



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
CURSO DE AGRONOMIA

LEANDRO SARTORI

**TOXICIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL DE LARANJA EM SEMENTES E
PLÂNTULAS DE NABO E PICÃO-PRETO**

CHAPECÓ
2022

LEANDRO SARTORI

**TOXICIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL DE LARANJA EM SEMENTES E
PLÂNTULAS DE NABO E PICÃO-PRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi

CHAPECÓ

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Sartori, Leandro

Toxicidade de óleo essencial de laranja em sementes e plântulas de nabo e picão-preto / Leandro Sartori. -- 2022.

35 f.:il.

Orientador: Doutor Siumar Pedro Tironi

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Chapecó, SC, 2022.

1. Raphanus sp.. 2. Bidens pilosa. 3. Citrus sinensis. 4. Bioherbicida. I. Tironi, Siumar Pedro, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

LEANDRO SARTORI

**TOXICIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL DE LARANJA EM SEMENTES E
PLÂNTULAS DE NABO E PICÃO-PRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 15/08/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi – UFFS
Orientador

Prof.^a Dr.^a Vanessa Neumann Silva– UFFS
Avaliadora

Prof. Dr. João Guilherme Dal Belo Leite – UFFS
Avaliador

Dedico a Deus, ao meu pai Ricardo Luiz Sartori e minha mãe Vania Sartori, e o meu irmão Gustavo Luiz Sartori pela ajuda, estímulo e apoio em toda esta minha jornada.

AGRADECIMENTOS

A minha família, por todo apoio, incentivo, força e pelas oportunidades dadas, não medindo esforços para a realização desta conquista e por sempre ajudarem para que meus sonhos se tornem realidade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi, pela orientação, apoio, confiança e amizade construída durante esta vida acadêmica e elaboração deste e dos demais trabalhos realizados.

Ao corpo docente do curso de Agronomia por todo conhecimento transmitido durante esta graduação.

Aos meus amigos, que sempre se dispuseram a ajudar nos mais diversos momentos e pelo companheirismo, agradeço muito por tê-los muito obrigado pelo apoio de todos.

RESUMO

Os óleos essenciais de plantas podem causar danos a outras espécies vegetais, com potencial de uso como bioherbicidas, no manejo de plantas daninhas. Nesse sentido, objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito do óleo essencial de cascas de laranja na germinação de sementes e crescimento de plântulas de nabo (*Raphanus sp.*) e picão-preto (*Bidens pilosa*). Os experimentos foram conduzidos em laboratório. O óleo essencial foi extraído da casca da laranja utilizando o processo de hidrodestilação. Foram conduzidos ensaios para avaliar a germinação e o desenvolvimento de plântulas de *Raphanus sp.* e *Bidens pilosa* submetidos a doses do óleo essencial de laranja. Todos os ensaios foram conduzidos com delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições. Os tratamentos foram formados por doses do óleo essencial, com 0, 5, 10, 25 e 50 g L⁻¹ do óleo essencial para os ensaios. Os ensaios com aplicação nas sementes foram realizados em laboratório, com germinação em papel. Para o ensaio com aplicação nas plântulas, as mesmas foram cultivadas em vasos com substrato, e posteriormente foi realizada a aplicação em sua parte aérea. Foram avaliados: germinação, índice de velocidade de germinação, mortalidade, fitotoxicidade, altura e massa seca do *Raphanus sp.* e *Bidens pilosa*. O óleo essencial de laranja influenciou negativamente na germinação e crescimento de plântulas de *Raphanus sp.* e *Bidens pilosa*, apresentando controle mais efetivo na maior dose testada (50 g L⁻¹). A aplicação do óleo essencial de laranja nas plântulas reduziu o crescimento e acúmulo de massa seca das plantas de *Raphanus sp.* e *Bidens pilosa*, apresentando controle mais efetivo na maior dose testada (50 g L⁻¹). O óleo essencial de casca de laranja nas condições testadas se mostrou uma boa opção para uso em bioherbicidas, controlando a germinação e desenvolvimento de plântulas das espécies daninhas estudadas.

Palavras-chave: *Raphanus sp.*; *Bidens pilosa*; *Citrus sinensis*; bioherbicida.

ABSTRACT

Plant essential oils can cause damage to other plant species, with potential use as bioherbicides in weed management. In this sense, the objective of this study was to evaluate the effect of the essential oil of orange peels on seed germination and seedling growth of turnip (*Raphanus* sp.) and black-billed (*Bidens pilosa*). The experiments were conducted in the laboratory. The essential oil was extracted from the orange peel using the hydrodistillation process. Trials were conducted to evaluate germination and development of *Raphanus* sp. and *Bidens pilosa* subjected to doses of orange essential oil. All trials were conducted in a completely randomized design with five repetitions. The treatments were formed by doses of the essential oil, with 0, 5, 10, 25 and 50 g L⁻¹ of essential oil for the tests. The tests with application in the seeds were carried out in the laboratory, with germination on paper. For the test with application on seedlings, they were grown in pots with substrate, and later the application was carried out in its aerial part. The following were evaluated: germination, germination speed index, mortality, phytotoxicity, the height of the dried mass of *Raphanus* sp. from *Bidens pilosa*. O oil essential oil negatively influenced the germination and growth of seedlings of *Raphanus* sp. and *Bidens pilosa*, showing more effective control at the highest dose tested (50 g L⁻¹). The application of orange essential oil in seedlings reduced the growth and accumulation of dry mass of the plants of *Raphanus* sp. and *Bidens pilosa*, showing more effective control at the highest dose tested (50 g L⁻¹). The orange peel essential oil under the conditions tested proved to be a good option for use in bioherbicides, controlling the germination and development of seedlings of the weed species studied.

Keywords: *Raphanus* sp.; *Bidens pilosa*; *Citrus sinensis*; bioherbicide.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Extração do óleo essencial em hidrodestilador modelo Clevenger.	17
Figura 2- Caixas gerbox com as plântulas.	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Índice de velocidade de germinação (IVG) de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.....	21
Tabela 2- Percentual de germinação (plântulas normais) de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.....	22
Tabela 3- Percentual de plântulas anormais de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.	23
Tabela 4- Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.....	24
Tabela 5- Comprimento das raízes (cm) de plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.....	24
Tabela 6- Fitotoxicidade (Fito) aos 4 e 14 dias após a aplicação (DAA), percentual de plantas mortas (PM) e massa seca (MS) das plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.....	26
Tabela 7- Fitotoxicidade (%) aos 9 dias após a aplicação, nas plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.	28
Tabela 8- Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.....	28
Tabela 9- Comprimento das raízes (cm) de plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	MANEJO DAS PLANTAS DANINHAS.....	13
3.2	ÓLEO ESSENCIAL DE LARANJA.....	14
3.3	PICÃO-PRETO (<i>Bidens pilosa</i>)	15
3.4	NABO (<i>Raphanus sp.</i>)	16
4	MATERIAIS E MÉTODOS	17
4.1	OBTENÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL	17
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS	18
4.3	AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE EM SEMENTES.....	18
4.4	AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE EM PLÂNTULAS	19
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1	ENSAIO DE AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE EM SEMENTES	21
5.2	ENSAIO DE AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE EM PLÂNTULAS	25
6	CONCLUSÕES	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Os problemas fitossanitários causam muitos danos às culturas agrícolas, com impacto direto em sua produtividade e qualidade. Dentre esses problemas destacam-se as os danos causados pelas espécies daninhas, que devem ser manejadas para obtenção de elevadas produtividades das culturas (MONQUERO, 2014).

Atualmente a prática de manejo mais utilizada para o controle das plantas daninhas é o químico, com uso de herbicidas, sendo que, o mal uso desses compostos pode causar impactos no agroecossistema. No sentido, algumas pesquisas estão sendo desenvolvidas para criar tecnologias para minimizar o uso e os efeitos nocivos dos agrotóxicos. Uma alternativa é uso de substâncias naturais, como extratos e óleos essenciais de plantas, como alternativa no manejo de plantas daninhas (OLIVEIRA et al., 2012; SANTOS et al., 2017).

Algumas espécies de plantas produzem compostos químicos que causam efeitos positivos ou danosos a outras espécies, fenômeno conhecido como alelopatia (MONQUERO, 2014). Alguns desses compostos estão presentes nos óleos essenciais, que por sua vez possuem várias funções biológicas, como de defesa contra outros organismos (PAULETTI e SILVESTRE, 2018).

A extração de compostos das espécies doadoras e a posterior aplicação sobre outras espécies podem ser uma alternativa viável para o manejo das plantas daninhas, utilizando os compostos como bioherbicidas. Efeito que foi observado com a utilização de óleo de sementes de nim (*Azadirachta indica*), que apresentou efeito bioherbicida sobre a germinação de sementes e desenvolvimento da radícula de espécies daninhas e também apresenta grande letalidade a insetos-praga (SOUZA et al., 2009; COELHO JR e DESCHAMPS, 2014).

O óleo essencial pode ser extraído de diversas estruturas dos vegetais, como de folhas, rizomas, cascas de frutos, e podem apresentar ação na germinação e crescimento de plantas (TSAI, 2008; FAGODIA et al., 2017; IBÁÑEZ e BLÁZQUEZ, 2019).

As plantas cítricas produzem óleo essencial, que pode ser extraído de cascas de frutos ou de folhas. Esse óleo essencial tem demonstrado capacidade de interferir no desenvolvimento de plantas (DUKE et al., 2002).

As plantas cítricas são cultivadas em grandes áreas e um dos subprodutos da industrialização de seus frutos é o bagaço. Deste subproduto podem ser extraídos os óleos essenciais.

O nabo (*Raphanus* sp.) e o picão-preto (*Bidens pilosa*) são duas espécies que causam danos nas lavouras brasileiras, com grande possibilidade de dano (MONQUERO et al., 2014). Essas espécies são importantes bioindicadoras utilizadas em pesquisas em laboratório, pois apresentam sementes fáceis de manipular além de apresentarem elevada importância agrícola.

Considerando as necessidades de se obter herbicidas, que sejam eficazes e menos agressivos aos agroecossistemas, o presente trabalho buscou analisar o uso de óleo essencial de laranja como bioherbicidas como nova tecnologia para o manejo fitossanitário sustentável nos agroecossistemas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o potencial da toxicidade de óleo essencial de cascas de laranja em nabo (*Raphanus* sp.) e picão-preto (*Bidens pilosa*);

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a toxicidade do óleo essencial de cascas de laranja na germinação de sementes e crescimento de plântulas de nabo (*Raphanus* sp.) e picão-preto (*Bidens pilosa*);
- Verificar a interferência do óleo essencial em aplicação na parte aérea de plântulas de nabo e picão-preto;
- Verificar a possibilidade do uso de óleo essencial de laranja no controle de plantas daninhas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MANEJO DAS PLANTAS DANINHAS

A interferência causada pelas plantas daninhas é um dos principais problemas fitossanitários que comprometem a produção agrícola. O manejo dessas espécies deve ser realizado constantemente, pois as mesmas, estão presentes na grande maioria das culturas e podem atingir populações que causam danos econômicos.

O controle, na maioria das vezes, é realizado com uso de compostos químicos, denominados herbicidas, em função da facilidade, baixos custos e eficiência (MONQUERO, 2014). No entanto, essa forma de manejo pode causar problemas ambientais e ao homem, sendo necessário abordar outras formas de controle.

O manejo integrado das plantas daninhas deve ser realizado com ênfase no uso de mais diversos métodos de controle desses organismos, com associação desses métodos, em um sistema de manejo de longo prazo. Uma das ferramentas que podem ser utilizadas é o controle cultural, com uso da alelopatia, que pode contribuir no manejo com baixo custo econômico e ambiental.

Alelopatia pode ser definida como processo que envolve metabólitos secundários produzidos por plantas, algas, bactérias e fungos que influenciam o crescimento e desenvolvimento de sistemas biológicos (ANAYA, 1999), que podem ser as espécies daninhas ou insetos-praga.

Os compostos alelopáticos são, geralmente, derivados de rotas metabólicas secundárias. Esses metabólitos proporcionam, essencialmente, uma interface química entre a planta e o ambiente. Assim, conforme a natureza e a magnitude do estímulo ambiental, uma espécie vegetal poderá sintetizar diferentes compostos devido ao redirecionamento de rotas metabólicas (GOBBO-NETO e LOPES, 2007).

Vários compostos secundários de plantas foram estudados para avaliação de potencial alelopático, como os sesquiterpenos que apresentam elevado potencial como bioherbicida ou bioinseticida, principalmente pelo efeito direto no crescimento das plantas e dos insetos (CANTRELL et al., 2007)

Algumas plantas possuem muitos metabolitos secundários em uma fração denominada de óleos essenciais. Esses óleos são substâncias químicas que exercem as funções de autodefesa e de atração de polinizadores em plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013). Essas substâncias são constituídas por diversos compostos de diferentes grupos químicos e podem ser extraídos principalmente de plantas aromáticas.

Alguns estudos apontam resultados promissores do uso de óleos essenciais de plantas no controle de plantas daninhas, especialmente na inibição da germinação e/ou do crescimento inicial das plântulas (IBÁÑEZ e BLÁZQUEZ, 2019; SOUZA et al., 2009).

3.2 ÓLEO ESSENCIAL DE LARANJA

Algumas espécies apresentam maior concentração de óleos essenciais, como as plantas cítricas, que podem ser extraídos de folhas e cascas dos frutos (FAGODIA et al., 2017; TSAI, 2008). O principal composto do óleo essencial de plantas cítricas é o limoneno. Nas laranjas (*Citrus sinensis*), esse monoterpeneo representa 84,2% do óleo essencial da casca. Essa alta concentração tem sido sugerida como a razão da alta bioatividade do óleo essencial de casca de laranja (TSAI, 2008).

No entanto, estudos com o óleo essencial de Lima comum (*Citrus aurantiifolia*) demonstraram que o óleo essencial apresentou maior toxicidade para as plantas que o limoneno, indicando que esse óleo essencial pode ser um constituinte de várias formulações de bioherbicidas, pois causou elevada inibição de capim-talaceiro (*Phalaris minor*) e aveia-selvagem (*Avena fatua*) e menor para capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) (FAGODIA et al., 2017).

O óleo essencial de laranja (*Citrus sinensis*), mesmo sem o contato, somente com seus produtos voláteis próximos a plântulas de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*) causaram inibição tanto quantitativa quanto qualitativa das plântulas (RIBEIRO e LIMA, 2012).

Os óleos essenciais podem ser aplicados no solo e controlar as espécies daninhas durante a germinação e emergência. Como observado para os óleos

essenciais de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), lavanda (*Lavandula* spp.) e hortelã-pimenta (*Mentha x piperita*). Considerando que o óleo essencial de canela apresentou maior efeito inibidor das espécies daninhas (CAMPIGLIA et al., 2007).

A suscetibilidade das espécies daninhas aos óleos essenciais pode ser variável, com maior ou menores efeitos, como observado em estudo realizado por Campiglia et al. (2007), com aplicação de óleos essenciais de canela, lavanda e hortelã-pimenta diretamente no solo e avaliação do estabelecimento das espécies daninhas. Esses autores observaram que as espécies dicotiledôneas apresentaram maior suscetibilidade em comparação com as monocotiledôneas, considerando que em algumas doses o controle foi de 100% para esse grupo de plantas.

Nesse sentido, estudos com uso de óleos essenciais de plantas para o controle de plantas daninhas, podem gerar resultados promissores para o desenvolvimento de tecnologias, contribuindo com o manejo fitossanitário sustentável dos agroecossistemas.

O óleo essencial de laranja é um produto de fácil aquisição, pois o Brasil é um grande produtor desta fruta, e os resíduos descartados da indústria produtora de suco são ricas em óleo essencial. Apesar da alta disponibilidade da matéria prima, o processo de extração do óleo essencial tem alto custo, devido ao grande investimento em equipamentos (REZZADORI & BENEDETTI, 2009). Além do baixo rendimento da extração, sendo que o teor de óleo na casca dos frutos de citros varia entre 0,5 e 5,0% peso/volume (PALAZZOLO et al., 2013).

3.3 PICÃO PRETO (*Bidens pilosa*)

A espécie *Bidens pilosa* é uma planta pertencente à família Asteraceae, conhecida popularmente como picão-preto. Esta espécie vegetal foi originalmente encontrada nas regiões tropicais e subtropicais e depois introduzida na região do Pacífico e Ásia (ALVAREZ et al., 1999).

O picão-preto é uma espécie herbácea, ereta, com altura entre 40 e 120 cm, propagada via sementes, muito prolífera (GROMBONE-GUARATINI et al., 2004). A formação de sementes é intensa, podendo chegar a 3.000 por planta, e, é possível encontrar inflorescências jovens e maduras no mesmo indivíduo (LORENZI 2008).

O picão-preto (*Bidens pilosa*) é uma das plantas daninhas de maior ocorrência e agressividade em culturas agrícolas, possuindo um ciclo anual curto, podendo ter várias gerações em um ciclo agrícola (MORAES & PUTZKE, 2011).

No Brasil, esta espécie encontra-se distribuída por todo o país, sobretudo nas regiões Centro-Sul e Sul, sendo considerada uma espécie altamente nociva e séria infestante de culturas anuais e perenes (OBARA et al., 1994).

3.4 NABO (*Raphanus* sp.)

A espécie conhecida popularmente como Nabo ou Nabiça (*Raphanus* sp.), pertencente à família Brassicaceae. No Brasil, é uma espécie daninha de grande importância ocorrendo com intensidade na região Sul e em menor proporção na região Centro-Oeste. É uma espécie com grande capacidade de causar danos as culturas principalmente as de inverno, pela sua capacidade de competição e pela grande quantidade de sementes viáveis que forma (LORENZI, 2006).

É uma planta de ciclo anual, de porte ereto, com altura média variando entre 60 e 100 cm, tem como fruto uma siliqua indeiscente, de 3 cm a 5 cm de comprimento, podendo conter 2 a 10 sementes, com peso de mil grãos variando de 6 a 14 g, com média de 11 g (DERPSCH e CALEGARI, 1992).

A presença do Nabo pode comprometer a produtividade dos cultivos, principalmente os de inverno pois a planta apresenta alta capacidade competitiva. O principal problema desta planta daninha é o fato de apresentar resistência a alguns mecanismos de herbicidas, assim dificultando seu manejo (LORENZI, 2006).

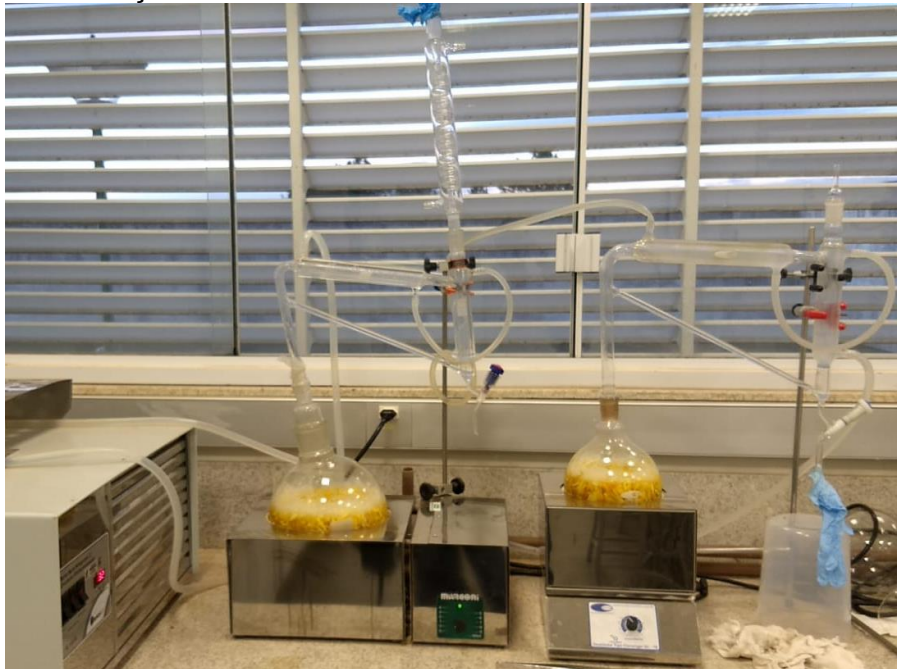
4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos laboratórios de Bromatologia e laboratório de Sementes e Grãos da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, *campus* Chapecó, entre julho e setembro de 2021.

4.1 OBTENÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

Frutos de laranja, tipo valência (de suco) foram colhidos em pomar comercial e levados para laboratório, onde foi removida a casca. As cascas foram cortadas em pequenos pedaços e posteriormente foi realizado a extração do óleo essencial em balão de capacidade de 2 L, acondicionado em manta elétrica como fonte geradora de calor e associado ao hidrodestilador modelo Clevenger (arraste de vapor) (CASTRO e RAMOS, 2003).

Figura 1- Extração do óleo essencial em hidrodestilador modelo Clevenger.



Fonte: Elaborada pelo autor, (2021).

Foi utilizado 300 g de cascas de laranja e adicionado 1 L água destilada na temperatura de 100 °C, a extração foi conduzida a 100 °C, por um período de 2

horas (Figura 1). O óleo foi separado da água por decantação e foi retirado com o auxílio de uma micropipeta. Após, foi transferido para um tubo de vidro, onde foi adicionado sulfato de magnésio anidro para retirar possíveis resíduos de água (COSTA et al., 2005). Posteriormente o mesmo foi acondicionado em frasco de vidro envolto com papel alumínio e armazenado sobre refrigeração de 4 °C.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Foram conduzidos dois experimentos com plantas daninhas como alvo, com duas fases de aplicação (sementes e plântulas). Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Os experimentos foram alocados em esquema fatorial 2x5, o primeiro fator foi composto por diferentes espécies alvo, nabo e picão-preto; e o segundo fator é composto por doses do óleo essencial, que foram de 0, 5, 10, 25 e 50 g L⁻¹ do óleo essencial.

Na formulação dos óleos essenciais, para facilitar sua dispersão se utilizou 2% de emulsificante (tween 80) para cada tratamento.

4.3 AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE EM SEMENTES

Na primeira etapa foi realizado o ensaio, em laboratório, com avaliação do efeito do óleo essencial na germinação e crescimento de plântulas das espécies daninhas. Utilizou-se 30 sementes de nabo e picão-preto, que foram semeadas em caixas plásticas do tipo “gerbox”, com dimensões de 11x11x8 cm (CxLxA), sobre duas folhas de papel de germinação, essas folhas foram umedecidas na proporção de 2,5 vezes seu peso com as formulações e doses do óleo essencial. Sendo que as sementes de picão-preto e nabo foram colhidas em locais próximos e na mesma época.

As caixas foram mantidas em câmara de germinação úmida a temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas. A contagem de germinação foi ao décimo primeiro dia após a semeadura. A percentagem de germinação foi computada pelo número

de plântulas normais germinadas na última contagem. Foi quantificado também as plântulas anormais.

O índice de velocidade de germinação, foi realizado simultaneamente ao teste de germinação, com a avaliação diária do número de sementes germinadas, tendo como critério a emissão da raiz primária. Esse índice foi calculado segundo Maguire (1962).

Após a realização da última contagem de germinação foi quantificado o comprimento da parte aérea e radicular das plântulas, para isso foram medidas 8 plântulas escolhidas aleatoriamente em cada repetição, com uso de uma régua graduada.

4.4 AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE EM PLÂNTULAS

Na segunda etapa foi realizado um ensaio, para avaliar a toxicidade nas plântulas das daninhas, em que foram semeadas as espécies daninhas (nabo e picão-preto em caixas “gerbox”, com dimensões de 11x11x8 cm (CxLxA), preenchidos com substrato comercial. Foram colocadas sementes necessárias para estabelecimento de mais de 8 plântulas por caixa (Figura 2). As caixas “gerbox” foram irrigadas regularmente. Quando as plântulas apresentaram duas a três folhas verdadeiras foi realizada a aplicação das doses do óleo essencial. Estas caixas “gerbox” ficaram em uma bancada de laboratório.

Figura 2- Caixas gerbox com as plântulas.



Fonte: Elaborada pelo autor, (2021).

A aplicação foi realizada com um mini-spray borrifador, regulado para aplicar 200 μL de calda por gerbox, considerando que cada acionamento do borrifador foi borrifada 50 μL de calda, fazendo gotas pequenas, sem ocorrer escorrimento da calda.

Foi avaliado a fitointoxicação visual aos 4, 9 e 14 dias após aplicação dos tratamentos (DAA), com notas de variando de 0 (ausência de sintomas) a 100% (morte da planta).

Aos 14 DAA as plântulas vivas foram quantificadas e retiradas. Após foi quantificado o comprimento da parte aérea e radicular das plântulas, para isso foram medidas 6 plântulas escolhidas aleatoriamente em cada repetição, com uso de uma régua graduada. Em seguida essas plântulas foram alocadas em saco de papel e então secas em estufa de secagem (60 °C), quantificando a massa seca por plântula (mg por plântula).

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância, pelo teste F, e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o software estatístico R (2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ENSAIO DE AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE EM SEMENTES

Foi observada interação entre os fatores doses do óleo essencial e espécies para as variáveis índice de velocidade de germinação (IVG), percentual de germinação (plântulas normais), plântulas anormais e para o comprimento da parte aérea. Para a variável comprimento das raízes não ocorreu interação entre os fatores doses do óleo essencial e espécies.

O óleo essencial causou interferência no IVG das sementes de picão-preto, sendo que na menor dose (5 g L⁻¹) já se obteve interferência na germinação (Tabela 1). A redução do IVG foi proporcional ao aumento das doses do óleo essencial. Desta forma, é evidente que o óleo essencial de laranja atua no retardamento da germinação das sementes de picão, possivelmente por causa de inibição de algum processo metabólico relacionado a germinação.

Tabela 1- Índice de velocidade de germinação (IVG) de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.

Dose (g L ⁻¹)	Espécie	
	Picão-preto	Nabo
0	16,49 aB ¹	30,67 aA
5	8,93 bB	28,37 aA
10	5,85 bcB	27,69 aA
25	4,65 cB	21,54 bA
50	0,74 dB	15,26 cA
CV (%)	9,5	

¹ Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, (2022).

O IVG das sementes de nabo também foi comprometido pelo óleo essencial de laranja. Considerando que as doses de 5 e 10 g L⁻¹ não diferiram da testemunha, sem a presença do óleo. A germinação foi retardada nas duas maiores doses do óleo essencial (Tabela 1). O efeito de retardo na germinação pode estar relacionado com a elevada concentração de algumas substâncias no óleo essencial com efeitos alelopáticos, que podem influenciar no processo de germinação (HILLEN et al., 2012). Resultados semelhantes forma observados por Ferreira e Áquila (2000), em

que óleos essenciais aplicados em sementes interferem na porcentagem de germinação, e também sobre a velocidade de germinação.

Na comparação entre os fatores espécies, o nabo apresentou maior valor de IVG em todas as doses do óleo essencial, efeito atribuído a diferença entre as espécies, pois as sementes de nabo apresentam menor efeito de dormência.

Óleo essencial de laranja influenciou no percentual de germinação (plântulas normais) de picão-preto, com maior percentual (58,20 %) na testemunha e menor valor na maior dose (50 g L⁻¹), que diferiram das demais doses (Tabela 2). Desta forma, a maior dose do óleo causou mais prejuízos na germinação do picão-preto.

Tabela 2- Percentual de germinação (plântulas normais) de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.

Dose (g L ⁻¹)	Espécie	
	Picão-preto	Nabo
0	52,80 aB ¹	91,20 aA
5	35,20 bB	79,20 bA
10	36,80 bB	75,20 bA
25	32,80 bB	64,00 cA
50	6,40 cB	51,20 dA
CV (%)	9,01	

¹ Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, (2022).

O nabo também apresentou maior porcentagem de germinação no tratamento sem o óleo essencial, com redução dessa variável com o aumento das doses do óleo (Tabela 2). Demonstrando que o óleo essencial de laranja, nas maiores doses testadas, afetou a germinação e o desenvolvimento das plântulas de nabo.

Na comparação entre as espécies daninhas, o nabo apresentou maior percentual de germinação, independentemente das doses do óleo essencial (Tabela 2), esse resultado é atribuído a diferença entre os lotes de sementes, em que aquelas de nabo apresentam maior potencial de germinação.

A variável percentual de plântulas anormais, de picão-preto, apresentou os maiores valores nas doses de 0,5 e 25 g L⁻¹, já as demais doses não diferiram entre si (Tabela 3). No nabo, os maiores valores para plântulas anormais foram observados na presença do óleo essencial, que diferiram da testemunha (Tabela 3). Desse modo, é possível afirmar que o óleo essencial de laranja interfere no

desenvolvimento das plântulas de picão-preto e nabo, interferindo na germinação e na formação de plântulas normais, pois o óleo essencial atua na supressão do crescimento das plântulas, tanto da parte aérea quanto radicular (IBANEZ e BLAZQUEZ, 2019).

Tabela 3- Percentual de plântulas anormais de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.

Dose (g L ⁻¹)	Espécie	
	Picão-preto	Nabo
0	5,60 abA ¹	0,80 bB
5	7,20 aA	6,40 abA
10	0,00 bB	8,80 aA
25	2,40 abB	9,60 aA
50	0,00 bB	6,40 abA
CV (%)	60,32	

¹ Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor, (2022).

Na comparação entre as espécies, o nabo apresentou maior percentual de plântulas anormais nas maiores doses de óleo essencial de laranja (acima de 10 g L⁻¹). No entanto, na testemunha, sem o óleo essencial, o picão-preto apresentou maior média para essa variável (Tabela 3).

O Óleo essencial de laranja influenciou no comprimento da parte aérea das plântulas de picão-preto, obtendo-se o maior comprimento na menor dose e na testemunha, e na maior dose do óleo se obteve o menor comprimento da parte aérea (Tabela 4). Esse resultado corrobora o verificado por Ribeiro e Lima (2012), no qual o óleo essencial de laranja afetou o crescimento inicial e o desenvolvimento da parte aérea, das plântulas de alface, amendoim-bravo e corda-de-viola.

Moura et al. (2015), observaram que os óleos essenciais de cravo-da-índia e canela inibiram totalmente o desenvolvimento da parte área de plântulas de picão-preto, demonstrando que as sementes de picão-preto quando tratadas com alguns óleos essenciais, ficam com o seu desenvolvimento afetado, assim reduzindo o desenvolvimento aéreo.

No nabo, não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos, para o comprimento da parte aérea (Tabela 4). Assim demonstrando, que as sementes de nabo que germinaram não foram afetadas no desenvolvimento inicial das plântulas.

Tabela 4- Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.

Dose (g L ⁻¹)	Espécie	
	Picão	Nabo
0	6,74 aA ¹	5,45 aB
5	6,23 aA	5,62 aB
10	5,40 bA	5,33 aA
25	4,74 bA	4,91 aA
50	3,60 cA	5,25 aA
CV (%)	7,31	

¹ Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, (2022).

Na comparação entre as espécies, o picão-preto obteve comprimento da parte aérea superior do nabo na testemunha e na menor dose, já nas demais doses as espécies obtiveram comprimento de parte aérea semelhante (Tabela 4).

Óleo essencial de laranja influenciou no comprimento das raízes de picão-preto e nabo, sendo o menor valor na maior dose (50 g L⁻¹), que diferiu das demais doses (Tabela 5). Desta forma na maior concentração do óleo essencial de laranja maior são os prejuízos causados no desenvolvimento radicular do nabo e picão-preto.

Tabela 5- Comprimento das raízes (cm) de plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.

Dose (g L ⁻¹)	Comprimento da raiz
0	6.30 a ¹
5	5.23 ab
10	4.87 ab
25	4.97 ab
50	4.57 b
Espécie	
Picão	7.26 a
Nabo	3.12 b
CV (%)	20,65

¹ Médias seguidas de letras iguais, dentro de cada fator, não diferem pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, (2022).

Esse resultado corrobora o verificado por Ribeiro e Lima (2012), no qual óleo essencial de laranja interferiu no comprimento radicular de plântulas de alface,

amendoim-bravo e corda-de-viola. Moura et al. (2015) verificaram que sementes de picão-preto tratadas com óleo essencial de alfavaca-cravo promoveu inibição total do crescimento radicular e os óleos de cravo-da-índia, canela e pau d'alho também interferiram no desenvolvimento radicular, já o óleo essencial de alho não interferiu no desenvolvimento radicular das plântulas de picão-preto.

Na comparação entre as espécies, o picão-preto obteve comprimento radicular maior do que as plântulas de nabo. Demonstrando que naturalmente o picão preto tem maior desenvolvimento radicular inicial, comparado com o nabo.

Souza Filho (1997), verificou que o desenvolvimento radicular das plântulas, é o indicador mais sensível, quando se faz aplicações com óleos essenciais, desta forma o comprimento radicular é um bom indicador para os parâmetros alelopáticos.

5.2 ENSAIO DE AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE EM PLÂNTULAS

As variáveis fitotoxicidade aos 4 e 14 dias após a aplicação (DAA), percentual de plantas mortas (PM) e massa seca das plântulas (MS) do picão-preto e nabo, não apresentaram interação entre os fatores estudados, doses de óleos essencial de laranja e plantas daninhas.

Óleo essencial de laranja influenciou no percentual de fitotoxicidade aos 4 dias após a aplicação (DAA), nas plântulas de picão-preto e nabo (Tabela 6). Maior efeito fitotóxico ocorreu na aplicação da maior dose (50 g L^{-1}), e os menores valores nas menores doses testadas. Mostrando que nas maiores concentrações o óleo essencial de laranja tem maior capacidade de causar fitotoxicidade nas plântulas de picão-preto e nabo.

Na comparação entre as espécies, o picão-preto apresentou maior fitotoxicidade aos 4 DAA, demonstrando que o nabo é menos vulnerável a aplicação do óleo essencial, assim tendo menor interferência em seu desenvolvimento comparado ao picão-preto, em que é mais afetado com a aplicação do óleo essencial de laranja.

A variável fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação do óleo essencial, apresentou o maior percentual na maior dose testada (Tabela 6), sendo que conforme aumentou a dose do óleo essencial, foi aumentando o percentual de

fitotoxicidade. A fitotoxicidade foi constatada principalmente pela aparição de necroses, por coloração amarela das folhas, menor crescimento das plantas e morte das plantas.

Tabela 6- Fitotoxicidade (Fito) aos 4 e 14 dias após a aplicação (DAA), percentual de plantas mortas (PM) e massa seca (MS) das plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.

Dose (g L ⁻¹)	Fito 4 DAA (%)	Fito 14 DAA (%)	PM (%)	MS (mg/planta)
0	0,00 d ¹	0,00 e	0,00 d	7,50 a
5	2,50 d	18,50 d	4,16 cd	6,66 ab
10	7,12 c	26,12 c	8,33 bc	6,50 ab
25	17,62 b	36,00 b	12,50 b	6,16 b
50	22,12 a	48,25 a	25,00 a	5,16 c
Espécie				
Picão-preto	10,95 a	26,85 a	13,33 a	1,00 b
Nabo	8,80 b	24,70 a	6,66 b	11,66 a
CV (%)	31,20	16,25	68,04	15,32

¹ Médias seguidas de letras iguais, dentro de cada fator, não diferem pelo teste de Tukey (p≤0,05).
Fonte: Elaborada pelo autor, (2022).

A toxicidade provocada pelo óleo essencial demonstra que podem causar algum efeito no crescimento e no desenvolvimento das plantas de picão-preto e nabo, sendo que quanto maior a concentração do óleo mais afetado foi o desenvolvimento. Já em comparação as espécies não ocorreram diferença na fitotoxicidade.

Santos et al. (2017), verificou que o óleo essencial de *Mikania laevigata* também causou fitotoxicidade em plântulas de picão-preto, sendo que nas maiores doses testadas, ocorreu maior toxidez, em que ocorreu significativa redução da parte área, radicular e massa seca das plântulas de picão-preto.

Óleo essencial de laranja interferiu no percentual de plantas mortas, sendo a maior morte de plântulas ocorreu na maior dose (50 g L⁻¹), sendo que todas as doses diferiram da testemunha sem o óleo essencial (Tabela 6). Esses resultados mostram que o óleo essencial de laranja desde as menores doses tem a capacidade de ocasionar a morte das plântulas de picão-preto e nabo. Desta forma, estes resultados mostram o potencial herbicida do óleo essencial de laranja.

Na comparação entre as espécies o maior percentual de morte de plantas ocorreu no picão-preto. Demonstrando que o picão-preto é mais sensível e o nabo

tem menor interferência em seu desenvolvimento com a aplicação do óleo essencial de laranja.

A possível causa da morte das plantas com a aplicação do óleo essencial é através da clorose que o óleo causou nas plântulas, assim gerando perda de clorofila, podendo levar a planta a morte. Existem vários herbicidas, que promovem a morte das plantas através da atuação dos mecanismos no fotossistema II das plantas, que atuam induzindo a degradação da clorofila da planta até levar a morte, sendo os herbicidas chamados de inibidores do FSII (SANTOS et al., 1999).

A variável massa seca (MS) das plantas de picão-preto e nabo, foi influenciada pelas doses do óleo essencial de laranja (Tabela 6), sendo que na maior dose (50 g L^{-1}) se obteve a menor massa seca das plantas de picão-preto e nabo. Na comparação entre as espécies (Tabela 6) o nabo obteve maior massa seca, sendo que este resultado pode ser resultante da diferença de desenvolvimento de cada espécie em que o nabo tem uma maior produção de massa em comparação ao picão-preto em que tem um desenvolvimento inicial mais lento.

Esses resultados demonstram que o óleo essencial de laranja tem a capacidade de interferir no crescimento e acúmulo de massa nas plantas de picão-preto e nabo, possivelmente por razão dos compostos alelopáticos presentes no óleo essencial de laranja. Santos et al. (2017), verificou que o óleo essencial de *Mikania laevigata* na concentração de 1% também causou redução da massa seca de picão-preto e capim amargoso. Desta forma, mostrando a capacidade bioherbicida do óleo essencial de laranja, em que tem a capacidade de interferir no desenvolvimento do picão-preto e nabo.

Para as variáveis, fitotoxicidade aos 9 dias após aplicação, comprimento da parte aérea e comprimento das raízes, houve interação significativa entre os fatores doses de óleo essencial de laranja e diferentes espécies daninhas.

O óleo essencial de laranja interferiu na fitotoxicidade aos 9 dias após a aplicação no picão-preto e nabo (Tabela 7), sendo encontrado o maior percentual nas doses de 25 e 50 g L^{-1} , para ambas espécies daninhas. Na comparação entre as espécies, só ocorreu diferença na maior dose em que ocorreu maior toxidez para o nabo, demonstrando que o picão-preto e o nabo têm características semelhantes de sensibilidade ao óleo essencial de laranja.

Tabela 7- Fitotoxicidade (%) aos 9 dias após a aplicação, nas plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.

Dose (g L ⁻¹)	Espécie	
	Picão-preto	Nabo
0	0,00 cA ¹	0,00 eA
5	16,75 bA	12,00 dA
10	21,75 bA	18,00 cA
25	31,25 aA	28,75 bA
50	30,75 aB	38,00 aA
CV (%)	19,45	

¹ Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, (2022).

O óleo essencial de laranja influenciou no comprimento da parte aérea do nabo (Tabela 8), na maior dosagem do óleo se obteve o menor comprimento da parte aérea já na dose de 5 g L⁻¹ não diferiu da testemunha.

Tabela 8- Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.

Dose (g L ⁻¹)	Espécie	
	Picão-preto	Nabo
0	7,06 aB ¹	11,85 aA
5	6,34 abB	11,00 aA
10	5,93 bB	9,99 bA
25	5,68 bB	8,90 cA
50	4,53 cB	6,81 dA
CV (%)	8,9	

¹ Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, (2022).

Para o picão-preto o óleo essencial de laranja também interferiu no comprimento da parte aérea (Tabela 8), sendo o menor comprimento observado na maior dosagem testada. Desta forma esses resultados demonstram que o óleo essencial de laranja tem a capacidade de interferir no desenvolvimento aéreo do picão-preto e o nabo.

Moura et al. (2015), observaram que os óleos essenciais de cravo-da-índia, canela, alho, Pau-d'álho e alfavaca-cravo todos na concentração de 1%, não mostraram diferença significativa em relação a testemunha com água, para o comprimento da parte aérea do picão-preto. Desta forma, demonstra que não são todos os óleos essenciais que podem interferir no desenvolvimento da parte área para estas espécies daninhas.

Em comparação entre as espécies de daninhas, em todas as doses do óleo essencial de laranja, o nabo obteve maior comprimento da parte aérea do que o picão-preto (Tabela 8). Demonstrando que naturalmente o nabo tem maior desenvolvimento da parte aérea em comparação ao picão-preto, esse resultado também demonstra que as duas espécies de daninhas tem a mesma interferência no comprimento foliar causado pelo óleo essencial de laranja.

O óleo essencial de laranja interferiu no comprimento das raízes do picão-preto e do nabo, em que a testemunha diferiu das doses, sendo que o menor comprimento das raízes foi na maior dose testada (Tabela 9). Desta forma, para o nabo e picão preto o sistema radicular ficou mais afetado na maior concentração do óleo essencial.

Tabela 9- Comprimento das raízes (cm) de plântulas de picão-preto e nabo em função de doses de óleo essencial de laranja.

Dose (g L ⁻¹)	Espécie	
	Picão-preto	Nabo
0	1,49 aB ¹	2,78 aA
5	1,42 aB	2,27 bA
10	1,27 abB	1,69 cA
25	1,26 abA	1,41 cA
50	0,91 bA	0,92 dA
CV (%)	15,35	

¹ Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, (2022).

Na comparação entre as espécies o nabo obteve comprimento de raízes superiores do picão-preto nas doses de (0, 5 e 10 g L⁻¹), ou seja, nas menos doses, já nas maiores doses não ocorreu diferença significativa entre o comprimento das raízes do picão-preto e o nabo. Esses resultados demonstram que nas maiores dosagem, o óleo essencial de laranja, tem maior capacidade de interferir no desenvolvimento radicular do nabo.

Moura et al. (2015) observaram que plântulas de picão-preto e pimentão, tiveram o desenvolvimento radicular afetado por todos os óleos essenciais testados, em que todos diferiram da testemunha com água. Ootani et al. (2010) observaram o potencial do óleo de citronela no controle do capim colchão, em que, nas concentrações de 10 a 20% ocorreu redução do acúmulo de matéria seca tanto na parte aérea como na raiz, com redução de 50% nas concentrações de 20% em comparação com a testemunha.

Ribeiro e Lima (2012) observaram interferência do óleo essencial de laranja no desenvolvimento das plântulas de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*, em que o óleo causou redução no desenvolvimento radicular e aéreo e causou maior número de morte de plântulas, também reduziu o tamanho dos brotos e levou a alterações morfológicas, principalmente malformações cotilédones e mudança na cor dos brotos

O óleo essencial tem capacidade de afetar o desenvolvimento radicular e aéreo das plantas, sendo que isso se deve aos aleloquímicos afetarem nos processos fisiológicos das plantas, fotossíntese, assimilação de nutrientes, respiração e atividade de diversas enzimas. (HIRATA et al.,2018).

Segundo Scrivanti (2010), as raízes são mais sensíveis aos metabólitos secundários, pois estão em contato direto com o substrato. Desta forma, para experimentos como este, com o uso de óleo essencial, o desenvolvimento radicular é bastante importante, pois se o óleo essencial tem alguma capacidade bioherbicida ele irá promover interferências no desenvolvimento radicular das plantas analisadas.

Segundo Ferreira e Áquila (2000), cada planta tem uma capacidade de resistência ou tolerância em relação aos aleloquímicos sendo mais ou menos específica, assim existindo plantas mais sensíveis e mais resistentes a aplicação de óleos essenciais. Portanto, cada planta poderá demonstrar uma reação diferente da outra, pois cada planta tem suas capacidades de suscetibilidade ou resistência.

Segundo An et al. (1993), em uma planta, um determinado aleloquímico pode possuir tanto atributo inibidor quanto estimulador. Também demonstraram que em baixa concentração os efeitos alelopáticos podem não ser inibitórios para determinada espécie, podendo até apresentar efeitos estimulatórios em determinados casos, em concentrações mais baixas. No entanto, no presente

trabalho não foi encontrado nenhum efeito estimulante causado pelo óleo essencial de laranja.

A capacidade que os óleos essenciais tem em afetar a germinação e no desenvolvimento das plantas, está relacionado com a capacidade desses compostos causarem alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas como, inibindo a cadeia respiratória da matriz mitocondrial isolada e mitose, deterioração de ceras cuticulares, alteração da integridade das membranas das células, aumento da transpiração e danos peroxidativos lipídicos aos microtubos, assim afetando a germinação e no crescimento das plantas (MIRANDA et al., 2014).

Nas condições testadas neste trabalho foi possível verificar a interferência do óleo essencial de laranja no desenvolvimento das plântulas de picão-preto e nabo principalmente nas maiores doses. Podendo, ser sugestão para trabalhos futuros, avaliação do óleo essencial na aplicação direta no solo, e também se fazer uma avaliação econômica da viabilidade do uso do óleo essencial de laranja como um bioherbicida.

6 CONCLUSÕES

O óleo essencial de casca de laranja nas condições testadas se mostrou uma boa opção para uso em bioherbicidas, controlando a germinação e desenvolvimento de plântulas das espécies daninhas estudadas.

O óleo influenciou negativamente na germinação e crescimento de plântulas do nabo (*Raphanus* sp.) e picão-preto (*Bidens pilosa*) apresentando controle mais significativo na maior dose testada (50 g L⁻¹).

Em plântulas, o óleo essencial de laranja causou toxicidade, diminuição do comprimento e da massa seca da parte aérea e radicular e além do aumento no percentual de plântulas mortas de picão-preto e nabo, apresentando controle mais significativo na maior dose testada (50 g L⁻¹).

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, A. et al. Gastric antisecretory and antiulcer activities of an ethanolic extract of *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Schult. Bip. **Jornal of Ethnopharmacology**, v. 67, p. 333-340, 1999.
- AN, M.; JOHNSON, I.R.; LOVETTE, J.V. Mathematical modeling of allelopathy: biological response to allelochemical and its interpretation. **Journal of Chemical Ecology**, v. 19, n. 10, p. 2379- 2389, 1993.
- ANAYA, L.A. Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agroecosystems. **Critical review in plant science**. v.18, n.6, p.697, 1999.
- CAMPIGLIA, E.; MANCINELLI, R.; CAVALIERI, A.; CAPORALI, F. Use of Essential Oils of Cinnamon, Lavender and Peppermint for Weed Control. **Italy Journal of Agronomy**, v.2, n.2, p.171-178, 2007.
- CANTRELL, C.L. et al. Phytotoxic eremophilanes from *Ligularia macrophylla*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p.10656–10663, 2007.
- CASTRO, L.O.; RAMOS, R.L.D. Principais gramíneas produtoras de óleos essenciais. **Boletim Técnico da Fundação Estadual de Pesquisa Agrária**, n.11. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. Secretaria da Ciência e Tecnologia, Rio Grande do sul, 2003, p.28.
- COELHO JR, A.; DESCHAMPS, F.C. Ação sistêmica e translaminar do óleo de nim visando ao controle de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) em tomateiro. **Arq. Inst. Biol., São Paulo**, v.81, n.2, p. 140-144, 2014.
- COSTA, L.C.B. et al. Secagem e fragmentação da matéria seca no rendimento e composição do óleo essencial de capim-limão, **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.956-959, 2005.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná. **Circular-Instituto Agrônomo do Paraná**, Curitiba n. 73, p 1-78,1992.
- DUKE, S.O. et al. Chemicals from nature for weed management. **Weed Science**, v.50, p.138-151, 2002.
- FAGODIA, S.K. et al. Phytotoxicity and cytotoxicity of *Citrus aurantiifolia* essential oil and its major constituents: Limonene and citral. **Industrial Crops and Products**, v.108, p.708-715, 2017.
- FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 175-204, 2000.
- GOBBO-NETO, L; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabolitos secundários. **Química Nova**, v.30, n.2, p.374-381, 2007.

GROMBONE-GUARATINI, M. T.; SOLFERINI, V. N.; SEMIR, J. Reproductive biology in species of *Bidens* L. (Asteraceae). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p.185-189, 2004.

HILLEN, T. et al. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais no controle de alguns fitopatógenos fúngicos in vitro e no tratamento de sementes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n.3, p.439-445, 2012.

HIRATA, Daniely Bindaco et al. Efeito alelopático do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* e extrato de *Annona muricata* na germinação de *Bidens pilosa* e *Megathyrus maximus*. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n. 3, p.141-150, 2018.

IBÁÑEZ, M.D.; BLÁZQUEZ, M.A. Ginger and turmeric essential oils for weed control and food crop protection. **Plants**, v.8, n.3, p. 1-14, 2019.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 6.ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2006. 339 p.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 672p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MIRANDA, C. A. S. F. et al. Chemical composition and allelopathic activity of *Parthenium hysterophorus* and *Ambrosia polystachya* weeds essential oils. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v. 5, n. 9, p. 1248-1257, 2014.

MONQUERO, P.A. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. Editora: Rima, São Carlos/SP, 2014. 434 p.

MOURA, G. S. et al. Potencial alelopático do óleo essencial de plantas medicinais sobre a germinação e desenvolvimento inicial de picão-preto e pimentão. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Valinhos, v. 17, n. 2, p. 51-62, 2015.

MORAES, L. B.; PUTZKE, M. T. L. Estudo histológico da parte aérea de *Bidens pilosa* L. **Anais do III Simpósio de Biodiversidade**. Santa Maria-RS, 2011.

OBARA, S. Y.; BEZUTTE, A. J. et al. Desenvolvimento e composição mineral do picão-preto sob diferentes níveis de pH. **Planta Daninha**, v. 12. n.1, 1994.

OLIVEIRA, K.O. Atividade alelopática de extratos de diferentes órgãos de *Caesalpinia ferrea* na germinação de alface. **Ciência Rural**, v.42, n.8, p.1397-1403, 2012.

OOTANI, M.A. et al. Potencial alelopático de óleos essenciais de eucalipto e de citronela. In: **XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**. Ribeirão Preto/SP, 2010. p.1-4.

PALAZZOLO E.; LAUDICINA V.A.; GERMANÀ M.A. Current and Potential Use of Citrus Essential Oils. **Current Organic Chemistry**, 17:3042-3049, 2013.

PAULETTI, G.F.; SILVESTRE, W.P. Óleo essencial cítrico: Produção, composição e fracionamento. EFROM, C.F.S.; DE SOUZA P.V.D. (Eds.), **Citricultura do Rio Grande do Sul: Indicações técnicas**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, Pecuária e Irrigação, p. 245-269, 2018.

R Development core team. R: a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Viena, Austria, 2020.

REZZADORI, K.; BENEDETTI, S. Proposições para valorização de resíduos do processamento do suco de laranja. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIP, 2009. p.1-11.

RIBEIRO, J.P.M; LIMA, M.I.S. Allelopathic effects of orange (*Citrus sinensis* L.) peel essential oil. **Acta Botanica Brasilica**, v.26, n.1, p.256-259, 2012.

SANTOS, D. M. M.; PITELLI, A. R.; BANZATTO, D. A. Efeitos de herbicidas nos teores de clorofilas de *Spirodela punctata*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.17, n.2, p.175-182, 1999.

SANTOS, E.S.; VASCONCELOS, L.C.; FONTES, M.M.P. Efeito do óleo essencial de cultivar de *Psidium guajava* L. sobre a germinação e crescimento de alface e sorgo. **SEAGRO: anais da semana acadêmica do curso de agronomia do CCAE/UFES**. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, p. 1-4, 2017.

SANTOS, L. M. L.; GERMANO, C. M.; GONÇALVES, A. H.; BERTOLUCCI, S. K. V. Fitotoxicidade do óleo essencial de *Mikania Laevigata* sobre o desenvolvimento inicial de duas espécies invasoras. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.8, n.4, p.1-7, 2017.

SCRIVANTI, L. R. Allelopathic potential of *Bothriochloa laguroides* var. *laguroides* (DC.) Herter (Poaceae: Andropogoneae). **Flora**, Córdoba, v.205, p.302-305, 2010.

SOUZA FILHO, A.P.S.; CUNHA, R.S.; VASCONSELOS M.A.M. Efeito inibitório do óleo de *Azadirachta indica* A. Juss. sobre plantas daninhas. **Revista Ciência Agrária**, v.1, n.52, p.79-86, 2009.

SOUZA FILHO, A.P.S; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T.J. Efeitos do potencial alelopático de três leguminosas forrageiras sobre três invasoras de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.2, p.165-170, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Sao Paulo: ARTMED, 2013.

TSAI, B.Y. Effect of pells of lemon, orange, and grapefruit against *Meloidogyne incognita*. **Plant Pathology Bulletin**, v.17, p.195-201, 2008.