

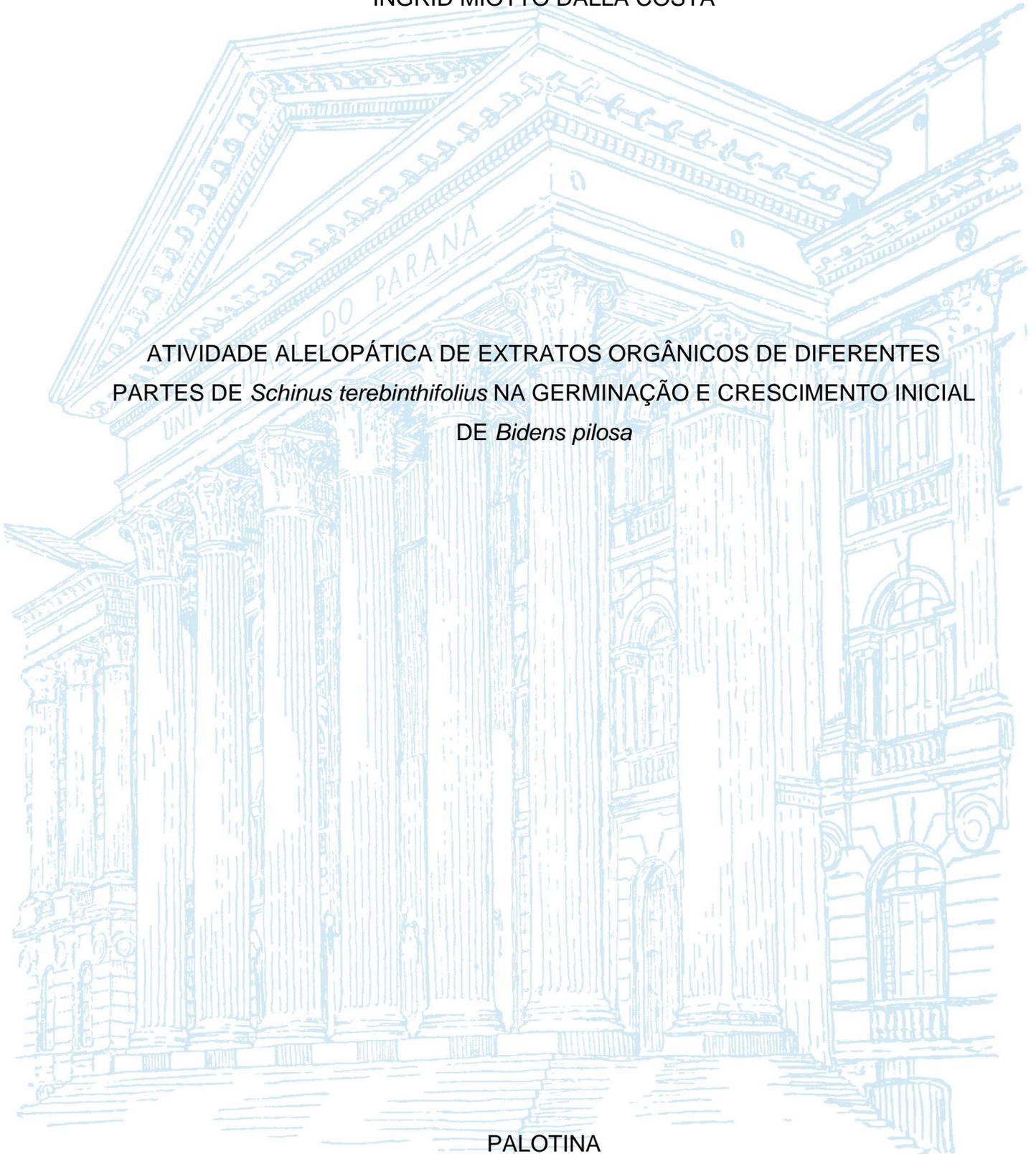
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

INGRID MIOTTO DALLA COSTA

ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE EXTRATOS ORGÂNICOS DE DIFERENTES  
PARTES DE *Schinus terebinthifolius* NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL  
DE *Bidens pilosa*

PALOTINA

2021



INGRID MIOTTO DALLA COSTA

ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE EXTRATOS ORGÂNICOS DE DIFERENTES  
PARTES DE *Schinus terebinthifolius* NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL  
DE *Bidens pilosa*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Patricia da Costa Zonetti

PALOTINA

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

## ATA DE REUNIÃO

Aos 15 dias do mês de dezembro do ano de 2021, às 19:30 [dezenove e trinta] horas, na Sala virtual <https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3a053e21fa29d54545a3d8340272b445da%40thread.tacv2/1639413516048?context=%7b%22Tid%22%3a%22c37b37a3-e9e2-42f9-bc67-4b9b738e1df0%22%2c%22Oid%22%3a%222d8191b0-8bfb-4c4a-b59b-5fd67856b39b%22%7d> da Plataforma Teams, Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, realizou-se a Defesa Pública e Oral do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE EXTRATOS ORGÂNICOS DE DIFERENTES PARTES DE *Schinus terebinthifolius* NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE *Bidens pilosa*" apresentado pela discente **INGRID MIOTTO DALLA COSTA**, orientada pela Prof.(a) Dr.(a) Patricia da Costa Zonetti, como um dos requisitos obrigatórios para conclusão do curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Iniciados os trabalhos, a orientadora e Presidente da Banca concedeu a palavra à discente, para exposição do seu trabalho. A seguir, foi concedida a palavra em ordem sucessiva aos membros da Banca de Exame, os quais passaram a arguir a discente. Ultimada a defesa, que se desenvolveu nos termos normativos, a Banca de Exame, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo atribuído à discente as seguintes notas: Prof. (a) Dr.(a) Patricia da Costa Zonetti, nota: 98 (noventa e oito), Prof.(a) Dr.(a) Suzana Stefanello, nota: 98 (noventa e oito), e Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht, nota: 98 (noventa e oito). A nota final da discente, após a média aritmética dos três membros da banca de exame, foi **98 (noventa e oito)**. As considerações e sugestões feitas pela Banca de Exame deverão ser atendidas pela discente sob acompanhamento de sua orientadora. Nada mais havendo a tratar foi lavrada a presente ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.



Documento assinado eletronicamente por **PATRICIA DA COSTA ZONETTI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/12/2021, às 21:20, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **LEANDRO PAIOLA ALBRECHT, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/12/2021, às 21:28, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **SUZANA STEFANELLO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/12/2021, às 21:34, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **INGRID MIOTTO DALLA COSTA, Usuário Externo**, em 16/12/2021, às 08:46, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **4130320** e o código CRC **B9C80848**.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais pelos incentivos constantes ao meu desenvolvimento pessoal e profissional, além de todo amor que me deram;

Ao meu namorado André pela compreensão nas horas que estive ausente, por estar presente na minha vida, me incentivando e apoiando todos os dias, especialmente nos dias que mais precisei;

Às minhas amigas Poline Wilke, Cassia R. Rambo, Júlia Bavaresco e Karen J. Haselroth, que sempre estiveram comigo, colaborando com os experimentos e me apoiando nos momentos mais difíceis;

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade;

À minha orientadora Profa. Dra. Patricia da Costa Zonetti pela oportunidade, apoio e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho;

A todos os profissionais da saúde que me auxiliaram a vencer esta etapa; em especial psicóloga Monithielly Regina Zamboni por todo apoio e ajuda profissional, além do incentivo e empatia recebida na terapia.

À todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

## RESUMO

*Schinus terebinthifolius* Raddi é uma espécie arbórea e perene pertencente à família Anacardiaceae; sendo nativa da América do Sul, especialmente Argentina, Brasil, Uruguai e Paraguai. Seu potencial biológico foi explorado farmacologicamente, mas são poucos os trabalhos com viés agrotecnológico. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade alelopática de extratos de *Schinus terebinthifolius* Raddi sobre a germinação e crescimento inicial de sementes de *Bidens pilosa*, determinando parâmetros de: IVG, % de germinação, comprimento de radícula, comprimento de parte aérea, massa fresca e massa seca. Foram coletadas amostras de frutos, folíolos, e pecíolos+raques para preparação dos extratos. Os extratos foram caracterizados, quanto as principais classes de metabólitos secundários, através de cromatografia em camada delgada. A extração foi realizada pela técnica de maceração a frio com extração sequencial do material vegetal, utilizando-se três solventes por ordem de polaridade: hexano, acetato de etila e etanol. Foi realizado teste alelopático, com extratos na concentração de 500 e 1000 ppm, sobre as sementes de *Bidens pilosa*. As extrações resultaram em 9 extratos orgânicos. Nos testes alelopáticos não foram verificadas diferenças estatísticas nos parâmetros de % de germinação, IVG, massa fresca e massa seca das plântulas. A maior redução no comprimento da raiz primária foi de 47,9%, obtida pelo efeito do extrato etanólico de pecíolos+raques na concentração de 500 ppm, enquanto a maior redução do comprimento de parte aérea foi de 18,3%, obtida pelo efeito do extrato de acetato de etila dos folíolos na concentração de 1000 ppm. Foi detectada a presença de esteroides/terpenos em todos os extratos e apenas um deles não apresentou compostos fenólicos. Os resultados mais promissores foram obtidos com os extratos etanólicos, em especial os extratos de folíolos e frutos. Este trabalho demonstrou que os extratos polares apresentaram melhores efeitos alelopáticos, evidenciando seu potencial como fonte de moléculas ativas.

Palavras-chave: Aroeira-vermelha 1. Picão-preto 2. Alelopatia 3.

## ABSTRACT

*Schinus terebinthifolius* Raddi is arboreal and perennial species belonging to Anacardiaceae family; being native to South America, especially Argentina, Brazil, Uruguay, and Paraguay. Its biological activity has been explored pharmacologically, but there are few works with an agrotechnological focus. Therefore, this work aimed to perform test to assess allelopathic activities of extracts of *Schinus terebinthifolius* Raddi on the germination and initial growth of seeds of *Bidens pilosa*, assess parameters like GSI, % germination, radicle length, shoot length, fresh weigh, and dry weigh. Leaflets, fruits and stem+rachis samples were collected for the preparation of extracts. Extraction was performed using cold maceration method with sequential extraction of plant material, using three solvents in order of polarity: hexane, ethyl acetate, and ethanol. Allelopathic test was also performed, with concentrations of 500 ppm and 1000 ppm, against the weed *Bidens pilosa*. Extracts were characterized, looking for different classes of secondary metabolites, through thin layer chromatography. Extractions resulted in 9 organic extracts. In phytotoxic tests, no statistical differences were verified in % germination, GSI, fresh weight, and dry weight. The greatest reduction in radicle length was 47.9%, obtained by effect of stem+rachis ethanol extract at 500 ppm, while the greatest reduction in shoot length was 18.3%, obtained by effect of ethyl acetate extract from leaflets at 1000 ppm. The presence of steroids / terpenes was detected in all the extracts and only one of them was not phenolic compounds. Most promising results were obtained with ethanol extracts, especially leaf and fruit extracts. This work has shown that polar extracts had better biological effects, highlighting their potential as a source of active molecules.

Keywords: Aroeira-vermelha 1. Picão-preto 2. Allelopathy 3.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - COMPOSTOS FENÓLICOS ISOLADOS DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.....	18
FIGURA 2 - COMPOSTOS FENÓLICOS IDENTIFICADOS NOS FRUTOS DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.....	18
FIGURA 3 - COMPOSTOS ENCONTRADOS EM ESPÉCIMES BRASILEIROS DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.....	19
FIGURA 4 - EXEMPLAR DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi .....	21
FIGURA 5 - FOLHAS COM FOLÍOLOS DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi .....	22
FIGURA 6 - FLUXOGRAMA DE OBTENÇÃO DOS EXTRATOS DOS DE FOLÍOLOS, FRUTOS E PECÍOLO+RAQUE DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi ..	23

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DO COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA DE <i>Bidens pilosa</i> EM DIFERENTES EXTRATOS DE AROEIRA-VERMELHA.....	30
GRÁFICO 2 - PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DO COMPRIMENTO DE RAIZ PRIMÁRIA DE <i>Bidens pilosa</i> EM DIFERENTES EXTRATOS DE AROEIRA-VERMELHA.....	30

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - LOCALIZAÇÃO DOS EXEMPLARES DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi ESTUDADOS EM TERRITÓRIO NACIONAL .....	19
QUADRO 2 - TRATAMENTOS UTILIZADOS NO TESTE ALELOPÁTICO.....	24
QUADRO 3 - REVELADORES UTILIZADOS NA CROMATOGRAFIA DE CAMADA DELGADA PARA IDENTIFICAÇÃO PRESUNTIVA DOS PRINCIPAIS GRUPOS DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS.....	26
QUADRO 4 - GRUPOS DE COMPOSTOS PRESENTE NOS EXTRATOS DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.....	32

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - VALORES MÉDIOS DE PARAMETROS DE GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTULA DE *Bidens pilosa* FRENTE A EXTRATOS DE DIFERENTES PARTE DE *Schinus terebintifolius* Raddi NA CONCENTRAÇÃO DE 500 ppm.....28
- TABELA 2 - VALORES MÉDIOS DE PARAMETROS DE GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTULA DE *Bidens pilosa* FRENTE A EXTRATOS DE DIFERENTES PARTE DE *Schinus terebintifolius* Raddi NA CONCENTRAÇÃO DE 1000 ppm.....28

## **LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS**

ANOVA	- Análise de variância
CCD	- Cromatografia em Camada Delgada
CV	- Coeficiente de Variação
IVG	- Índice de Velocidade de Germinação
ppm	- Partes Por Milhão
RAS	- Regras de Análise de Sementes

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	13
1.2 OBJETIVOS .....	14
1.2.1 Objetivo geral .....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
2.1 ALELOPATIA E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS.....	15
2.2 <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi .....	16
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 COLETA E PREPARO DO MATERIAL VEGETAL .....	21
3.2 EXTRAÇÃO.....	22
3.3 TESTE ALELOPÁTICO EM SEMENTES DE <i>Bidens pilosa</i> L.....	24
3.4 PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA DOS EXTRATOS DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi POR CROMATOGRAFIA EM CAMADA DELGADA.....	25
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>27</b>
4.1 ALELOPATIA EM SEMENTES DE <i>Bidens pilosa</i> L. ....	27
4.2 PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA DOS EXTRATOS DE <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi POR CROMATOGRAFIA EM CAMADA DELGADA.....	31
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>33</b>
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	34
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O termo alelopatia é derivado do grego *allelon* (mútuo) e *pathos* (prejuízo), inicialmente definido por Molisch em 1937 faz referência as interações bioquímicas benéficas e prejudiciais entre as plantas. O conceito envolvido trata de que biomoléculas, classificadas como aleloquímicos, possam ser transmitidas ao meio ambiente próximo e posteriormente influenciar, tanto crescimento quanto desenvolvimento, de plantas vizinhas (RIZVI *et al.*, 1992).

Em populações vegetais as plantas podem interagir de forma positiva, neutra ou negativa; sendo mais comum a forma negativa, onde uma ou ambas as plantas vizinhas são inibidas (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Plantas daninhas, são consideradas como sinônimo de mato ou inço, e em suma, tratam-se de toda e qualquer planta que nasce onde não é desejada (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011). Na agricultura, muitas vezes, essas plantas competem por água, nutrientes, CO<sub>2</sub> e luz com as culturas de interesse econômico; sendo que os compostos produzidos por essas plantas podem também interferir no desenvolvimento dessas culturas (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Faz-se necessária a pesquisa com interações alelopáticas, valendo-se do quesito que o controle de plantas daninhas por alelopatia é barato, não poluente e não requer sofisticação de equipamentos (CARVALHO *et al.*, 2012).

Os aleloquímicos provém, em sua maioria, do metabolismo secundário das plantas, que ao evoluir apresentaram efeitos inibitórios em insetos, microrganismos, vírus e outros predadores; essas substâncias têm sido utilizadas como substitutos aos herbicidas, inseticidas e nematicidas (FERREIRA; AGUILA, 2000). Portanto, estudos sobre alelopatia em plantas daninhas também podem servir como base para estratégias tecnológicas de obtenção de novos herbicidas.

Os efeitos dos compostos secundários potencialmente alelopáticos têm sido pesquisados por meio de extratos aquosos e/ou orgânicos de diferentes espécies, entre estas as plantas medicinais (HOFFMANN *et al.*, 2007).

A prática do uso de plantas medicinais é milenar e com o passar dos anos essas plantas têm sido utilizadas na pesquisa para obtenção de compostos úteis para os mais diversos fins: alimentos, fármacos, cosméticos e produtos de destinação agrícola.

A aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) é uma espécie arbórea, perene pertencente à família Anacardiaceae; nativa da América do Sul, especialmente Argentina, Brasil, Uruguai e Paraguai (DEGÁSPARI *et al.*, 2005). No Brasil está presente em toda a floresta Atlântica sendo encontrada em diferentes formações vegetais (LORENZI; MATOS, 2021). Na medicina popular é utilizada como anti-inflamatório, cicatrizante, analgésico, depurativa e no tratamento de úlceras, feridas e febre (BACHI, 1986; CAVALHER-MACHADO *et al.*, 2008; LORENZI; MATOS, 2021).

Análises fitoquímicas revelaram a presença de saponinas, compostos fenólicos, taninos, antocianinas, flavonoides e triterpenos nos frutos e compostos fenólicos, flavonas e esteróides nas folhas (COSTA *et al.*, 2015; TLILI *et al.*, 2018).

Alguns estudos de sua atividade alelopática da aroeira-vermelha foram desenvolvidos, porém restringiram-se ao uso dos extratos aquosos ou orgânicos das folhas e flores com o uso de sementes de alface como planta-teste (FONSECA *et al.*, 2016; BITENCOURT *et al.*, 2021). Foram obtidos poucos trabalhos que utilizassem extratos de *S. terebinthifolius* frente a plantas daninhas (MORGAN; OVERHOLT, 2005; SANTOS, 2009; NUNES *et al.*, 2019).

Dentre as plantas daninhas de difícil controle está o picão-preto (*Bidens pilosa* L.), uma espécie herbácea anual, originária da América do sul. É uma das plantas invasoras de culturas anuais e perenes importantes (SANTOS; CURY, 2011), pois além de ser agressiva, compete com a cultura e pode servir como hospedeira alternativa de pragas e doenças (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011). Desta forma foi utilizada como planta modelo para o teste alelopático.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é um problema, principalmente na agricultura. A importância do controle, além de possibilitar alta produtividade, se faz necessária para diminuir custos de produção (VIDAL; LAMEGO; TREZZI, 2006). O sucessivo uso do mesmo herbicida em certas áreas tem levado a seleção de populações resistentes a certos grupos químicos (INOUE; OLIVEIRA JR, 2011). Ao passo que aleloquímicos são comuns em vegetais; são tóxicos, mas seletivos. Pode-se considerar, ao conhecer a estrutura química, que é possível obter herbicidas através de aleloquímicos (com a vantagem ecológica de ser um produto natural)

(PIRES; OLIVEIRA, 2011). Portanto, o estudo alelopático no controle de plantas daninhas é sem dúvida relevante.

O picão-preto apresenta-se em todo território nacional, concentrando-se na região Centro-Sul, onde é considerada uma das mais importantes plantas daninhas em culturas anuais e perenes; tendo potencial competitivo com a cultura de interesse (SANTOS; CURY, 2011). Os efeitos de produtos potencialmente aleloquímicos tem sido testados majoritariamente em sementes de alface, considerada planta modelo; porém são poucas as pesquisas com análise de possíveis aleloquímicos em extratos de *Schinus terebinthifolius* frente sementes de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). Faz-se necessário também a análise de possíveis aleloquímicos em partes vegetais ainda não testadas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar possível ação inibitória de extratos de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sobre picão-preto (*Bidens pilosa* L.).

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito de diferentes extratos orgânicos de aroeira-vermelha sobre a porcentagem e velocidade de germinação de sementes de picão-preto.
- Determinar a ação dos extratos sobre o crescimento inicial das plântulas de picão-preto.
- Comparar e identificar qual região da planta: folíolos, pecíolo+raque e frutos apresentam maior potencial alelopático inibitório.
- Realizar a caracterização fitoquímica dos extratos que apresentarem atividade inibitória.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ALELOPATIA E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Um grave problema no cultivo agrícola atual é a perda de produção associada as plantas daninhas. Planta daninha, planta invasora, e erva daninha são denominações de plantas que crescem onde não é desejada (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011). São plantas que desenvolveram habilidades de crescer em ambientes desérticos ou alagados, com baixa ou alta temperaturas; apresentando também rusticidade, resistência a pragas e doenças, além da habilidade de produzir grande quantidade de sementes viáveis para auxiliar na dispersão da espécie (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

Os prejuízos associados as plantas daninhas são, não apenas pela competição, mas por um conjunto de ações de pressão ambiental direta e indireta. Estas plantas indesejadas podem ainda interferir diretamente na cultura, reduzindo a qualidade do produto colhido; como ocorre quando as sementes de capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) se adere às fibras de algodão (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

As alterações no desenvolvimento vegetal causadas por uma planta em sua vizinhança não é fruto de observações recentes. O termo alelopatia foi cunhado por Molisch em 1937. Este termo é compreendido como todo efeito direto e indireto de uma planta, englobando também a participação dos microrganismos, pela liberação de substâncias químicas ao meio ambiente (SOUZA FILHO, 2002). A definição inclui tanto os efeitos inibitórios quanto os estimulatórios.

Diferentemente da competição que envolve a remoção de um ou mais componentes do meio ambiente, a alelopatia trata sobre a inserção de um elemento (SOUZA FILHO, 2002). Na esfera teórica a distinção destes termos se faz de uma forma fácil, porém à campo é difícil, e praticamente impossível, distinguir se o efeito nocivo de uma planta sobre outra trata-se de competição ou alelopatia. Neste conceito, estudos científicos fazem-se necessários para essa determinação.

A comprovação de efeitos alelopáticos tem sido demonstrada através da aplicação de extratos de plantas sobre sementes ou plântulas de outras espécies; a extração das substâncias potencialmente alelopáticas geralmente é feita pelo contato das partes vegetais com algum extrator (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

O bioensaio mais utilizado para testar a atividade dos aleloquímicos é a inibição de germinação de sementes; sendo também muito comum a avaliação da influência dos aleloquímicos no desenvolvimento inicial de plântulas. Este experimento é realizado com fotoperíodo e temperatura ideais para a germinação da espécie selecionada (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Estudos sobre os efeitos alelopáticos de plantas tem dirigido esforços para isolar e identificar as estruturas químicas dos aleloquímicos, objetivando também agrupá-los. Rice (1984), agrupou os aleloquímicos em 14 grupos, entre eles: taninos, fenóis simples, flavonóides, terpenos e esteroides.

*Bidens pilosa* é uma planta daninha popularmente conhecida como picão-preto. É nativa da América do sul, porém é encontrada em quase todos os países da região tropical e subtropical (SILVA *et al.*, 2011). Constitui uma das importantes plantas invasoras de culturas anuais e perenes, sendo presente basicamente durante todo o ano (SANTOS; CURY, 2011).

O controle das plantas invasoras tem sido realizado primordialmente pelo uso de herbicidas (DECHOUM; ZILLER, 2013), os quais se caracterizam como uma das opções mais eficientes, porém seu uso indiscriminado pode produzir inúmeros danos a ao meio ambiente (MAGNOLI *et al.*, 2020).

Estudos anteriores constaram a resistência de biótipos de *Bidens pilosa* à herbicidas inibidores de síntese de aminoácidos ramificados, e correlacionaram o desenvolvimento ao uso intensivo deste grupo de herbicidas (SANTOS; CURY, 2011). Assim, encontrar aleloquímicos que inibam o crescimento dessa planta daninha se fazem essenciais para o desenvolvimento de novos herbicidas.

## 2.2 *Schinus terebinthifolius* Raddi

Popularmente conhecida como aroeira-vermelha, aroeira-pimenteira, pimenta brasileira, apresenta variações de nomes devido à aparência dos frutos, que lembram uma pequena pimenta rosa avermelhada (CARVALHO; JESUS, 2013).

*Schinus terebinthifolius* Raddi é uma espécie nativa da América do Sul (DEGÁSPARI *et al.*, 2005), que no Brasil está presente em toda a floresta Atlântica sendo encontrada em diferentes formações vegetais (LORENZI; MATOS, 2021).

Árvore de porte médio com 5-10 metros de altura, perenifólia, dioica de copa larga e tronco com 30-60 centímetros de diâmetro; folhas compostas imparipinadas,

com 3 a 10 pares de folíolos aromáticos (com 3 a 5 centímetros de comprimento por 2 a 3 de largura) (LORENZI; MATOS, 2021). Os frutos da aroeira também são bastante apreciados na culinária, principalmente por seu sabor picante suave, o que o torna muito empregado como condimento.

Na medicina popular é utilizada como anti-inflamatório, cicatrizante, analgésico, depurativa e no tratamento de úlceras, feridas e febre (BACHI, 1986; CAVALHER-MACHADO *et al.*, 2008; LORENZI; MATOS, 2021). O uso das cascas como anti-inflamatório e cicatrizante ginecológico é relatado no Formulário de Fitoterápicos da Farmacopéia Brasileira (BRASIL, 2011).

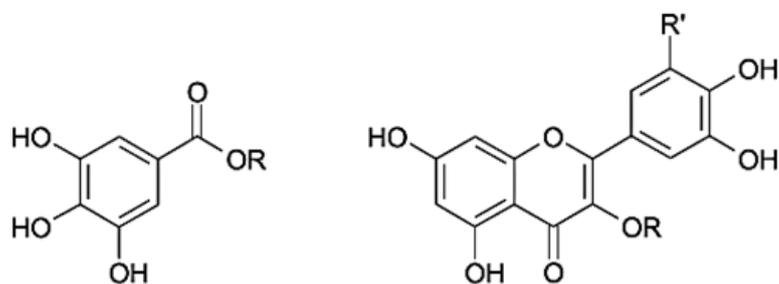
Análises fitoquímicas revelam a presença de saponinas, compostos fenólicos, taninos, antocianinas, flavonoides e triterpenos nos frutos e compostos fenólicos, flavonas e esteróides nas folhas (COSTA *et al.*, 2015; TLILI *et al.*, 2018).

Esta espécie contém óleo essencial amplamente distribuído nas suas partes vegetais, como folhas, frutos e tronco. Nos frutos e folhas foi constatado 5% de óleo essencial formado por mono e sequiterpenos (LORENZI; MATOS, 2021).

Ceruks *et al.* (2007) indicaram a presença de terpenos, terpenóides, ácidos graxos e constituintes fenólicos a partir das folhas de *S. terebinthifolius*, este estudo conduziu o isolamento das substâncias: galato de etila e galato de metila, além dos flavonóides miricetrina, quercitrina e miricetina relatadas pelos autores como substâncias citadas pela primeira vez no gênero (FIGURA 1). A existência de compostos fenólicos, além de responsáveis pelas propriedades medicinais pode explicar a alelopatia sobre diferentes espécies vegetais.

Degáspari *et al.* (2005) demonstraram haver baixo teor de flavonoides nos frutos da aroeira-vermelha quando comparado a outros vegetais estudados; no extrato etanólico foi possível identificar flavona apigenina e ácido eláfico, enquanto no extrato aquoso foi identificada flavona naringina (FIGURA 2).

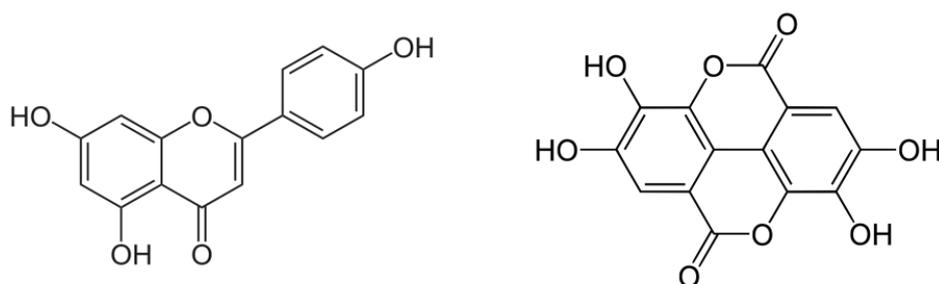
Diversos fatores podem influenciar na produção dos compostos secundários, podendo ser afetados pelas condições ambientais, disponibilidade de nutrientes e idade da planta (SANTOS *et al.*, 2009), entre outros fatores. Os compostos identificados em exemplares de aroeira-vermelha presentes no território brasileiro encontram-se dispostas na FIGURA 3, enquanto a localização dos exemplares pode ser observada no QUADRO 1.

FIGURA 1 - COMPOSTOS FENÓLICOS ISOLADOS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi

1 R = Et - galato de etila  
4 R = Me - galato de metila

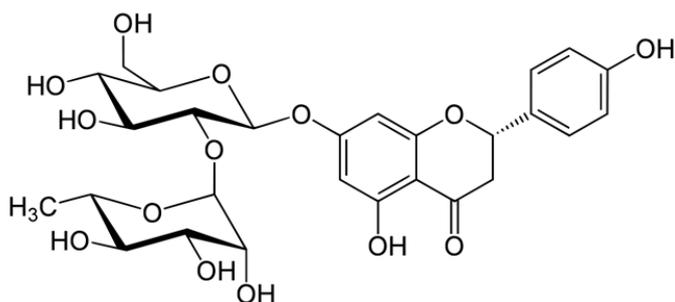
2 R = ramnose; R' = OH - miricetrina  
3 R = ramnose; R' = H - quercitrina  
5 R = H; R' = OH - miricetina

Fonte: A autora (2021).

FIGURA 2 - COMPOSTOS FENÓLICOS IDENTIFICADOS NOS FRUTOS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi

**Apigenina**

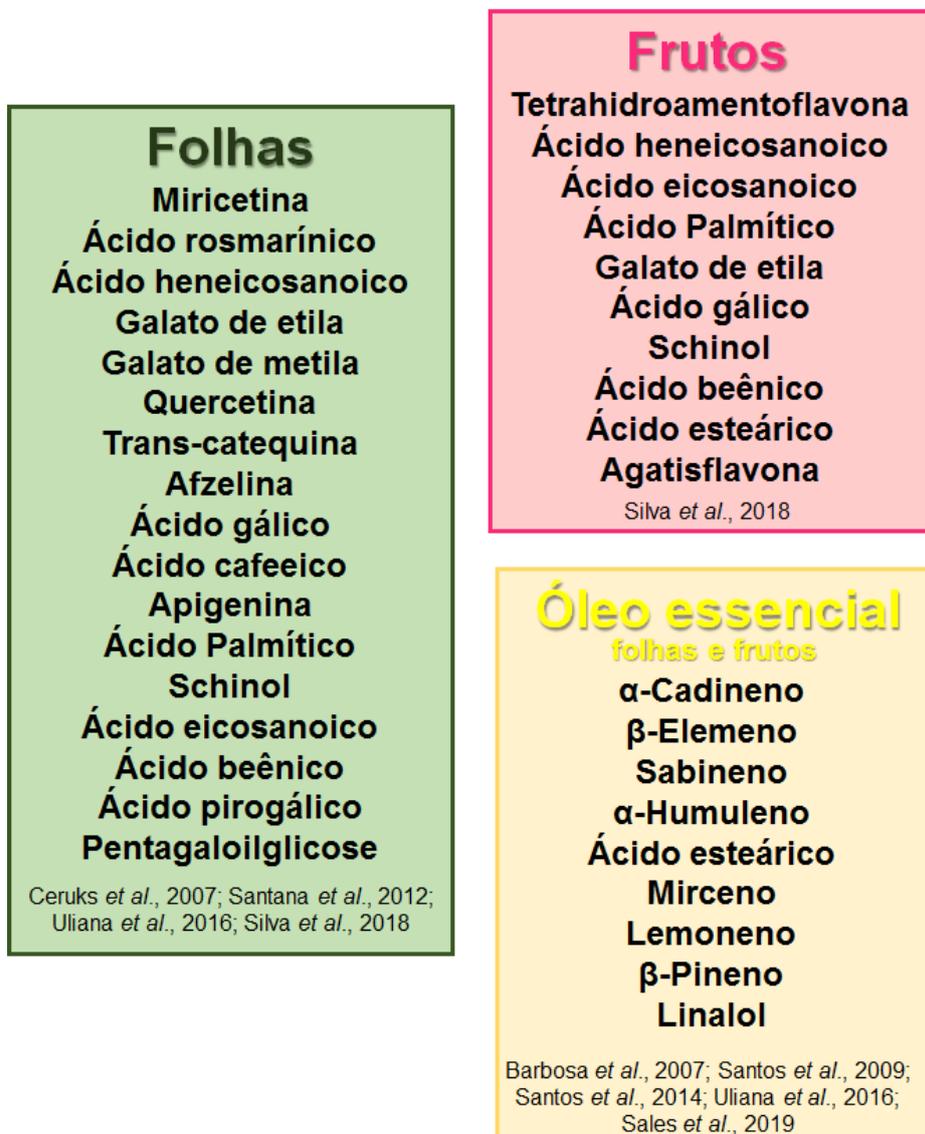
**Ácido elálgico**



**Naringina**

FONTE: A autora (2021).

FIGURA 3 - COMPOSTOS ENCONTRADOS EM ESPÉCIMES BRASILEIROS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi.



FONTE: A autora (2021).

QUADRO 1 - LOCALIZAÇÃO DOS EXEMPLARES DE *Schinus terebinthifolius* Raddi ESTUDADOS EM TERRITÓRIO NACIONAL

Referência	Cidade	Estado
Barbosa <i>et al.</i> , 2007	Viçosa	Minas Gerais
Ceruks <i>et al.</i> , 2007	São Paulo	São Paulo
Santos <i>et al.</i> , 2009	São Lourenço do Sul	Rio Grande do Sul
Santana <i>et al.</i> , 2012	Mogi-Guaçú	São Paulo
Santos <i>et al.</i> , 2014	São Cristóvão	Sergipe
Uliana <i>et al.</i> , 2016	Vitória	Espírito Santo
Silva <i>et al.</i> , 2018	Vitória	Espírito Santo
Sales <i>et al.</i> , 2019	Pedro Canário	Espírito Santo

FONTE: A Autora (2021).

Alguns estudos de sua atividade alelopática foram desenvolvidos utilizando *S. terebinthifolius* Raddi, porém restringiram-se ao uso dos extratos aquosos ou orgânicos das folhas e flores, e em sua maioria utilizando sementes de alface como planta-teste (MORGAN; OVERHOLT, 2005; FONSECA *et al.*, 2016; NUNES *et al.*, 2019; BITENCOURT *et al.*, 2021).

A maior parte dos trabalhos publicados da planta *S. terebinthifolius* são dedicados aos estudos com óleo essencial e suas atividades biológicas. Assim percebe-se que *S. terebinthifolius* foi pouco explorada no meio agrônomo, sendo necessário avaliar propriedades fitoquímicas e biológicas de extratos de diferentes partes desta espécie.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fisiologia e Nutrição de Plantas, no Laboratório de Micologia e Plantas Medicinais e no Laboratório de Química Orgânica da Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina.

#### 3.1 COLETA E PREPARO DO MATERIAL VEGETAL

As folhas e os frutos foram coletados, durante os meses de outubro e novembro de 2019, de uma única planta (FIGURAS 4 e 5) de aroeira-vermelha localizada na Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, na cidade de Palotina (PR), latitude -24.294253 (S), longitude -53.843064 (O). O material vegetal foi coletado no início da manhã ou final da tarde, quando a planta se encontrava com frutos maduros. A cidade de Palotina possui clima subtropical úmido (Cfa - classificação climática de Köppen) (NITSCHKE *et al.*, 2019).

FIGURA 4 - EXEMPLAR DE *Schinus terebinthifolius* Raddi



FONTE: A autora (2021).

FIGURA 5 - FOLHAS COM FOLÍOLOS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi

FONTE: A autora (2021).

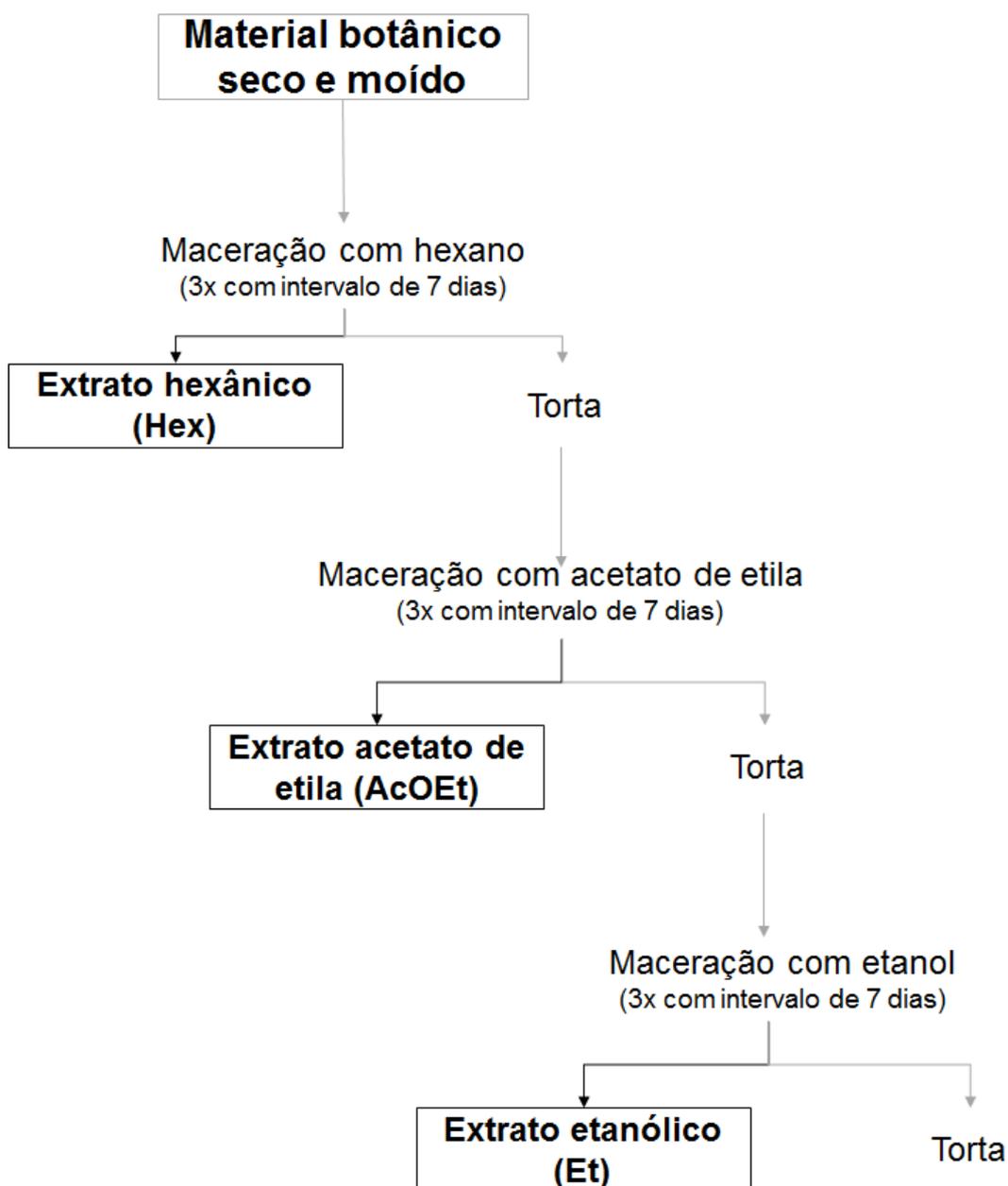
Os folíolos foram separados e os pecíolos foram mantidos com as raques, desta forma, os materiais vegetais ficaram divididos em: folíolos (Fo), frutos (Fr) e pecíolos+raques (PR). Os materiais vegetais foram secos à 40°C por 5 dias em estufa com circulação forçada de ar. Após a secagem, os frutos foram diretamente armazenados enquanto os folíolos e pecíolos+raques foram previamente triturados em liquidificador até a obtenção de um pó fino e armazenados em local seco protegido da luz.

### 3.2 EXTRAÇÃO

As amostras secas e trituradas de folíolos, pecíolos+raques e frutos foram utilizadas para a extração com solventes orgânicos, sendo utilizados 916,973 g de folíolos, 555,431 g de frutos e 289,278 g de pecíolos+raques. Os materiais vegetais foram acondicionados em frascos de vidro com tampa, o solvente foi adicionado até a cobertura total e permaneceu em local protegido da luz com agitação manual diária. A extração foi realizada pela técnica de maceração a frio com extração sequencial do material vegetal (FIGURA 6). Foram utilizados três solventes por ordem de polaridade: hexano, acetato de etila e etanol, sendo a polaridade relativa de 0,009, 0,228 e 0,654 respectivamente. O solvente foi renovado a cada sete dias, totalizando 21 dias de maceração. A torta remanescente da extração com cada solvente foi usada para a extração subsequente com outro solvente (CECHINEL FILHO; YUNES, 1998).

Ao final do período de maceração, o material vegetal foi filtrado e o solvente foi removido em rotaevaporador sob vácuo com a temperatura de 45°C. O extrato obtido permaneceu em dessecador por 5 dias e posteriormente foi congelado, em freezer comum, até o uso.

FIGURA 6 - FLUXOGRAMA DE OBTENÇÃO DOS EXTRATOS DOS DE FOLÍOLOS, FRUTOS E PECÍOLO+RAQUE DE *Schinus terebinthifolius* Raddi



FONTE: A autora (2021).

Foram obtidos nove extratos (três de cada parte da planta) que constituíram os tratamentos (T1 a T9) para os testes biológicos como descritos no QUADRO 2:

QUADRO 2 - TRATAMENTOS UTILIZADOS NO TESTE ALELOPÁTICO

Tratamentos		Solvente utilizado na extração	Parte vegetal
T1	Hex – Fo	Hexano	Folíolos
T2	Hex – PR		Pecíolos + Raques
T3	Hex – Fr		Frutos
T4	AcOEt – Fo	Acetato de Etila	Folíolos
T5	AcOEt – PR		Pecíolos + Raques
T6	AcOEt – Fr		Frutos
T7	Et – Fo	Etanol	Folíolos
T8	Et – PR		Pecíolos + Raques
T9	Et – Fr		Frutos
T10	Água destilada(controle)	-	-

FONTE: A autora (2021).

### 3.3 TESTE ALELOPÁTICO EM SEMENTES DE *Bidens pilosa* L.

Foi avaliado o potencial dos extratos em inibir a germinação e o crescimento inicial de plântulas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). As sementes foram adquiridas comercialmente da empresa Agro Cosmos e armazenadas em geladeira até o uso.

Os extratos foram avaliados nas concentrações de 500 e 1000ppm. A concentração de 500 ppm foi obtida pesando, separadamente, 25 mg de cada extrato em um becker e o mesmo foi solubilizada com 25 mL de metanol e distribuído 5 mL em cada repetição (placa gerbox). A concentração de 1000 ppm foi obtida pesando, separadamente, 50 mg de cada extrato em um becker e o mesmo foi solubilizado com 25 mL de metanol, distribuindo-se posteriormente 5 mL em cada repetição.

Como unidade experimental foram utilizadas caixas transparentes do tipo gerbox, onde foram colocadas 2 folhas de papel germitest. Após a adição de 5 mL de cada tratamento correspondente, estas foram mantidas abertas até a evaporação do solvente por 24 horas. Como controle foi utilizado 5 mL de água destilada.

Em seguida foi adicionado 10 mL de água destilada em cada caixa gerbox e distribuídas 50 sementes de *Bidens pilosa*, previamente desinfestadas hipoclorito de sódio e lavadas em água corrente.

O experimento foi conduzido em estufa de crescimento vegetal tipo B.O.D. com regime fotoperiódico de 8 horas de luz a 30°C e 16 horas de escuro a 20°C. Os experimentos foram realizados em quintuplicata.

Após instalado o teste as sementes germinadas foram quantificadas a cada 24 horas e após 4 dias foi obtida a porcentagem de germinação (%G) e o índice de velocidade de germinação (IVG). Também no 4º dia foram medidos para avaliação de crescimento: comprimento de parte aérea, comprimento de raiz primária com auxílio de régua, massa fresca da plântula em balança analítica. Após as avaliações as plântulas foram secas em estufa com circulação de ar a 45°C por 48 horas e após resfriadas foram pesadas para obter-se o valor de massa seca.

A %G foi obtida de acordo com as Regras de Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009) através da razão entre a somatória do número de sementes germinadas e o total de sementes em cada caixa; o IVG foi obtido de acordo com Maguire (1962) utilizando-se da equação:

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

onde:

IVG: Índice de Velocidade de Germinação

G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, ..., G<sub>n</sub>: Número de sementes germinadas a cada dia

N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, ..., N<sub>n</sub>: Número de dias desde o início do teste

Os dados de IVG, porcentagem de germinação, comprimento da raiz primária, comprimento de parte aérea, massa fresca e massa seca por plântula foram submetidos análise de variância (ANOVA) e teste de agrupamento de médias Scott-Knott (SCOTT; KNOTT, 1974) a 5% de probabilidade (p<0,05), através do software Sisvar (FERREIRA, 2014).

### 3.4 PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA DOS EXTRATOS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi POR CROMATOGRÁFIA EM CAMADA DELGADA

Com o objetivo de identificar os grupos de metabólitos secundários presentes nos extratos que demonstraram atividade alelopática foi realizada a técnica de cromatografia em camada delgada (CCD).

Foram pesados 50 mg de cada um dos extratos e dissolvidos em 500 µL do solvente utilizado na extração. Foram usadas cromatoplaças de alumínio revestidas

com sílica gel com indicador fluorescente (Macherey Nagel® UV<sub>254</sub>), cortadas em retângulos de 5 cm de largura por 7,5 cm de altura. Os extratos foram aplicados com auxílio de capilar de vidro a 1 cm das bordas da placa e com 1,5 cm entre os pontos de aplicação.

A fase móvel foi colocada no fundo da cuba cromatográfica por tempo suficiente para a saturação da atmosfera interior. A fase móvel foi colocada no fundo da cuba cromatográfica por tempo suficiente para a saturação da atmosfera interior. As fases móveis foram escolhidas conforme a polaridade dos extratos e preliminarmente foram testadas para confirmar a separação dos compostos. Para os extratos hexânicos foi utilizado hexano:acetato de etila (1:1), para os extratos de acetato de etila foi usada a mistura de acetato de etila:hexano (9:1) e para os extratos etanólicos utilizou-se acetona:etanol (1:1).

Após a aplicação dos extratos na cromatoplaça, e secagem do solvente, as placas foram colocadas de forma vertical na cuba cromatográfica contendo a fase móvel. A corrida cromatográfica foi desenvolvida até que a fase móvel atingisse aproximadamente 6,5 cm de altura. A placa foi então retirada da cuba e deixada em circulação de ar para evaporação completa da fase móvel.

Para a visualização dos grupos de compostos secundários foram utilizados reveladores específicos, descritos no QUADRO 3.

QUADRO 3 - REVELADORES UTILIZADOS NA CROMATOGRAFIA DE CAMADA DELGADA PARA IDENTIFICAÇÃO PRESUNTIVA DOS PRINCIPAIS GRUPOS DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS

<b>GRUPO DE MOLÉCULAS</b>	<b>REVELADOR</b>	<b>RESULTADO</b>
Esteroides/Terpenos	Anisaldeído sulfúrico	Manchas rosas ou violetas
Flavonoides	Cloreto férrico 5% (m/v) em água destilada	Fluorescência (UV)
Taninos	Cloreto férrico 2% (m/v) em etanol	Manchas azuis para taninos hidrolisáveis, manchas verdes para taninos condensados e manchas marrons para compostos fenólicos.

FONTE: adaptado de SWIECH (2018) e NEGRI e DUARTE-ALMEIDA (2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ALELOPATIA EM SEMENTES DE *Bidens pilosa* L.

Todos os extratos de *S. terebinthifolius* Raddi testados alteraram pelo menos um dos parâmetros avaliados de crescimento inicial das plântulas de picão-preto. Embora a germinação tenha sofrido influência dos tratamentos, não houve diferença estatística no percentual de germinação de sementes nem no Índice de Velocidade de Germinação (IVG). Os resultados obtidos podem ser observados na TABELA 1 para a concentração de 500 ppm e TABELA 2 para 1000 ppm.

Morgan e Overholt (2005) também não obtiveram diferença estatística na porcentagem de germinação ao avaliar a influência do extrato aquoso da mesma espécie, aroeira-vermelha, sobre sementes de *Rivina humilis*. Alves *et al.* (2021) não obtiveram efeito biológico na germinação de sementes de *Bidens pilosa* tratadas com diferentes concentrações (25%, 50%, 75% e 100%) do extrato aquoso de *Prosopis juliflora* (Sw.). Este evento pode demonstrar que a germinação de *Bidens pilosa* foi mais afetada pelos aleloquímicos do que o desenvolvimento inicial de plântula, ou seja, a germinação é menos sensível aos aleloquímicos do que o desenvolvimento da plântula (COMITTO, 2006). A germinação é caracterizada pela embebição de semente, sendo considerada completa quando há a protusão da radícula. Na etapa de embebição há o alongamento celular, porém não há divisão; sendo esse processo presente a partir do desenvolvimento inicial. Os aleloquímicos presentes nos extratos de *S. terebinthifolius* podem ter afetado o processo de divisão celular, inibindo assim o crescimento inicial das plântulas, mas sem respostas expressivas para a germinação.

Nas TABELAS 1 e 2 observa-se o efeito dos extratos sobre o crescimento dos órgãos vegetativos, raiz primária e parte aérea indicando variação nas respostas alguns extratos, alguns induziram aumento no comprimento e outros inibiram. Os resultados mais expressivos foram observados na concentração de 1000 ppm; onde o tratamento Et-PR inibiu o crescimento de raiz primária em 47,9% e o tratamento Hex-Fo inibiu o crescimento de parte aérea em 17,7%. Isso pode indicar que os compostos presentes nos extratos afetaram o desenvolvimento das plântulas. Nessa concentração apenas três extratos não tiveram efeito sobre o comprimento da raiz. Este é um resultado representativo, já que, para o estudo alelopático, a inibição do desenvolvimento da raiz é um dos melhores indicadores, já que esta é a parte vegetal

TABELA 1 - VALORES MÉDIOS DE PARAMETROS DE GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTULA DE *Bidens pilosa* FRENTE A EXTRATOS DE DIFERENTES PARTE DE *Schinus terebintifolius* Raddi NA CONCENTRAÇÃO DE 500 ppm

	IVG	%G	CR	CPA	MF	MS
<b>Controle</b>	29,550 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	19,34 <sup>b</sup>	26,48 <sup>a</sup>	0,00838 <sup>a</sup>	0,00114 <sup>a</sup>
<b>Hex-Fo</b>	22,582 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	19,26 <sup>b</sup>	21,69 <sup>c</sup>	0,00668 <sup>a</sup>	0,00102 <sup>a</sup>
<b>Hex-PR</b>	24,700 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	22,04 <sup>a</sup>	24,08 <sup>b</sup>	0,00768 <sup>a</sup>	0,00106 <sup>a</sup>
<b>Hex-Fr</b>	25,064 <sup>a</sup>	89 <sup>a</sup>	18,80 <sup>b</sup>	22,24 <sup>c</sup>	0,00752 <sup>a</sup>	0,00102 <sup>a</sup>
<b>AcEt-Fo</b>	25,352 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	22,20 <sup>a</sup>	21,62 <sup>c</sup>	0,00678 <sup>a</sup>	0,00094 <sup>a</sup>
<b>AcEt-PR</b>	26,082 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	19,66 <sup>b</sup>	22,29 <sup>c</sup>	0,00670 <sup>a</sup>	0,00100 <sup>a</sup>
<b>AcEt-Fr</b>	26,584 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	17,24 <sup>c</sup>	23,21 <sup>c</sup>	0,00724 <sup>a</sup>	0,00104 <sup>a</sup>
<b>Et-Fo</b>	26,600 <sup>a</sup>	94 <sup>a</sup>	17,52 <sup>c</sup>	23,24 <sup>c</sup>	0,00704 <sup>a</sup>	0,00104 <sup>a</sup>
<b>Et-PR</b>	27,002 <sup>a</sup>	89 <sup>a</sup>	19,68 <sup>b</sup>	23,99 <sup>b</sup>	0,00686 <sup>a</sup>	0,00114 <sup>a</sup>
<b>Et-Fr</b>	28,302 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	14,90 <sup>d</sup>	22,30 <sup>c</sup>	0,00634 <sup>a</sup>	0,00108 <sup>a</sup>
<b>CV(%)</b>	10,61	5,92	7,60	8,10	13,90	16,22

FONTE: A Autora (2021).

LEGENDA: IVG: Índice de velocidade de germinação; %G: Porcentagem de germinação; CR: Comprimento da raiz primária (mm); CPA: Comprimento de parte aérea (mm); MF: Massa fresca por plântula (g); MS: Massa seca por plântula (g). Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

TABELA 2 - VALORES MÉDIOS DE PARAMETROS DE GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTULA DE *Bidens pilosa* FRENTE A EXTRATOS DE DIFERENTES PARTE DE *Schinus terebintifolius* Raddi NA CONCENTRAÇÃO DE 1000 ppm

	IVG	%G	CR	CPA	MF	MS
<b>Controle</b>	26,550 <sup>a</sup>	93 <sup>a</sup>	15,110 <sup>a</sup>	21,630 <sup>a</sup>	0,00774 <sup>a</sup>	0,00098 <sup>a</sup>
<b>Hex-Fo</b>	26,400 <sup>a</sup>	88 <sup>a</sup>	9,072 <sup>b</sup>	17,806 <sup>b</sup>	0,00518 <sup>a</sup>	0,00096 <sup>a</sup>
<b>Hex-PR</b>	26,434 <sup>a</sup>	88 <sup>a</sup>	13,612 <sup>a</sup>	18,880 <sup>b</sup>	0,00624 <sup>a</sup>	0,00106 <sup>a</sup>
<b>Hex-Fr</b>	28,300 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	10,976 <sup>b</sup>	18,912 <sup>b</sup>	0,00638 <sup>a</sup>	0,00108 <sup>a</sup>
<b>AcEt-Fo</b>	29,748 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	9,462 <sup>b</sup>	20,458 <sup>a</sup>	0,00592 <sup>a</sup>	0,00106 <sup>a</sup>
<b>AcEt-PR</b>	27,300 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	13,192 <sup>a</sup>	20,092 <sup>a</sup>	0,00626 <sup>a</sup>	0,00104 <sup>a</sup>
<b>AcEt-Fr</b>	27,232 <sup>a</sup>	88 <sup>a</sup>	11,560 <sup>b</sup>	18,174 <sup>b</sup>	0,00670 <sup>a</sup>	0,00106 <sup>a</sup>
<b>Et-Fo</b>	26,518 <sup>a</sup>	87 <sup>a</sup>	10,022 <sup>b</sup>	19,282 <sup>b</sup>	0,00644 <sup>a</sup>	0,00110 <sup>a</sup>
<b>Et-PR</b>	26,400 <sup>a</sup>	88 <sup>a</sup>	7,864 <sup>b</sup>	21,436 <sup>a</sup>	0,00678 <sup>a</sup>	0,00100 <sup>a</sup>
<b>Et-Fr</b>	25,332 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	10,242 <sup>b</sup>	18,926 <sup>b</sup>	0,00632 <sup>a</sup>	0,00104 <sup>a</sup>
<b>CV(%)</b>	7,99	5,55	16,88	9,63	12,38	8,45

FONTE: A Autora (2021).

LEGENDA: IVG: Índice de velocidade de germinação; %G: Porcentagem de germinação; CR: Comprimento da raiz primária (mm); CPA: Comprimento de parte aérea (mm); MF: Massa fresca por plântula (g); MS: Massa seca por plântula (g). Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

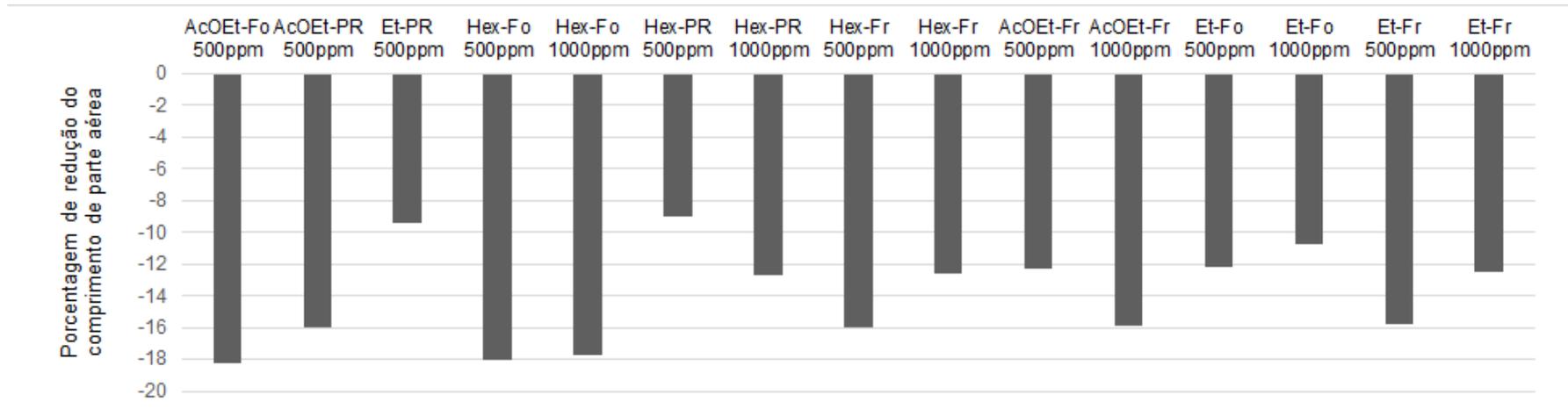
mais sensível (FILHO *et al.*, 1997; FIORESI *et al.*, 2021), uma vez que é por onde haverá majoritariamente a absorção dos compostos pelas plantas. Estudos semelhantes apresentam resultados onde os extratos utilizados afetaram mais a parte radicular que aérea (VIVEIROS; ANDRADE, 2013; FONSECA *et al.*, 2016) isso pode se dar pelo maior contato das raízes com o papel germitest tratado (CHUNG; AHN; YUN, 2001).

Na concentração de 500 ppm, todos os extratos reduziram o comprimento de parte aérea; o tratamento mais eficaz foi AcEt-Fo (18,3% de redução) (GRÁFICO 1). Quanto ao comprimento da raiz primária, quatro extratos não apresentaram efeitos biológicos, dois extratos promoveram o crescimento e outros três extratos inibiram; tendo a maior inibição em 22,9% do extrato Et-Fr (GRÁFICO 2).

Quanto a massa fresca e massa seca nenhum dos extratos, em ambas as concentrações não afetaram significativamente estas variáveis. Esses dados corroboram com o estudo de Santos (2009) que não encontrou diferença estatística para biomassa seca e fresca de plântulas de *B. pilosa* tratadas com extratos obtidos de *S. terebinthifolius*. Santos (2009) posteriormente realizou experimento, similar ao primeiro, com decocto obtido da aroeira-vermelha em diferentes concentrações e constatou que a menor concentração (12,5%) promoveu efeito estimulatório na biomassa, corroborando com o presente estudo. A atividade biológica dos extratos vegetais depende tanto da concentração do aleloquímico, quanto do limite da resposta da espécie afetada, intimamente relacionada à sua sensibilidade.

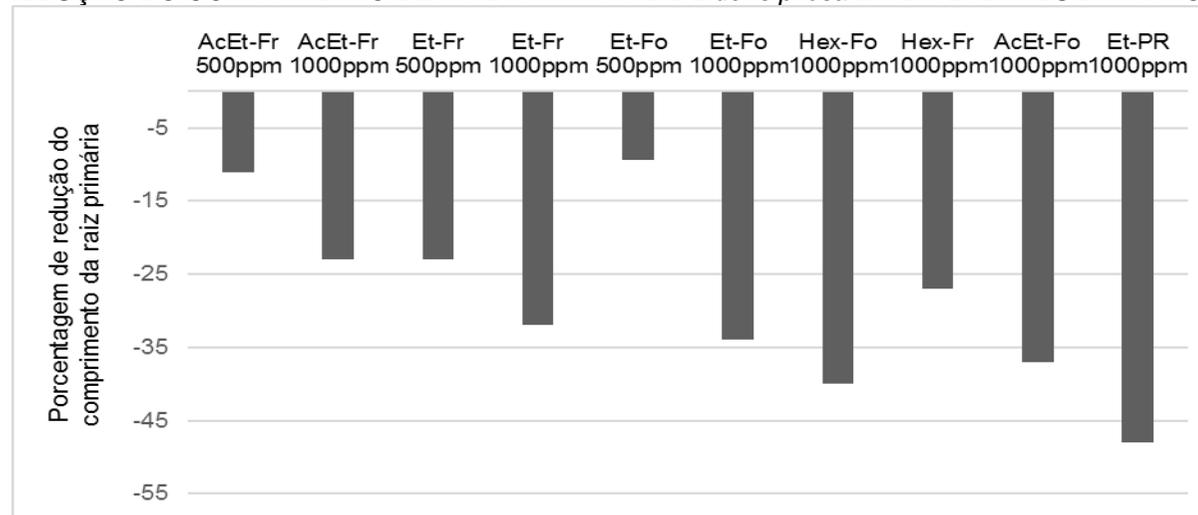
Santos (2013) demonstrou que o decocto de folhas de *S. terebinthifolius* em baixas concentrações teve efeito estimulatório na biomassa seca e fresca em teste alelopático frente ao picão-preto, enquanto concentrações maiores apresentaram efeito inibitório. Em extratos aquosos, concentrações acima de 50% apresentaram mais efeito (FONSECA *et al.*, 2016; BITENCOURT *et al.*, 2021).

Viveiros e Andrade (2013) também constataram alterações no crescimento de parte aérea de plântulas de *Pilosocereus arrabidae*, *Cereus fermambucensis* e *Erythroxyllum ovalifolium* tratadas com extratos aquosos de aroeira-vermelha. Rizzardi *et al.* (2008) testando diversas variedades de canola sobre a germinação e crescimento inicial de *Bidens pilosa* L. também constataram que em determinadas concentrações houve a estimulação do crescimento da radícula, quando comparado ao controle.

GRÁFICO 1 - PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DO COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA DE *Bidens pilosa* EM DIFERENTES EXTRATOS DE AROEIRA-VERMELHA

Fonte: A autora (2021).

LEGENDA: Fo: Folíolos, PR: Pecíolos+Raques e Fr: Frutos.

GRÁFICO 2 - PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DO COMPRIMENTO DE RAIZ PRIMÁRIA DE *Bidens pilosa* EM DIFERENTES EXTRATOS DE AROEIRA-VERMELHA

Fonte: A autora (2021).

LEGENDA: Fo: Folíolos, PR: Pecíolos+Raques e Fr: Frutos.

Os efeitos de extratos sobre germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas são frequentemente explicados pelos principais constituintes ou por classes químicas presentes. Todavia, o extrato é composto de diversas substâncias em proporções variadas e frequentemente não se sabe como ocorre, e se ocorre, a interação dessas substâncias para promover um efeito sobre outros organismos. Valido também ressaltar que a composição desses extratos, podendo ser afetados pelas condições ambientais, disponibilidade de nutrientes e idade da planta (SANTOS *et al.*, 2009).

Para os efeitos inibitórios de CR e CPA (1000 ppm) e CR (500 ppm), ao analisarmos o QUADRO 4, composto fenólicos e terpenos podem ter sido os responsáveis, já que apresentam diversas atividades biológicas e podem servir como aleloquímicos (MIZUTANI, 1999).

De um modo geral os parâmetros que apresentam diferença ao controle foram crescimento de raiz primária e crescimento de parte aérea, sendo que CPA foi mais afetado pelos tratamentos na concentração de 500 ppm enquanto CR foi mais afetado pelos tratamentos na concentração de 1000 ppm.

Os extratos de acetato de etila-frutos, etanol-folíolos e etanol-frutos foram os únicos a inibiram o crescimento de parte aérea e de raiz principal em ambas as concentrações testadas. Ainda assim foram os extratos mais expressivos do experimento; num comparativo entre os perfis fitoquímico destes extratos, os compostos secundários mútuos são: terpenos e compostos fenólicos (QUADRO 4).

#### 4.2 PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA DOS EXTRATOS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi POR CROMATOGRÁFIA EM CAMADA DELGADA

Extratos brutos obtidos através de matéria-prima vegetal são preparações complexas derivadas do metabolismo primário e secundário. A prospecção fitoquímica é essencial na separação dos constituintes químicos de extratos vegetais, podendo ser empregada também na identificação de grupos de metabólitos secundários.

Após o desenvolvimento da CCD foram visíveis, a olho nu, manchas coloridas, sendo que todos os extratos de folíolos e pecíolos+raques apresentaram manchas amarelas e verdes. O extrato hexânico dos frutos não apresentou mancha visível, já os demais extratos apresentaram manchas amareladas. Todas as manchas foram

visíveis na luz UV e o extrato hexânico dos frutos que anteriormente não apresentava manchas apresentou uma mancha quando visualizado na luz UV.

A análise fitoquímica por CCD dos extratos demonstrou a presença de alguns grupos de substâncias derivadas do metabolismo secundário, em especial: esteroides/terpenos. As composições dos extratos de *S. terebinthifolius* Raddi, variaram com relação à parte vegetal e solvente utilizado. Os resultados obtidos estão demonstrados no QUADRO 4.

QUADRO 4 - GRUPOS DE COMPOSTOS PRESENTE NOS EXTRATOS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi

Extrato		CF	E/T	FLA	TC	TH
<b>Hexano</b>	Fo	+	+	+	+	+
	PR	+	+	+	+	+
	Fr	-	+	-	-	-
<b>Acetato de Etila</b>	Fo	+	+	+	+	+
	PR	+	+	+	+	+
	Fr	+	+	-	-	-
<b>Etanol</b>	Fo	+	+	+	-	+
	PR	+	+	+	-	+
	Fr	+	+	+	-	+

FONTE: A autora (2021).

LEGENDA: CF: Compostos Fenólicos, E/T: Esteroides e Terpenos, FLA: Flavonoides e TC: Taninos Condensados, TH: Taninos Hidrolisáveis, Fo: Foliolos, PR: Pecíolos+Raques e Fr: Frutos. (+) presença do metabólito e (-) ausência do metabólito.

Flavonoides estavam presentes em quase todos os extratos, com exceção dos extratos hexânicos e de acetato de etila dos frutos. Várias funções podem ser atribuídas aos flavonoides como: proteção contra insetos, fungos, vírus e bactérias, e atração de animais com finalidade de polinização. Flavonoides como rutina, ácido elágico, apigenina e quercetina já foram identificados nesta espécie (BERNARDES, 2010).

Taninos, uma das classes de compostos fenólicos, estavam presentes na maioria dos extratos, sendo apenas os extratos hexânicos e de acetato de etila dos frutos que não apresentarem ao menos um destes compostos.

Todos os extratos apresentaram esteroides e terpenos. Os terpenos são a maior classe de substâncias químicas das plantas (ALVEZ; ARRUDA; SOUZA FILHO, 2002).

Os resultados obtidos de todos os extratos de folíolos e pecíolo+raque foram semelhantes, diferindo apenas em compostos fenólicos.

Os perfis dos extratos hexânicos e de acetato de etila dos frutos foram semelhantes, diferindo apenas em compostos fenólicos.

Os extratos etanólicos apresentaram a maior quantidade de grupos de metabólitos secundários; o que pode estar relacionado com as características de polaridade do solvente de extração. O extrato que apresentou menor quantidade de grupos de metabólitos secundários foi o extrato hexânico dos frutos.

O perfil fitoquímico obtido do extrato etanólico também foi observado por Bitencourt *et al.* (2021), onde foi possível observar uma alta concentração de flavonoides, terpenos, taninos, antocianinas e heterosídeos cardioativos. Costa *et al.* (2015) também observaram no extrato etanólico de *S. terebinthifolius* a presença de compostos fenólicos e ausência total de taninos condensados, porém não observaram flavonoides.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No teste alelopático apenas os extratos de acetato de etila-frutos, etanol-folíolos e etanol-frutos afetaram negativamente o crescimento de parte aérea e raiz primária em ambas as concentrações testadas (500 ppm e 1000 ppm). Entre estes três extratos, dois deles eram dos frutos, sugerindo que há uma quantidade de aleloquímicos presentes na planta que se concentram nos frutos.

Conjuntamente, os resultados do teste alelopático e prospecção fitoquímica, pode-se perceber que os extratos de *S. terebinthifolius* Raddi que apresentaram os melhores resultados foram os obtidos com etanol, indicando assim que os compostos a apresentarem as melhores atividades são polares. Isso reforça os trabalhos que apresentaram bons resultados com extratos aquosos de aroeira-vermelha, sendo a proximidade da polaridade desses solventes (etanol e água) um fator importante para a redução de custo para a extração. Se extratos aquosos apresentam bons resultados e são mais fáceis de serem preparados podem ser facilmente utilizados também na agricultura familiar. Por outro lado, extratos etanólicos são mais facilmente armazenados.

Todos os extratos etanólicos demonstraram a presença de compostos fenólicos, terpenos/esteroides, flavonoides e taninos hidrolisáveis. Estes compostos

podem ter sido os responsáveis pelas atividades demonstradas neste trabalho, no entanto se faz necessário explorar fitoquimicamente ainda mais estes extratos, possibilitando o isolamento e aplicação de moléculas presentes.

### 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O extrato etanólico de pecíolos-raques a 1000 ppm foi o mais promissor em inibir o comprimento da raiz primária, sendo essa redução de quase 50%. Na concentração de 500 ppm a maior inibição de crescimento de raiz primária foi observada com o extrato etanólico dos frutos (22,9%). Os frutos e folíolos foram as partes vegetais que mais apresentam atividade biológica, com destaque para a alelopatia.

Em se tratando de trabalhos futuros, sugere-se continuidade com os extratos etanólicos, em especial, utilizando folíolos ou frutos.

## REFERÊNCIAS

ALVES, S. M.; ARRUDA, M. S. P.; SOUZA FILHO, A. P. da S. Biossíntese e Distribuição de Substâncias Alelopáticas. In: SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M. de (Ed). **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. p. 79-110.

ALVES, R. J. R. *et al.* Potencial alelopático do extrato aquoso de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC sobre a germinação de *Bidens pilosa* L. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema (AL), v. 6, n. 1, p. 172-181, 2021.

BACHI, E. F. Ação anti-úlceras e cicatrizante de algumas plantas brasileiras. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 1, n.1, p. 93-100, 1986.

BARBOSA, L. C. A. *et al.* Seasonal variation in the composition of volatile oil from *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 1959-1965, 2007.

BERNARDES, N. R. **Estudo da composição química e dos efeitos imunofarmacológicos do extrato dos frutos da Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi)**. 131 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes (RJ), 2010.

BITENCOURT, G. A. *et al.* Phytochemistry and Allelopathy of Aroeira Vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in seed germination. **Ensaio e Ciência**, v. 25, n. 1, p. 02-08, 2021.

BRASIL. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. Biologia de plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J; INOUE, M. H. (Ed.) **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 01-36.

CARVALHO, P. W. *et al.* Alelopatia de adubos verdes sobre feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 86-93, jan./mar. 2012.

CARVALHO, S. V. V.; JESUS, N. B. Uma breve apresentação. In: GOMES, L. J. *et al.* **Pensando a Biodiversidade: Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi)**. São Cristóvan: Editora UFS, p.17-19, 2013.

CAVALHER-MACHADO, S. C. *et al.* The anti-allergic activity of the acetate fraction of *Schinus terebinthifolius* leaves in IgE induced mice paw edema and pleurisy. **International Immunopharmacology**, CIDADE, v. 8, n. 11, p. 1552-1560, 2008.

CECHINEL, F.; YUNES, R. A. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais. Conceitos sobre

modificação estrutural para otimização da atividade. **Química Nova**, v. 21, n. 1, p.99-105, 1998.

CERUKS, M. *et al.* Constituintes fenólicos polares de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 597-599, 2007.

CHUNG, I. M.; ANH, J. K.; YUN, S. J. Assessment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) on rize (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Crop Protection**, v. 20, n.10, p.921-928, 2001.

COSTA, C. O. D.'S. *et al.* Phytochemical screening, antioxidant and antibacterial activities of extracts prepared from different tissues of *Schinus terebinthifolius* Raddi that occurs in the coast of Bahia, Brazil. **Pharmacognosy Magazine**, [S.I.], v. 11, n. 43, p. 607-614, 2015.

COMIOTTO, A. **Potencial alelopático de diferentes espécies de plantas sobre a qualidade fisiológica de sementes de arroz e aquênios de alface e crescimento de plântulas de arroz e alface**. 2006. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Instituto Biologia, Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS). 2006

DECHOUM, M. S.; ZILLER, S. R. Métodos para controle de plantas exóticas invasoras. **Biotemas**, v. 26, n. 1, p.69-77, 2013.

DEGÁSPARI, C. H. *et al.* Atividade antimicrobiana de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Ciênc. Agrotec**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 617-622, 2005.

FERREIA, A. G.; AGUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia vegetal**, v. 12, n. especial, p. 175-204, 2000.

FERREIA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014

FILHO, A. P. S. S. Potencial Alelopático de forrageiras tropicais: efeitos sobre invasoras de pastagens. **Planta Daninha**, v. 15, n.1, 1997.

FIORESI, R. S. Efeito alelopático de *Solanum pimpinellifolium* L. sobre germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Bidens pilosa*. **Scientia Plena**, v. 17, n. 6, p. 01-10, 2021.

FONSECA, V. B. *et al.* Allelopathic potential of leaves and flowers extracts of *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Científica**, Jaboticabal, v. 44, n. 1, p. 35-39, 2016.

HOFFMANN, C. E. F. *et al.* Atividade alelopática de *Nerium oleander* L. e *Dieffenbachia picta* schott em sementes de *Lactuca sativa* L. e *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 6, n. 1, p. 11-27, 2007.

INOUE, M. H.; OLIVEIRA JR, R. S. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J; INOUE, M. H. (Ed.) **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 193-214.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. de A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas**. 3. ed. Nova Odessa: Jardim Botânico Plantarium, 2021.

MAGNOLI, K. *et al.* Herbicides based on 2,4-D: its behavior in agricultural environments and microbial biodegradation aspects. A Review. **Environ Sci Pollut Res**, v. 27, p. 3501-38512, 2020.

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

MIZUTANI, J. Selected Allelochemicals. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 18, n. 5, p. 653-671, 1999.

MOREIRA, H. J. da C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de Identificação de Plantas Infestantes**: Hortifruti. Campinas: FMC – Agricultural Products, 2011.

MORGAN, E. C.; OVERHOLT, W. A. Potential allelopathic effects of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae) aqueous extract on germination and growth of selected Florida native plants. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 132, n. 1, p. 11-15, 2005.

NITSCHKE, P. R. *et al.* **Atlas climático do Estado do Paraná**. Londrina (PR): Instituto Agronômico do Paraná, 2019.

NUNES, G. L. *et al.* Potencial de extratos foliares de *Schinus terebinthifolius* Raddi para redução da germinação de plantas daninhas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 8, n.1, p. 136-144, 2019.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. I. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J; INOUE, M. H. (Ed.) **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 95-124.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2 ed. Nova York: Academic Press, 1984, 422 p.

RIZVI, S. J. H. *et al.* A discipline called allelopathy. In: RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. **Allelopathy**, Dordrecht: Springer, 1992, p. 01-10.

RIZZARDI, A. *et al.* Potencial Alelopático de Extratos Aquosos de Genótipos de Canola sobre *Bidens pilosa*. **Planta daninha**, Viçosa(MG), v. 26, n. 4, p. 717-724, 2008.

SALES, M. D. C. *et al.* Plantas Medicinais e Aromáticas do Espírito Santo: O óleo essencial de folhas e frutos da espécie *Schinus terebinthifolia* RADDI (Aroeira Vermelha). In: SANTOS, C. C. **Pesquisa na cadeia de suprimentos de Plantas Aromáticas**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019, p. 25-36.

SANTANA, J. S. *et al.* Isolamento e avaliação do potencial citotóxico de derivados fenólicos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Química Nova**, São Paulo, v. 15, n. 11, p. 2245-2248, 2012.

SANTOS, A. C. A. *et al.* Chemical Composition of the Essential Oils from Leaves and Fruits of *Schinus mole* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi from Southern Brazil. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 16-25, 2009.

SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta daninha**, Viçosa, v. 29, n. especial, p. 1159-1171, 2011.

SANTOS, I. T. B. F. *et al.* Óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi como controle alternativo de *Colletotrichum gloeosporioides* e *Lasiodiplodia theobromae*, fungos fitopatogênicos de pós-colheita. **GEINTEC**, São Cristovão, v. 4, n. 4, p. 1409-1417, 2014.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SILVA, F. L. *et al.* Compilation of Secondary Metabolites from *Bidens pilosa* L. **Molecules**, v. 16, p.1070-1102, 2011.

SILVA, J. H. S. *et al.* Anti-Escherichia coli activity of extracts from *Schinus terebinthifolius* fruits and leaves. **Natural Product Research**, [S.l.], v. 32, n. 11, p. 1365-1368, 2018.

SOUZA FILHO, A. P. S. Alelopatia: das primeiras observações aos atuais conceitos. In: SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M. de (Ed). **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. p. 15-23.

TLILI, N. *et al.* *Schinus terebinthifolius* vs *Schinus molle*: A comparative study of the effects of species and location on the phytochemical content of fruits. **Industrial Crops & Products**, [S.l.], v. 122, p. 559-565, 2018.

ULIANA, M. P. *et al.* Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves. **Industrial Crops and products**, [S.l.], v. 83, s. n., p.235-240, 2016.

VIDAL, R. A.; LAMEGO, F. P.; TREZZI, M. M. Diagnóstico da resistência aos herbicidas em plantas daninhas. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n.3, p.597-604, 2006.

VIVEIROS, A. B. R.; ANDRADE, A. C. Efeito alelopático e autotóxico de extratos aquosos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. In: Congresso Nacional de Botânica, 64, 2013. **Anais...**, Belo Horizonte, 2013.

