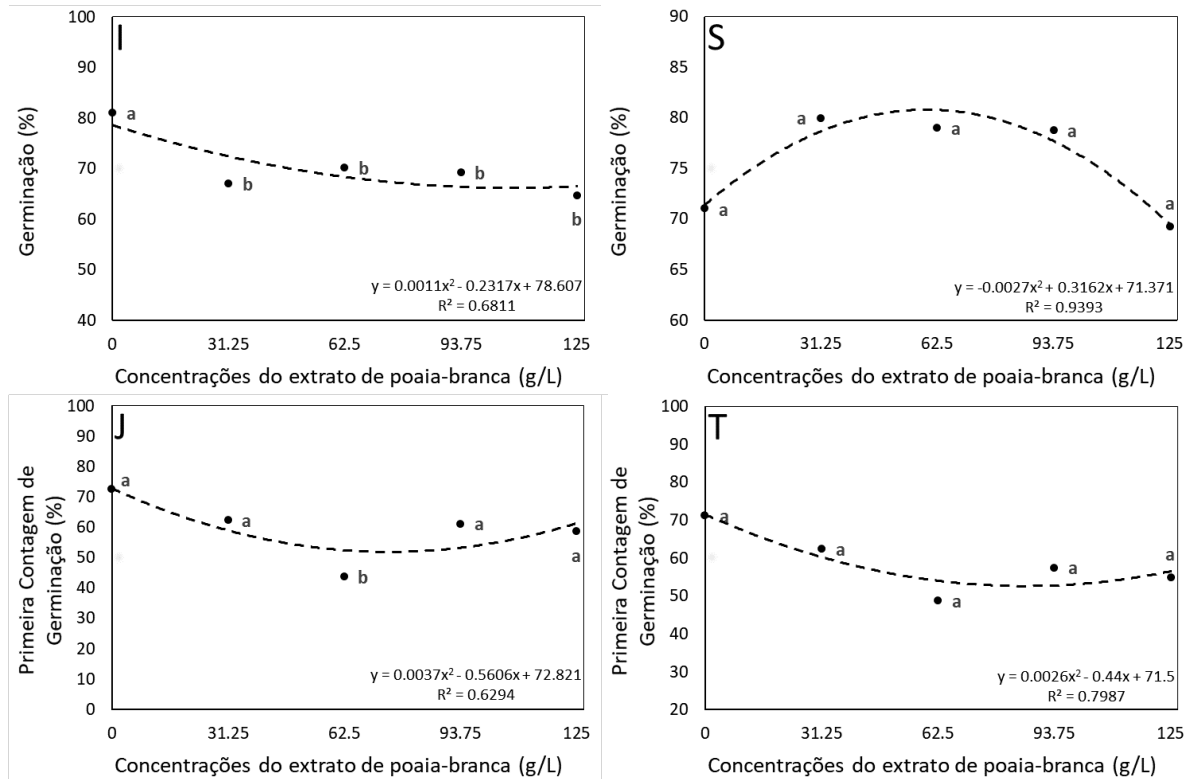
A PCG em soja atestou que apenas o tratamento 50% reduziu significativamente o número de plântulas totais germinadas, cinco dias após a implantação do experimento (Figura 5J). Já para o feijão não houve diferença entre os tratamentos. Borella *et al.* (2017) obtiveram resultados distintos para extratos de canola, sem interferência quando aplicados em cultivares de soja. Este efeito pode estar ligado a fitotoxicidade dos extrato nas sementes, com efeito sobre a GER e PCG da soja, prejudicando o desenvolvimento devido aos compostos presentes no material vegetal da poaia-branca.

#### 4.6 Análise de variância

Em análise ANOVA os resultados indicaram médias dos tratamentos diferentes entre si em nível de 5% de probabilidade de erro ou de significância para as variáveis GER, CRA, MVPA, MVRA, MSRA e PCG em soja. Em feijão houve interferência dos extratos com médias de tratamentos diferentes para VE, CRA e CPA. As médias não diferiram entre si para as demais variáveis, e a diferença entre as médias dos grupos pode ser atribuída ao acaso.



**Figura 5 – Efeito dos extratos aquosos de *Richardia brasiliensis* Gomes sobre os parâmetros GER e PCG em *Glycine max* (L.) Merrill (I e J), e GER e PCG em *Phaseolus vulgaris* L. (S e T). Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos (P<0.05), dado pelo teste de scott knott. UTFPR, 2022**



Fonte: Autoria própria (2022).

#### 4.7 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC)

A partir da análise de perfil fitoquímico do extrato aquoso de poaia branca, foi possível notar a presença de 8 dos 17 padrões utilizados em HPLC, como demonstrado na Figura 6. Dentre eles, os que apresentaram maiores concentrações foram o ácido cafeico, ferúlico e vanílico, respectivamente, os quais representam a classe dos ácidos fenólicos.

Os ácidos fenólicos são uma categoria de compostos fenólicos, os quais são sintetizados através do metabolismo especializado das plantas, estando envolvidos na promoção da proteção das mesmas contra estresses bióticos e abióticos e na sinalização entre plantas e outros organismos (VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010). No metabolismo dos vegetais também são responsáveis pela formação de lignina, alterando a permeabilidade da membrana e limitando o crescimento radicular da planta, devido ao controle de espécies reativas de oxigênio pelas enzimas oxidativas (BUBNA *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2018).

Para os tratamentos 31,25 g/L, 62,5 g/L e 93,75 g/L de poaia-branca em soja, houve acréscimo de MSR, fato o qual pode ser justificado pela presença de lignina na parede celular das raízes, aumentando sua massa devido a elevada massa molecular dessa substância. Além disso, houve efeitos significativos dos extratos aquosos da planta estudada para variável GER

**Tabela 1 – Resumo da análise de variância para germinação (GER), índice de velocidade de emergência (IVE), velocidade de emergência (VE), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CRA), massa verde de parte aérea (MVPA), massa verde de raiz (MVR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSRA) e primeira contagem de germinação (PCG). \* Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns : não significativo**

Soja										
	G%	IVE	VE	CRA	CPA	MVPA	MVRA	MSPA	MSRA	PCG
Q.M.	157,18	92,27	0,32	4,58	8,13	102,35	20,23	1,2	0,28	17,17
C.V.	5,46	15,65	13,28	9,86	14,38	4,23	8,35	18,8	19,9	13,36
G.L.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
F.calc.	10,61*	2,97 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	3,33*	2,74 <sup>ns</sup>	11,97*	9,45*	0,59 <sup>ns</sup>	6,76*	6,73*
Feijão										
	G%	IVE	VE	CRA	CPA	MVPA	MVRA	MSPA	MSRA	PCG
Q.M.	102,32	21,77	0,4	4,66	4,66	23,64	4,25	7,07	0,84	11,42
C.V.	10,88	14,52	5,42	6,05	8,83	4,5	6,56	22,26	26,72	17,16
G.L.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
F.calc.	1,51 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	4,72*	4,28*	3,11*	2,13 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	2,68 <sup>ns</sup>	1,88 <sup>ns</sup>	2,79 <sup>ns</sup>

**Fonte: Autoria própria (2022).**

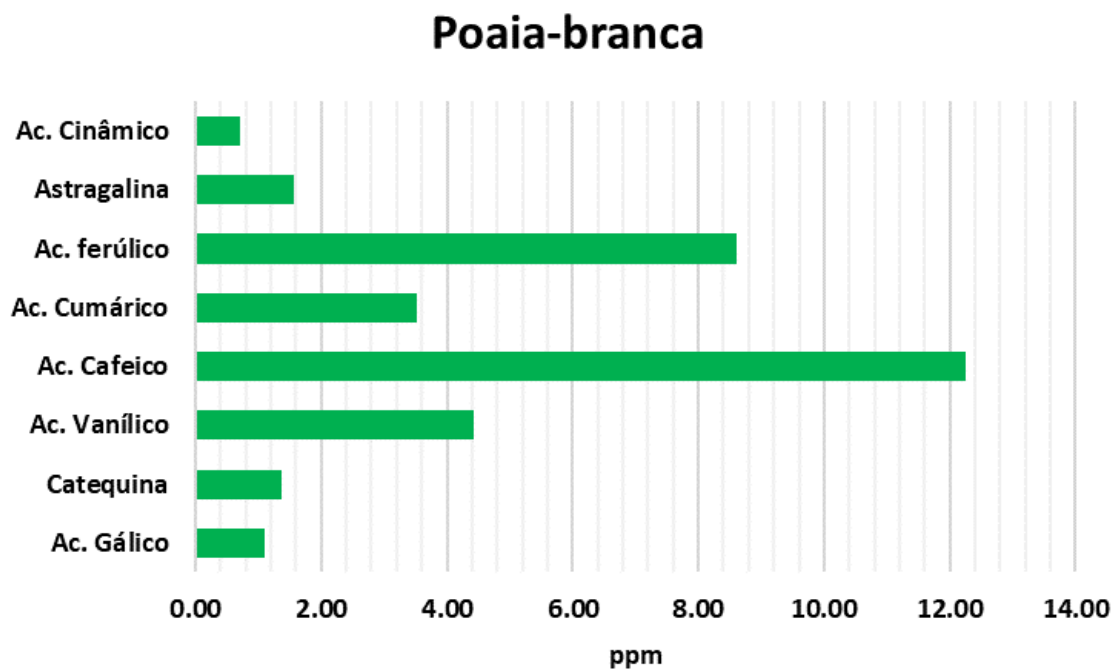
em soja, o que pode ter possibilitado a lignificação das paredes celulares das plântulas e, assim, intensificado o número de plântulas anormais pelo enrijecimento dos tecidos da planta.

Estudos realizados por Bubna *et al.* (2011), a partir da aplicação exógena de ácido cafeico em mudas de soja, confirmam a sua atuação alelopática. O composto influenciou na restrição do crescimento radicular em razão da produção de monolignóis, promovendo a solidificação da parede vegetal. Da mesma forma, Pereira *et al.* (2018) verificaram a inibição da germinação de alface por meio do emprego de extrato etanólico de *C. ensiformis*, a qual dispõe de ácido cafeico e ferúlico em sua parte aérea. Favaretto (2018) também testou o potencial herbicida de capim-anoni através da aplicação dos ácidos cafeico, ferúlico, *p*-cumárico e vanílico em sementes de alface e confirmou a redução da germinação pelo ácido vanílico e o índice de velocidade de germinação sob ação desse ácido e dos ácidos cafeico e *p*-cumárico.

Pinto *et al.* (2008) isolaram e identificaram a cumarina escopoletina em poaia-branca e Graña *et al.* (2017) analisou o modo de ação e o potencial fitotóxico da mesma, no qual concluíram que esta atua de modo semelhante a um herbicida auxínico, comprometendo o desenvolvimento radicular e causando morte celular de plantas.

Tais resultados corroboram com os obtidos para as variáveis CR e CPA de plântulas de feijão do presente trabalho, a qual apresentou interferência negativa dos extratos de 50% e 75% de poaia-branca, o que possibilitou a redução de dimensão de raiz e parte aérea em consequência da atuação dos ácidos fenólicos encontrados nos mesmos, que podem promover a rigidez da parede vegetal e comprometer seu desenvolvimento.

Figura 6 – Concentração das substâncias encontradas no extrato aquoso 125 g/L de *Richardia brasiliensis* Gomes submetido a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). UTFPR, 2022



Fonte: Autoria própria (2022).

## 5 CONCLUSÕES

Em soja, os extratos aquosos de poaia-branca interferiram negativamente na germinação, e incrementaram o ganho de massa verde de parte aérea e raiz para todos os tratamentos testados. Os tratamentos 25%, 50% e 75% incrementaram o ganho de massa seca de raiz. Os parâmetros índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência, comprimento de plântulas e massa seca de parte aérea não foram afetados pelos extratos.

Em feijão, os valores de massa verde e seca de raiz e parte aérea não foram afetados pelos tratamentos. Houve redução do comprimento de parte aérea e raiz para o tratamento 62.5 g/L e 93.75 g/L. Os parâmetros germinação, índice de velocidade de emergência, velocidade de emergência e primeira contagem de germinação não foram afetados pelos extratos.

Em análise de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), foram detectados compostos pela primeira vez na espécie, entre eles o ácidos Cafeico, Ferúlico, Vanílico, Cumárico, seguidos de Astragalina, Catequina, e os ácidos Gálico e Cinâmico, nas concentrações de 12.26, 8.62, 4.42, 3.53, 1.57, 1.37, 1.10 e 0.7 ppm respectivamente, contribuindo para futuras pesquisas.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conclui-se que respostas distintas são observadas para diferentes espécies cultivadas, sendo necessários novos estudos para elucidar tais efeitos em outras culturas. Ademais, nem todas as substâncias presentes no extrato aquoso foram descobertas na análise HPLC, limitando as discussões dos efeitos encontrados. Por fim, é necessário que os compostos dos extratos sejam estudados separadamente, a fim de evitar interferências e elucidar possíveis compostos benéficos para a agricultura.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. B. d.; EI-HUSNY, J. C. Melhoramento da soja para as condições do estado do Pará. p. 8, 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/575464/1/Melhoramentodasoja.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- BARBIERI, F. M. Uso de defensivos agrícolas no estado do paraná. p. 44, 2022. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29058/1/usodefensivosagricolasparana.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. **Matologia: Estudo sobre plantas daninhas**. [S.l.: s.n.], 2021. ISBN 978-65-00-16757-3.
- BORELLA, J. *et al.* Efeito alelopático de extrato de canola (brassica napus) sobre a fase de germina o da cultura da soja. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 11, n. 1, p. 18–25, 2017. ISSN 19817061. Disponível em: <http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/484>. Acesso em: 11 nov. 2022.
- BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos secundários de plantas. **Revista Agrotecnologia**, v. 11, n. 1, p. 54–67, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/344380546\\_METABOLITOS\\_SECUNDARIOS\\_DE\\_PLANTAS\\_-\\_SECONDARY\\_PLANT\\_METABOLITES](https://www.researchgate.net/publication/344380546_METABOLITOS_SECUNDARIOS_DE_PLANTAS_-_SECONDARY_PLANT_METABOLITES). Acesso em: 25 nov. 2021.
- BUBNA, G. A. *et al.* Exogenous caffeic acid inhibits the growth and enhances the lignification of the roots of soybean (Glycine max). **Journal of Plant Physiology**, v. 168, n. 14, p. 1627–1633, 2011. ISSN 01761617. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0176161711001301>. Acesso em: 13 nov. 2022.
- BUCHOSKI, M. G.; TATIBANA, L. T. Avalia o do efeito dos extratos aquosos e alcoólicos de *Richardia brasiliensis* na germina o e crescimento inicial de plântulas. **Encontro Anual de Inicia o Científica**, v. 19, p. 1–4, 2010. Disponível em: <https://anais.unicentro.br/xixeaic/pdf/358.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- CARVALHO, L. B. **Plantas daninhas**. 1. ed. [s.n.], 2013. ISBN 978-85-912712-2-1. Disponível em: [https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/leonardobiancodecarvalho/livro\\_plantasdaninhas.pdf](https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/leonardobiancodecarvalho/livro_plantasdaninhas.pdf). Acesso em: 20 nov. 2021.
- CARVALHO, W. P. d. *et al.* Alelopatia de adubos verdes sobre feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). v. 10, n. 1, p. 86–93, 2012. ISSN 1980-4849. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/1397/1/ARTIGO\\_Alelopatia%20de%20adubos.pdf](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/1397/1/ARTIGO_Alelopatia%20de%20adubos.pdf). Acesso em: 11 nov. 2022.
- CEPEA, C. d. E. A. e. E. A.; CNA, C. d. A. e. P. d. B. **PIB do agronegócio**. [S.l.], 2022. 19 p. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-do-Agronegocio-20set22-2.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2022.
- CO ELHO, J. D. Produ o de grãos – feijão, milho e soja. p. 14, 2018. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1019/1/2018\\_CDS\\_33.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1019/1/2018_CDS_33.pdf). Acesso em: 05 nov. 2022.
- COLOGNESE, I. C. *et al.* Efeitos de extratos aquosos de poia branca na germina o e vigor de sementes de rúcula. *In*: **54<sup>o</sup>**. Recife: [s.n.], 2016. p. 1. Disponível em: <http://>

//www.abhorticultura.com.br/EventosX2/EventosX/Trabalhos/EV\_8/A6525\_T10681\_Comp.pdf. Acesso em: 12 nov. 2022.

COLPAS, F. T. *et al.* Effects of some phenolic compounds on soybean seed germination and on seed-borne fungi. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 2, p. 155–161, 2003. ISSN 1516-8913. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-89132003000200003&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132003000200003&lng=en&tlng=en). Acesso em: 13 nov. 2022.

CONAB, C. N. d. A. Acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2020/21. v. 8, p. 1–97, 2021. ISSN 2318-6852. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 13 nov. 2021.

CONAB, C. N. d. A. Acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2021/22. v. 9, n. 12, p. 1–88, 2022. ISSN 2318-6852. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 13 nov. 2021.

CRUZ, C. D. **GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics**. 2013.

DALPIZOL, B. *et al.* PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA SOJA. v. 2, n. 3, p. 394–401, 2020. ISSN 2674-550X. Disponível em: <https://fjh.fag.edu.br/index.php/fjh/article/view/230>. Acesso em: 05 nov. 2022.

DIESEL, F. **Investigação da tolerância de *Borreria latifolia* (aubl) e *Richardia brasiliensis* (gomes) a glyphosate e competitividade com a cultura da soja**. 2016. Tese (Doutorado) — UTFPR-Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2247>. Acesso em: 25 nov. 2021.

DORNELLES, R. Potencial antiproliferativo, genotóxico e fitoquímica de *Richardia brasiliensis* gomes. p. 170, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/4897>. Acesso em: 26 out. 2021.

EINHELLIG, F. A. Interactions involving allelopathy in cropping systems. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 6, p. 886–893, 1996. ISSN 0002-1962, 1435-0645. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj1996.00021962003600060007x>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FAVARETTO, A. Identificação e avaliação de compostos bioativos do capim-annoni em plantas daninhas. p. 80, 2018. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/1552/2/2018AdrianaFavaretto.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. p. 30, 2000. Disponível em: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Gui-y-Alvez-19991.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021.

FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2021. ISBN 978-65-87380-27-8. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134359/1/lv-2021.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

FISIOLOGIA e desenvolvimento vegetal. [S.l.: s.n.].

GIBBERT, A. M. *et al.* Redução do comprimento e da matéria seca da radícula de plântulas de soja em função da alelopatia de poaia-branca. *In: .* Santa Maria-RS: [s.n.], 2018. p. 4. ISBN 978-85-5722-124-6. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/maissoja/>. Acesso em: 26 nov. 2021.

GOBBO NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374–381, 2007. ISSN 0100-4042. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000200026&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000200026&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 26 nov. 2021.

GRAÑA, E. *et al.* Auxin-like effects of the natural coumarin scopoletin on Arabidopsis cell structure and morphology. **Journal of Plant Physiology**, v. 218, p. 45–55, 2017. ISSN 01761617. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S017616171730189X>. Acesso em: 13 nov. 2022.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. p. 70, 2014. ISSN 2176-2937. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104753/1/O-agronegocio-da-soja-nos-contextos-mundial-e-brasileiro.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

IBGE. **Censo Agro 2017**. 2017. Disponível em: [enquadrador.com.br/BHN45](http://enquadrador.com.br/BHN45). Acesso em: 07 jun. 2022.

LEHMAN, M. E.; BLUM, U. Influence of pretreatment stresses on inhibitory effects of ferulic acid, an allelopathic phenolic acid. **Journal of Chemical Ecology**, v. 25, n. 7, p. 1517–1529, 1999. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1020828630638>. Acesso em: 24 nov. 2021.

LEWIS, W. H.; OLIVER, R. L. Revision of Richardia (Rubiaceae). **Brittonia**, v. 26, n. 3, p. 301, 1974. ISSN 0007196X. Disponível em: <http://link.springer.com/10.2307/2805730>. Acesso em: 02 nov. 2022.

MACIAS, F. A.; MEJÍAS, F. J. R.; MOLINILLO, J. M. G. Recent advances in allelopathy for weed control: from knowledge to applications. **Pest management science**, v. 75, n. 9, p. 2413–2436, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ps.5355>. Acesso em: 24 nov. 2021.

MAPA, M. d. A. P. e. A. **Regras para análise de sementes**. 1. ed. [s.n.], 2009. OCLC: 709430653. ISBN 978-85-99851-70-8. 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). Acesso em: 24 nov. 2021.

MAPA, M. d. A. P. e. A. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura da soja no estado do Paraná, ano-safra 2022/2023. **Secretaria de Política Agrícola**, p. 39, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/parana/word/PORTN260SOJAPR.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2022.

MATIAS, R. *et al.* Chemical constituents and antifungal potential of the Richardia brasiliensis (gomes) ethanolic extract. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 21, n. 3, p. 457 – 465, 2018. ISSN 1870-0462-tsaes.v21i3.2500. Disponível em: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2500>. Acesso em: 24 nov. 2021.

MELHORANÇA FILHO, A. L. *et al.* Potencial alelopático de diferentes espécies de plantas daninhas sobre o desenvolvimento de plântulas de feijão. v. 15, n. 5, p. 31–40, 2011. ISSN 1415-6938. Disponível em: <https://revista.pgsskroton.com/index.php/ensaioeciencia/article/view/2850>. Acesso em: 24 nov. 2021.



MEYER, M. C. *et al.* (Ed.). **Bioinsumos na cultura da soja**. 21. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2022. ISBN 978-65-87380-96-4. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1143066>. Acesso em: 24 nov. 2021.

MONQUERO, P.; CURY, J.; CHISTOFFOLETI, P. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, v. 23, n. 1, p. 123–132, 2005. ISSN 0100-8358. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582005000100015&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582005000100015&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 25 nov. 2021.

MOREIRA, H. J. d. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas infestantes: cultivos de verão**. [s.n.], 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/12492345/Manual+de+Identifica%C3%A7%C3%A3o+de+Plantas+Infestantes+-+Cultivos+de+Ver%C3%A3o/2b542acc-89ef-4322-b495-188ca5b40564?version=1.0>. Acesso em: 05 nov. 2022.

NAKAGAWA, J. Testes de Vigor Baseados no Desempenho das Plântulas. 1999. Acesso em: 12 nov. 2022.

NUNES, J. V. D. *et al.* Atividade alelopática de extratos de plantas de cobertura sobre soja, pepino e alface. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 122–130, 2014. ISSN 1983-2125. Disponível em: [https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2990/pdf\\_94](https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2990/pdf_94). Acesso em: 11 nov. 2022.

PEDROL, N.; GONZÁLEZ, L.; REIGOSA, M. J. Allelopathy and abiotic stress. *In*: **Allelopathy: a physiological process with ecological implications**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2006. p. 171–209. ISBN 978-1-4020-4279-9. Disponível em: [http://link.springer.com/10.1007/1-4020-4280-9\\_9](http://link.springer.com/10.1007/1-4020-4280-9_9). Acesso em: 24 nov. 2021.

PEREIRA, J. C. *et al.* Potencial alelopático e identificação dos metabólitos secundários em extratos de *Canavalia ensiformis* L. **Revista Ceres**, v. 65, n. 3, p. 243–252, 2018. ISSN 2177-3491, 0034-737X. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2018000300243&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2018000300243&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 13 nov. 2022.

PINTO, D. S. *et al.* Secondary metabolites isolated from *Richardia brasiliensis* Gomes (Rubiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 3, p. 367–372, 2008. ISSN 0102-695X. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-695X2008000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2008000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=en). Acesso em: 26 out. 2021.

PINTO, J. V. Propriedades físicas, químicas, nutricionais e tecnológicas de feijões (*phaseolus vulgaris* L.) De diferentes grupos de cor. p. 167, 2016. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/71/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Jennifer\\_Vieira\\_N\\_114.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/71/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jennifer_Vieira_N_114.pdf). Acesso em: 05 nov. 2022.

POSSE, S. C. P. *et al.* Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2009 - 2011. p. 245, 2010. ISSN 1519-2059. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/975/1/Livreto-Feijao-AINFO.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

RICE, E. L. **Allelopathy second edition**. Academic Press, 1984. ISBN 978-0-08-092539-4. Disponível em: <https://play.google.com/books/reader?id=uqch7A0XMCUC&pg=GBS.PR3&hl=pt>. Acesso em: 24 nov. 2021.

- RIZVI, S. J. H. *et al.* A discipline called allelopathy. In: **Allelopathy**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1992. p. 1–10. ISBN 978-94-010-5048-7 978-94-011-2376-1. Disponível em: [http://link.springer.com/10.1007/978-94-011-2376-1\\_1](http://link.springer.com/10.1007/978-94-011-2376-1_1). Acesso em: 24 nov. 2021.
- 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. 1–22, 2020. ISSN 2525-3409. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1990>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- SILVA, J. D. *et al.* Levantamento Fitossociológico de Plantas Daninhas em Cultivo de Batata-Doce. **Revista Ciência Agrícola**, v. 15, n. 2, p. 45–52, 2017. ISSN 2447-3383, 0103-8699. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/3164>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- SILVA, M. S. *et al.* Composição química e valor protéico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 571–576, 2006. ISSN 0101-2061. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612006000300014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000300014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 27 out. 2021.
- SINGH, I. Soil: Environmental Effects on Allelochemical Activity. **Agronomy Journal**, p. 79–84, 2001. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/279903861\\_Soil\\_Environmental\\_effects\\_on\\_allelochemical\\_activity](https://www.researchgate.net/publication/279903861_Soil_Environmental_effects_on_allelochemical_activity). Acesso em: 13 nov. 2021.
- SOUZA, F. H. T. d. Estudo fitoquímico e farmacobotânico de richardia brasiliensis gomes (rubiaceae). p. 196, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/6764>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- TEIXEIRA, A. C. Potencial alelopático de Bidens pilosa L. sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de culturas de verão. p. 45, 2018. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2371/1/TEIXEIRA.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2022.
- THARAYIL, N.; BHOWMIK, P. C.; XING, B. Preferential Sorption of Phenolic Phytotoxins To Soil: Implications for Altering the Availability of Allelochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 8, p. 3033–3040, 2006. ISSN 1520-5118. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf053167q>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- VARGAS, L. *et al.* Como manejar. **Cultivar Grandes Culturas**, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/899107/1/Comomanejar.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2022.
- VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja. p. 23, 2006. ISSN 1518-6512. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do62.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62.htm). Acesso em: 06 jun. 2022.
- VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. Pelotas, p. 17, 2010. ISSN 1516-8840. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/886074/1/documento316.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- WANG, T. S. C.; LI, S. W.; FERNG, Y. L. Catalytic polymerization of phenolic compounds by clay minerals. **Soil Science**, v. 126, p. 15–21, 1978. ISSN 1538-9243. Disponível em: [https://journals.lww.com/soilsci/abstract/1978/07000/catalytic\\_polymerization\\_of\\_phenolic\\_compounds\\_by.3.aspx](https://journals.lww.com/soilsci/abstract/1978/07000/catalytic_polymerization_of_phenolic_compounds_by.3.aspx). Acesso em: 13 nov. 2021.