

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola
Familiar



Dissertação

Avaliação de extratos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* L. e *Cucumis sativus* L.

Ana Beatriz Devantier Henzel

Pelotas, 2022

Ana Beatriz Devantier Henzel

Avaliação de extratos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* L. e *Cucumis sativus* L.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Dr. Ernestino de Souza Gomes Guarino

Corientador: Dr. Gustavo Schiedeck

Corientador: Dr. Carlos Rogério Mauch

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

H493a Henzel, Ana Beatriz Devantier

Avaliação de extratos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.)
A. Gray sobre a germinação e desenvolvimento inicial de
Lactuca sativa L. e *Cucumis sativus* L. / Ana Beatriz
Devantier Henzel ; Ernestino de Souza Gomes Guarino,
orientador. — Pelotas, 2022.

113 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação
em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de
Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas,
2022.

1. Agroecologia. 2. Alelopatia. 3. Bioherbicida. 4.
Margaridão. I. Guarino, Ernestino de Souza Gomes, orient.
II. Título.

CDD : 635.52

Ana Beatriz Devantier Henzel

Avaliação de extratos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* L. e *Cucumis sativus* L.

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 12 de Julho de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ernestino de Souza Gomes Guarino (Orientador)

Doutor em Botânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Patrícia Martins da Silva

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. José Ernani Schwengber

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Profa. Dra. Amanda Figueiredo Guedes (Suplente)

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Pelotas, 2022

Agradecimentos

Agradeço a minha mãe Ivoni, meu irmão Elias, meu sobrinho Miguel, meu companheiro Paulo e minha cunhada Bruna, pelo carinho, compreensão, amor, paciência e ajuda. Obrigada por estarmos sempre unidos, seja em dias muito alegres, seja em momentos ruins. Amo muito vocês família. Paulo Timm, muito obrigada por me proporcionar segurança, proteção e amparo. Por me permitir correr atrás dos meus sonhos com a certeza de que se algo der errado, eu tenho meu porto seguro.

Agradeço aos meus amigos, que são peças fundamentais no jogo da vida. Durante esta jornada como mestranda um agradecimento especial à Isadora Real e Joseane Cruz Monks. Vocês duas não fazem ideia de como foram importantes para que eu conseguisse vencer essa etapa, neste momento louco de pandemia que vivemos. Quando eu me achava perdida, falava com vocês e sabia que não estava sozinha, as vezes era sentar junto para trabalhar, mas outras vezes era uma simples conversa, um voltinha de bicicleta, uma boa caminhada, ou apenas uma frase de incentivo. Muito obrigada meninas, vocês são muito importantes na minha vida.

Agradeço aos meus orientadores Ernestino e Gustavo, por toda ajuda, pelo tempo dedicado a me orientar e por acreditarem no meu trabalho. Ao longo da minha formação tive vários orientadores e cada um deixou em mim marcas que formam a pessoa e profissional que sou hoje. Muito obrigada a vocês, que dedicaram seu tempo para me orientar e compartilharam comigo dos seus conhecimentos. Vou levar um pedacinho de cada um de vocês para o resto da minha vida e eterniza-los nos trabalhos que publicamos juntos.

Agradeço a banca pela disposição em contribuir com o trabalho e pelas valiosas considerações.

*“Há mais coisas entre o céu e a terra do que pode
imaginar nossa vã filosofia.”*

William Shakespeare

Resumo

HENZEL, Ana Beatriz Devantier. Avaliação de extratos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* L. e *Cucumis sativus* L. Orientador: Ernestino de Souza Gomes Guarino. 2022. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola e Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Encontrar insumos alternativos tanto para adubação como para o controle de espécies espontâneas e insetos é um dos gargalos relativos ao desenvolvimento da agricultura de base agroecológica. A crescente necessidade de herbicidas alternativos impulsiona a busca por compostos naturais que atuem como alelopáticos. Neste sentido, o trabalho objetiva avaliar o efeito biológico dos extratos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae), sobre a germinação e desenvolvimento inicial de espécies vegetais. Por conseguinte, foram realizados dois experimentos em escala laboratorial. No primeiro foi avaliado o efeito de diferentes concentrações de extrato aquoso de *T. diversifolia*, sobre germinação e desenvolvimento inicial de *Lactuca Sativa* (alface) pelo qual concluiu-se que extratos aquosos de *T. diversifolia* nas concentrações entre 5% e 20% não afetam a germinação final de sementes de alface, porém provocam aumento no TMG, diminuição do IVG e anomalias nas plântulas germinadas. No segundo experimento, foi avaliado o efeito biológico do extrato aquoso de diferentes partes vegetais de *T. diversifolia* na germinação e desenvolvimento inicial de sementes de *L. sativa* e *Cucumis sativus* L. (pepino) pelo qual foi comprovado que as duas espécies receptoras tem seu desenvolvimento prejudicado pelos extratos vegetais de *T. diversifolia* que inibiram os parâmetros de crescimento de *L. sativa* e *C. sativus* na seguinte ordem: flores > parte aérea > folhas > hastes. Com base nos resultados evidencia-se que a germinação é menos sensível aos aleloquímicos do que o desenvolvimento da plântula. *T. diversifolia* afetou o desenvolvimento das plântulas, provavelmente por conter substâncias bioativas, estes resultados podem servir de base para futuras pesquisas que objetivam testar o uso de *T. diversifolia* para produção de bioherbicidas.

Palavras-chave: Agroecologia. Alelopatia. Bioherbicida. Margaridão.

Abstract

HENZEL, Ana Beatriz Devantier. Evaluation of extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray on germination and early development of *Lactuca sativa* and *Cucumis sativus*. Orientador: Ernestino de Souza Gomes Guarino. 2022. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola e Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Finding alternative inputs both for fertilization and for the control of spontaneous species and insects is one of the bottlenecks related to the development of agroecological agriculture. The growing need for alternative herbicides drives the search for natural compounds that act as allelopathic. In this sense, the work aims to evaluate the biological effect of extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae) on germination and initial development of plant species. Therefore, two experiments were carried out on a laboratory scale. In the first one, the effect of different concentrations of aqueous extract of *T. diversifolia* on germination and initial development of *Lactuca Sativa* (lettuce) was evaluated, through which it was concluded that aqueous extracts of *T. diversifolia* at concentrations between 5% and 20% do not affect the final germination of lettuce seeds, but they cause an increase in TMG, decrease in IVG and anomalies in germinated seedlings. In the second experiment, the biological effect of the aqueous extract of different plant parts of *T. diversifolia* on the germination and initial development of seeds of *L. sativa* and *Cucumis sativus* L. (cucumber) was evaluated. development impaired by plant extracts of *T. diversifolia* that inhibited the growth parameters of *L. sativa* and *C. sativus* in the following order: flowers > aerial part > leaves > stems. Based on the results, it is evident that germination is less sensitive to allelochemicals than seedling development. *T. diversifolia* affected the development of seedlings, probably because it contains bioactive substances, these results can serve as a basis for future research that aims to test the use of *T. diversifolia* for the production of bioherbicides.

Palavras-chave: Agroecology. Allelopathy. Bioherbicide. Sunflower.

Lista de Figuras

Figura 1: Entrevista realizada com agricultores agroflorestais da Serra dos Tapes para levantamento de demandas de pesquisas relativas a agroflorestas, em 2019.....	19
Figura 2: Plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae).	29
Figura 3: Detalhes de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray (Asteraceae). A – Folhas. B – Raízes e ramos. C – Inflorescência.....	32
Figura 4: Material vegetal de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae). A – Parte Aérea de <i>T. diversifolia</i> imediatamente após coleta. B – Flores e inflorescências de <i>T. diversifolia</i> , após separação do material vegetal em partes. C – Folhas de <i>T. diversifolia</i> após processo de secagem. D – Material vegetal de <i>T. diversifolia</i> separado em partes e triturado.....	56

Lista de Figuras Artigo I

Figura 1: Sementes de alface (<i>L. sativa</i> L.) com radícula intacta ou com pequenos defeitos	74
Figura 2: Percentual de plântulas normais, anormais e não germinadas de alface (<i>Lactuca sativa</i> L.) expostas a diferentes concentrações do extrato aquoso de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray ao sétimo dia.	76
Figura 3: Gráfico de barras (média \pm desvio padrão) do comprimento médio da radícula (raiz) + hipocótilo (parte aérea) de alface (<i>Lactuca sativa</i> L.) exposta a diferentes concentrações do extrato aquoso de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray.....	77

Lista de Figuras Artigo II

- Figura 1: Gráfico de barra (média \pm desvio padrão) do comprimento do eixo hipocótilo-radícula (cm), de sementes germinadas de *Cucumis sativus* e *Lactuca sativa* expostas a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.....94
- Figura 2: Gráfico de barra (média \pm desvio padrão) da avaliação do número de plântulas que apresentam ou não estruturas de caule e raiz claramente definidas, de sementes germinadas de *Cucumis sativus* e *Lactuca sativa* expostas a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.95
- Figura 3: Fotos ao final do experimento.96
- Figura 4: Gráfico de barra (média \pm desvio padrão) das condições das sementes germinadas de *Cucumis sativus* e *Lactuca sativa* expostas a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.....97
- Figura 5: Sementes defeituosas. A – Sementes de *C. sativus* enveladas e com coifa oxidada. B – Sementes de *C. sativus* com espessamento de radícula. C – Sementes de *C. sativa* enveladas e com coifa oxidada. ___ 1 cm.98
- Figura 6: Gráfico de barras (média \pm desvio padrão) do peso das sementes germinadas de *Cucumis sativus* e *Lactuca sativa* expostas a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.....99

Lista de Tabelas

Lista de Tabelas Artigo I

Tabela 1: Percentual de Germinação; Tempo Médio de Germinação (TMG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) exposta a diferentes concentrações do extrato aquoso de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae).75

Lista de Tabelas Artigo II

Tabela 1: Percentual de Germinação; Tempo Médio de Germinação (TMG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) exposta a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae).85

Tabela 2: Percentual de Germinação; Tempo Médio de Germinação (TMG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de *Cucumis sativus* L. exposto a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae).86

Tabela 3: Médias (\pm desvios padrão) de para as variáveis tipos de anomalias: Espessamento da radícula (%) e Coifa oxidada (%) e Enovelamento (%) de sementes de *Cucumis sativus* e *Lactuca sativa* expostas a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.87

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANOVA	Análise de Variância
BOD	Câmara de germinação
Ca	Cálcio
cm	Centímetros
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
et al.	et alii
FAEM	Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
FAO	Food and Agricultural Organization (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)
g	Gramas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICRAF	World Agroforestry (Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal)
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
K	Potássio
L	Litros
m	Metros
Mg	Magnésio
N	Nitrogênio
NPK	Adubo contendo nitrogênio, fósforo e potássio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
P	Fósforo
PIB	Produto Interno Bruto
PPGSPAF	Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar
SAF	Sistema Agroflorestal
TMG	Tempo Médio de Germinação

Sumário

1	Introdução	15
1.1	Justificativa	17
1.2	Objetivo Geral	19
1.3	Objetivos Específicos	19
2	Revisão de Literatura.....	21
2.1	Agroecologia	21
2.2	Agroflorestas	23
2.3	Alelopatia	26
2.4	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray (Asteraceae)	28
2.4.1	Caracterização Botânica da <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray (Asteraceae)	30
2.4.2	Estudos com <i>Tithonia diversifolia</i> realizados no Brasil.....	32
2.4.3	Estudos com <i>Tithonia diversifolia</i> realizados em outros países	33
	Projeto de Pesquisa	37
3	Projeto de Dissertação/Tese.....	38
3.1	Antecedentes e justificativa	40
3.2	Material e métodos.....	42
3.3	Experimento 1	42
3.4	Experimento 2	44
3.5	Experimento 3	45
3.6	Análise estatística	46
3.7	Recursos necessários	47
4	Relatório do Trabalho de Campo	51
4.1	Experimento 1	52
4.2	Experimento 2	53
	Potencial alelopático de extratos aquosos de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.)	
	A. Gray	58
	1. Introdução	59
	2. Materiais e Métodos	61
	3. Resultados	63
	4. Discussão	64

5. Conclusão	67
Declaração de conflito de interesses.....	67
Contribuição dos autores	67
Referências.....	67
Diferentes partes vegetais de <i>Tithonia diversifolia</i> sobre a germinação e crescimento de <i>Lactuca sativa</i> e <i>Cucumis sativus</i>	79
Introdução.....	80
Material e métodos	82
Resultados e discussão	84
Conclusão.....	89
Referências.....	89
5 Considerações Finais	100
Referências.....	103

1 Introdução

Ao longo das últimas décadas a população humana cresceu em escala exponencial e junto com ela a produção de alimentos. São aproximadamente oito bilhões de humanos para alimentar, controlar epidemias e curar doenças, e isso só se tornou possível graças ao desenvolvimento de diversas tecnologias aplicadas a agricultura, saneamento e saúde. Não há dúvidas de que as descobertas científicas nos possibilitaram aumentar a produção de alimentos na mesma escala em que cresceu a população humana (SILVA et al., 2015), porém não podemos negar que isso tem um custo, e o preço se resume a degradação ambiental que estamos causando ao nosso planeta. Os recursos são finitos e a população humana e as espécies de seu interesse só aumentam em detrimento a redução ou extinção de outras formas de vida. Ainda existe fome em muitos lugares do mundo, mas quando comparamos com os relatos históricos de séculos atrás é impossível não admitir o quanto melhoramos. Hoje não nos falta alimento, o problema reside na distribuição desigual deles (AGUIAR; PADRÃO, 2022).

A humanidade almeja por conforto, bem estar, boa alimentação, saúde e educação e tudo isso tem impacto no meio ambiente. O atual modelo de produção agrícola é um desastre para o planeta. Está claro que a forma como estamos fazendo agricultura não contribui para a diversidade alimentar da humanidade e altera o meio ambiente de forma predatória, deixando terríveis marcas e muitas vezes consequências irreversíveis (SHIVA, 2018). Mas chegamos até aqui e agora é preciso decidir o que fazer daqui para frente. Seguir nesse ritmo e acabar com a biodiversidade do planeta terra em prol do constante crescimento populacional e econômico ou pensar em métodos que nos possibilite alcançar a sustentabilidade?

Em resumo, é preciso produzir alimento para a população humana da forma menos penosa possível e ao mesmo tempo evitar um desastre climático, que ao que tudo indica, está muito próximo (GATES, 2021). Seria ingenuidade pensar em alimentar oito bilhões de seres humanos sem gerar qualquer impacto ao meio ambiente, porém podemos minimizar esses de forma que a natureza mantenha sua resiliência. Pesquisadores, agricultores e outros atores envolvidos com agroecologia alegam que é possível mudar a forma de produção para modelos mais sustentáveis em que a capacidade de produção de alimentos se amplie em termos de diversidade e os impactos no meio ambiente sejam reduzidos (CAPORAL, 2009). Essa é a principal ideia por trás dos Sistemas Agroflorestais (SAF) ou Agroflorestas, simular da melhor forma possível na agricultura, o que acontece na floresta (HENZEL et al., 2021).

A floresta não é um organismo parado, é dinâmico e vai mudando com o passar do tempo. São milhares de anos de evolução aonde espécies vão competindo ou se apoiando dentro do ambiente em que compartilham. Imitar esse processo, usando espécies de interesse para a humanidade não é uma tarefa simples, porque nem sempre a espécie que temos interesse de plantar vai expressar seu melhor desempenho tendo como vizinha outra espécie com a qual não coevoluiu (SOUZA FILHO; ALVES, 2002; SOUZA FILHO, 2006).

Não se pode afirmar que esse modelo de produção é a solução definitiva para todos os nossos problemas, mas é uma alternativa viável que temos ao nosso alcance hoje. Já foi provado que dá certo (CASTRO et al., 2017), porém é preciso entender melhor os processos, organizar as cadeiras produtivas e conscientizar o mercado consumidor. Entretanto, alternativas sustentáveis para manutenção da fertilidade do solo são essenciais e para isso são necessários estudos que contribuam para o conhecimento de insumos alternativos e de baixo custo que possam ser empregados por agricultores familiares (ACHIENG et al., 2010).

Encontrar insumos alternativos tanto para adubação como para o controle de espécies espontâneas e insetos é uma demanda da agricultura de base ecológica (CAMPANHOLA; VALARINI, 2001). A crescente necessidade de herbicidas alternativos impulsiona a busca por compostos naturais que atuem como alelopáticos. Existem evidências de que alguns metabólitos secundários,

além de ajudar a planta produtora a evitar os efeitos de insetos, fungos, herbívoros etc., podem ser úteis como bioherbicidas naturais. Portanto, mesmo efeitos leves e sutis de aleloquímicos agindo como herbicidas podem ser de interesse agroecológico (REIGOSA et al., 2013).

Os estudos de alelopatia se baseiam em dois fatores: i) muitas espécies espontâneas desenvolveram resistência a herbicidas e há alguma esperança de que novos locais de ação, ou novos modos de ação que poderiam aliviar a resistência serão descobertos; ii) há esperança de que, com uma gestão adequada, culturas alelopáticas serão capazes de se proteger de espécies espontâneas e ataque de insetos e fungos (REIGOSA et al., 2013), pois no manejo agrícola, florestal e na horticultura, a ocupação prévia da área pode ter significativa influência sobre os cultivos que estão sendo instalados (FERREIRA; AQUILA, 2000). Esta última abordagem seria muito boa do ponto de vista ecológico e econômico, minimizando a liberação de moléculas sintéticas não degradáveis (DAYAN et al., 2009).

1.1 Justificativa

No ano de 2018, com o objetivo de melhor entender e colaborar com o desenvolvimento de agroflorestas na região Sul do Brasil, foram consultados agricultores e extensionistas envolvidos com sistemas agroflorestais na Serra dos Tapes, sobre demandas em relação a pesquisas com agroflorestas (Figura 1). Foram entrevistadas dez famílias de agricultores agroflorestais residentes na Serra dos Tapes e sete extensionistas rurais da mesma região. Os entrevistados relataram que as principais dúvidas que os aflige em relação às agroflorestas, diz respeito à interação das plantas companheiras e as espécies indicadas para adubação verde. Apontando a necessidade de pesquisas sobre este tema, como uma das principais demandas tanto dos agricultores como dos extensionistas. As entrevistas serviram como base para a produção de dois artigos científicos, um deles intitulado “Vozes Rurais: a racionalidade nos Sistemas Agroflorestais do sul do Brasil”, publicado em 2021 na revista Ideas (HENZEL, et al., 2021) e o outro em fase final de construção. Além disso, esta mesma pesquisa serviu de base

para elaboração deste projeto de mestrado. Muitas ideias e questionamentos surgiram e entre elas uma questão levantada pela maioria dos agrofloresteiros foi sobre quais são as plantas amigas e quais não se desenvolvem bem em companhia uma da outra. Essa foi uma questão levantada em praticamente todas as conversas (HENZEL et al., 2021).

A partir de então, observou-se quais espécies aparecem com mais frequência nas agroflorestas da região e foi constatada a ampla utilização de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (margaridão) para diversos fins, como sombreamento de culturas, biomassa, cortina vegetal e planta adubadora. Porém, na opinião de alguns agricultores o margaridão funciona como excelente cicladora e adubadora já outros reclamam que onde plantam o margaridão, ou quando utilizam seu material vegetal para cobrir e/ou adubar o solo, as culturas não se desenvolvem ou tem seu desenvolvimento retardado.

Posterior a uma ampla revisão bibliográfica verificou-se que existem diversos estudos que também apresentam resultados contraditórios (GARSABALL; NATERA, 2013; MIRANDA et al., 2015; SILVEIRA, et al., 2018; BANZA et al., 2019). Surgindo a indagação do porquê destes resultados divergentes.

Como alguns agricultores têm usado a espécie como adubo verde e relatado a observação de efeito inibidor em algumas culturas, o trabalho objetiva avaliar em escala laboratorial, o efeito alelopático de extratos de *T. diversifolia*.



Figura 1: Entrevista realizada com agricultores agroflorestais da Serra dos Tapes para levantamento de demandas de pesquisas relativas a agroflorestas, Canguçu e Piratini em 2019.

1.2 Objetivo Geral

Diante do exposto o trabalho objetiva avaliar o efeito biológico dos extratos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae), sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* L.(alface) e *Cucumis sativus* L (pepino).

1.3 Objetivos Específicos

i) Avaliar o efeito de diferentes concentrações de extrato aquoso de margaridão (*T. diversifolia*), sobre germinação e desenvolvimento inicial de alface (*L. sativa*);

ii) Avaliar o efeito biológico do extrato aquoso de diferentes partes vegetais de margaridão (*T. diversifolia*) na germinação e no desenvolvimento inicial de sementes de alface (*L. sativa*) e pepino (*C. sativus*).

2 Revisão de Literatura

2.1 Agroecologia

O atual modelo agrícola brasileiro está focado na agricultura de larga escala, com produção a nível industrial, altamente mecanizado, no qual se destaca a monocultura orientada para a exportação com a soja como principal produto de importância econômica para o país. Este modelo agrícola com foco na exportação é a principal fonte de entrada de divisas no país e responsável por uma fatia de 27% do PIB nacional (CEPEA; CNA, 2022; IBGE, 2022). Entretanto, este mesmo modelo afeta negativamente à saúde pública, à integridade ecossistêmica, à qualidade dos alimentos, a manutenção de biodiversidade além de deixar muitos agricultores completamente endividados (ALTIERI, 2010; BRUM; ETGES, 2021).

Aumentar a biodiversidade funcional nas plantações é uma estratégia ecológica chave para trazer sustentabilidade à produção. Enquanto um ecossistema artificial, produto da agricultura convencional, requer intervenção humana constante, como adubação e controle de espécies espontâneas, os agroecossistemas que reproduzem sistemas naturais, tendem a regular a biodiversidade vegetal através de fluxos de energia e nutrientes. Nas lavouras convencionais, constantemente manejadas, essa forma de controle é progressivamente perdida sob a intensificação agrícola. Portanto, os sistemas agrícolas modernos, embora produtivos, são altamente dependente de entradas (ALTIERI, 1999).

Como alternativa a este modelo convencional, a agricultura de base ecológica tem se apresentado como uma opção para a agricultura familiar, uma

vez que além de ofertar alimentos saudáveis para a população, contribui com a conservação ambiental, a segurança e a soberania alimentar das famílias agricultoras.

O termo agroecologia é bastante amplo. Inicialmente agroecologia se restringia a aspectos de produção e proteção de cultivos, atualmente envolve temas de cunho ambiental, social, econômico, ético e de desenvolvimento. O termo que surgiu na década de 1930 se referia apenas a uma disciplina puramente científica. A partir da década de 1960, seguindo movimentos ambientalistas, evoluiu e fomentou os movimentos agroecológicos da década de 1990 (WEZEL et al., 2009).

No que diz respeito a prática agrícola, a agroecologia busca a aplicação de conceitos e princípios ecológicos ao desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis (ALTIERI, 1999). Baseia-se em melhorar a qualidade do solo para produzir plantas fortes e saudáveis, reduzindo ao mesmo tempo as plantas espontâneas, insetos, doenças e nematoides, ao promover organismos benéficos via diversificação do agroecossistema (GLIESSMAN et al., 1998).

A estratégia principal em agroecologia é explorar as complementaridades e sinergias que resultam várias combinações de culturas, árvores e animais em arranjos espaciais e temporais, como policulturas, sistemas agroflorestais e sistema lavoura-pecuária (ALTIERI, 1999).

Durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável em setembro de 2015, foi criada uma agenda com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030, entre eles, estão previstas ações mundiais nas áreas segurança alimentar, agricultura, água e padrões sustentáveis de produção, um compromisso assumido por lideranças mundiais com o desenvolvimento sustentável e conservação dos recursos naturais (FAO, 2015). Entre as ferramentas para alcançar objetivos como inclusão social; redução da fome e da pobreza; igualdade de gênero; acesso à energia limpa; proteção da vida na terra e sequestro de carbono a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) reconhece os Sistemas Agroflorestais (SAF) como alternativa viável e promissora (FAO, ICRAF, 2019).

2.2 Agroflorestas

Sistemas agroflorestais são uma alternativa para o agricultor minimizar os impactos causados pela produção agrícola ao meio ambiente, pois são sistemas de agricultura diversificados nos quais o agricultor em pequena escala produz grãos, frutas, verduras, proteína animal no mesmo espaço (MICCOLIS et al., 2019). A produção total de uma agroflorestal é maior do que as monoculturas como a soja e o milho cultivado em grande escala. Além disso, em agroecossistemas de cultivos complexos e diversificados, os cultivos atingem níveis de produtividade aceitáveis até em condições ambientalmente estressantes, pois são menos vulneráveis a catástrofes, já que é cultivada uma ampla variedade de plantas em diferentes disposições espaciais e temporais (ALTIERI, 2010).

Sistemas agrícolas tradicionais, como os desenvolvidos por povos indígenas nas Américas, hoje servem como diretrizes importantes para eficiência no uso da água, controle de doenças e conservação do solo. Plantio através de consórcio de espécies; agroflorestal; cultivo itinerante e outros métodos agrícolas tradicionais imitam processos ecológicos naturais e buscam alcançar a mesma sustentabilidade, fazendo uso eficaz da luz solar, dos nutrientes do solo, chuva e recursos biológicos (ALTIERI, 1999).

Para o sucesso na produção agroflorestal, as espécies cultivadas devem ser plantadas em consórcio com outras espécies semelhantes àquelas com as quais normalmente ocorreriam na natureza. Respeitando o processo de sucessão natural de espécies, no qual os consórcios de plantas se sucedem em um processo dinâmico e contínuo. Sendo que os locais destruídos, empobrecidos ou lixiviados são colonizados por espécies pioneiras; que posteriormente serão sucedidas por espécies florestais secundárias que, por sua vez, darão lugar a espécies florestais primárias (GOETSCH, 1995).

Entretanto, um dos gargalos relativos ao desenvolvimento das agroflorestas está no pouco conhecimento que ainda se tem sobre a interação entre as espécies vegetais, uma vez que a ciência ainda não tem como afirmar quais espécies podem ser cultivadas no mesmo ambiente e quais não. O cultivo

de diversas espécies no mesmo agroecossistema pode trazer a vantagem de propiciar um ambiente ecologicamente mais equilibrado, porém as plantas além da competir por recursos podem produzir e adicionar ao meio aleloquímicos nocivos a outras plantas interferindo na comunidade vegetal. Este resultado é potencializado quando são introduzidas em um mesmo ambiente, espécies que não coevoluíram (SOUZA FILHO; ALVES, 2002; SOUZA FILHO, 2006).

Altieri (1999) destaca a importância da biodiversidade nos agroecossistemas, não apenas fazendo referência aos componentes distintos da biodiversidade associada às culturas e pecuária, propositadamente introduzida nos agroecossistemas, pelos agricultores, mas também a biodiversidade de flora, fauna, fungos e bactérias do solo, que colonizam o ambiente. Salientando que, é fundamental identificar o tipo de biodiversidade que se deseja manter e/ou melhorar a fim de realizar serviços ecológicos, para posteriormente, determinar as melhores práticas de manejo.

A história nos diz que produzir em meio à floresta não é uma novidade, diversos povos autóctones cultivavam seus alimentos assim. E até hoje tribos indígenas o fazem (VIVAN, 1998). Entretanto, esse modo de produção foi praticamente esquecido e substituído com a adoção do modelo europeu de agricultura e com o desenvolvimento da tecnologia a agricultura cada dia mais se distanciou desse modelo tradicional. Porém, alguns perceberam que tanta sofisticação, tanta autonomia, maquinários e insumos artificiais acabam por esgotar toda vida do solo, pois como diz nossa saudosa Ana Primavesi, o solo é um organismo vivo (PRIMAVESI, 2016).

No Brasil, um importante disseminador do modelo agroflorestal, é sem dúvida Ernest Götsch. Embora saibamos que diversos povos ainda cultivam seus alimentos dessa forma, foi o Ernest que chamou a atenção para o modelo, foi ele que mostrou para os brasileiros e para o mundo, através da prática e da divulgação tanto científica como midiática, que é possível produzir de outra forma, mais natural, sem agredir tanto o meio. Recuperar terras degradadas e solos inférteis, trazendo diversidade de vida (GÖTSCH, 1995). A partir daí muitos tem se dedicado ao desenvolvimento e ao estudo de sistemas agroflorestais. Muita coisa vem sendo feita nas últimas décadas, mas os SAF ainda são vistos com

certa desconfiança pelos agricultores e pelo público em geral (HENZEL et al, 2021).

Seguindo os preceitos do modelo convencional agrícola, é preciso colocar cada espécie de planta em seu canteiro, separada das demais, um pomar de laranjas, é só de laranjas, um quintal de pêssegos é apenas de pêssegos e em uma lavoura de soja entra apenas a soja, sem misturar, porque não dá certo. Porém, basta analisar a vida em seu modo natural, nas florestas e campos, não existe um quadradinho limitando a colonização de determinada planta de um lado e outra em outro canto, todas elas desenvolvem-se juntas, seguindo a dinâmica natural da vida. Uma servindo de apoio a outra. Ainda não sabemos exatamente como, mas sabemos que deu certo durante milhares e milhares de anos, porque agora achamos que devemos mudar isso e colocar tudo em “caixinhas”?

Altieri (1999) destaca que os países mais pobres, a agricultura tradicional, promove maior diversidade agrícola do que países ricos, que utilizam tecnológicas modernas a alto grau de especialização. De acordo com o autor, uma característica marcante dos sistemas agrícolas tradicionais é o seu grau de diversidade de plantas na forma de policulturas e/ou agroflorestas. Essa riqueza de espécies, em todos os componentes bióticos dos agroecossistemas tradicionais, é comparável com os ambientes naturais, como campos e florestas. Por isso, capaz de promover a diversidade de dieta e renda para os agricultores; estabilidade da produção; minimização de riscos; redução da incidência de insetos e doenças; uso eficiente de trabalho; intensificação da produção e maximização de retornos, com baixos níveis de tecnologia.

Entretanto é preciso considerar que o agricultor moderno não quer mais dedicar seu tempo e esforço carpindo manualmente ou lavrando com tração animal. Os agricultores querem, assim como toda humanidade, maior conforto e processos de trabalho menos penosos. Como exigir que o agricultor agroecológico e agroflorestal, que na imensa maioria integram a agricultura familiar, amplie a produção para atender uma fatia maior de consumidores, se a indústria não oferece a ele equipamentos adequados para a produção agroecológica? Manejar agroflorestas demanda muita mão de obra, pois exigem manejos dos mais variados tipos, devido a variedade de plantas. Enquanto a agricultura convencional entra na era da tecnologia, com drones e equipamentos

autônomos, espera-se que o agrofloreteiro suba nas árvores para serrar galhos? Cortar, podar, limpar e colher da forma como era realizado a centenas de anos atrás? (GUARINO et al., 2020).

Neste sentido, a agricultura convencional acaba seduzindo os agricultores, por ofertar soluções práticas para as demandas do campo. Acabar com a vegetação espontânea usando um herbicida ao invés de capina manual é um ganho para o agricultor em termos de tempo e esforço físico. Isso é tentador, quem vai preferir dedicar dias à capina, para retirada de plantas invasoras, quando se pode simplesmente passar um herbicida. Portanto é preciso encontrar soluções que resultem nessas mesmas facilidades para os agricultores, porém de forma que não agrida o meio ambiente como o maquinário pesado e os insumos químicos fazem.

2.3 Alelopatia

Nem todas as plantas convivem pacificamente e entre elas muitas vezes há uma guerra violenta, uma guerra química sem trégua (PRIMAVESI, 2001). Alelopatia é a interação de uma planta com outra planta vizinha através da liberação de metabólitos secundários definidos como aleloquímicos (RICE, 1984). A influência desses metabólitos, liberados no ambiente, interferem no desenvolvimento de outras plantas vizinhas (FERREIRA, 2004). Os aleloquímicos presentes nas plantas são liberados para o ambiente através de lixiviados da chuva, decomposição de resíduos vegetais, exsudação de raízes e volatilização de partes vivas de plantas (BAIS et al., 2006, BONANOMI, et al., 2006). As três principais categorias de aleloquímicos são terpenos, compostos fenólicos e alcalóides (REIGOSA et al., 2013).

As espécies consideradas alelopáticas provocam alterações nas comunidades por meio da liberação de aleloquímicos nocivos às outras plantas, porém dentro de uma comunidade a mesma substância pode afetar positivamente uma espécie e negativamente outra (JUKOSKI et al., 2011). Os compostos responsáveis pela alelopatia podem estar presentes especificamente em uma parte vegetal ou todas as partes da planta, porém a sua distribuição nem sempre

é uniforme ou permanece durante toda vida do vegetal (SOUZA FILHO; ALVES, 2002).

Reigosa et al. (2013), chamam atenção para a confusão existente entre os termos alelopatia e competição, que podem ocasionalmente ser considerados complementares ou colaborativos, porém são interações diferentes. A competição ocorre quando um organismo remove elementos do ambiente, como água, luz ou minerais, e esta ação de alguma forma afeta o crescimento das espécies vizinhas que compartilham o mesmo habitat. Enquanto a alelopatia envolve a produção e liberação de substâncias no ambiente por um organismo, o que afeta o crescimento de outros organismos próximos.

Os mesmos autores ainda ressaltam os frequentes equívocos no uso dos termos estudos alelopáticos e estudos de fitotoxicidade, que diferem nos procedimentos empregados na extração dos compostos ativos. Em estudos de alelopatia são utilizadas substâncias químicas extraídas do tecido vegetal por métodos naturais como lixiviação, exsudação e liberação através da deterioração da matéria vegetal ou com aleloquímicos extraídos em condições de laboratório através da extração aquosa de tecidos vegetais que foram triturados ou decompostos. Já um estudo de fitotoxicidade é aquele realizado com substâncias extraídas do tecido vegetal por meio de procedimentos físico-químicos não naturais, com uso de solventes e tecnologias para extração de compostos bioativos (REIGOSA et al., 2013).

Os aleloquímicos produzidos naturalmente pelas plantas têm sido usados como alternativa ao uso de herbicidas, inseticidas e nematicidas (FERREIRA; AQUILA, 2000), portanto, o conhecimento sobre os efeitos que provocam nas comunidades de plantas, potencializa a utilização dessas substâncias no controle de plantas espontâneas em agroecossistemas, possibilitando a redução do uso de agroquímicos, tornando os sistemas mais sustentáveis (LIMA et al., 2018).

Ao estudar alelopatia de plantas é importante usar nos testes espécies que coabitam, pois nas pesquisas realizadas no Brasil foi registrado que há pouca ou nenhuma correspondência entre os estudos de laboratório e de campo no que diz respeito às interações entre espécies de plantas (REIGOSA et al., 2013). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae), tem sido introduzida em sistemas agroflorestais, principalmente nos primeiros anos, quando ainda é possível

cultivar hortaliças como a alface, portanto, conhecer seu efeito biológico sobre as demais espécies é de fundamental importância para o sucesso no desenvolvimento das agroflorestas.

2.4 *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Asteraceae)

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae), popularmente conhecida como margaridão ou girassol mexicano (Figura 2), é uma planta originária do México e América Central, considerada como espécie invasora em diversos países da Ásia (DAI et al., 2020), África (WITT et al., 2019) e Américas (KRITICOS; KRITICOS, 2021). É uma espécie de rápido crescimento, alto potencial alelopático além de destacar-se pela capacidade de extrair metais pesados do solo (AYESA et al., 2018), tolerar baixa fertilidade, acidez e baixos teores de fósforo (SANTOS et al., 2021). É reconhecida como fonte alternativa de forragem devido ao alto valor nutricional (JAMA et al., 2000; REIS et al., 2018). Além disso, devido a uma composição variada de metabólitos secundários, tem se destacado por suas propriedades farmacológicas (ZHAO et al., 2020), tais como anti-inflamatória (OWOYELE et al., 2004; CHAGAS-PAULA et al., 2011), antibacteriana (OBAFEMI et al., 2006; LIASU et al., 2008), antimalárica (OYEWOLE et al., 2008), citotóxica (KURODA et al., 2007), gastroprotetora (SÁNCHEZ-MENDOZA et al., 2011), anti-hiperglicêmica (ZHAO et al., 2012; LI, 2013; THONGSOM et al., 2013), antioxidante (THONGSOM et al., 2013) antitumoral e quimiopreventiva (GU et al., 2002), . Entretanto, um estudo realizado no Brasil demonstra que se utilizada de forma contínua e por longo período de tempo os extratos preparados de *T. diversifolia* afetam os rins e o fígado de seres humanos (PASSONI et al., 2013).



Figura 2: Plantas de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae).

Na agricultura o seu uso vem sendo amplamente difundido como alternativa de adubação em diferentes agroecossistemas, pois a planta disponibiliza muita biomassa, chegando a 30 toneladas de massa seca por hectare (GUATUSMAL-GELPUD et al., 2020). Há evidências de que a espécie disponibiliza nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P) para o solo, sendo indicada regularmente como planta de cobertura e adubo orgânico para agroflorestas (SILVEIRA, et al., 2018; BANZA et al., 2019; ENDRIS, 2019). A biomassa verde do margaridão, quando comparada com a biomassa verde de outros arbustos e árvores, é superior em riqueza de nutrientes, com concentrações de N comparáveis às encontradas em arbustos e árvores leguminosas fixadoras de N, além de concentrações de P e K mais altas do que as normalmente encontradas em arbustos e árvores (JAMA et al., 2000). A biomassa de *T. diversifolia* também é rica em outros nutrientes além dos já mencionados, pois já foram relatados 1,8% cálcio (Ca) e 0,4% magnésio (Mg) para biomassa verde da planta (JAMA et al., 2000).

Estudos indicam que a concentração de nutrientes em *T. diversifolia* pode ser influenciada por parte da planta, idade, posição da folha no dossel, fertilidade do solo e localização geográfica (JAMA et al., 2000; VIVAS-ARTURO et al.,

2022). A concentração de nutrientes tende a ser menor em ramos secos do que as folhas verdes, assim como as concentrações de nutrientes na serapilheira são relativamente baixas em comparação com as folhas frescas da planta (JAMA et al., 2000). Esta evidencia talvez esteja relacionada com o aumento do teor de polifenóis e a redução da liberação de nutrientes após a secagem da biomassa vegetal que resulta em benefícios de fertilidade do solo maiores para biomassa verde do que para biomassa seca (MAFONGOYA 1997; OTUMA et al., 1998; JAMA et al., 2000).

Paralelamente, outros estudos comprovam seu poder alelopático diante de algumas espécies, inibindo a germinação e/ou retardando o desenvolvimento radicular e aéreo de plantas (GARSABALL; NATERA, 2013; MIRANDA et al., 2015).

Os diferentes resultados ou percepções podem estar relacionados a diversos fatores, como a forma de uso da espécie como adubo (verde ou compostado), a parte componente da planta utilizada (folhas, hastes, raízes ou flores) (OLUWAFEMI, 2013) ou ainda, oscilações ambientais que *T. diversifolia* tenha enfrentado durante seu desenvolvimento (temperatura, variações hídricas, qualidade do solo, luminosidade, tamanho da planta, sazonalidade) (TONGMA et al., 2001; SAMPAIO et al., 2016).

A partir do relato de agricultores agroflorestais que fazem uso da espécie em seus agroecossistemas na Encosta e Serra dos Tapes no Rio Grande do Sul, também foram observadas diferentes avaliações a respeito da planta. Para alguns é um excelente adubo enquanto para outros é um inibidor de crescimento de espécies cultivadas. Entretanto, nota-se uma lacuna no conhecimento sobre a espécie, não descartando a hipótese de que uma informação incorreta ou imprecisa pode estar sendo disseminada entre atores envolvidos com agroecologia, podendo acarretar prejuízos para a agricultura familiar (WITT et al., 2019).

2.4.1 Caracterização Botânica da *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Asteraceae)

Divisão: Sphermatophyta, Classe: Dicotiledoneae, Subclasse: Metaclamídeas, Ordem: Campanuladas, Família: Asteraceae, Gênero: *Tithonia* e Espécie: *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray.

Nome comum: margaridão, botão de ouro, girassol silvestre, girassol mexicano, raio de sol, mirasol, arnica da terra e quil amargo.

Descrição botânica: espécie arbustiva densamente ramificada desde a base (Figura 3B), atinge de 2 m a 4 m de altura. Apresenta ramos herbáceos ou sublenhosos, longos e eretos, com folhas simples, alternas, pecioladas, com até 20 cm de comprimento por 20 cm de largura, lobadas e com margens denteadas (Figura 3A). As inflorescências são na fórmula de capítulo de cor amarela, de aproximadamente 10 cm de diâmetro (Figura 3C). Os frutos são do tipo aquênio (MOLINA et al., 2021).

A polinização é feita por insetos e a dispersão das sementes é autocórica e anemocórica, sendo que no Rio Grande do Sul, a floração e frutificação ocorrem durante o verão e outono. A propagação se dá por estaquia ou através de sementes, sendo que sementes apresentam dormência tegumentar e geralmente baixa viabilidade (GONZÁLEZ-CASTILLO et al., 2014), enquanto a reprodução por estaquia é fácil e pode ser feita diretamente no campo (MOLINA et al., 2021).

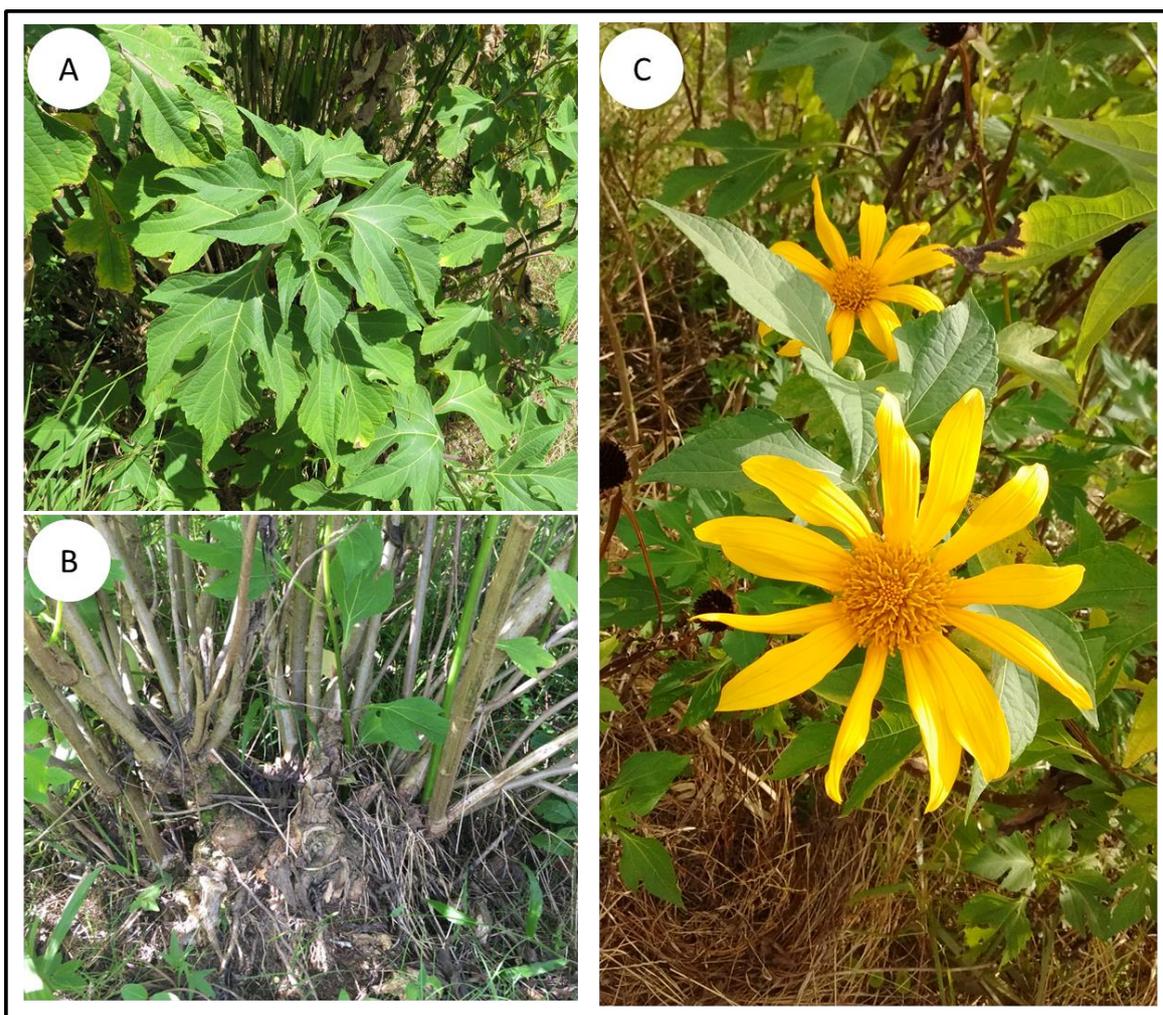


Figura 3: Detalhes de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Asteraceae). A – Folhas. B – Raízes e ramos. C – Inflorescência.

2.4.2 Estudos com *Tithonia diversifolia* realizados no Brasil

Em um estudo para avaliar a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes, Silveira et al. (2018) concluíram que *T. diversifolia* tem potencial como adubo verde, planta de cobertura e/ou cicladora de nutrientes .

Já a fim de explicar o comportamento invasivo de *T. diversifolia* e identificar compostos que podem ser usados como herbicidas naturais, Miranda et al. (2015) isola e purifica metabólitos secundários com atividade fitotóxica presentes em extratos de *T. diversifolia*, concluindo que extratos de acetato de etila das folhas, caules e raízes mostraram inibição significativa do crescimento do coleóptilo de

trigo, e o extrato de folhas teve efeitos inibitórios semelhantes ao de um herbicida comercial. E ao avaliar o potencial alelopático do extrato e frações purificadas de *T. diversifolia* na germinação de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) Stapf. (Poaceae) e *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) foi observado que houve inibição na germinação, no desenvolvimento radicular e no volume de matéria seca das plantas receptoras, efeito atribuído a ação do ácido clorogênico isolado (OLIVEIRA et al., 2011).

É interessante ressaltar como às mudanças nas condições ambientais circundantes alteram as variações no metabolismo de *T. diversifolia*, pois mudanças dos fatores ambientais abióticos do local onde a planta é encontrada alteram metabolismos primários, mas principalmente os secundários, além de que as respectivas partes da planta são afetadas de maneira diferente pelo ambiente (SAMPAIO et al., 2016).

2.4.3 Estudos com *Tithonia diversifolia* realizados em outros países

No Quênia um estudo investigou a influência da utilização de biomassa de *T. diversifolia* para na produção de milho que resultou em uma produção similar, em termos de rendimento, àqueles aplicados exclusivamente com N, P, e NPK. Com base nisso, os autores sugerem o uso da espécie como fonte alternativa de adubo, visando aumentar a produção de milho (ACHIENG, et al., 2010). Resultados semelhantes foram encontrados por Mwangi; Mathenge (2014) que recomendam que o governo reserve terras adequadas para a produção *T. diversifolia* para fins de complementação de fertilizantes inorgânicos e que haja maior sensibilização e incentivo sobre o uso da espécie entre os agricultores a fim de diminuir os altos custos que os agricultores têm com os fertilizantes.

Na Nigéria, um estudo realizado para investigar o potencial de *T. diversifolia* na melhoria da fertilidade do solo conclui que através da incorporação da biomassa verde a espécie é capaz de aumentar a fertilidade do solo atuando na recuperação de solos degradados (ADEMILUYI; OMOTOSO, 2007). Foi verificado que os efeitos combinados de fertilizante de nitrogênio (ureia) com a cobertura morta de *T. diversifolia* aumentam significativamente o nitrogênio, a

matéria orgânica, a porosidade total, o teor de umidade, a capacidade de troca de cátions e a taxa de infiltração do solo resultando no aumento da produtividade do milho e na qualidade das propriedades físico-químicas do solo (DAYO-OLAGBENDE et al., 2019). Além disso, a suplementação do solo com a cobertura morta de *T. diversifolia* promoveu o crescimento e o desenvolvimento de plantas de quiabo em vasos, melhor do que a suplementação com fertilizante químico, além de que os frutos de quiabo apresentaram melhor qualidade de mesa do que os de plantas assistidas por fertilizantes químicos (LIASU et al., 2008; OLOWOKERE; ODULATE, 2019). Ainda na Nigéria estudos com extratos aquosos de *T. diversifolia* inibiram porcentagem de germinação, plumulação e crescimento radical de mudas de milho (CHUKWUKA et al., 2014) e foram fitotóxicos para a germinação e crescimento de *Sorghum bicolor* (L.) Moench. (OTUSANYA; ILORI, 2012). Enquanto na Indonésia uso do extrato não afetou em nada os parâmetros de produção de milho (FAHRURROZI, 2019).

No Congo, foi plantado milho entre linhas de margaridão e as plantas de milho mostraram baixo crescimento em comparação com aquelas fora dos corredores de sebes. Portanto os resultados obtidos mostram que o cultivo em alameda de *T. diversifolia* tem um efeito depressivo na produção de milho. Porém, quando a planta de *T. diversifolia* é podada e utilizada como cobertura morta o resultado é outro e a produção do milho é melhorada (BANZA et al., 2019). Neste mesmo país um estudo mostrou que o uso de biomassa verde de *T. diversifolia* resultou na melhoria da fertilidade do solo com aumento significativo na produtividade da soja (KASONGO et al., 2013).

Em Gana a adubação verde de *T. diversifolia* é fortemente recomendada para produção de hortaliças (PARTEY et al., 2011) e em Camarões o uso da biomassa verde de *T. diversifolia* combinada com adubo químico (NPK) aumentou em 45% a produção em lavouras de mandioca quando comparado com o tratamento que não utilizou insumos, além de ter sido superior ao tratamento que utilizou apenas o NPK (BILONG et al., 2017).

Vários autores (ADEMILUYI; OMOTOSO, 2007; ACHIENG et al., 2010; BANZA et al., 2019 e ENDRIS 2019), avaliaram o uso de *T. diversifolia* como espécie adubadora em cultivos de milho (*Zea mays*) no continente Africano. A aplicação combinada de fertilizante de fósforo com biomassa de *Tithonia*

melhorou o rendimento de grãos e a eficiência agrônômica do uso de fósforo em milho híbrido na Etiópia (ENDRIS, 2019).

Em Cuba com o objetivo de avaliar o potencial alelopático do margaridão por meio de testes de germinação e emergência de plântulas de *Lactuca sativa* conclui-se que a espécie não possui capacidade alelopática (RODRÍGUEZ-CALA; GONZÁLEZ-OLIVA, 2017). Em contrapartida, Garsaball; Natera (2013) em estudo realizado na Venezuela, concluíram que o extrato de *T. diversifolia* apresenta influência alelopática na germinação de sementes e crescimento de plântulas de *L. sativa*, diminuindo à medida que a concentração do extrato aumenta.

Extrato aquoso de margaridão pode ser usado como fonte alternativa de fertilizante foliar orgânico para aumentar o rendimento de vegetais folhosos nas Filipinas (DELA PENA et al., 2013). Já no Japão, experimentos de laboratório foram realizados para investigar a atividade da espécie e verificaram que houve diminuição no crescimento da parte aérea e das raízes de rabanete, arroz, sorgo, capim-colchão e amaranto quando cultivadas em solo previamente plantado com margaridão. Além disso, o extrato aquoso das folhas de *T. diversifolia* quando aplicado ao solo também reduziu o crescimento da parte aérea e das raízes de todas as espécies testadas (TONGMA et al., 1998).

No Sri Lanka, *T. diversifolia* foi utilizada como adubo verde em plantações de coco e mostrou alta capacidade fertilizante e potencial para melhorar, a longo prazo, não apenas as propriedades do solo, mas também os níveis de nutrientes nos órgãos dos coqueiros. O adubo contribui para melhorar a disponibilidade de N, P e K assim como no aumento da matéria orgânica e da atividade microbiana no solo além de ajudar a eliminar algumas das espécies nocivas de ervas daninhas e por isso os autores Senarathne et al. (2019) recomendam seu cultivo nas plantações de coco.

Já na Costa Rica, foram avaliadas as mudanças nas características químicas do solo e na produção e acúmulo de nutrientes e características de feijão em resposta à adição ou remoção de biomassa de corte e cobertura de *T. diversifolia* em solo com baixa disponibilidade de P. Os resultados mostraram que a biomassa de *T. diversifolia* influenciou positivamente as características da parte aérea e das raízes do feijoeiro, sugerindo que a adição de cobertura morta pode

ter adicionado quantidades relativamente grandes de P e K ao solo e estimulado a absorção desses nutrientes (MUSTONEN et al., 2014).

Em busca de melhoria da oferta de forragem, otimização dos sistemas de alimentação e garantia da qualidade e segurança do leite na Colômbia, Guatusmal-Gelpud et al. (2020) revelaram o potencial nutricional e ambiental de *T. diversifolia* recomendando seu uso como espécie forrageira para alimentação de bovinos.

Diante das informações apresentadas, torna-se evidente o interesse pela espécie nos mais diversos países do mundo. Os estudos são variados e avaliam desde o comportamento invasivo de *T. diversifolia* até a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes. Além, de várias pesquisas sobre alelopatia.

Projeto de Pesquisa (NBR 15287)
(Modelo sugerido pelo PPGSPAF/UFPel)
(Apresentado em 07 de julho de 2021)

3 Projeto de Dissertação/Tese

UNIDADE: Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - FAEM	DEPARTAMENTO: Fitotecnia				
PROGRAMA: Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar					
LINHA DE PESQUISA: Agricultura e Ambiente					
TÍTULO DO PROJETO: Avaliação de extratos de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray sobre a germinação e desenvolvimento inicial de espécies vegetais de interesse agroflorestal.					
PRazos DE EXECUÇÃO: Início: 03/2020 Término: 02/2022					
EQUIPE TÉCNICA: ALUNO(A): Ana Beatriz Devantier Henzel ORIENTADOR(A): Ernestino Gomes Guarino CO-ORIENTADOR(A): CO-ORIENTADOR(A):					
OBJETIVOS: Geral Avaliar o efeito de diferentes concentrações do extrato e de diferentes partes vegetais de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray sobre a germinação e desenvolvimento inicial de espécies vegetais de interesse agroflorestal. Específicos <ul style="list-style-type: none"> • Avaliar o efeito de diferentes concentrações de extrato aquoso de <i>Tithonia diversifolia</i>, sobre germinação e desenvolvimento inicial de espécies vegetais; • Avaliar o efeito biológico do extrato aquoso de diferentes partes vegetais de <i>Tithonia diversifolia</i> na germinação e desenvolvimento inicial de sementes de espécies arbóreas e de espécies de interesse agrícola; • Verificar o efeito alelopático de extratos de <i>T. diversifolia</i> sobre espécies espontâneas de ocorrência em sistemas agroflorestas no Sul do Brasil. 					
RECURSOS FINANCEIROS NECESSÁRIOS (R\$)					
Discriminação do item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	1º ano	2º ano
Material de laboratório e escritório*	1	600,00	600,00	x	x
Sementes	20	5,00	100,00	x	x
Gerbox*	72	20,00	1.440,00	x	x
Papel mata borrão*	1	54,00	54,00	x	x
BOD*	1	5.300,00	5.300,00	x	x
Estufa*	1	2.500,00	2.500,00		
Peagâmetro*	1	260,00	260,00	x	x
Passagens e diárias	1	2000,00	2.000,00		x
Publicação em periódico	2	1000,00	2.000,00		x
Confecção de banner	2	70,00	140,00		x
Total		11.809,00	14.394,00		

* Materiais já disponíveis

ASSINATURAS		DATA
ALUNO(A):	<u>Ama Beatriz D. Henzel</u>	<u>22/09/2020</u>
ORIENTADOR(A):	<u>[Assinatura]</u>	<u>22/09/2020</u>
CO-ORIENTADOR(A):	_____	____/____/____
COORDENADOR DO PROGRAMA:	_____	____/____/____

Vide verso →

ATENÇÃO: Cadastre o seu projeto, com o nome do orientador, no endereço:
<http://proppg.ufpel.edu.br/projetos/>

Na formulação do **PROJETO DE TESE/DISSERTAÇÃO** deverão ser anexadas a presente página de rosto as seguintes informações:

3.1 Antecedentes e justificativa

A agricultura de base ecológica tem se apresentado como uma excelente alternativa para a agricultura familiar, uma vez que além de ofertar alimentos saudáveis para a população, contribui com a conservação ambiental. Entretanto, alternativas sustentáveis para manutenção da fertilidade do solo são essenciais para o desenvolvimento da Agroecologia, e para isso são necessários estudos que contribuam para o conhecimento de insumos alternativos e de baixo custo que possam ser empregados por agricultores familiares (ACHIENG et al., 2010).

Sistemas agroflorestais se apresentam como uma alternativa para o agricultor minimizar os impactos causados pela produção agrícola ao meio ambiente. Entretanto, um dos gargalos relativos a esse modelo de agricultura está no pouco conhecimento que ainda se tem sobre a interação entre as espécies vegetais, uma vez que a ciência ainda não tem como afirmar quais plantas devem ser cultivadas no mesmo ambiente e quais não devem. O cultivo de diversas espécies no mesmo agroecossistema pode trazer a vantagem de propiciar um ambiente ecologicamente mais equilibrado, porém as plantas além de competir por recursos, podem produzir e adicionar ao meio, aleloquímicos nocivos a outra planta que interferindo na comunidade vegetal. Este resultado é potencializado quando são introduzidas em um mesmo ambiente, espécies que não coevoluíram (SOUZA FILHO; ALVES, 2002; SOUZA FILHO, 2006).

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae), popularmente conhecida como margaridão ou girassol mexicano, é uma planta originária da América Central, e considerada como espécie invasora em diversos países da Ásia, África e América do Sul (JAMA et al., 2000). No Brasil seu uso vem sendo amplamente difundido como alternativa para produção de biomassa em diferentes agroecossistemas. Há evidências de que a espécie disponibiliza nitrogênio, potássio e fósforo para o solo, sendo indicada regularmente como planta de cobertura e adubo orgânico para agroflorestas (SILVEIRA, et al., 2018; BANZA et al., 2019; ENDRIS, 2019). Paralelamente, outros estudos comprovam seu poder alelopático diante de algumas espécies, inibindo a germinação e/ou retardando o desenvolvimento radicular e aéreo de plantas (GARSABALL; NATERA, 2013; MIRANDA et al., 2015).

Os diferentes resultados ou percepções podem estar relacionados a diversos fatores, como a forma de uso da espécie como adubo (verde ou compostado), a parte componente da planta utilizada (folhas, hastes, raízes ou flores) (OLUWAFEMI, 2013) ou ainda, oscilações ambientais que *T. diversifolia* tenha enfrentado durante seu desenvolvimento (temperatura, variações hídricas, qualidade do solo, luminosidade, tamanho da planta, sazonalidade) (TONGMA et al., 2001; SAMPAIO et al., 2016).

Espécies alelopáticas provocam alterações nas comunidades por meio da liberação de aleloquímicos nocivos às outras plantas. Embora estes compostos possam estar presentes em todas as partes do vegetal, a sua distribuição nem sempre é uniforme ou está presente durante toda vida da planta (SOUZA FILHO; ALVES, 2002). Além disso, dentro de uma comunidade a mesma substância pode afetar positivamente uma espécie e negativamente outra (JUKOSKI et al., 2011). O conhecimento sobre os efeitos dos aleloquímicos nas comunidades de plantas, potencializa a utilização dessas substâncias no controle de plantas espontâneas em agroecossistemas, possibilitando a redução do uso de agroquímicos, tornando os sistemas mais sustentáveis (LIMA et al, 2018).

Para alguns, *T. diversifolia* atua como um excelente adubo (GARSABALL; NATERA, 2013; MIRANDA et al., 2015), enquanto para outros é um inibidor de crescimento de espécies cultivadas (SILVEIRA, et al., 2018; BANZA et al., 2019; ENDRIS, 2019). O mesmo é evidenciado a partir do relato de agricultores agroflorestais, que fazem uso da espécie em seus agroecossistemas, na Encosta e Serra dos Tapes no Rio Grande do Sul, que também apresentam diferentes avaliações a respeito da planta. Entretanto, nota-se uma lacuna no conhecimento sobre a espécie, não descartando a hipótese de que uma informação incorreta ou imprecisa pode estar sendo disseminada entre atores envolvidos com agroecologia, podendo acarretar prejuízos para a agricultura familiar (WITT et al., 2019).

Como alguns agricultores têm usado a espécie como adubo verde e relatado a observação de efeito inibidor em algumas culturas, o trabalho objetiva avaliar em escala laboratorial, o efeito alelopático de extratos de *T. diversifolia* sobre a germinação e crescimento de plantas espontâneas e espécies de interesse agrícola frequentemente cultivadas em Sistemas Agroflorestais, no Sul

do Brasil. Assim sendo, o objetivo geral será avaliar o efeito de diferentes concentrações do extrato e de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray sobre a germinação e desenvolvimento inicial de espécies vegetais de interesse agroflorestal. E de forma mais específica: avaliar o efeito de diferentes concentrações de extrato aquoso de *Tithonia diversifolia*, sobre germinação e desenvolvimento inicial de espécies vegetais; avaliar o efeito biológico do extrato aquoso de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* na germinação e desenvolvimento inicial de sementes de espécies arbóreas e de espécies de interesse agrícola e verificar o efeito alelopático de extratos de *T. diversifolia* sobre espécies espontâneas de ocorrência em sistemas agroflorestas no Sul do Brasil.

3.2 Material e métodos

Para a execução do projeto serão realizados três experimentos que, para fins didáticos, estão descritos separadamente a seguir:

3.3 Experimento 1

No primeiro experimento, objetiva-se avaliar o efeito biológico de diferentes concentrações de extratos de *T. diversifolia* sobre germinação e crescimento de uma espécie indicadora, *Lactuca sativa* L. Para isso será coletado, na Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, material vegetal de *T. diversifolia*. Para o primeiro experimento as plantas serão coletadas no mês outubro, no estágio de desenvolvimento vegetativo, no período da tarde. As plantas são provenientes de uma plantação com aproximadamente 10 anos, cultivadas com a finalidade de produzir material para pesquisas. As plantas serão arrancadas inteiras (parte aérea e raiz) e picadas em pedaços de 15 cm, secas em estufa com circulação de ar à 40°C até alcançar peso constante, posteriormente serão trituradas com auxílio de liquidificador industrial (RIBEIRO et al., 2019).

Os extratos aquosos serão produzidos nas concentrações de 5% (50 g de material vegetal em 1 L de água), 10% (100 g de material vegetal em 1 L de água), 15% (150 g de material vegetal em 1 L de água) e 20% (200 g de material vegetal em 1 L de água), em base seca (massa:volume), usando a água destilada como testemunha. Os extratos obtidos por infusão (BRASIL, 2009) serão armazenados em frascos de 2L, por 24 horas em temperatura ambiente (TAKIM et al., 2017). Para a filtração dos extratos será utilizado com coador com fios finos e ocorrerá apenas no momento da instalação do experimento. A utilização do extrato aquoso foi preferida em relação a outros tipos de extrato, devido à utilização da água como solvente, sendo o único que aparece na natureza e participa nas reações que ocorrem tanto nos sistemas naturais quanto cultivados (OLIVEIRA et al., 2015).

As sementes de alface serão semeadas em caixas Gerbox sobre papel filtro, conforme procedimento descrito em Brasil (2009), na quantidade de 25 sementes por caixa, com quatro repetições (RIBEIRO *et al.*, 2019).

As caixas Gerbox serão mantidas em BOD, sob temperatura constante de 20 °C e fotoperíodo de 8 h, durante sete dias, sendo realizada a contagem diária de plântulas germinadas e plântulas anormais, a partir do quarto dia (BRASIL, 2009). Serão avaliados: a) porcentagem de germinação; b) o Índice de Velocidade de Germinação: $IVG = G1 / N1 + G2 / N2 + \dots + Gi / Nj$; c) o Tempo Médio de Germinação: $TMG = \Sigma(ni * ti) / \Sigma ni$; onde: ni = número de sementes germinadas entre o intervalo de avaliação das sementes e ti (SANTOS et al., 2011); d) o percentual de germinação de plântulas normais (plantas intactas; plantas com pequenos defeitos e plantas com infecção secundária) e anormais (plantas danificadas; plantas deformadas e plantas deterioradas) (BRASIL, 2009); e) o comprimento de parte aérea; f) o comprimento da raiz primária e g) a massa seca total das plântulas emergidas. O delineamento experimental será unifatorial, com quatro concentrações, além do tratamento controle, e com quatro repetições inteiramente ao caso.

A menor concentração que apresentar os efeitos biológicos mais promissores será utilizada na etapa seguinte.

3.4 Experimento 2

No segundo experimento serão testadas individualmente diferentes partes da planta, a fim de verificar em qual parte vegetal se localizam as substâncias alelopáticas. Para isso, plantas de *T. diversifolia* serão fracionadas em folhas, raízes, flores e hastes, individualmente, para a produção dos extratos vegetais. Serão produzidos quatro extratos (de folhas, hastes, flores e uma mistura dos três [folhas+hastes+flores]) na menor concentração que apresentar os efeitos mais promissores no primeiro experimento. Água destilada será utilizada como testemunha, totalizando em cinco tratamentos. No teste serão utilizadas sementes de *Lactuca sativa* L. distribuídas na quantidade de 25 sementes por Gerbox, onde serão testados os quatro extratos e o tratamento testemunha, em quatro repetições.

As plantas serão coletadas, separadas as partes vegetais e dispostas em bandejas para secar em temperatura ambiente até alcançar peso constante e logo após o material será triturado.

O preparo dos extratos aquosos será realizado pelo método de infusão, usando água fervida como testemunha. Os extratos serão armazenados em frascos de 2L, por 24 horas em temperatura ambiente. Para a filtragem dos extratos será utilizado coador com fios finos no momento da instalação do experimento (Ribeiro et al., 2019).

Duas espécies são submetidas ao teste: *Lactuca sativa* L. (alface) e *Cucumis sativus* L. (pepino). As sementes de alface e pepino serão semeadas em caixas Gerbox sobre papel filtro, conforme procedimento descrito em Brasil (2009), na quantidade de 25 sementes por caixa, com quatro repetições. A quantidade de extrato utilizada para umedecer o papel filtro será de 15 ml de extrato para cada Gerbox, seguindo a regra de 2,5 vezes a massa do papel seco (Alves et al. 2015).

As caixas Gerbox serão mantidas em um germinador de sementes (modelo Magelsdorf), sob temperatura constante de 20° C e iluminação natural, durante sete dias para alface e oito para o pepino, sendo realizada a contagem diária de sementes germinadas, a partir do quarto dia para a alface e do quinto dia para

pepino (Brasil, 2009), quando será avaliada a porcentagem de germinação e o estado da semente.

O delineamento experimental será bifatorial, com quatro tratamentos, além do tratamento controle, e com quatro repetições inteiramente ao caso. Os parâmetros observados: a) número de sementes germinadas; b) índice de velocidade de germinação (IVG) (Santos et al. 2011); c) Tempo médio de germinação (TMG) (Santos et al. 2011); d) comprimento eixo hipocótilo-radícula (cm); d) anomalia de plântulas (necrose da radícula, escurecimento da coifa da radícula, espessamento da radícula); e) peso.

O tratamento que apresentar os efeitos biológicos mais promissores será utilizado na etapa seguinte.

3.5 Experimento 3

Nesta etapa se pretende identificar os limites para utilização dos extratos no controle de *Brachiaria plantaginea* (papuã), sem o comprometimento no desenvolvimento das espécies de interesse, utilizadas em agroflorestas no Sul do Brasil.

O material vegetal de *T. diversifolia* será coletado de uma plantação com aproximadamente 10 anos, cultivadas com a finalidade de produzir material para pesquisas, na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. Para produção do extrato será utilizada apenas a parte aérea do margaridão. O material vegetal será picado em pedaços de 15 cm, seco em estufa com circulação de ar à 40°C até alcançar peso constante e posteriormente triturado com auxílio de liquidificador industrial (RIBEIRO et al., 2019).

Os extratos aquosos serão produzidos na menor concentração que apresentar o maior efeito no primeiro experimento. Água destilada será utilizada como testemunha. Os extratos obtidos por infusão (BRASIL, 2009) serão armazenados em frascos de 2L, por 24 horas em temperatura ambiente (TAKIM et al., 2017). Para a filtragem dos extratos será utilizado com coador com fios finos e ocorrerá apenas no momento da instalação do experimento.

As sementes de de *Brachiaria plantaginea* (papuã), *Zea mays* (milho), *Phaseolus vulgaris* (feijão), *Cucurbita* sp. (abóbora), *Acacia mearsii* (acácia),

Schinus terebinthifolia (aroeira-vermelha) e *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúva), serão semeadas em caixas Gerbox sobre papel filtro, conforme procedimento descrito em Brasil (2009), na quantidade de 25 sementes por caixa, com quatro repetições (RIBEIRO *et. al.*, 2019).

As caixas Gerbox serão mantidas em BOD, sob temperatura constante de 20 °C e fotoperíodo de 8 h, durante sete dias, sendo realizada a contagem diária de plântulas germinadas e plântulas anormais, a partir do quarto dia (BRASIL, 2009). Serão avaliados: a) porcentagem de germinação; b) o Índice de Velocidade de Germinação: $IVG = G1 / N1 + G2 / N2 + \dots + Gi / Nj$; c) o Tempo Médio de Germinação: $TMG = \Sigma(ni * ti) / \Sigma ni$; onde: ni = número de sementes germinadas entre o intervalo de avaliação das sementes e ti (SANTOS *et al.*, 2011); d) o percentual de germinação de plântulas normais (plantas intactas; plantas com pequenos defeitos e plantas com infecção secundária) e anormais (plantas danificadas; plantas deformadas e plantas deterioradas) (BRASIL, 2009); e) o comprimento de parte aérea; f) o comprimento da raiz primária e g) a massa seca total das plântulas emergidas. O delineamento experimental será unifatorial, com quatro concentrações, além do tratamento controle, e com quatro repetições inteiramente ao caso.

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos serão testados quanto a normalidade através do teste de Shapiro Wilk e submetidos à análise de variância através do teste F ($p < 0,05$). Havendo significância estatística, os efeitos serão comparados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3.7 Recursos necessários

Discriminação do item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	1º ano	2º ano
Material de laboratório e escritório*	1	600,00	600,00	X	x
Sementes	20	5,00	100,00	X	x
Gerbox*	72	20,00	1.440,00	X	x
Papel mata borrão*	1	54,00	54,00	X	x
BOD*	1	5.300,00	5.300,00	X	x
Estufa*	1	2.500,00	2.500,00		
Peagâmetro*	1	260,00	260,00	X	x
Passagens e diárias	1	2000,00	2.000,00		x
Publicação em periódico	2	1000,00	2.000,00		x
Confecção de banner	2	70,00	140,00		x
Total		11.809,00	14.394,00		

Cronograma de Execução da Pesquisa

Atividade	Ano 2020												Ano 2021												Ano 2022	
	Meses												Meses												Meses	
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
Revisão de literatura.			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Elaboração do projeto de pesquisa							x	x	x																	
Apresentação do projeto de pesquisa																x										
Desenvolvimento do experimento 1													x	x												
Desenvolvimento do experimento 2															x	x										
Desenvolvimento do experimento 3																	x	x								
Organização dos dados																	x	x	x	x	x					
Elaboração da dissertação															x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Apresentação da dissertação																										x
Publicação dos resultados																									x	x

Divulgação Prevista

Os resultados serão publicados em congressos científicos e em publicações técnicas com o objetivo de alcançar agricultores e técnicos de extensão rural, assim como em periódicos indexados, visando a divulgação a nível nacional e internacional.

Bibliografia

ACHIENG, J. O.; OUMA, G.; ODHIAMBO, G.; MUYEKHO, F. Effect of *Tithonia diversifolia* (Hemsley) and inorganic fertilizers on maize yield on Alfisols and Ultisols of Western Kenya. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 1, n. 5, p. 740-747, 2010.

BANZA, M. J.; MWAMBA, K. F.; ESOMA, E. B.; META, T. M.; MAYAMBA, M. G.; KASONGO, L. M. E.. Evaluation de la réponse du maïs (*Zea mays* L.) installé entre les haies de *Tithonia diversifolia* à Lubumbashi, RD Congo. **Journal of Applied Biosciences**, v. 134, p. 13643-13655, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. 2009.

ENDRIS, Solomon. Combined application of phosphorus fertilizer with *Tithonia* biomass improves grain yield and agronomic phosphorus use efficiency of hybrid maize. **International Journal of Agronomy**, v. 2019, p. 1-9, 2019.

GARSABALL, J. A. L.; NATERA, J. R. M. Efectos alelopáticos de extractos acuosos de hojas de botón de oro [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.] sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). **Scientia Agropecuaria**, v. 4, n. 3, p. 229-241, 2013.

JAMA, B.; PALM, C. A.; BURESH, R. J.; NIANG, A.; GACHENGO, C.; NZIGUHEBA, G.; AMADALO, B. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: a review. **Agroforestry systems**, v. 49, n. 2, p. 201-221, 2000.

JUKOSKI, L. A. B.; MOREIRA, G. C.; RODRIGUES, A. C. P. Efeito alelopático de grama seda no desenvolvimento de plântulas de alface e feijão. **Cultivando o Saber**, v.4, n.1, p.91-99, 2011.

LIMA, H. R. P.; OLIVEIRA, S. C. C.; IKEDA, F.; MORAES, L. Alelopatia: potencialidades do seu uso no controle do mato. In: OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. **Controle de plantas daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia**. Brasília, DF: Embrapa, p. 148-164, 2018.

MIRANDA, M. A.; VARELA, R. M.; TORRES, A.; MOLINILLO, J. M.; GUALTIERI, S. C.; MACÍAS, F. A. Phytotoxins from *Tithonia diversifolia*. **Journal of Natural Products**, v. 78, n. 5, p. 1083-1092, 2015.

OLIVEIRA, J. S.; PEIXOTO, C. P.; POELKING, V. G. C.; ALMEIDA, A. T. Avaliação de extratos das espécies *Helianthus annuus*, *Brachiaria brizantha* e *Sorghum bicolor* com potencial alelopático para uso como herbicida natural. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 379-384, 2015. 12

OLUWAFEMI, A. B. Comparative evaluation of NPK fertilizer and *Tithonia diversifolia* biomass in sweet pepper (*Capsicum annum*) Production in Ado Ekiti, Nigeria. **Journal of life Sciences**, v. 7, n. 3, p. 289, 2013.

RIBEIRO, V. M.; VALMORBIDA, R.; HARTMANN, K. C. D.; PORTO, E. C.; ALMEIDA, J.; CORSATO, J. M.; FORTES, A. M. T. Efeito alelopático de *Leucaena leucocephala* e *Hovenia dulcis* sobre germinação de *Mimosa bimucronata* e *Peltophorum dubium*. **Iheringia. Série Botânica.**, v. 74, 2019.

SAMPAIO, B. L.; EDRADA-EBEL, R.; DA COSTA, F. B. Effect of the environment on the secondary metabolic profile of *Tithonia diversifolia*: a model for environmental metabolomics of plants. **Scientific reports**, v. 6, p. 1-11, 2016.

SILVEIRA, C. ; CARDOSO, J.; CRUZ, M. T. P.; SANDER, A.; MICHELIN, C.; ARAÚJO, V.; KOHLER, T. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de *Tithonia diversifolia* a partir de diferentes agrominerais. **Embrapa Clima Temperado-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2018.

SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Embrapa Amazônia Oriental-Livro científico (ALICE), 2002.

SOUZA FILHO, A. P. S. **Alelopatia e as plantas**. Embrapa. Belém, PA. 1a Ed.. 2006. 159 p

TAKIM, F. O.; OYEKUNLE, G. O.; ODEYEMI, J. O. Soil weed seedbank dynamic and allelopathic potential of *Tithonia diversifolia* (Hemsl). **Journal of Agricultural Research and Development**, v. 16, n. 1, p. 20-30, 2017.

TONGMA, S.; KOBAYASHI, K.; USUI, K. Allelopathic activity of Mexican sunflower [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray] in soil under natural field conditions and different moisture conditions. **Weed Biology and Management**, v. 1, n. 2, p. 115-119, 2001.

WITT, A. B.; SHACKLETON, R. T.; BEALE, T.; NUNDA, W.; VAN WILGEN, B. W. Distribution of invasive alien *Tithonia* (Asteraceae) species in eastern and southern Africa and the socio-ecological impacts of *T. diversifolia* in Zambia. **Bothalia-African Biodiversity & Conservation**, v. 49, n. 1, p. 1-11, 2019.

4 Relatório do Trabalho de Campo

Esta pesquisa foi oportunizada pelo Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPGSPAF), com o apoio financeiro do CNPq, e conduzido na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado. As atividades desenvolvidas durante a pesquisa foram relacionadas à alelopatia da espécie vegetal *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.

Para execução do projeto foram realizados dois experimentos em escala laboratorial que para fins didáticos, estão descritos separadamente a seguir:

4.1 Experimento 1

O primeiro experimento teve como objetivo avaliar o efeito biológico de diferentes concentrações de extratos de *T. diversifolia* sobre germinação e crescimento de uma espécie indicadora, *Lactuca sativa* L. Para isso foi coletado, na Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, material vegetal de *T. diversifolia*, durante o mês outubro de 2020, no estágio de desenvolvimento vegetativo. As plantas são provenientes de uma plantação com aproximadamente 10 anos, cultivadas com a finalidade de produzir material para pesquisas. As plantas foram arrancadas inteiras (parte aérea e raiz) e picadas em pedaços de 15 cm, secas em estufa com circulação de ar à 40°C até alcançar peso constante e foram posteriormente trituradas com auxílio de liquidificador industrial (RIBEIRO et al., 2019).

Os extratos aquosos foram produzidos nas concentrações de 5% (50 g de material vegetal em 1 L de água), 10% (100 g de material vegetal em 1 L de água), 15% (150 g de material vegetal em 1 L de água) e 20% (200 g de material vegetal em 1 L de água), em base seca (massa:volume), usando a água destilada como testemunha. Os extratos obtidos por infusão (BRASIL, 2009) foram armazenados em frascos de 2L, por 24 horas em temperatura ambiente (TAKIM et al., 2017). Para a filtragem dos extratos foi utilizado com coador com fios finos e ocorrerá apenas no momento da instalação do experimento. A utilização do extrato aquoso foi preferida em relação a outros tipos de extrato, devido à utilização da água como solvente, sendo o único que aparece na natureza e

participa nas reações que ocorrem tanto nos sistemas naturais quanto cultivados (OLIVEIRA et al., 2015).

As sementes de alface foram semeadas em caixas Gerbox sobre papel filtro, conforme procedimento descrito em Brasil (2009), na quantidade de 25 sementes por caixa, com quatro repetições (RIBEIRO et. al., 2019).

As caixas Gerbox foram mantidas em B.O.D., sob temperatura constante de 20 °C e fotoperíodo de 8 h, durante sete dias, sendo realizada a contagem diária de plântulas germinadas e plântulas anormais, a partir do quarto dia (BRASIL, 2009). Foi avaliado: a) porcentagem de germinação; b) Índice de Velocidade de Germinação: $IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gi}{Nj}$; c) Tempo Médio de Germinação: $TMG = \frac{\sum(ni * ti)}{\sum ni}$; onde: ni = número de sementes germinadas entre o intervalo de avaliação das sementes ti (SANTOS et al., 2011); d) percentual de germinação de plântulas normais (plantas intactas; plantas com pequenos defeitos e plantas com infecção secundária) e anormais (plantas danificadas; plantas deformadas e plantas deterioradas) (BRASIL, 2009), e) comprimento de parte aérea e raiz primária; f) massa seca total das plântulas emergidas. O delineamento experimental foi unifatorial, com quatro concentrações, além do tratamento controle, e com quatro repetições inteiramente ao caso.

4.2 Experimento 2

No segundo experimento foram testadas individualmente diferentes partes da planta, a fim de verificar em qual parte vegetal se localizam as substâncias alelopáticas. Para isso, foram coletadas as plantas de *T. diversifolia* em uma plantação com aproximadamente 11 anos, existente na Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata. A parte aérea do margaridão foi fracionado em folhas, flores e hastes, individualmente (Figura 4).

Para determinação da atividade alelopática de diferentes partes vegetais da planta foi realizado um bioensaio no qual, foi avaliado o efeito de extratos produzidos a partir das partes aéreas de *T. diversifolia*, classificadas em folhas, hastes, flores e uma mistura dos três (folhas+hastes+flores). As plantas foram

dispostas em bandejas para secar em temperatura ambiente até alcançar peso constante. As hastes foram picadas em pedaços de aproximadamente 15 cm. Posteriormente o material foi triturado primeiramente em um triturador de resíduos orgânicos e, após, em liquidificador industrial.

O preparo dos extratos aquosos foi realizado pelo método de infusão, na concentração de 15% (150 g de material vegetal em 1 L de água) em base seca (massa:volume), usando água fervida como testemunha. Os extratos foram armazenados em frascos de 2L, por 24 horas em temperatura ambiente. Para a filtragem dos extratos foi utilizado coador com fios finos no momento da instalação do experimento (Ribeiro et al., 2019).

Duas espécies foram submetidas ao teste: *Lactuca sativa* L. (alface) e *Cucumis sativus* L. (pepino). As sementes de alface e pepino foram semeadas em caixas Gerbox sobre papel filtro, conforme procedimento descrito em Brasil (2009), na quantidade de 25 sementes por caixa, com quatro repetições. A quantidade de extrato utilizada para umedecer o papel filtro foi de 15 ml de extrato para cada Gerbox, seguindo a regra de 2,5 vezes a massa do papel seco (Alves et al. 2015). A fim de evitar a interação dos componentes e uma possível alteração na realidade dos resultados, optou-se pelo não uso de qualquer tipo de tratamento antifúngico.

As caixas Gerbox foram mantidas em um germinador de sementes (modelo Magelsdorf), sob temperatura constante de 20° C e iluminação natural, durante sete dias para alface e oito para o pepino, sendo realizada a contagem diária de plântulas germinadas, a partir do quarto dia para a alface e do quinto dia para pepino (Brasil, 2009), quando foi avaliada a porcentagem de germinação e estado da semente. Foram consideradas germinadas, aquelas em que a radícula atingiu no mínimo de 2 mm de comprimento (Alves et al. 2015), sendo classificadas como normais as sementes que emitiram radícula intacta ou com pequenos defeitos, e como anormais, as sementes que emitiram radículas danificadas, deformadas, enoveladas ou deterioradas. As sementes que não germinaram foram classificadas em mortas [aquelas em estado de decomposição; aquelas aparentemente saudáveis, porém ainda sem emitir a radícula; e aquelas que apresentavam consistência maciça e rija (Brasil, 2009)].

O delineamento experimental foi bifatorial, com quatro tratamentos, além do tratamento controle, e com quatro repetições inteiramente ao caso. E os parâmetros observados foram: número de sementes germinadas, índice de velocidade de germinação (IVG) (Santos et al. 2011), Tempo médio de germinação (TMG)) (Santos et al. 2011), comprimento eixo hipocótilo-radícula (cm), anomalia de plântulas (necrose da radícula, escurecimento da coifa da radícula, espessamento da radícula) e peso.

As análises estatísticas do conjunto de dados foram realizadas através do software R (versão 4.1.0 – R CORE TEAM, 2021). Realizadas estatística descritiva, o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resíduos e o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade de variâncias. Para verificar se há diferença entre os tratamentos foi realizada a análise de variância (ANOVA one way) para variâncias homogêneas e não homogêneas e o teste H de Kruskal-Wallis para dados não paramétricos. Para os testes post hoc foi utilizado o teste Tukey para dados normais, teste de Dunn para dados não paramétricos e teste de Games Well para dados com variância não homogênea. Todos os testes foram realizados a 5% de significância.

Os tratamentos serão mencionados como: Tratamento 1: extrato de folhas, Tratamento 2: extrato de flores, Tratamento 3: extrato das hastes, Tratamento 4: extrato de toda parte aérea da planta (folhas+flores+hastes) e o Tratamento 5: Controle com água previamente fervida. Os dados são apresentados no formato média \pm desvio-padrão.



Figura 4: Material vegetal de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae). A – Parte Aérea de *T. diversifolia* imediatamente após coleta. B – Flores e inflorescências de *T. diversifolia*, após separação do material vegetal em partes. C – Folhas de *T. diversifolia* após processo de secagem. D – Material vegetal de *T. diversifolia* separado em partes e triturado.

Artigo 1 - Potencial alelopático de extratos aquosos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray

Submetido para a revista: "Ciência Rural"

Potencial alelopático de extratos aquosos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray
Allelopathic potential of aqueous extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray

RESUMO

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray tem sido recomendada como espécie adubadora e o seu extrato líquido como biofertilizante em sistemas agroflorestais orgânicos. Entretanto, estudos indicam que os extratos da planta apresentam efeitos inibitórios na germinação e crescimento de várias espécies vegetais, atuando como alelopática. Neste sentido, foi avaliado em escala laboratorial, o efeito biológico de diferentes concentrações de extrato aquoso de *T. diversifolia* sobre a germinação e desenvolvimento inicial de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). Os extratos aquosos foram produzidos nas concentrações de 5%, 10%, 15% e 20%, usando água destilada como testemunha. Os extratos aquosos de *T. diversifolia* nas concentrações entre 5%, 10%, 15% e 20% não afetam a germinação final das sementes, porém reduzem a velocidade de germinação; afetam o tamanho das plântulas e induzem um maior percentual de anormalidades nas sementes germinadas. Os resultados sugerem que extratos de *T. diversifolia* tem potencial alelopático sobre a germinação de *Lactuca sativa* L.

Palavras-chave: Agroflorestal, Alelopatia, Extrato Vegetal, Margaridão.

ABSTRACT

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray has been recommended as a fertilizer species and its liquid extract as a biofertilizer in organic agroforestry systems. However, studies indicate that plant extracts have inhibitory effects on germination and growth of several plant species, acting as allelopathic. In this sense, the biological effect of different concentrations of aqueous extract of *T. diversifolia* on the germination and initial

development of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.) was evaluated on a laboratory scale. Aqueous extracts were produced at concentrations of 5%, 10%, 15% and 20%, using distilled water as a control. The aqueous extracts of *T. diversifolia* in concentrations between 5% and 20% do not affect the final germination of the seeds, however they reduce the germination speed; affect seedling size and induce a higher percentage of abnormalities in germinated seeds. The results suggest that extracts of *T. diversifolia* have allelopathic potential on the germination of species.

Keywords: Agroforestry, Allelopathy, Plant Extract, Mexican-sunflower,

1. Introdução

As plantas evoluíram compartilhando o mesmo espaço com inúmeras outras espécies, competindo por recursos e em alguns casos produzindo e adicionando ao meio, substâncias químicas nocivas para outras plantas (aleloquímicos) através da alelopatia, interferindo no desenvolvimento da comunidade vegetal.

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae), conhecida popularmente como girassol mexicano ou margaridão, é uma planta arbustiva, nativa da América do Norte, porém naturalizada na África, Austrália e Ásia, onde é uma espécie invasora agressiva (AJAO & MOTEETEE, 2017). A espécie é pioneira e desenvolve-se a pleno sol até mesmo em solos pobres e ácidos, onde outras espécies apresentam dificuldades para se estabelecer (MICCOLIS et al., 2019). Devido a sua rusticidade, o uso de *T. diversifolia* como adubo verde, biofertilizante, planta de cobertura e cicladora de nutrientes tem sido recomendado em diferentes países da África (ENDRIS, 2019), Ásia (FAHRURROZI, 2019) e América Latina (BOTERO et al., 2019), sendo no Brasil uma das plantas mais utilizadas em Sistemas Agroflorestais (MATOS et al., 2020).

Entretanto, estudos indicam que os extratos de *T. diversifolia* apresentam efeitos inibitórios na germinação e crescimento de várias espécies de plantas, possivelmente por conter substâncias fitotóxicas que podem atuar como alelopáticas (GARSABALL & NATERA, 2013; TAKIM et al., 2017). Análises fitoquímicas e minerais têm revelado a presença de taninos, saponinas, flavonóides e terpenóides (OMOLOLA, 2020), alcalóides, fenóis (OLAYINKA et al., 2015), além de zinco manganês, cobre, níquel, magnésio, ferro, fósforo e enxofre (JOHN-DEWOLE & ONI, 2013).

O conhecimento sobre os efeitos desses aleloquímicos nas comunidades de plantas, potencializa a utilização dessas substâncias no controle de plantas espontâneas em agroecossistemas, possibilitando a redução do uso de agroquímicos, tornando os sistemas mais sustentáveis (LIMA et al., 2018). Com manejo adequado e conhecimento sobre a interação com outras espécies, plantas potencialmente alelopáticas podem proteger as culturas de plantas espontâneas, insetos, fungos e outros organismos que a prejudiquem, minimizando então a liberação de moléculas sintéticas não degradáveis no meio ambiente (DAYAN et al., 2009). Neste sentido, na tentativa de controlar o desenvolvimento de espécies espontâneas, a busca por herbicidas alternativos, de baixo impacto ambiental, tem impulsionado as pesquisas sobre alelopatia (REIGOSA et al., 2013).

Embora *T. diversifolia* atue como um excelente adubo (ENDRIS, 2019) também é considerada um inibidor de crescimento de espécies cultivadas (GARSABALL & NATERA, 2013). No entanto, de forma geral, os trabalhos avaliam apenas aspectos quantitativos (% de germinação, comprimento e massa fresca/seca) não levando em consideração os aspectos qualitativos da germinação que trazem uma visão diferente do processo, pois a germinação pode não ser afetada, entretanto, é preciso avaliar se a plântula apresenta qualidade suficiente para seguir o seu ciclo de desenvolvimento. Portanto, nota-se uma lacuna no conhecimento sobre a espécie, não descartando a hipótese de que uma

informação incorreta ou imprecisa estar sendo disseminada entre atores envolvidos com agroecologia, podendo acarretar prejuízos para os agricultores. Assim, o trabalho objetiva avaliar em escala laboratorial, o efeito biológico de diferentes concentrações de extrato aquoso de *T. diversifolia* sobre a germinação e desenvolvimento inicial de sementes de alface.

2. Materiais e Métodos

Foi coletado material vegetativo de *T. diversifolia* proveniente de plantas cultivadas a aproximadamente 10 anos na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul (31°37'07.3" S, 52°30'58.6" W., altitude 180 m.), sul do Brasil. As plantas inteiras (parte aérea e raiz) foram picadas em pedaços de 15 cm, dispostas em bandejas e secas em temperatura ambiente até alcançar peso constante. Os resíduos orgânicos passaram primeiramente por um triturador de resíduos orgânicos e, posteriormente, por um liquidificador industrial, quando todas as frações foram misturadas. Os extratos aquosos foram produzidos nas concentrações de 5% (50 g de material vegetal em 1 L de água), 10% (100 g de material vegetal em 1 L de água), 15% (150 g de material vegetal em 1 L de água) e 20% (200 g de material vegetal em 1 L de água), em base seca (massa : volume). Água destilada foi usada como tratamento controle. Os extratos obtidos por infusão foram mantidos em frascos de 2 L, por 24 horas em temperatura ambiente, conforme descrito em TAKIM et al. (2017). Para a filtração dos extratos foi utilizado coador com fios finos no momento da instalação do experimento.

Foi semeado alface (*Lactuca sativa* L.), em caixas Gerbox sobre papel filtro, conforme procedimento descrito em BRASIL (2009), na quantidade de 25 sementes por caixa. O delineamento experimental foi unifatorial, inteiramente ao acaso, com quatro

concentrações, além do tratamento controle, e com quatro repetições. As caixas Gerbox foram mantidas em um germinador de sementes (modelo Mangelsdorf), sob temperatura constante de 20° C e iluminação natural, durante sete dias, sendo realizada a contagem diária de plântulas germinadas, a partir do quarto dia (BRASIL, 2009), quando todos os Gerbox foram umedecidos com 10 ml de água destilada. Foi avaliado o percentual de germinação final e estado da semente no sétimo dia. Foram classificadas como germinadas as sementes que apresentaram radícula com no mínimo 2 mm de comprimento, sendo posteriormente classificadas como normais as sementes que emitiram radícula intacta ou com pequenos defeitos (Figura 1A) e como anormais as sementes que emitiram radículas, deformadas (Figura 1B), enoveladas (Figura 1C) e deterioradas (Figura 1D). As sementes que não germinaram foram classificadas em mortas (aquelas em estado de decomposição; aquelas aparentemente saudáveis, porém ainda sem emitir a radícula; e aquelas que apresentavam consistência maciça e rija (BRASIL, 2009).

Para as análises estatísticas foi utilizado o software R (versão 4.1.0 – R CORE TEAM, 2021), através de análise estatística descritiva e teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resíduos e teste Bartlett para a homogeneidade de variâncias (SANTANA & RANAL, 2004). Após foi realizada a Análise de variância (ANOVA) ou o teste de Kruskal-Wallis para dados não paramétricos, o mesmo procedimento foi realizado nos teste pos-hoc, teste Tukey para dados paramétricos e teste de Dunn para dados não paramétricos. Todos os testes foram aplicados com 5% de significância. Como no tratamento controle nem todas as 25 sementes germinaram, foi feita uma média simples do número de sementes germinadas neste tratamento, alcançando a média de 23 sementes. Este foi o valor usado como base (100%) para as análises.

3. Resultados

Não houve diferença significativa para o percentual de germinação de sementes de alface entre os tratamentos testados (Tabela 1). As sementes expostas à maior concentração do extrato (20%), porém, atingiram, numericamente, o menor percentual de germinação (88%).

A concentração do extrato *T. diversifolia* afetou de forma significativa o tempo médio de germinação (TMG), sendo que quanto maior a concentração mais tempo as sementes precisaram para germinar. Enquanto as sementes no tratamento controle precisaram de menos de três dias para a formação de plântulas, as sementes expostas a maior concentração de extrato (20%) necessitaram de cinco dias em média. Além disso, as sementes expostas as maiores concentrações de extrato alcançaram o menor IVG.

Embora o percentual de germinação não tenha diferido estatisticamente, algumas das plântulas germinadas apresentaram anormalidades. Plântulas classificadas como normais, representaram $91 \pm 1,02\%$ no tratamento controle, seguindo em ordem decrescente conforme o aumento da concentração do extrato, $71 \pm 4,68\%$ para concentração de 5%; $56 \pm 3,16\%$ para concentração de 10%; $32 \pm 1,86\%$ para concentração de 15% e $24 \pm 1,38\%$ para as sementes expostas a concentração de 20% (Figura 2).

O extrato de *T. diversifolia* afetou o comprimento das plântulas de alface, independentemente da concentração utilizada (Figura 3), sendo que o tamanho das plântulas provavelmente tenha sido prejudicado em consequência dos efeitos biológicos nocivos dos extratos sobre a alface, que provocaram danos nas radículas como deformações, necrose e enovelamento (Figura 1).

4. Discussão

Os resultados demonstram que o extrato aquoso de *T. diversifolia* mesmo não afetando o percentual de germinação, prejudicou o crescimento das plântulas germinadas. Como substâncias alelopáticas induzem ao surgimento de plântulas anormais (FERREIRA & ÁQUILA, 2000), reflete-se sobre o potencial alelopático da espécie e a sua influência sobre outras plantas, pois os metabólitos secundários produzidos por ela podem servir para o desenvolvimento de herbicidas naturais (BRUXEL et al., 2022).

Ao avaliarem extratos de folhas de *T. diversifolia*, GARSABALL & NATERA (2013), concluíram que quanto maior a concentração do extrato menor a germinação e crescimento de *L. sativa*. Porém, a metodologia usada pelos autores foi diferente do método seguido neste estudo, pois além de usarem apenas as folhas da planta para a produção do extrato, também deixaram o extrato em repouso por 48 horas, realizaram duas irrigações diárias com os extratos sobre as sementes e finalizaram o experimento aos 14 dias. Por outro lado, RODRÍGUEZ-CALA & GONZÁLEZ-OLIVA, (2017) concluíram que o extrato de *T. diversifolia* não demonstrou um forte efeito alelopático sobre a germinação e desenvolvimento inicial de alface. A metodologia utilizada por esses autores também é distinta da realizada nesse trabalho: eles utilizaram um lixiviado aquoso foliar, simulando uma condição de campo onde a água da chuva atingia as plantas de alface após terem contato com as folhas de *T. diversifolia*. Além da metodologia, a diferença dos resultados pode estar relacionada à composição química de *T. diversifolia*, que pode variar (MEJÍA-DÍAZ et al., 2017) conforme a parte utilizada da planta (folhas, hastes, raízes ou flores) (OLUWAFEMI, 2013) e ainda com as oscilações ambientais que os indivíduos da espécie tenham enfrentado durante seu desenvolvimento (temperatura, variações hídricas, qualidade do solo, luminosidade, tamanho da planta, sazonalidade) (TONGMA et al.,

2001; SAMPAIO et al., 2016). Essas variáveis, somadas aos efeitos da biota e da estrutura físico-química do solo, podem afetar não só a produção de metabólitos, mas também a estrutura química e o grau de atividade das substâncias liberadas pelas plantas no meio em que se encontram (REIGOSA et al., 2013).

O aumento significativo no TMG é um resultado interessante quando se pensa no uso do extrato como herbicida orgânico. Trabalhando com feijão-caupi (*Vigna unguolata* L.), AJAYI et al. (2017) verificaram que os extratos de *T. diversifolia* estimularam o crescimento das plantas desde a germinação até a maturidade, ao mesmo tempo em que reduziram a densidade de plantas espontâneas. Neste caso, o desenvolvimento mais lento das plantas espontâneas proporcionou vantagem ao feijão-caupi, provavelmente porque o extrato de *T. diversifolia* seja tóxico para as plantas espontâneas, inibindo a germinação e retardando o desenvolvimento radicular e aéreo destas, por efeito alelopático do ácido clorogênico presente na espécie (OLIVEIRA et al., 2011).

Quanto maior o IVG, mais vigoroso é o lote de sementes e a perda de vigor de uma planta pode ser causada pelas modificações relacionadas a permeabilidade de membranas; transcrição e tradução do DNA; funcionamento dos mensageiros secundários; respiração, por sequestro de oxigênio; conformação de enzimas e de receptores, ou ainda pela combinação destes fatores (FERREIRA & AQUILA, 2000).

Se os resultados deste estudo forem reproduzidos com o mesmo efeito em espécies espontâneas e elas assim como a alface apresentarem redução no vigor, significa menos sementes germinando a cada dia e conseqüentemente, menos espontâneas para concorrer com as espécies de interesse antes do estabelecimento destas, um resultado interessante, que provavelmente signifique menor agressividade no domínio das lavouras pelas plantas espontâneas.

Em estudos de alelopatia é comum não se observar efeito alelopático na germinação, mas nos parâmetros de crescimento (GARSABALL & NATERA, 2013). Portanto é fundamental avaliar não apenas a germinação das sementes submetidas ao teste, mas também a qualidade da germinação, pois pode afetar o estabelecimento da plântula a campo e a capacidade de competir por recursos. De acordo com FERREIRA & ÁQUILA (2000), a avaliação da normalidade das plântulas é importantíssima, pois o processo de germinação é menos sensível aos aleloquímicos que o crescimento da plântula, desta forma não basta a quantificação experimental discreta (germinada ou não germinada), pois embora haja a germinação, pode ocorrer o aparecimento de plântulas anormais, sendo a necrose da radícula um dos sintomas mais comuns. Os resultados encontrados apontam exatamente nesse sentido, uma vez que ao final do experimento o percentual de germinação não apresentou diferença, porém ao observar a qualidade das plântulas se evidencia como o extrato realmente produziu um efeito biológico sobre a alfaca.

Embora os estudos laboratoriais, no máximo, mostrem que a planta produz compostos bioativos e apenas sugiram que, em condições naturais, esses compostos podem ter algum tipo de efeito no crescimento das espécies vizinhas (REIGOSA et al., 2013), é interessante prestar atenção ao comportamento das espécies que coabitam como *T. diversifolia* nas agroflorestas, pois é possível que se não adequadamente manejada, esta possa provocar efeitos deletérios na regeneração e restauração da vegetação nativa ou no desenvolvimento de espécies agrofloretais cultivadas (MICCOLIS et al., 2019). Contudo, a resistência ou a tolerância aos aleloquímicos muitas vezes depende da sensibilidade da espécie, sendo que *L. sativa* é uma espécie bastante sensível e por esse motivo, muito usada em bioensaios de laboratório (FERREIRA & ÁQUILA, 2000). Portanto, para estudos futuros recomendamos que sejam testadas outras espécies comumente utilizadas em agroflorestas. Além disso, há necessidade de avaliar extratos produzidos a partir de

diferentes partes da planta de forma isolada a fim de identificar em qual parte da planta de *T. diversifolia* se concentram as substâncias aleloquímicas a fim de que se possa isolar de forma mais eficaz estes compostos.

5. Conclusão

Extratos aquosos de *T. diversifolia* nas concentrações testadas não afetaram a germinação final de alface, porém provocaram aumento no TMG, diminuição do IVG e provocaram anomalias nas plântulas germinadas. Mediante estes resultados, pensando no uso de *T. diversifolia* como potencial herbicida natural para sistemas orgânicos de produção agrícola, salientamos a importância de estudos que identifiquem as partes componentes da planta de *T. diversifolia* onde se concentram os aleloquímicos, além de estudos que avaliem os efeitos do extrato sobre diferentes espécies vegetais.

Declaração de conflito de interesses.

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Contribuição dos autores

Os autores contribuíram igualmente para o manuscrito

Referências

AJAO, A. A.; MOTEETEE, A. N. *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. (Asteraceae: Heliantheae), an invasive plant of significant ethnopharmacological importance: A review. **South African Journal of Botany**, v.113, p.396-403, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.09.017>>. Acesso em: 20 de jan. de 2022. doi: 10.1016/j.sajb.2017.09.017.

AJAYI, O.A. et al. Allelopathic potentials of aqueous extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray in biological control of weeds in cowpea cropping system. **International Journal of Agriculture and Economic Development**, v.5, n.1, p.11-28, 2017. Disponível em: <<https://www.proquest.com/docview/1936185868?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>>. Acesso em: 12 de dez. de 2021.

BANZA, M.J. et al. Evaluation de la réponse du maïs (*Zea mays* L.) installé entre les haies de *Tithonia diversifolia* à Lubumbashi, RD Congo. **Journal of Applied Biosciences**, v.134, p.13643-13655, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.4314/jab.v134i1.3>>. Acesso em 31 de maio de 2022. doi: 10.4314/jab.v134i1.3.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 398p.

BRUXEL, F. et al. Phytotoxicity of aqueous extract of *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil on *Conyza bonariensis* (L). Cronquist. **South African Journal of Botany**, v.146, p.546-552, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.10.019>> >. Acesso em 15 de maio de 2022. doi: 10.1016/j.sajb.2021.10.019.

BOTERO, L.J.M. et al. Rendimiento, parámetros agronómicos y calidad nutricional de la *Tithonia diversifolia* con base en diferentes niveles de fertilización. **Revista mexicana de ciencias pecuarias**, v.10, n.3, p.789-800, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4667>>. Acesso em 15 de maio de 2022.

DAYAN, F.E. et al. Natural products in crop protection. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v.17, n.12, p.4022-4034, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bmc.2009.01.046>>. Acesso em 13 de abril de 2022. doi: 10.1016/j.bmc.2009.01.046.

ENDRIS, S. Combined application of phosphorus fertilizer with *Tithonia* biomass improves grain yield and agronomic phosphorus use efficiency of hybrid maize. **International Journal of Agronomy**, v.2019, p.1-9, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1155/2019/6167384>>. Acesso em: 12 de dez. de 2021. doi: 10.1155/2019/6167384.

FAHRURROZI, F. Comparative effects of soil and foliar applications of tithonia-enriched liquid organic fertilizer on yields of sweet corn in closed agriculture production system. **Journal of Agricultural Science**, v.41, n.2, p.238-245, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.17503/agrivita.v41i2.1256>>. Acesso em: 20 de dez. de 2021. doi: 10.17503/agrivita.v41i2.1256.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.1, p.175-204, 2000. Disponível em: <<http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/4%20-%20Referencia%2011%20-%20Alelopatia%20na%20agricultura.pdf>>. Acesso em 15 de maio de 2022.

GARSABALL, J. A. L.; NATERA, J. R. M. Efectos alelopáticos de extractos acuosos de hojas de botón de oro [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.] sobre la germinación de

semillas y crecimiento de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). **Scientia Agropecuaria**, v.4, n.3, p.229-241, 2013. Disponível em:

<<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2013.03.09>>. Acesso em 15 de maio de 2022. doi: 10.17268/sci.agropecu.2013.03.09.

JOHN-DEWOLE, O. O.; ONI, S. O. Phytochemical and antimicrobial studies of extracts from the leaves of *Tithonia diversifolia* for pharmaceutical importance. **Int J Pharm Bio Sci**, v.6, p.21-5, 2013. Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1047.5354&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em 16 de maio de 2022. doi: 10.1.1.1047.5354&rep=rep1&type=pdf.

LIMA, H.R. et al. **Alelopatia: potencialidades do seu uso no controle do mato**. In: OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Controle de plantas daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 148-164p.

MATOS, P.S. et al. Linkages among soil properties and litter quality in agroforestry systems of southeastern Brazil. **Sustainability**, v.12, n.22, p.9752, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su12229752>>. Acesso em 14 de maio de 2022. doi: 10.3390/su12229752.

MEJÍA-DÍAZ, E. et al. *Tithonia diversifolia*: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. **Agronomía Mesoamericana**, v.28, n.1, p.289-302, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.15517/AM.V28I1.22673>>. Acesso em 14 de jan. de 2022. doi: 10.15517/AM.V28I1.22673.

MICCOLIS, A. et al. Restoration through agroforestry: options for reconciling livelihoods with conservation in the Cerrado and Caatinga biomes in Brazil. **Experimental Agriculture**, v.55, n.S1, p. 208-225, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0014479717000138>>. Acesso em 10 de maio de 2022. doi: 10.1017/S0014479717000138.

OLAYINKA, B.U. et al. Phytochemical and proximate composition of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. **Annals Food Science and Technology**, v.16, n.1, p.195-200, 2015. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153297836>>. Acesso em 9 de maio de 2022.

OLIVEIRA, P.V.A. et al. Avaliação alelopática de *Tithonia diversifolia* na germinação e no crescimento inicial de *Bidens pilosa* e *Brachiaria brizantha*. **Revista Agrogeoambiental**, v.3, n.3, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.18406/2316-1817v3n32011357>>. Acesso em 9 de maio de 2022. doi: 10.18406/2316-1817v3n32011357.

OLUWAFEMI, A.B. Comparative evaluation of NPK fertilizer and *Tithonia diversifolia* biomass in sweet pepper (*Capsicum annum*) production in Ado Ekiti, Nigeria. **Journal of life Sciences**, v.7, n.3, p.289, 2013. Disponível em: <[JLS_2013.3-with-cover-page-v2.pdf](#)>. Acesso em 2 de maio de 2022.

OMOLOLA, T. O. Phytochemical, Proximate and Elemental Composition of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray leaves. **International Annals of Science**, v.8, n.1, p.54-61,

2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.21467/ias.8.1.54-61>>. Acesso em 9 de maio de 2022. doi: 10.21467/ias.8.1.54-61.

REIGOSA, M. et al. Allelopathic research in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v.27, p.629-646, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000400001>>. Acesso em 2 de maio de 2022. doi: 10.1590/S0102-33062013000400001.

RODRÍGUEZ-CALA, D.; GONZÁLEZ-OLIVA, L. Testing the allelopathic effect of *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) on a model species. **Acta Botánica Cubana**, v.216, n.3, p.167-174, 2017. Disponível em:

<<http://www.revistasgeotech.com/index.php/abc/article/view/198>>. Acesso em 2 de maio de 2022.

SANTANA, D.C.; RANAL, M.A. Análise estatística. In Germinação: Do básico ao aplicado F. BORGHETTI & A.G. FERREIRA (Orgs.). Arned, Porto Alegre, p. 197-208. 2004.

SAMPAIO, B.L. et al. Effect of the environment on the secondary metabolic profile of *Tithonia diversifolia*: a model for environmental metabolomics of plants. **Scientific Reports**, v.6, p.1-11, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/srep29265>>. Acesso em 2 de maio de 2022. doi: 10.1038/srep29265.

TAKIM, F.O. et al. Soil weed seedbank dynamic and allelopathic potential of *Tithonia diversifolia* (Hemsl). **Journal of Agricultural Research and Development**, v.16, n.1,

p.20-30, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.4314/jard.v16i1.3>>. Acesso em 12 de abril de 2022. doi: 10.4314/jard.v16i1.3.

TONGMA, S. et al. Allelopathic activity of Mexican sunflower [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray] in soil under natural field conditions and diferente moisture conditions.

Weed Biology and Management, v.1, n.2, p.115-119, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1445-6664.2001.00020.x>>. Acesso em 3 de maio de 2022. doi: 10.1046/j.1445-6664.2001.00020.x.

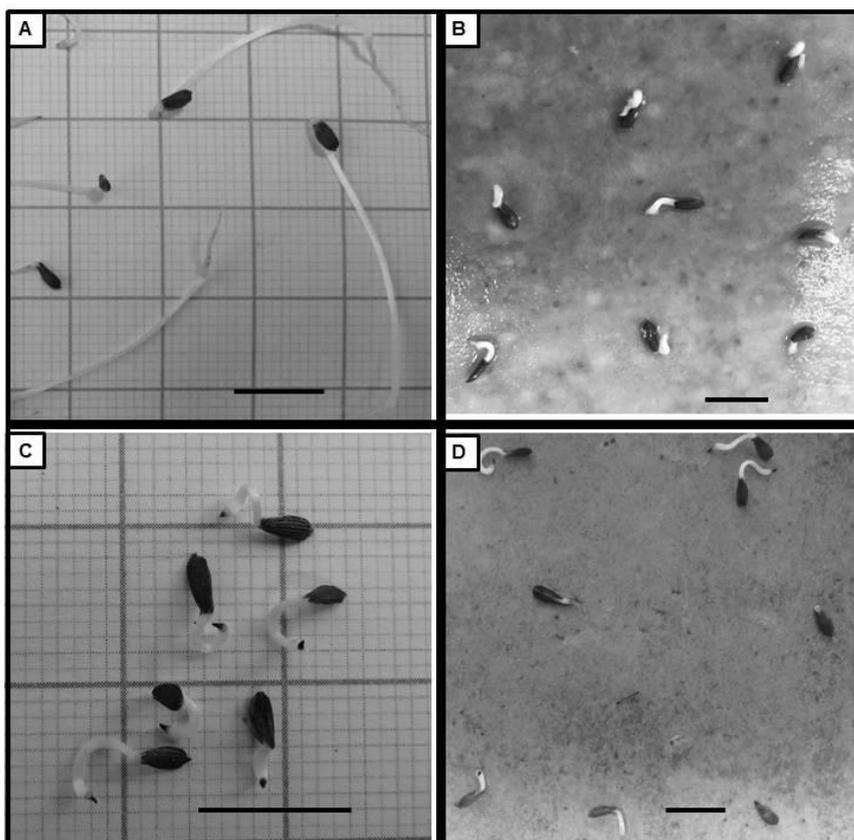


Figura 1: Sementes de alface (*L. sativa* L.) com radícula intacta ou com pequenos defeitos (A);

Tabela 1: Percentual de Germinação; Tempo Médio de Germinação (TMG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) exposta a diferentes concentrações do extrato aquoso de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae).

Extrato	Germinação (%)	TMG (dias)	IVG (germ/dia)
0%	100 ^a	2,99±0,37 ^d	5,17±0,51 ^a
5%	91±2,6 ^a	3,43±0,16 ^{cd}	4,50±0,54 ^{ab}
10%	100 ^a	3,71±0,29 ^{bc}	4,69±0,12 ^{ab}
15%	89±0,50 ^a	4,16±0,21 ^{ab}	4,20±0,15 ^b
20%	88± 2,38 ^a	4,64±0,37 ^a	3,89±0,43 ^b

Nota: Média (± desvio padrão). Diferentes letras minúsculas na coluna indicam uma diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

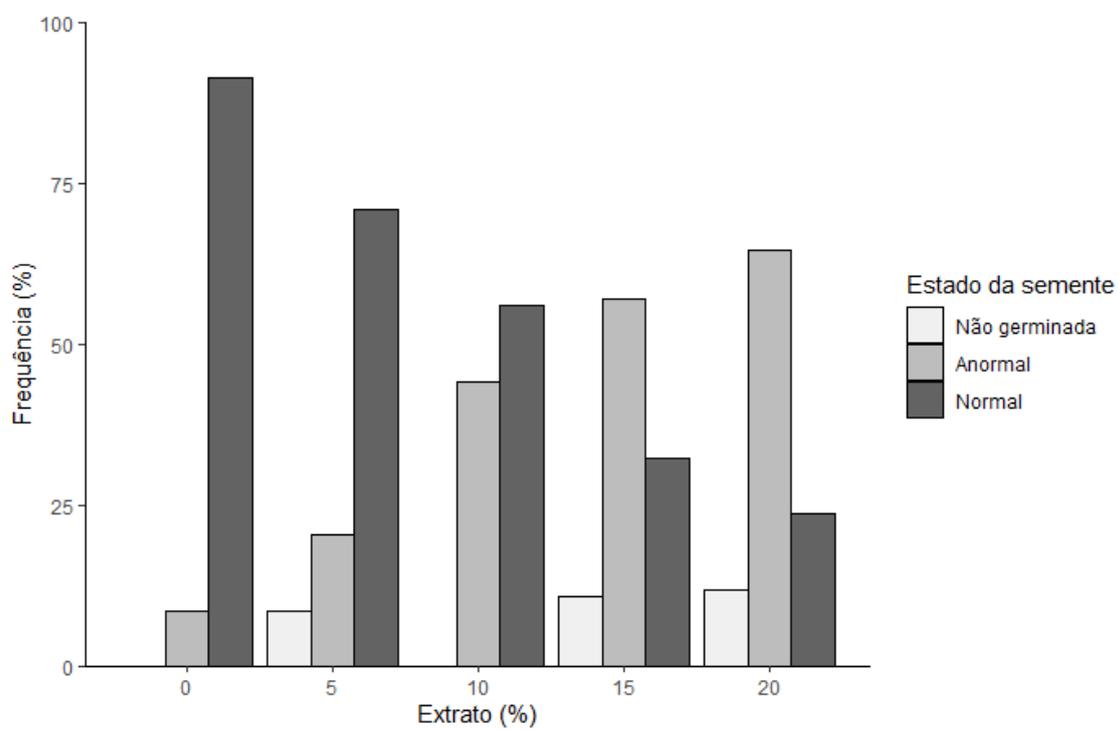


Figura 2: Percentual de plântulas normais, anormais e não germinadas de alface (*Lactuca sativa* L.) expostas a diferentes concentrações do extrato aquoso de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray ao sétimo dia.

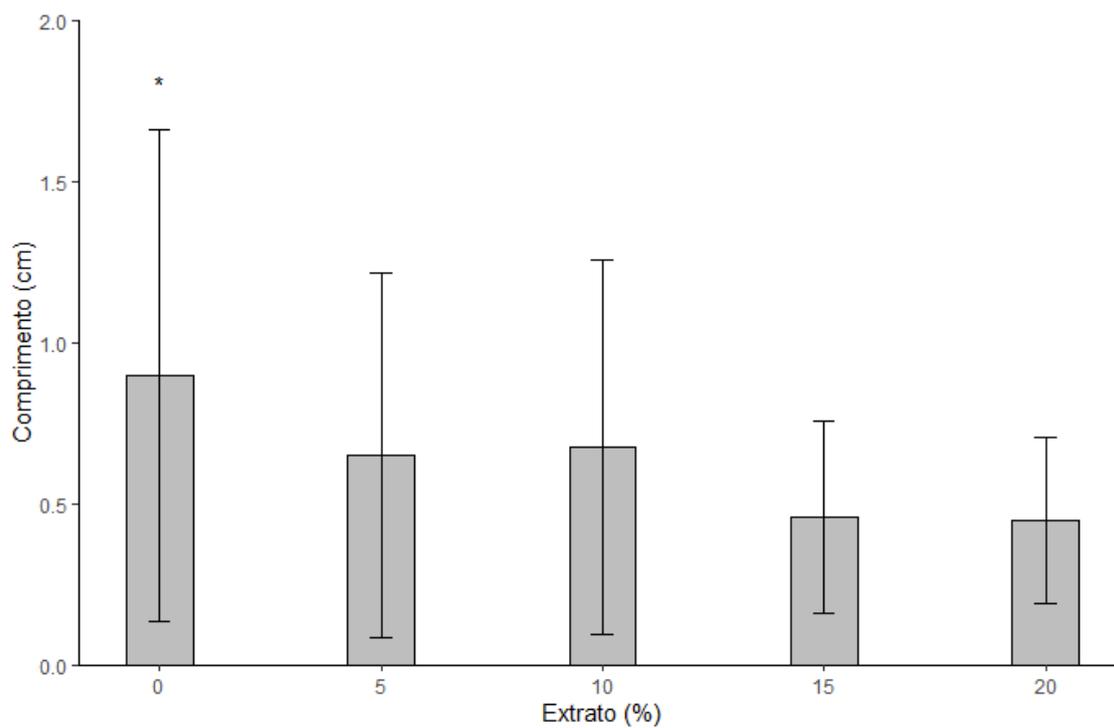


Figura 3: Gráfico de barras (média \pm desvio padrão) do comprimento médio da radícula (raiz) + hipocótilo (parte aérea) de alface (*Lactuca sativa* L.) exposta a diferentes concentrações do extrato aquoso de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. O asterisco sobre a barra indica diferença estatística pelo teste de Dunn ($p < 0.05$).

Artigo 2 - Efeito de extratos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* sobre a germinação e crescimento de *Lactuca sativa* e *Cucumis sativus*

Submetido para a revista: “Inheringia”

Diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* sobre a germinação e crescimento de *Lactuca sativa* e *Cucumis sativus*

RESUMO: Alelopatia é o processo pelo qual produtos do metabolismo secundário de um determinado vegetal são liberados, podendo inibir ou estimular o crescimento de outras plantas relativamente próximas. Este estudo teve por objetivo avaliar os potenciais efeitos biológicos do extrato de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de duas espécies indicadoras, *L. sativa* e *C. sativus*. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, constituídos de extratos aquosos de *T. diversifolia* folhas [1], flores [2], hastes [3], parte aérea [4] (folhas+flores+hastes) e água previamente fervida [5], como testemunha. O tratamento que resultou no efeito mais significativo foi o tratamento 2, seguido do tratamento 4, porém os extratos inibiram o desenvolvimento da radícula em todos os tratamentos, quando comparados ao controle. Extratos vegetais de diferentes partes *T. diversifolia* inibiram os parâmetros de crescimento de *L. sativa* e *C. sativus* na seguinte ordem: flores > parte aérea > folhas > hastes.

Palavras-chave: alelopatia, insumo orgânico, margaridão, teste de germinação.

ABSTRACT: Allelopathy is the process by which secondary metabolism products of a given plant are released, which can inhibit or stimulate the growth of other plants relatively close by. This study aimed to evaluate the potential biological effects of extracts from different plant parts of *Tithonia diversifolia* on germination and initial development of two indicator species, lettuce and cucumber. The experimental design was in randomized blocks, with four replications and five treatments, consisting of aqueous extracts of *T. diversifolia*, leaves [1], flowers [2], stems [3], shoots [4] (leaves+flowers+stems) and previously boiled water [5] as a control. The treatment that resulted in the most significant effect was treatment 2, followed by treatment 4, but the extracts inhibited radicle development in all treatments when compared to the control. Plant extracts from different parts of *T. diversifolia* inhibited the growth parameters of lettuce and cucumber in the following order: flowers > aerial part > leaves > stems.

Keywords: allelopathy, organic input, sunflower, germination test.

INTRODUÇÃO

Devido ao sistema de produção agrícola convencional, o uso de agroquímicos vem crescendo em ritmo alarmante, incentivado por políticas governamentais que estimulam o uso destes (Lopes & Albuquerque, 2021). Por outro lado, vem a busca por produção agrícola sustentável, orgânica, que permita autonomia para os agricultores. Neste sentido o uso de plantas como biofertilizantes e bioherbicidas tem ganhado destaque, sendo amplamente recomendado para agroecossistemas orgânicos (Gindri & Coelho, 2020). Os exudatos naturais produzidos por plantas alcançam melhores resultados em serviços ecossistêmicos e apresentam menores custos financeiros para o agricultor quando comparados com agrotóxicos sintéticos (Mkenda *et al.* 2015).

Plantas podem atuar na melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, regulando concentração dos macro e micronutrientes importantes a nutrição de outras plantas vizinhas (Pavinato & Rosolem, 2008). Entretanto, algumas espécies são excelentes adubadoras enquanto outras acabam inibindo o desenvolvimento de culturas, e por isso chamadas alelopáticas (Ferreira & Aquila, 2000). A alelopatia se dá porque algumas plantas apresentam na sua composição terpenos, fenóis, taninos e alcaloides, que quando em contato com outras espécies vegetais podem tanto estimular como inibir o desenvolvimento dessas (Ferreira & Aquila, 2000). Neste sentido, a decomposição de resíduos vegetais destaca-se como uma importante fonte de aleloquímicos, pois contamina o solo onde é depositado (Iqbal *et al.* 2019).

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae), conhecida popularmente como margaridão, é uma espécie arbustiva, com origem no México e que atualmente tem ampla distribuição nas Américas, Ásia e África, sendo considerada uma espécie invasora preocupante em diversos países (Shackleton *et al.* 2019). A espécie se desenvolve muito bem em solos degradados e com baixa fertilidade, além de ser uma excelente cicladora de nutrientes como N e P (Silveira *et al.* 2018). Por esses motivos, *T. diversifolia* vem sendo bastante utilizada em sistemas agroflorestais como planta adubadora. Entretanto, estudos apontam a espécie como alelopática (Oke *et al.* 2011; Kato-Noguchi, 2020), o que pode ser prejudicial para culturas de interesse que estejam consorciadas com ela ou que estejam sendo adubadas com os seus restos vegetais.

Ao comparar óleos voláteis constituintes de folhas e inflorescências de *T. diversifolia*, Sampaio & Da Costa (2018) identificaram monoterpenos como principal constituinte tanto para as folhas quanto para as flores, no qual cis-Crisantenol é o principal constituinte discriminante dos óleos voláteis das inflorescências, e α e β -Pineno das folhas. Os monoterpenos são relatados como substâncias responsáveis por atividades alelopáticas em diversas espécies vegetais (Souza Filho *et al.* 2009, Kegge & Pierik, 2010; Chowhan *et al.* 2011; Amri *et al.* 2012) capazes de causar danos às membranas e ao processo respiratório das células das plantas, uma vez que podem ser sequestrados pelas estruturas secretoras das mesmas (Gershenzon *et al.* 2000). Além disso, embora no estudo de Sampaio & Da Costa (2018) haja predominância de monoterpenos como componentes principais na constituição de extratos de *T. diversifolia*, também foram detectados metabólitos que não pertencem ao grupo dos terpenos relacionados a atividades alelopáticas como ácidos graxos (Santos *et al.* 2012), aldeídos (Bitencourt, 2007), éteres cíclicos (Inoue *et al.* 2010) e hidrocarbonetos, que, em sua grande maioria, foram encontrados em amostras de óleos voláteis apenas das inflorescências (Sampaio & Da Costa, 2018).

As substâncias responsáveis pela alelopátia não estão necessariamente distribuídas por toda a planta, podendo estar concentradas em diferentes partes vegetais, como nas folhas (Wang *et al.* 2019), flores (Kyaw *et al.* 2022), caule/hastes (Arthanari, 2019), raiz (Zhang *et al.* 2013) ou frutos (Nadeem, 2020). Espécies como *Trichilia silvatica* C.DC. (Meliaceae) apresentaram efeito inibitório mais acentuado com extratos das flores do que de outras partes vegetais da planta (Formagio *et al.* 2014). Em um estudo conduzido por Silva *et al.* (2021) quanto ao uso dos extratos de *Achillea millefolium* L (Asteraceae) os extratos do caule e da raiz da planta provocaram estímulos no desenvolvimentos de *Lactuca sativa* L. enquanto o extrato produzidos com as flores causou efeito inibitório. Os autores relacionam o resultado a provável diferença na composição química das diferentes partes da planta, sendo que possivelmente nas flores haja maior quantidade de moléculas com efeitos alelopáticos inibitórios.

Objetivando avaliar o potencial alelopático do margaridão por meio de testes de germinação e emergência de plântulas de *L. sativa*, Rodríguez-Cala & González-Oliva (2017) concluíram que a espécie não possui capacidade alelopática. Porém extratos aquosos de *T. diversifolia* inibiram porcentagem de germinação, plumulação e crescimento

radicular de mudas de milho (Chukwuka *et al.* 2014) e foram fitotóxicos para a germinação e crescimento de *Sorghum bicolor* (L.) Moench. (Otusanya; Ilori, 2012).

Caso seja comprovado o efeito alelopático provocado por *T. diversifolia*, existe a possibilidade da sua aplicação no controle de plantas espontâneas em sistemas orgânicos de produção, sendo que a demanda recente por insumos orgânicos tem crescido (Mushta *et al.* 2020). Os estudos apontam que *T. diversifolia* pode interferir positiva ou negativamente no ecossistema, como estimulante (Dela Pena *et al.* 2013; Endris, 2019) ou como inibidor no desenvolvimento de outras plantas (Chukwuka *et al.* 2014). Neste sentido, uma hipótese é de que estes resultados contraditórios possam estar relacionados com a parte vegetal de *T. diversifolia* utilizada nos estudos. É possível que as substâncias alelopáticas estejam fortemente concentradas em determinadas estruturas da espécie.

Assim, é preciso que sejam avaliados não só os aspectos quantitativos, mas também qualitativos da ação dos compostos de *T. diversifolia* na germinação de sementes já que a qualidade das raízes formadas, bem como das plântulas, é fundamental para que estas sigam seu ciclo de desenvolvimento. Neste sentido, com o objetivo de alertar para as práticas de uso da espécie, o trabalho tem como objetivo avaliar os potenciais efeitos biológicos de diferentes partes vegetais de *T. diversifolia* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de duas espécies indicadoras, *Lactuca sativa* L. (alface) e *Cucumis sativus* L. (pepino).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em outubro de 2020, na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul (31°37'07.3" S, 52°30'58.6" W., altitude 180 m.a.n.m.), sul do Brasil, onde foi coletado material vegetativo de *T. diversifolia*, proveniente de uma plantação com aproximadamente 11 anos.

Para determinação da atividade alelopática de diferentes partes vegetais da planta foi realizado um bioensaio no qual, foi avaliado o efeito de extratos produzidos a partir das partes aéreas de *T. diversifolia*, classificadas em folhas, hastes, flores e uma mistura dos três (folhas+hastes+flores). As plantas foram coletadas, separadas as partes vegetais e dispostas em bandejas para secar em temperatura ambiente até alcançar peso constante. As hastes foram picadas em pedaços de aproximadamente 15 cm. Posteriormente o material

foi triturado primeiramente em um triturador de resíduos orgânicos e, após, em liquidificador industrial.

O preparo dos extratos aquosos foi realizado pelo método de infusão, na concentração de 15% (150 g de material vegetal em 1 L de água) em base seca (massa:volume), usando água fervida como testemunha. Os extratos foram armazenados em frascos de 2L, por 24 horas em temperatura ambiente. Para a filtragem dos extratos foi utilizado coador com fios finos no momento da instalação do experimento (Ribeiro *et al.*, 2019).

Duas espécies foram submetidas ao teste: *Lactuca sativa* L. (alface) e *Cucumis sativus* L. (pepino). As sementes de alface e pepino foram semeadas em caixas Gerbox sobre papel filtro, conforme procedimento descrito em Brasil (2009), na quantidade de 25 sementes por caixa, com quatro repetições. A quantidade de extrato utilizada para umedecer o papel filtro foi de 15 ml para cada Gerbox, seguindo a regra de 2,5 vezes a massa do papel seco (Alves *et al.* 2015). A fim de evitar a interação dos componentes e uma possível alteração na realidade dos resultados, optou-se pelo não uso de qualquer tipo de tratamento antifúngico.

As caixas Gerbox foram mantidas em um germinador de sementes (modelo Magelsdorf), sob temperatura constante de 20° C e iluminação natural, durante sete dias para alface e oito para o pepino. A contagem sementes germinadas foi diária a partir do quarto dia para a alface e do quinto dia para pepino (Brasil, 2009), quando foi avaliada a porcentagem de germinação e o estado da semente. Foram consideradas germinadas, aquelas em que a radícula atingiu no mínimo de 2 mm de comprimento (Alves *et al.* 2015), sendo classificadas como normais as sementes que emitiram radícula intacta ou com pequenos defeitos, e como anormais, as sementes que emitiram radículas danificadas, deformadas, enoveladas ou deterioradas. As sementes que não germinaram foram classificadas em mortas [aquelas em estado de decomposição; aquelas aparentemente saudáveis, porém ainda sem emitir a radícula; e aquelas que apresentavam consistência maciça e rija] (Brasil, 2009).

O delineamento experimental foi bifatorial, com quatro tratamentos, além do tratamento controle, e quatro repetições inteiramente ao caso. Os parâmetros observados foram: número de sementes germinadas, índice de velocidade de germinação (IVG) (Santos *et al.* 2011), Tempo médio de germinação (TMG)) (Santos *et al.* 2011),

comprimento eixo hipocótilo-radícula (cm), anomalia de radículas (necrose, escurecimento da coifa, espessamento da radícula) e peso.

As análises estatísticas do conjunto de dados foram realizadas através do software R (versão 4.1.0 – R CORE TEAM, 2021). Realizadas estatística descritiva, o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resíduos e o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade de variâncias. Para verificar se há diferença entre os tratamentos foi realizada a análise de variância (ANOVA *one way*) para variâncias homogêneas e não homogêneas e o teste H de Kruskal-Wallis para dados não paramétricos. Para os testes *post hoc* foi utilizado o teste Tukey para dados normais, teste de Dunn para dados não paramétricos e teste de Games Well para dados com variância não homogênea. Todos os testes foram realizados a 5% de significância.

Os tratamentos serão mencionados como: Tratamento 1: extrato de folhas, Tratamento 2: extrato de flores, Tratamento 3: extrato das hastes, Tratamento 4: extrato de toda parte aérea da planta (folhas+flores+hastes) e o Tratamento 5: Controle com água previamente fervida. Os dados são apresentados no formato média \pm desvio-padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O extrato aquoso de *T. diversifolia* interferiu significativamente na germinação das sementes. (ANOVA Germinação (%): $F_{(4,75)} = 87.88$, $p = 1.56 \times 10^{-27}$; Kruskal-Wallis IVG (germinação/dia): $X^2_{(4)} = 50.66$, $P = \geq 0.0001$; ANOVA para variâncias não iguais TMG (dias): $F_{(3,5)} = 5.89$, $P = 0.04$). Para sementes de *L. sativa* submetidas ao tratamento 2 a germinação final foi zero, ou seja, nenhuma semente de *L. sativa* foi capaz de germinar quando submetidas ao tratamento com extrato das flores de *T. diversifolia*. Os tratamentos 3 e 4 não diferiram estatisticamente entre si, porém induziram menor germinação das sementes do que quando estas foram expostas ao tratamento controle (Tab. 1).

Sementes de *L. sativa* submetidas ao tratamento 4 apresentaram menor velocidade de germinação quando comparadas as sementes expostas ao tratamento controle. Já os tratamentos 1 e 3 não diferiram estatisticamente entre si, embora apresentem menor IVG que o controle (Tab. 1). Por último, o Tempo Médio de Germinação (TMG) não apresentou diferença entre os tratamentos (Tab. 1).

Tabela 1: Percentual de Germinação; Tempo Médio de Germinação (TMG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) exposta a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae).

Tratamento	Germinação (%)	IVG (germ/dia)	TMG
(1) Folhas	84,89±3,59 ^{ab}	3,258±0,71 ^{ab}	4,41±0,30 ^a
(2) Flor	0 ^d	0 ^d	0 ^b
(3) Hastes	72,80±2,69 ^{bc}	2,79±0,47 ^{bc}	4,52±0,44 ^a
(4) Parte Aérea	61,02±5,09 ^c	2,36±1,05 ^c	4,23±0,18 ^a
(5) Controle	100 ^a	3,92±1,05 ^a	4,01±0,02 ^a

Nota: Números entre parentes é o número do tratamento referente a metodologia. Média (\pm desvio padrão). Diferentes letras minúsculas na coluna indicam uma diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

No que diz respeito a germinação de *C. sativus*, observa-se que os tratamentos resultaram em diferentes taxas (teste *H* Kruskal-Wallis - Germinação (%): $X^2_{(4)} = 58.83$, $P = \geq 0.0001$; ANOVA para variâncias não iguais IVG (germ/dia) = $F_{(4,45)} = 93.30$, $P = \geq 0.0001$; ANOVA para variâncias não iguais TMG (dias): $F_{(4,15)} = 41.92$, $p = P = \geq 0.0001$), sendo que a maior germinação ocorreu nos tratamentos controle, 1 e 3. Diferente de *L. sativa*, algumas sementes de *C. sativus* germinaram quando expostas ao tratamento 2, porém quando comparado ao controle constata-se que houve significativa redução no número de sementes germinadas, apenas $35\% \pm 3,38$ (Tab 2), sendo este o tratamento que mais afetou de forma negativa a germinação de sementes de *C. sativus*. Já quanto ao IVG das sementes de *C. sativus* o único tratamento que diminuiu a taxa diária de germinação foi o extrato de flores (tratamento 2) sendo que o mesmo padrão também ocorreu com o TMG (Tab 2).

Na variável comprimento do eixo hipocótilo-radicular houve diferença estatística entre os tratamentos para as duas espécies (teste *H* - Kruskal-Wallis *L. sativa* : $X^2_{(4)} = 295.54$, $p < 2.20 \times 10^{-16}$; Kruskal-Wallis *C. sativus* : $X^2_{(3)} = 200.94$, $P = \geq 0.0001$) onde constatou-se que os maiores comprimentos de eixo ocorreram no tratamento controle (*L. sativa* com 5.78 ± 1.47 cm e *C. sativus* 11.1 ± 3.76 cm), e os menores eixos no tratamento 2 -extrato de flores *C. sativus* com 0.34 ± 0.10 cm e a *L. sativa* não germinou) (Fig 1).

Tabela 2: Percentual de Germinação; Tempo Médio de Germinação (TMG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de *Cucumis sativus* L. exposto a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae).

Parte	Germinação (%)	IVG (germ/dia)	TMG (dias)
(1) Folhas	99,03±3 ^a	3,52±0,56 ^a	4,42±0,28 ^a
(2) Flor	35,02±3,38 ^c	1,17±0,37 ^b	6,06±0,44 ^b
(3) Hastes	100 ^a	3,71±1,05 ^a	4±0 ^a
(4) Parte Aérea	85,02±2,89 ^b	3,04±0,67 ^a	4,23±0,18 ^a
(5) Controle	100 ^a	3,62±0,81 ^a	4,12±0,18 ^a

Nota: Números entre parenteses é o número do tratamento referente a metodologia. Média (± desvio padrão). Diferentes letras minúsculas na coluna indicam uma diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Além do comprimento, também foi avaliado se as plântulas apresentavam diferenciação visível quanto às partes hipocótilo e radícula, pois é um parâmetro que mostra o grau de desenvolvimento da planta e não apenas o seu comprimento. Neste quesito os resultados mostram que o controle é o tratamento que possui o maior número de sementes germinadas com caule e raiz bem definidos para ambas as espécies, em seguida em ordem decrescente o extrato de haste, parte aérea, folhas e flor (Fig. 2).

Este quesito foi avaliado com a intenção de discutir o atraso no desenvolvimento das plantas provocado pelo contato com os extratos, pois nem sempre a germinação é afetada e sim a saúde da plântula. Quando o crescimento é retardado devido a perda do vigor, acaba prejudicando o estabelecimento da mesma em campo, um atraso que pode significar perda de espaço por competição com outras espécies que se estabelecem primeiro. Em bioensaio sobre a germinação de sementes de alface com extratos de folhas e botões de *T. diversifolia*, Rodriguez-Cala & González-Oliva (2017) constataram que o tamanho de radícula de *L. sativa* foi menor quando exposta ao extrato de folhas do que quando expostas ao extrato de botões, porém o hipocótilo se manteve igual em todos os casos. Miranda *et al.* (2015) identificaram lactonas sesquiterpênicas presentes em extratos de *T. diversifolia* como as principais responsáveis pelo estiolamento de mudas de *Triticum aestivum* L. (trigo).

Além de afetar o tamanho das plântulas, também foi visível anomalias do epicótilo e radícula, sendo que as plântulas apresentaram sintomas intensificados nos tratamentos referentes a parte aérea, folhas e flor tanto para *L. sativa* quanto para o *C. sativus* (Fig. 3).

Houve redução de formação de plântulas normais e maior sensibilidade na raiz, podendo ser observadas necroses e anomalias, como engrossamento e encurvamento da radícula (Fig. 5). No tratamento controle as plântulas desenvolveram-se saudáveis, o que tornou possível a observação de zona pilífera e ramificações da raiz e não foram observadas anomalias no epicótilo, nem necrose, escurecimento, encurvamento ou engrossamento da raiz (Fig 3, 1e e 2e).

Após avaliar a quantidade de plântulas anormais, a fim de identificar os possíveis efeitos que os extratos provocam nas plântulas, identificou-se três tipos de anomalias: enovelamento (*C. sativus* 26.49% e *L. sativa* 46.28%), espessamento da radícula (*C. sativus* 33.59% e *L. sativa* 2.19%) e coifa oxidada (*C. sativus* 48.69% e *L. sativa* 43.88%) (Tab. 3). Diante deste resultado, constata-se que do total de sementes de *L. sativa* exposta ao tratamento 1 (folhas), $78 \pm 8.38\%$ apresentaram anomalias e dentro desta anomalia $64 \pm 11.31\%$ foi enovelamento, $89 \pm 8.86\%$ coifa oxidada e $48 \pm 11.31\%$ engrossamento da radícula. O presente estudo demonstrou anomalias nas plântulas de *L. sativa* e *C. sativus* quando submetida ao extrato aquoso de margaridão.

Tabela 3: Médias (\pm desvios padrão) de para as variáveis tipos de anomalias: Espessamento da radícula (%) e Coifa oxidada (%) e Enovelamento (%) de sementes de *Cucumis sativus* e *Lactuca sativa* expostas a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.

Planta	Tratamento	Espessamento da radícula (%)	Coifa oxidada (%)	Enovelamento (%)
<i>C. sativus</i>	(1) Folhas	$48 \pm 11,31$	$89 \pm 8,86$	$64 \pm 11,31$
	(2) Flores	$47 \pm 7,57$	$43 \pm 8,86$	$6 \pm 2,82$
	(3) Hastes	$6 \pm 2,82$	16 ± 0	$12 \pm 11,31$
	(4) Parte Aérea	$31 \pm 18,29$	$51 \pm 20,49$	$29 \pm 16,12$
	(5) Controle	0	0	0
<i>L. sativa</i>	(1) Folhas	$10 \pm 8,48$	$84 \pm 13,46$	$73 \pm 11,48$
	(2) Flores	0	0	0
	(3) Hastes	4 ± 0	$6 \pm 2,82$	$18,66 \pm 9,23$
	(4) Parte Aérea	4 ± 0	$52 \pm 22,39$	$44 \pm 27,12$
	(5) Controle	0	4 ± 0	0

Os metabolitos existentes em extratos de margaridão não só reduzem o crescimento das plântulas, como também causam alterações em seu aspecto morfológico. Expostas a extratos de margaridão, plântulas de *L. sativa* sofreram alterações como debilidade nos

talos que não suportaram o porte ereto das plantas; além de escurecimento dos tecidos e finalmente a morte das plântulas (Garsaball & Natera, 2013). O modo de ação dos aleloquímicos é variável, se ligando às membranas da planta receptora ou penetrando nas células. Estas ações interferem diretamente no metabolismo da planta receptora e pode resultar em uma série de reações com vários tipos de feedback, quando rotas inteiras podem ser alteradas, mudando processos complexos fundamentais a sobrevivência do organismo (Formagio *et al.* 2014). Além disso, o tempo de residência dos aleloquímicos, a persistência e a transformação podem aumentar, diminuir ou fazer cessar seu efeito alelopático (Formagio *et al.* 2014). Nesse contexto, substâncias alelopáticas podem induzir o aparecimento de plântulas anormais, sendo a necrose da radícula um dos sintomas mais comuns. Assim, a avaliação da normalidade das plântulas é um instrumento valioso e quantitativo (Formagio *et al.* 2014).

Foi medida a massa úmida do total de sementes de cada Gerbox. Observa-se que como não houve germinação nas sementes de *L. sativa* submetidas ao tratamento Flor, estas apresentaram o menor peso e já para as sementes submetidas ao tratamento controle, o peso foi maior, visto que as plantas apresentaram desenvolvimento considerado normal (Fig. 6). Tanto para *L. sativa* quanto para o *C. sativus*, os tratamentos seguiram a classificação em ordem crescente de pesos da seguinte forma: flor, parte aérea, folhas, hastes e controle. Como as duas espécies apresentaram resultados semelhantes evidenciase que o maior efeito sobre o peso se deu no tratamento que testou o extrato aquoso das flores de margaridão.

Os resultados obtidos neste bioensaio demonstraram o potencial alelopático do extrato aquoso do margaridão, tendo em vista sua influência na germinação de sementes, inibição do crescimento, diminuição em medidas de peso e comprimento além de formação de anomalias em *L. sativa* e *C. sativus*. Tendo em vista que o margaridão é usado em agroecossistemas com a maior parte da destinação para agricultura, e o potencial alelopático que este possui, torna-se de grande importância que estudos sugiram novas opções de uso da espécie e práticas de manejo, para prevenção à poluição de ecossistemas, assim como testes com plantas invasoras. O potencial aleloquímico das flores deve ser testado na criação de herbicidas naturais, menos agressivos ao ambiente, à base de margaridão. Kato-Noguchi (2020), alerta para as substâncias fitotóxicas liberadas no solo, seja pelos exsudatos de tecidos vegetais vivos ou pela decomposição de resíduos vegetais de *T. diversifolia*, pois mesmo a planta servindo como adubo verde e aumentando a

produtividade nas lavouras, ainda assim, a espécie é alelopática e contém várias substâncias fitotóxicas, que são provavelmente liberadas no solo.

CONCLUSÃO

As respostas das espécies testada não foram idênticas pois existe a possibilidade de que o efeito alelopático potencial de *T. diversifolia* seja espécie-específico, quando os sinais de efeito (positivo ou negativo) dependem da espécie receptora, porém tanto o *C. sativus* como *L. sativa* tiveram seu desenvolvimento prejudicado pelos extratos.

Extratos vegetais de diferentes partes *T. diversifolia* inibiram os parâmetros de crescimento de *L. sativa* e *C. sativus* na seguinte ordem: flores > parte aérea > folhas > hastes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida a primeira autora.

REFERÊNCIAS

Alves, C. Z., Silva, J. B., Cândido, A. C. S. 2015. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de goiaba. Revista Ciência Agronômica 46: 615-621.

Amri, I., *et al.*, . 2012. Chemical composition, phytotoxic and antifungal activities of *Pinus pinea* essential oil. Journal of pest Science 85(2): 199-207.

Arthanari, P. M. 2019. Sunflower dried stalk extract: A natural Preemergence herbicide: Effect on crops and weeds seed germination. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 8(3): 135-137.

Bitencourt, H. R., Santos, L. S., Souza Filho, A. P. S. 2007. Atividade alelopática de chalcona sintética, de seus precursores e de cetonas e aldeídos relacionados. Planta daninha 25: 747-753.

Chowhan, N., Singh, H. P., Batish, D. R., Kohli, R. K. 2011. Phytotoxic effects of β -pinene on early growth and associated biochemical changes in rice. *Acta Physiologiae Plantarum* 33(6): 2369-2376.

Chukwuka, K. S., Obiakara, M. C., Ogunsumi, I. A. 2014. Effects of aqueous plant extracts and inorganic fertilizer on the germination, growth and development of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Sciences* 59(3): 243-254.

Dela Pena, C., Bartolome, D., Banwa, T. (2013). The potential of *Tithonia diversifolia* (Wild Sunflower) as organic foliar fertilizer. *European scientific journal* 4: 465-468.

Endris, S. 2019. Combined application of phosphorus fertilizer with *Tithonia* biomass improves grain yield and agronomic phosphorus use efficiency of hybrid maize. *International Journal of Agronomy* 2019.

Ferreira, A. G. & Aquila, M. E. A. 2000. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 12(1): 175-204.

Formagio, A. S. N., Masetto, T. E., Vieira, M. D. C., Zárata, N. A. H., Matos, A. D., Volobuff, C. R. F. (2014). Potencial alelopático e antioxidante de extratos vegetais. *Bioscience Journal* 30: 629-638.

Gershenzon, J., Mcconkey, M. E., Croteau, R. B. 2000. Regulation of monoterpene accumulation in leaves of peppermint. *Plant Physiology* 122: .205-13.

Gindri, D. M., Coelho, C. M. M. 2020. Metabolitos aleloquímicos de *Lantana camara* L.: potencial para o desenvolvimento de bioherbicida–revisão. *Revista Técnico-Científica* 24.

Inoue, M. H., Santana, D. C., Souza Filho, A. P. S., Possamai, A. C. S., Silva, L. E., Pereira, M. J. B., Pereira, K. M. (2010). Potencial alelopático de *Annona crassiflora*: efeitos sobre plantas daninhas. *Planta Daninha* 28(3): 488-498.

Iqbal, A., Shah, F., Hamayun, M., Khan, Z. H., Islam, B., Rehman, G., Jamal, Y. 2019. Plants are the possible source of allelochemicals that can be useful in promoting sustainable agriculture. *Fresenius Environ Bull* 28(1052).

Kato-Noguchi, H. 2020. Involvement of Allelopathy in the Invasive Potential of *Tithonia diversifolia*. *Plants* 9(6): 766.

Lopes, C. V. A., Albuquerque, G. S. C. 2021. Desafios e avanços no controle de resíduos de agrotóxicos no Brasil: 15 anos do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos. *Cadernos de Saúde Pública* 37. e00116219.

Miranda, M. A., Varela, R. M., Torres, A., Molinillo, J. M., Gualtieri, S. C., Macías, F. A. 2015. Phytotoxins from *Tithonia diversifolia*. *Journal of Natural Products* 78(5), 1083-1092.

Mkenda, P., Mwanauta, R., Stevenson, P. C., Ndakidemi, P., Mtei, K., Belmain, S. R. 2015. Extracts from field margin weeds provide economically viable and environmentally benign pest control compared to synthetic pesticides. *PloS one* 10(11): e0143530.

Mushta, Q. W., Siddiqui, M. B., Hakeem, K. R. 2020. Allelopathy: potential for green agriculture. Springer Nature, Switzerland. 69 p.

Nadeem, M. A., Khan, B. A., Afzal, S., Aziz, A., Maqbool, R., Amin, M. M., Adnan, M. 2020. Allelopathic effects of aqueous extracts of *Carthamus tinctorius* L. on emergence and seedling growth of *Echinochloa crus-galli* L. *Pakistan Journal of Weed Science Research* 26(3): 367.

Oke, S. O., Awowoyin, A. V., Osein, S. R., Adediwura, E. L. 2011. Effects of aqueous shoot extract of *Tithonia diversifolia* on the growth of seedlings of *Monodora tenuifolia* (Benth.), *Dialium guineense* (Willd.) and *Hildegardia barteri* (Mast.) Kosterm. *Notulae Scientia Biologicae* 3: 64–70.

Otusanya, O.; Ilori, O. 2012. Phytochemical screening and the phytotoxic effects of aqueous extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) a. Gray. International Journal of Biology 4(3): 97.

Pavinato, P. S., Rosolem, C. A. 2008. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. Revista Brasileira de Ciência do Solo 32: 911-920.

Rodríguez-Cala, D., González-Oliva, L. 2017. Testing the allelopathic effect of *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) on a model species. Acta Botánica Cubana 216(3): 167-174.

Sampaio, B. L., Costa, F. B. 2018. Influence of abiotic environmental factors on the main constituents of the volatile oils of *Tithonia diversifolia*. Revista Brasileira de Farmacognosia 28: 135-144.

Santos, A. R. F., Silva-Mann, R. F., Robério, A. 2011. Restrição hídrica em sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.). Revista Árvore 35(2): 213-220.

Santos, I. L. V. L., Silva, C. R. C., Santos, S. L., Maia, M. M. D. 2012. Sorgoleone: benzoquinona lipídica de sorgo com efeitos alelopáticos na agricultura como herbicida. Arquivos do Instituto Biológico 79: 135-144.

Shackleton, R. T., Nunda, W., Beale, T., Van Wilgen, B. W., Witt, A. B. 2019. Distribution of invasive alien *Tithonia* (Asteraceae) species in eastern and southern Africa and the socioecological impacts of *T. diversifolia* in Zambia. Bothalia-African Biodiversity & Conservation 49(1): 1-11.

Kegge, W., Pierik, R. 2010. Biogenic volatile organic compounds and plant competition. Trends in plant Science 15(3): 126-132.

Kyaw, E. H., Iwasaki, A., Suenaga, K., Kato-Noguchi, H. 2022. Allelopathy of the Medicinal Plant *Dregea volubilis* (Lf) Benth. ex Hook. f. and Its Phytotoxic Substances with Allelopathic Activity. Agronomy 12(2): 303.

Silva, D. C., Mauch, C. R., Costa, C. J., Mariot, M. P., Amarante, L. D., Martins, A. C. 2021. Atividade alelopática de diferentes partes vegetais de *Achillea millefolium* e *Cymbopogon citratus* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de sementes e plântulas de *Lactuca sativa*. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais 21:123-131.

Silveira, C., Cardoso, J., da Cruz, M. T. P., Sander, A., Michelin, C., Araújo, V., Kohler, T. 2018. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de *Tithonia diversifolia* a partir de diferentes agrominerais. Embrapa Clima Temperado-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E).

Souza Filho, A. P. S. Vasconcelos, M. A. M. D., Zoghbi, M. D. G. B., Cunha, R. L. 2009. Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium* C. DC. e *Pogostemon heyneanus* Benth sobre plantas daninhas. Acta amazônica 39(2): 389-395.

Wang, C., Wu, B. , Jiang, K. 2019. Allelopathic effects of *Canada goldenrod leaf* extracts on the seed germination and seedling growth of lettuce reinforced under salt stress. Ecotoxicology 28: 103–116.

Zhang, H. Li, C., Kwok, S. T., Zhang, Q. W., Chan, S. W. 2013. A review of the pharmacological effects of the dried root of *Polygonum cuspidatum* (Hu Zhang) and its constituents. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2013.

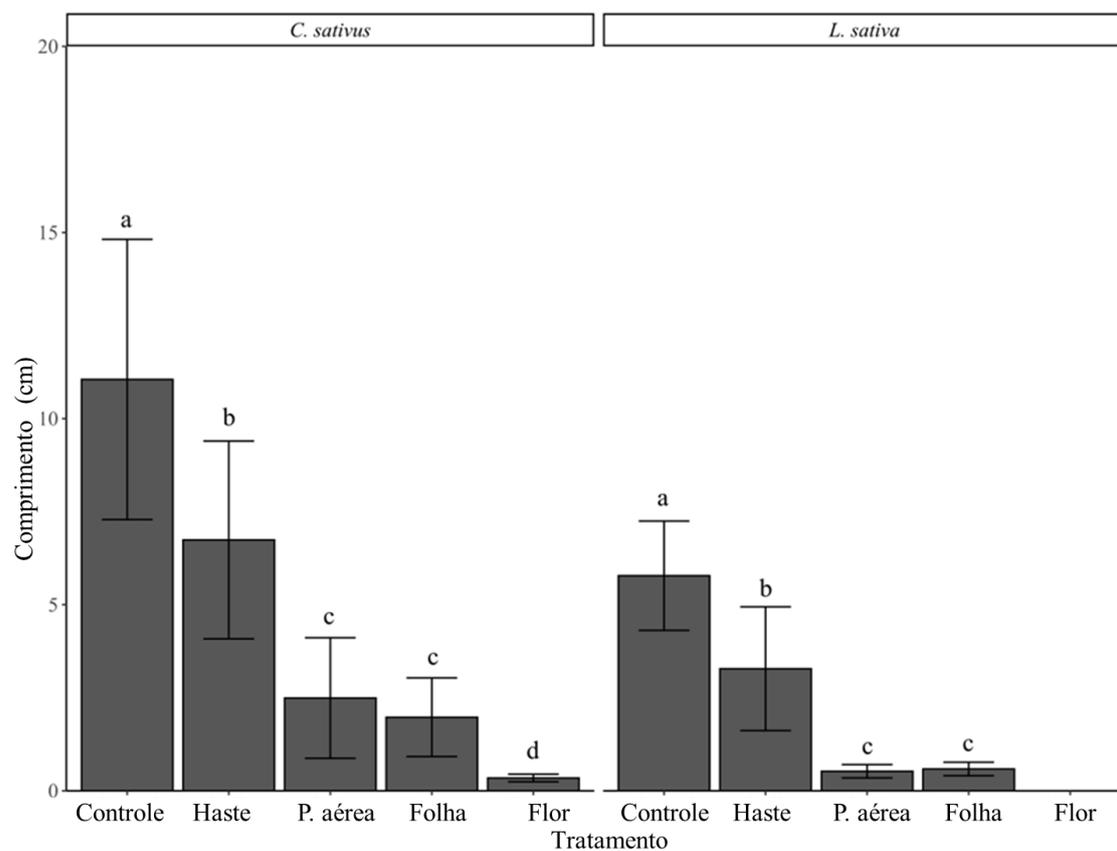


Figura 1: Gráfico de barra (média \pm desvio padrão) do comprimento do eixo hipocótilo-radícula (cm), de sementes germinadas de *Cucumis sativus* e *Lactuca sativa* expostas a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.

Nota: Diferentes letras minúsculas indicam uma diferença significativa entre os tratamentos pelo Dunn ($P < 0,05$).

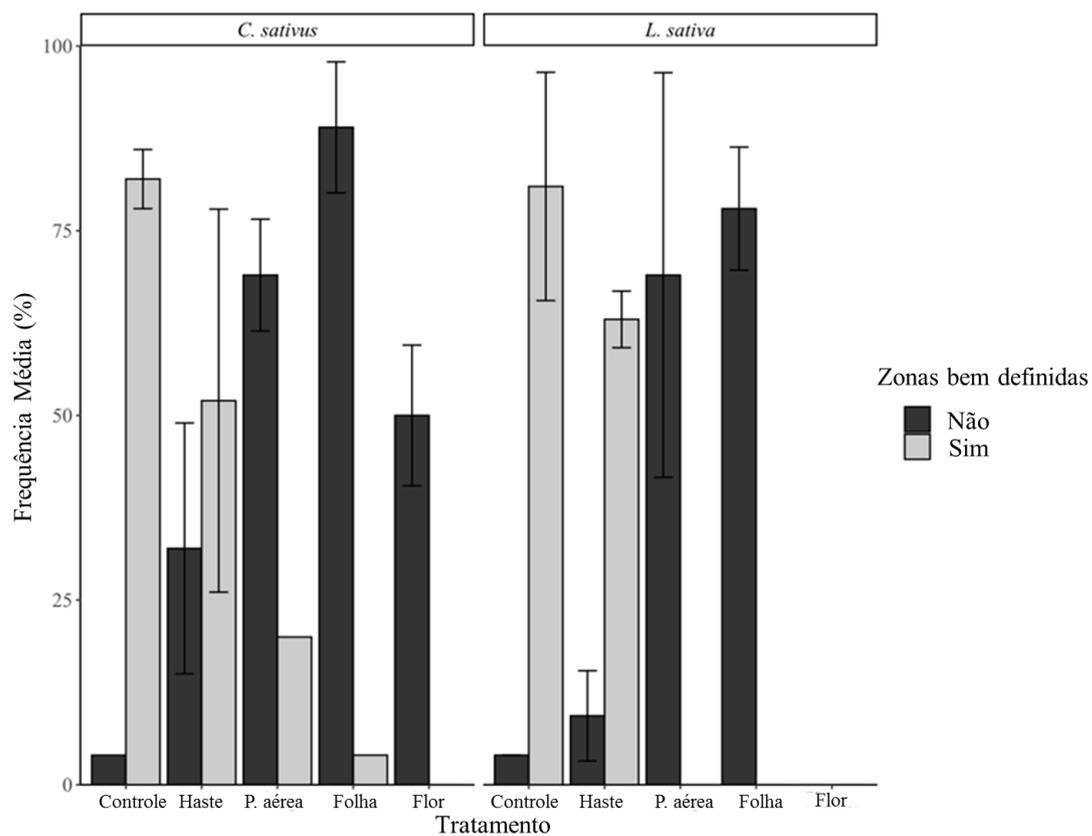


Figura 2: Gráfico de barra (média \pm desvio padrão) da avaliação do número de plântulas que apresentam ou não estruturas de caule e raiz claramente definidas, de sementes germinadas de *Cucumis sativus* e *Lactuca sativa* expostas a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.

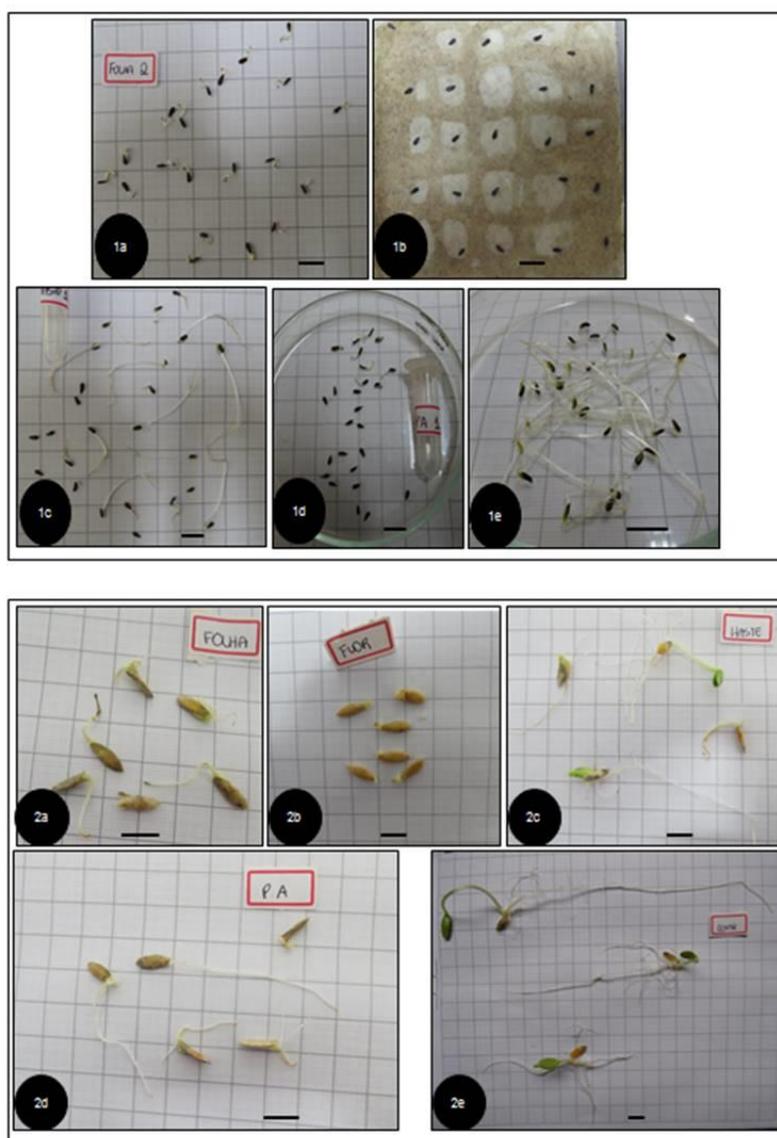


Figura 3: Fotos ao final do experimento. De 1a à 1e sementes de *L. sativa* no sétimo dia de experimento. De 2a à 2e sementes de *L. sativus* ao oitavo dia de experimento. 1a e 2a sementes expostas ao extrato de folhas de *T. diversifolia*. 1b e 2b sementes expostas ao extrato de flores de *T. diversifolia*. 1c e 2c sementes expostas ao extrato de hastes de *T. diversifolia*. 1d e 2d sementes expostas ao extrato da parte aérea de *T. diversifolia*. 1e e 2e sementes expostas ao tratamento controle. Barras = 1 cm.

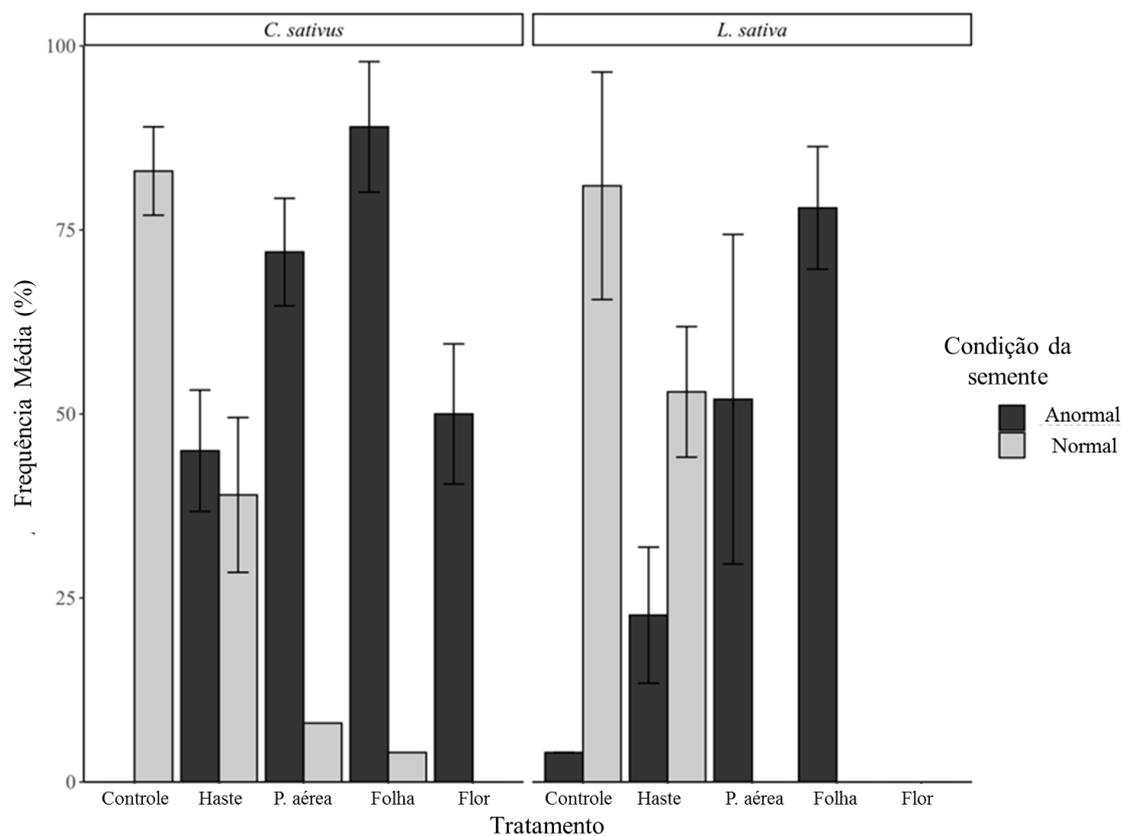


Figura 4: Gráfico de barra (média \pm desvio padrão) das condições das sementes germinadas, de sementes germinadas de *Cucumis sativus* e *Lactuca sativa* expostas a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.

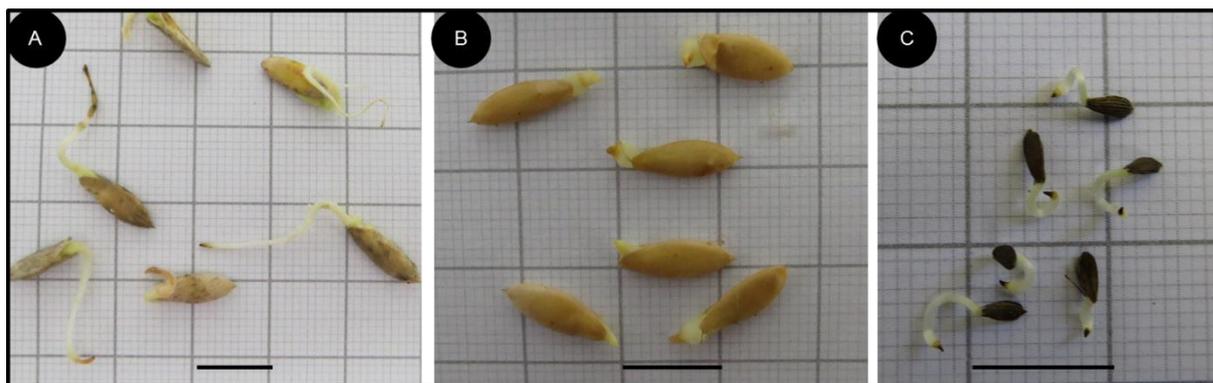


Figura 5: Sementes defeituosas. A – Sementes de *C. sativus* enveladas e com coifa oxidada. B – Sementes de *C. sativus* com espessamento de radícula. C – Sementes de *C. sativa* enveladas e com coifa oxidada. Barras = 1 cm.

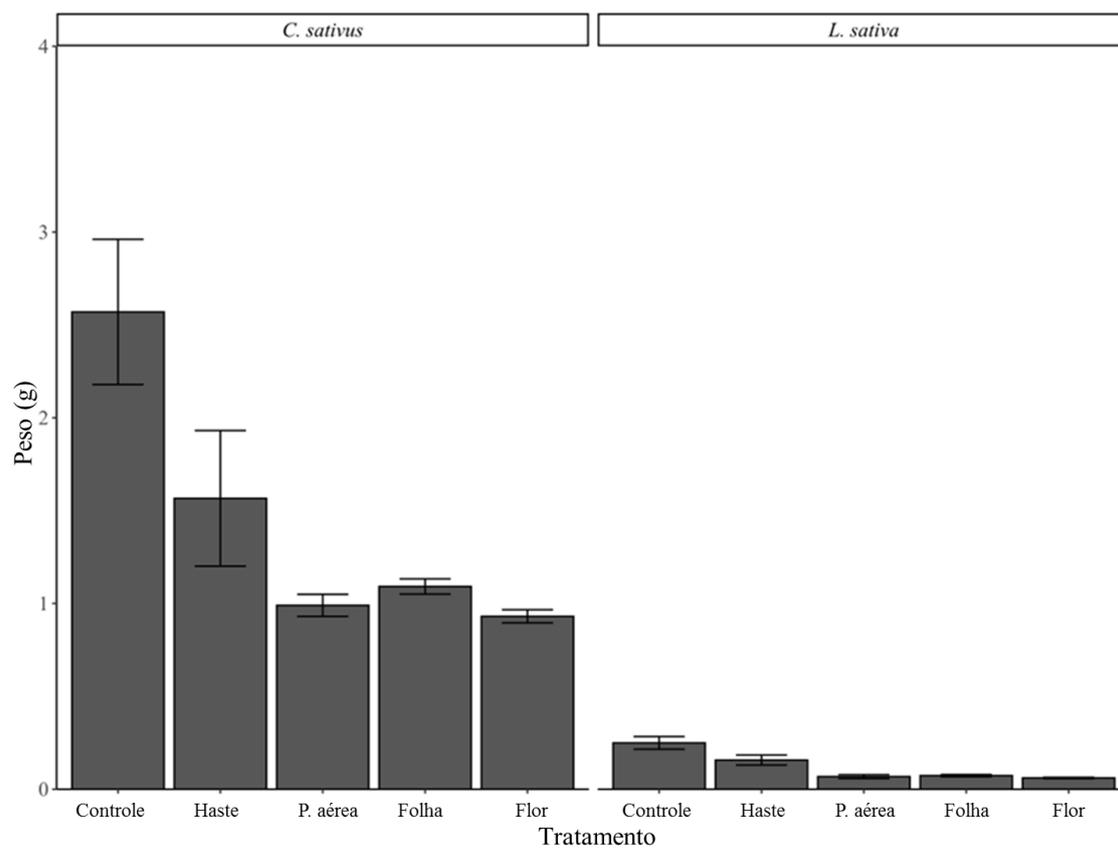


Figura 6: Gráfico de barras (média \pm desvio padrão) do peso das sementes germinadas de *Cucumis sativus* e *Lactuca sativa* expostas a extratos aquosos de diferentes partes vegetais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.

5 Considerações Finais

Diante dos resultados alcançados no primeiro experimento, é possível concluir que os extratos de *T. diversifolia* afetam o desenvolvimento inicial de *L. sativa*. Quanto maior a concentração de extrato utilizada, menor o IVG e maior o TMG. Além disso, foi possível observar anomalias nas radículas emitidas pelas sementes de alface expostas aos extratos, principalmente nas maiores concentrações (15% e 20%). Já o segundo experimento, permite concluir que extratos produzidos de partes vegetais reprodutivas de *T. diversifolia* (inflorescências e botões), afetam negativamente o desenvolvimento inicial de *L. sativa* (alface) e *C. sativus* (pepino) em maior intensidade do que extratos de folhas e hastes.

No primeiro estudo a germinação não foi afetada por nenhuma concentração do extrato, já no segundo experimento a germinação foi menor do que o controle para todos os extratos. Esta diferença pode estar relacionada a época de coleta do material, sendo que no primeiro experimento a coleta do material foi no estágio vegetativo da planta e já para o segundo foi no estágio reprodutivo. Além disso, para o primeiro experimento foi coletada a planta com a raiz e no segundo foi apenas a parte aérea. Foi possível observar que a germinação é menos sensível aos aleloquímicos do que o desenvolvimento da plântula, entretanto, a maioria dos estudos avaliam apenas Germinação, TMG e IVG, provavelmente por serem de mais fácil avaliação, um fenômeno discreto, germina ou não germina (FERREIRA; AQUILA, 2000). Porém destaca-se a importância de avaliar parâmetros de desenvolvimento para além destes, pois o efeito de aleloquímicos sobre a germinação e/ou desenvolvimento da planta são manifestações secundárias de efeitos ocorridos a nível molecular e celular inicialmente (FERREIRA; AQUILA, 2000). De acordo com Rizvi e Rizvi (1992) os

aleloquímicos podem afetar nas plantas receptoras as suas estruturas citológicas; os hormônios; a permeabilidade das membranas; a absorção de nutrientes; o movimento dos estômatos; a própria fotossíntese; a respiração; as atividades enzimáticas; as relações hídricas e até mesmo afetar o material genético, induzindo alterações no DNA e RNA. Além disso, é possível que a função alelopática de *T. diversifolia* seja seletiva aos estágios de desenvolvimento da planta teste (OYERINDE et al., 2009).

Outra questão observada é que a maioria dos estudos sobre alelopatia investiga apenas as propriedades alelopáticas das folhas, sendo as estruturas reprodutivas as menos usadas nos estudos (REIGOSA et al., 2013). Neste sentido destaca-se a importância de avaliar as diferentes partes da planta, porque os resultados encontrados para as sementes expostas aos extratos de flores foram distintos das folhas, assim como das outras partes vegetais. Reigosa et al., (2013), relaciona a preferência por folhas ao fato de que certamente é mais fácil coletar folhas do que coletar raízes.

Para responder de forma mais completa a inquietação dos agricultores quanto ao potencial alelopático de *T. diversifolia* será preciso dar continuidade as pesquisas com a espécie, pois os estudos conduzidos sob condições controladas, podem comprovar que os tecidos vegetais de uma planta específica produzem substâncias bioativas que afetam as funções de uma espécie-alvo, ou seja, que a planta doadora produz compostos bioativos e apenas sugere que, em condições naturais possa prejudicar as espécies vizinhas. Para avaliar se os efeitos alelopáticos são exercidos da mesma forma em condições naturais é preciso reproduzir o experimento em campo (REIGOSA et al., 2013). Entretanto, o primeiro passo foi dado e sabe-se que *T. diversifolia* afetou o desenvolvimento das plântulas, provavelmente por conter substâncias bioativas.

Os resultados encontrados neste estudo servem como base para futuras pesquisas que objetivam testar o uso de *T. diversifolia* para produção de bioherbicidas.

Cabe aqui ressaltar, o cenário em que este trabalho de mestrado foi realizado. O período de estudo teve início em março de 2020 e encerrou em julho de 2022. O ingresso coincide justamente com o momento de início do isolamento

social no Brasil, devido à pandemia de COVID 19, quando as instituições cerraram suas atividades presenciais, sem previsão de retorno.

Os experimentos foram planejados contando com o aparato e estrutura física dos laboratórios da Embrapa Clima Temperado. A qual restabeleceu suas atividades de forma presencial, apenas em março de 2022. Diante do exposto, a execução do trabalho foi prejudicada. Inicialmente o projeto descreve três experimentos, porém apenas os dois primeiros são executados. Devido às restrições estabelecidas pelas organizações de saúde, o acesso aos laboratórios, onde os experimentos foram implantados, foi dificultado e com isso o atraso para conclusão da pesquisa. Frente à necessidade de concluir o mestrado e os resultados satisfatórios alcançados nos dois experimentos desenvolvidos, optou-se por não executar a terceira etapa do projeto.

Referências

- ACHIENG, J. O. et al. Effect of *Tithonia diversifolia* (Hemsley) and inorganic fertilizers on maize yield on Alfisols and Ultisols of Western Kenya. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 1, n. 5, p. 740-747, 2010.
- ADEMILUYI, B. O. OMOTOSO, S. O. Comparative Evaluation of *Tithonia diversifolia* and NPK Fertilizer for soil improvement in maize (*Zea mays*) production in Ado Ekiti, Southwestern Nigeria. **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**, v. 1, n. 1, p. 32-36, 2007.
- AGUIAR, O. B.; PADRÃO, S. M. Direito humano à alimentação adequada: fome, desigualdade e pobreza como obstáculos para garantir direitos sociais. **Serviço Social & Sociedade**, v. 143, p. 121-139, 2022.
- AJAO, A. A.; MOTEETEE, A. N. *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. (Asteraceae: Heliantheae), an invasive plant of significant ethnopharmacological importance: A review. **South African Journal of Botany**, v.113, p.396-403, 2017.
- AJAYI, O. A. et al. Allelopathic potentials of aqueous extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray in biological control of weeds in cowpea cropping system. **International Journal of Agriculture and Economic Development**, v.5, n.1, p.11-28, 2017.
- ALTIERI, M. A. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista Nera**, n. 16, p. 22-32, 2010.
- ALVES, C. Z.; SILVA, J. B.; CÂNDIDO, A. C.S. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de goiaba. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p. 615-621, 2015.
- AMRI, I. et al. Chemical composition, phytotoxic and antifungal activities of *Pinus pinea* essential oil. **Journal of pest science**, v. 85, n. 2, p. 199-207, 2012.
- ARTHANARI, P. M. Sunflower dried stalk extract: A natural Preemergence herbicide: Effect on crops and weeds seed germination. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 3, p. 135-137, 2019.
- AYESA, S. A.; CHUKWUKA, K. S.; ODEYEMI, O. O. Tolerance of *Tithonia diversifolia* and *Chromolaena odorata* in heavy metal simulated-polluted soils and three selected dumpsites. **Toxicology Reports**, v. 5, p.1134–1139, 2018.
- BAIS, H. P. et al. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, p. 233–266, 2006.
- BANZA, M. J. Evaluation de la réponse du maïs (*Zea mays* L.) installé entre les haies de *Tithonia diversifolia* à Lubumbashi, RD Congo. **Journal of Applied Biosciences**, v. 134, p. 13643-13655, 2019.

- BILONG, E. G. et al. Effets des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* et des engrais minéraux sur la croissance, le développement et le rendement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en zone forestière du Cameroun. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v. 11, n. 4, p. 1716-1726, 2017.
- BITENCOURT, H. R.; SANTOS, L. S.; SOUZA FILHO, A. P. S. Atividade alelopática de chalcona sintética, de seus precursores e de cetonas e aldeídos relacionados. **Planta daninha**, v. 25, p. 747-753, 2007.
- BONANOMI, G. Phytotoxicity dynamics of decaying plant materials. **New Phytol**, v. 169, p. 571–578, 2006.
- BOTERO, L. J. M. et al. Rendimiento, parámetros agronómicos y calidad nutricional de la *Tithonia diversifolia* con base en diferentes niveles de fertilización. **Revista mexicana de ciencias pecuarias**, v.10, n.3, p.789-800, 2019.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, 2009. 398p.
- BRUM, C. P.; ETGES, V. E. Do endividamento à precarização das condições de vida e de trabalho: o caso dos produtores de tabaco do município de Rio Pardo/RS. **Mostra de Extensão, Ciência e Tecnologia da Unisc**, n. 2, p. 329, 2021.
- BRUXEL, F. et al. Phytotoxicity of aqueous extract of *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil on *Conyza bonariensis* (L). Cronquist. **South African Journal of Botany**, v.146, p.546-552, 2022.
- CAPORAL, F. R. **Agroecologia**: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis. Brasília: 2009.
- CASTRO, F. et al. Balanço de carbono–viabilidade econômica de dois sistemas agroflorestais em Viçosa, MG. **Floresta e ambiente**, v. 24, 2017.
- CEPEA, CNA. PIB do agronegócio, 2022. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_CNA_PIB_JAn_Dez_2021_Mar%C3%A7o2022.pdf. Acesso em 22 de jun. de 2022.
- CHAGAS-PAULA, D. A. et al. Chlorogenic acids from *Tithonia diversifolia* demonstrate better anti-inflammatory effect than indomethacin and its sesquiterpene lactones. **J. Ethnopharmacol**, v. 136, p. 355–362, 2011.
- CHOWHAN, N. et al. Phytotoxic effects of β -pinene on early growth and associated biochemical changes in rice. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 33, n. 6, p. 2369-2376, 2011.
- CHUKWUKA, K. S.; OBIAKARA, M. C.; OGUNSUMI, I. A. Effects of aqueous plant extracts and inorganic fertilizer on the germination, growth and development of

maize (*Zea mays* L.). **Journal of Agricultural Sciences**, v. 59, n. 3, p. 243-254, 2014.

DAI, G. et al. Potential risks of *Tithonia diversifolia* in Yunnan Province under climate change. **Ecological Research**, v. 36, n. 1, p. 129-144, 2020.

DAYO-OLAGBENDE, G. O.; EWULO, B. S.; AKINGBOLA, O. O. Combined effects of tithonia mulch and urea fertilizer on soil physico-chemical properties and maize performance. **Journal of Sustainable Technology**, v. 10, n. 1, p. 86-93, 2019.

DAYAN, F.E. et al. Natural products in crop protection. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v.17, n.12, p.4022-4034, 2009.

DELA PENA, C.; BARTOLOME, D.; BANWA, T. The potential of *Tithonia diversifolia* (Wild Sunflower) as organic foliar fertilizer. **European scientific journal**, v. 4, p. 465-468, 2013.

ENDRIS, S. Combined application of phosphorus fertilizer with *Tithonia* biomass improves grain yield and agronomic phosphorus use efficiency of hybrid maize. **International Journal of Agronomy**, v. 2019, p. 1-9, 2019.

FAHRURROZI, F. Comparative effects of soil and foliar applications of tithonia-enriched liquid organic fertilizer on yields of sweet corn in closed agriculture production system. **Journal of Agricultural Science**, v.41, n.2, p.238-245, 2019.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015. Sustainable Development Goals. Disponível em: <<http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/es/>>. Acesso em: 02 de agosto de 2021.

FAO/ICRAF. Agroforestry and tenure. Forestry Working Paper. n. 8. Rome. 2019. 40 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/CA4662en/CA4662en.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2021.

FERREIRA, A. G. **Interferência: Competição e Alelopatia**. In: Ferreira, A.G.; Borghetti, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed Editora. 2004. p. 251-262.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.1, p.175-204, 2000.

FORMAGIO, A. S. N. et al. Potencial alelopático e antioxidante de extratos vegetais. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 629-638, 2014.

GARSABALL, J. A. L.; NATERA, J. R. M. Efectos alelopáticos de extractos acuosos de hojas de botón de oro [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.] sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). **Scientia Agropecuaria**, v. 4, n. 3, p. 229-241, 2013.

- GATES, B. **Como evitar um desastre climático**: As soluções que temos e as inovações necessárias. São Paulo: Companhia das Letras, 2021.
- GERSHENZON, J.; MCCONKEY, M. E.; CROTEAU, R. B. Regulation of monoterpene accumulation in leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v. 122, p. 205-13, 2000.
- GINDRI, D. M.; COELHO, C. M. M. Metabolitos aleloquímicos de lantana camara l.: potencial para o desenvolvimento de bioherbicida–revisão. **Revista Técnico-Científica**, n. 24, 2020.
- GLIESSMAN, S. R.; ENGLES, E.; KRIEGER, R. **Agroecology**: ecological processes in sustainable agriculture. CRC press, 1998.
- GONZÁLEZ-CASTILLO, J. C.; HAHN VON-HESSBERG, C. M.; NARVÁEZ-SOLARTE, W. Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) y su uso en la alimentación animal. **Boletín Científico (Centro de Museos. Museu de História Natural (Universid de Caldas))**, v. 18, n. 2, p. 45-58, 2014.
- GÖTSCH, Ernst. Break-through in agriculture. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995.
- GU, J. Q. et al. Sesquiterpenoids from *Tithonia diversifolia* with potential cancer chemopreventive activity. **Journal of Natural Products**, v. 65, n. 4, p. 532–536, 2002.
- GUARINO, E. S. G. et al. Máquinas e equipamentos úteis para implantação e manejo de sistemas agroflorestais (SAFs). Pelotas: **Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)**, 2020.
- GUATUSMAL-GELPUD, C. et al. Producción y calidad de *Tithonia diversifolia* y *Sambucus nigra* en trópico altoandino colombiano. **Agronomía Mesoamericana**, v. 31, n. 1, p. 193-208, 2020.
- HENZEL, A. B. D. et al. Vozes Rurais: a racionalidade nos sistemas agroflorestais do sul do Brasil. **Revista IDeAS**, v. 15, n. 1, p. 1-22, 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Agricultura, pecuária e outros. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>>. Acesso em 13 de maio 2022.
- INOUE, M. H. et al. Potencial alelopático de *Annona crassiflora*: efeitos sobre plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 488-498, 2010.
- IQBAL, A. et al. Plants are the possible source of allelochemicals that can be useful in promoting sustainable agriculture. **Fresenius Environ Bull**, v. 28, n. 1052, 2019.

JAMA, B. et al. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: a review. **Agroforestry systems**, v. 49, n. 2, p. 201-221, 2000.

JOHN-DEWOLE, O. O.; ONI, S. O. Phytochemical and antimicrobial studies of extracts from the leaves of *Tithonia diversifolia* for pharmaceutical importance. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, v. 6, p. 21-5, 2013.

JUKOSKI, L. A. B; MOREIRA, G. C; RODRIGUES, A. C. P. Efeito alelopático de grama seda no desenvolvimento de plântulas de alface e feijão. **Cultivando o Saber**, v. 4, n. 1, p. 91-99, 2011.

KASONGO, L. M. E. Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L.(Merril) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, RD Congo. **Journal of Applied Biosciences**, v. 63, p. 4727-4735, 2013.

KATO-NOGUCHI, H. Involvement of Allelopathy in the Invasive Potential of *Tithonia diversifolia*. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 766, 2020.

KEGGE, W.; PIERIK, R. Biogenic volatile organic compounds and plant competition. **Trends in plant science**, v. 15, n. 3, p. 126-132, 2010.

KRITICOS, J. M.; KRITICOS, D. J. Pretty (and) invasive: The potential global distribution of *Tithonia diversifolia* under current and future climates. **Invasive Plant Science and Management**, p. 1-9, 2021.

KURODA, M. et al. Sesquiterpenoids and flavonoids from the aerial parts of *Tithonia diversifolia* and their cytotoxic activity. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 55, n. 8, p. 1240-1244, 2007.

KYAW, E. H. et al. Allelopathy of the Medicinal Plant *Dregea volubilis* (Lf) Benth. ex Hook. f. and Its Phytotoxic Substances with Allelopathic Activity. **Agronomy**, v. 12, n. 2, p. 303, 2022.

LI, X. et al. Two new monoterpenes from *Tithonia diversifolia* and their anti-hyperglycemic activity. **Records of Natural Products**, v. 4, p. 351–354, 2013.

LIASU, M. O.; OGUNDARE, A. O.; OLOGUNDE, M. O. Effect of soil supplementation with fortified *Tithonia* Mulch and directly applied inorganic fertilizer on growth and development of potted okra plants. **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**, v. 2, n. 3, p. 264-270, 2008.

LIMA, H. R. P. Alelopatia: potencialidades do seu uso no controle do mato. In: OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. **Controle de plantas daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia**. Brasília, DF: Embrapa, p. 148-164, 2018.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Desafios e avanços no controle de resíduos de agrotóxicos no Brasil: 15 anos do Programa de Análise de Resíduos

de Agrotóxicos em Alimentos. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, p. e00116219, 2021.

MAFONGOYA, P. L. et al. Effect of multipurpose trees, age of cutting and drying method on pruning quality. In: Effect of multipurpose trees, age of cutting and drying method on pruning quality. **CAB INTERNATIONAL**, p. 167-174, 1997.

MATOS, P.S. et al. Linkages among soil properties and litter quality in agroforestry systems of southeastern Brazil. **Sustainability**, v.12, n.22, p.9752, 2020.

MEJÍA-DÍAZ, E. et al. *Tithonia diversifolia*: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. **Agronomía Mesoamericana**, v.28, n.1, p.289-302, 2017.

MICCOLIS, A. et al. Restoration through agroforestry: options for reconciling livelihoods with conservation in the Cerrado and Caatinga biomes in Brazil. **Experimental Agriculture**, v.55, n.S1, p. 208-225, 2019.

MIRANDA, M. A. Phytotoxins from *Tithonia diversifolia*. **Journal of Natural Products**, v. 78, n. 5, p. 1083-1092, 2015.

MKENDA, P. Extracts from field margin weeds provide economically viable and environmentally benign pest control compared to synthetic pesticides. **PloS one**, v. 10, n. 11, p. e0143530, 2015.

MOLINA, A. R. et al. Espécies vegetais recomendadas para Cortinamento em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) na Região Central do Rio Grande do Sul. **Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-E)**, 2021.

MUSHTA, Q. W.; SIDDIQUI, M. B.; HAKEEM, K. R. Allelopathy: potential for green agriculture. Springer Nature, Switzerland. p. 69, 2020.

MUSTONEN, P. S.; OELBERMANN, M.; KASS, D. C. L. Response of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Tithonia diversifolia* (Hansl.) Gray biomass retention or removal in a slash and mulch agroforestry system. **Agroforestry systems**, v. 88, n. 1, p. 1-10, 2014.

MWANGI, P. M.; MATHENGE, P. W. Comparison of tithonia (*Tithonia diversifolia*) green manure, poultry manure and inorganic sources of nitrogen in the growth of kales (*Brassicae oleraceae*) in Nyeri County, Kenya. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 14, n. 3, 2014.

NADEEM, M. A. et al. Efeitos alelopáticos de extratos aquosos de *Carthamus tinctorius* L. na emergência e crescimento de plântulas de *Echinochloa crus-galli* L. **Paquistão Journal of Weed Science Research**, v. 26, n. 3, p. 367, 2020.

OBAFEMI, C. et al. Antimicrobial activity of extracts and a germacranolide-type sesquiterpene lactone from *Tithonia diversifolia* leaf extract. **African J. Biotechnol**, v. 5, p. 1254–1258, 2006.

OKE, S.O. Effects of aqueous shoot extract of *Tithonia diversifolia* on the growth of seedlings of *Monodora tenuifolia* (Benth.), *Dialium guineense* (Willd.) and *Hildegardia barteri* (Mast.) Kosterm. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 3, p. 64–70, 2011.

OLAYINKA, B.U. et al. Phytochemical and proximate composition of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. **Annals Food Science and Technology**, v.16, n.1, p.195-200, 2015. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153297836>>. Acesso em 9 de maio de 2022.

OLIVEIRA, J. S. et al. Avaliação de extratos das espécies *Helianthus annuus*, *Brachiaria brizantha* e *Sorghum bicolor* com potencial alelopático para uso como herbicida natural. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 379-384, 2015.

OLIVEIRA, P. V. A. et al. Avaliação alelopática de *Tithonia diversifolia* na germinação e no crescimento inicial de *Bidens pilosa* e *Brachiaria brizantha*. **Revista Agrogeoambiental**, v. 3, n. 3, 2011.

OLOWOKERE, F. A.; ODULATE, L. O. Effects of *Tithonia diversifolia*, Poultry Manure, Cow dung, and their Composts on Soil Chemical Properties under Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) Production. **Journal of Organic Agriculture and Environment**, v. 6, p. 1-7, 2019.

OLUWAFEMI, A. B. Comparative evaluation of NPK fertilizer and *Tithonia diversifolia* biomass in sweet pepper (*Capsicum annum*) Production in Ado Ekiti, Nigeria. **Journal of life Sciences**, v. 7, n. 3, p. 289, 2013.

OMOLOLA, T. O. Phytochemical, Proximate and Elemental Composition of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray leaves. **International Annals of Science**, v.8, n.1, p.54-61, 2020.

OTUMA, P. et al. Participatory research on soil fertility management in Kabras, western Kenya: Report of activities, 1996–1997. **Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF)**, Nairobi, Kenya, 1998.

OTUSANYA, O.; ILORI, O. Phytochemical screening and the phytotoxic effects of aqueous extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) a. Gray. **International Journal of Biology**, v. 4, n. 3, p. 97, 2012.

OWOYELE, V. B. Studies on the anti-inflammatory and analgesic properties of *Tithonia diversifolia* leaf extract. **Journal Ethnopharmacol**, v. 90, p. 317–321, 2004.

OYERINDE, R. O.; OTUSANYA, O. O.; AKPOR, O. B. Allelopathic effect of *Tithonia diversifolia* on the germination, growth and chlorophyll contents of maize (*Zea mays* L.). **Scientific Research and Essays**, v. 4, n. 12, p. 1553-1558, 2009.

- OYEWOLE, I. O. Anti-malarial and repellent activities of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) leaf extracts. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 2, p. 171–175, 2008.
- PARTEY, S. T. et al. Decomposition and nutrient release patterns of the leaf biomass of the wild sunflower (*Tithonia diversifolia*): a comparative study with four leguminous agroforestry species. **Agroforestry Systems**, v. 81, n. 2, p. 123-134, 2011.
- PASSONI, F. D. et al. Repeated-dose toxicological studies of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. gray and identification of the toxic compounds. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 147, n. 2, p. 389-394, 2013.
- PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.
- PRIMAVESI, A.. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. 2ª Ed. São Paulo. Expressão Popular, 2016.
- PRIMAVESI, A. Nem todas as plantas se gostam. **Revista Agroecologia Hoje**. v. 2, n.10, p. 10, 2001. Disponível em : <<https://anamariaprimavesi.com.br/2019/06/19/nem-todas-as-plantas-se-gostam/>> Acesso em 16 de abril de 2022.
- REIGOSA, M. et al. Allelopathic research in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 4, p. 629-646, 2013.
- REIS, M. M. et al. Productive and nutritional aspects of *Tithonia diversifolia* fertilized with biofertilizer and irrigated. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 11, p. 367-379, 2018.
- RIBEIRO, V. M. et al. Efeito alelopático de *Leucaena leucocephala* e *Hovenia dulcis* sobre germinação de *Mimosa bimucronata* e *Peltophorum dubium*. **Iheringia. Série Botânica**, v. 74, 2019.
- RICE, E. L. **Allelopathy**. 2 ed. Orlando: Academic Press, p. 422, 1984.
- RIZVI, S. J. H.; RIZVI, H. **Allelopathy: Basic and applied aspects**. London: Chapman & Hall, 1992.
- RODRÍGUEZ-CALA, D.; GONZÁLEZ-OLIVA, L. Testing the allelopathic effect of *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) on a model species. **Acta Botánica Cubana**, v. 216, n. 3, p. 167-174, 2017.
- SÁNCHEZ-MENDOZA, M. E. et al. Bioassay-guided isolation of an anti-ulcer compound, tagitinin C, from *Tithonia diversifolia*: role of nitric oxide, prostaglandins and sulfhydryls. **Molecules**, v. 16, n. 1, p. 665-674, 2011.

- SAMPAIO, B. L.; EDRADA-EBEL, R. A.; COSTA, F. B. Effect of the environment on the secondary metabolic profile of *Tithonia diversifolia*: a model for environmental metabolomics of plants. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2016.
- SAMPAIO, B. L.; DA COSTA, F. B. Influence of abiotic environmental factors on the main constituents of the volatile oils of *Tithonia diversifolia*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 28, p. 135-144, 2018.
- SANTANA, D. C.; RANAL, M. A. **Análise estatística**. In Germinação: Do básico ao aplicado F. BORGHETTI & A.G. FERREIRA (Orgs.). Arned, Porto Alegre, p. 197-208. 2004.
- SANTOS, A. R. F.; SILVA-MANN, R.; FERREIRA, R. A. Restrição hídrica em sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, p. 213-220, 2011.
- SANTOS, I. L. V. L. et al. Sorgoleone: benzoquinona lipídica de sorgo com efeitos alelopáticos na agricultura como herbicida. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, p. 135-144, 2012.
- SANTOS, S. A. M. et al. Effects of irrigation and nitrogen fertilization rates on yield, agronomic efficiency and morphophysiology in *Tithonia diversifolia*. **Agricultural Water Management**, v. 248, p. 1-10, 2021.
- SENARATHNE, S. H. et al. Biomass allocation and growth performance of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in coconut plantations in Sri Lanka. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 5, p. 1865-1875, 2019.
- SHACKLETON, R. T. et al. Distribution of invasive alien *Tithonia* (Asteraceae) species in eastern and southern Africa and the socioecological impacts of *T. diversifolia* in Zambia. **Bothalia-African Biodiversity & Conservation**, v. 49, n. 1, p. 1-11, 2019.
- SHIVA, V. **Monoculturas da Mente**: perspectivas da biodiversidade e da biotecnologia. São Paulo: Gaia, 2018.
- SILVA, D. C. et al. Atividade alelopática de diferentes partes vegetais de *Achillea millefolium* e *Cymbopogon citratus* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de sementes e plântulas de *Lactuca sativa*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 21, p. 123-131, 2021.
- SILVA, J. A. B. et al. Teorias demográficas e o crescimento populacional no mundo. **Caderno de Graduação-Ciências Humanas e Sociais-UNIT-SERGIPE**, v. 2, n. 3, p. 113-124, 2015.

SILVEIRA, C. et al. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de *Tithonia diversifolia* a partir de diferentes agrominerais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018.

SOUZA FILHO, A. P. S. **Alelopatia e as plantas**. 1 ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

SOUZA FILHO, A. P. S. et al. Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium* C. DC. e *Pogostemon heyneanus* Benth sobre plantas daninhas. **Acta amazônica**, v. 39, n. 2, p. 389-395, 2009.

TAKIM, F. O.; OYEKUNLE, G. O.; ODEYEMI, J. O. Soil weed seedbank dynamic and allelopathic potential of *Tithonia diversifolia* (Hemsl). **Journal of Agricultural Research and Development**, v. 16, n. 1, p. 20-30, 2017.

THONGSOM, M. et al. Antioxidant and hypoglycemic effects of *Tithonia diversifolia* aqueous leaves extract in alloxan-induced diabetic mice. **Advances in Environmental Biology**, p. 2116-2126, 2013.

TONGMA, S.; KOBAYASHI, K.; USUI, K. Allelopathic activity of Mexican sunflower [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray] in soil under natural field conditions and different moisture conditions. **Weed Biology and Management**, v. 1, n. 2, p. 115-119, 2001.

TONGMA, S.; KOBAYASHI, K.; USUI, K. Allelopathic activity of Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) in soil. **Weed Science**, v. 46, n. 4, p. 432-437, 1998.

VIVAN, J. L. Agricultura e florestas: princípios de uma interação vital. Guaíba: Agropecuária, 1998.

VIVAS-ARTURO, W. F. et al. Biological behavior of six cultivars of *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray. **Tropical And Subtropical Agroecosystems**, v. 25, n. 1, 2022.

WANG, C.; WU, B.; JIANG, K. Allelopathic effects of Canada goldenrod leaf extracts on the seed germination and seedling growth of lettuce reinforced under salt stress. **Ecotoxicology**, v. 28, p. 103–116, 2019.

WEZEL, A. et al. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 29, n. 4, p. 503-515, 2009.

WITT, A. B. et al. Distribution of invasive alien *Tithonia* (Asteraceae) species in eastern and southern Africa and the socio-ecological impacts of *T. diversifolia* in Zambia. **Bothalia-African Biodiversity & Conservation**, v. 49, n. 1, p. 1-11, 2019.

ZHANG, Huan et al. A review of the pharmacological effects of the dried root of *Polygonum cuspidatum* (Hu Zhang) and its constituents. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2013, 2013.

ZHAO, G. et al. Three new sesquiterpenes from *Tithonia diversifolia* and their anti-hyperglycemic activity. **Fitoterapia**, v. 83, p. 1590–1597, 2012.

ZHAO, L. et al. Tagitinin A from *Tithonia diversifolia* provides resistance to tomato spotted wilt orthotospovirus by inducing systemic resistance. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 169, p.104654, 2020.