

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Mylena Gonçalves Anchieta

**CONTROLE DE *Hovenia dulcis* UTILIZANDO EXTRATOS VEGETAIS**

Santa Maria, RS

2022

Mylena Gonçalves Anchieta

**CONTROLE DE *Hovenia dulcis* UTILIZANDO EXTRATOS VEGETAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Leone Zabet  
Co-orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Tres

Santa Maria, RS

2022

Anchieta, Mylena Gonçalves  
CONTROLE DE *Hovenia dulcis* UTILIZANDO EXTRATOS  
VEGETAIS / Mylena Gonçalves Anchieta.- 2022.  
66 p.; 30 cm

Orientador: Giovani Leone Zobot  
Coorientador: Marcus Vinicius Tres  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2022

1. Extratos vegetais 2. Espécies exóticas invasoras 3.  
Alelopatia I. Leone Zobot, Giovani II. Tres, Marcus  
Vinicius III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, MYLENA GONÇALVES ANCHIETA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Mylena Gonçalves Anchieta

CONTROLE DE *Hovenia dulcis* UTILIZANDO EXTRATOS  
VEGETAIS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2022:



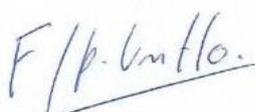
---

Giovani Leone Zabet, Dr. (UFSM) - Parecer  
(Presidente/Orientador)



---

Tássia Carla Confortin, Dra. (Colégio Marista Medianeira) - Parecer



---

Felipe Vedovatto, Dr. (Externo) - Parecer

Santa Maria,

RS 2022

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me guiar até aqui, me dando a oportunidade de viver essa experiência.

Aos meus pais, Olga e Luiz Carlos, por nunca duvidarem do que sou capaz de conquistar e pela educação, amor, confiança, apoio que desprenderam a mim nessa longa caminhada de minha vida.

A minha irmã Chayene que a ela devo parte deste trabalho, pois não mediu esforços para me ajudar a desempenhá-lo, e não me deixou desistir no caminho. Ao meu irmão de coração, meu cunhado Nicholas que sem dúvidas teve suma importância nessa conquista.

Ao meu namorado Rafael, pela paciência, companheirismo, amor e principalmente pela compreensão nos momentos que tive que me fazer ausente.

Aos meus amigos, que me deram forças e ouviram meus desabafos e por me proporcionarem momentos de descontração repletos de amor.

Ao meu orientador Prof. Dr. Giovani Leone Zobot, com quem eu pude contar nessa jornada. Fostes fundamental para meu crescimento e sou muito grata por ter te tido como orientador, és uma pessoa incrível.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Marcus Vinicius Tres, agradeço pelas contribuições e sugestões, foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcio Antonio Mazutti, Prof. Dr. Luciane Tabaldi, Prof. Dr. Paulo Coradi e Prof. Dr. Jerson Guedes, a ajuda foi de suma importância para este trabalho, sem vocês este não seria possível.

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado essa missão de me auxiliar com sugestões e correção para melhorias no trabalho.

Aos alunos de iniciação científica, que sempre estiveram prontos para ajudar no que fosse necessário.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, e à CAPES pela disponibilização de minha bolsa de estudo.

O meu muito obrigado a todos que acreditaram em mim, que me ajudaram e me deram forças para encerrar esse ciclo. Passei por muitos momentos difíceis e a vontade de desistir veio por várias vezes, porém as pessoas que estavam na minha volta me apoiaram e então pude chegar até aqui. Eu venci a mim mesma, pois muitas vezes realmente acreditei que não era capaz, e fui meu pior inimigo! Hoje eu me sinto capaz de qualquer coisa. Sou extremamente grata por tudo o que vivi e com quem eu vivi.

## RESUMO

### CONTROLE DE *Hovenia dulcis* UTILIZANDO EXTRATOS VEGETAIS

AUTOR: Mylena Gonçalves Anchieta  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Giovani Leone Zobot  
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcus Vinícius Tres

Unidades de conservação têm por objetivo conservar a biodiversidade natural dos ecossistemas, preservando fragmentos de biomas brasileiros. Porém, algumas dessas unidades encontram-se ameaçadas pela invasão de espécies exóticas como a *Hovenia dulcis*. Deste modo, é de suma importância que ações de controle sejam elaboradas para que as unidades de conservação possam desempenhar seu papel na sociedade. As plantas naturalmente possuem mecanismos de defesas naturais que as protegem de estresses gerais, como fatores ambientais, patógenos, insetos e até mesmo de outras plantas. Estas defesas são de natureza química e podem ser extraídas das matrizes vegetais. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de extratos de *Psidium cattleianum* (araçá) e *Capsicum baccatum* (pimenta dedo-de-moça) no controle de *Hovenia dulcis* (uva-do-japão). As extrações com sonda ultrassônica foram realizadas com 20 g de amostra e 25,4 mL de água destilada. Foram avaliados os efeitos do tempo (20 – 60 min), da fração de potência máxima (50 – 100%) e do ciclo de pulso (0,3 – 0,7) nos rendimentos de extração dos compostos. Bioensaios de pré-emergência (*Cucumis sativus* var. e *Hovenia dulcis*) e pós-emergência (*Hovenia dulcis*) foram realizados para a avaliação do efeito dos extratos. Os resultados encontrados nos bioensaios demonstram que os extratos de pimenta-dedo-de-moça apresentaram maior efeito inibitório de germinação de sementes de pepino quando comparado com o araçá. Com base nesse resultado, aplicou-se o extrato de pimenta dedo-de-moça em sementes e nas plantas de uva-do-japão e observou-se que, embora o extrato não tenha inibido completamente a germinação, houve alteração no desenvolvimento normal das plântulas e, também, no crescimento da parte aérea e das raízes. Os resultados de pós-emergência de uva-do-japão apresentaram efeito leve na coloração das folhas das plantas, provocando amarelecimento em algumas amostras. No geral, ao se comparar com a testemunha, a aplicação dos extratos de pimenta dedo-de-moça apresentou ação inibitória contra o desenvolvimento normal das plantas de uva-do-japão.

**Palavras-chave:** Extratos vegetais, espécies exóticas invasoras, alelopatia.

## ABSTRACT

### CONTROL OF *Hovenia dulcis* UTILIZING VEGETAL EXTRACTS

AUTHOR: Mylena Gonçalves Anchieta  
ADVISOR: Prof. Dr. Giovani Leone Zabot  
CO-ADVISOR: Prof. Dr. Marcus Vinícius Tres

Conservation units aim to conserve the natural biodiversity of ecosystems, preserving fragments of Brazilian biomes. However, some of these units are threatened by the invasion of exotic species. Control actions are important to be developed to protect areas that play important role in society. In general, all plants have natural defense mechanisms that protect them from other plants and threats. These defense mechanisms are chemical and can be extracted from the plant matrix. In this sense, bioactive extracts have been used as an alternative to the use of chemical herbicides. Therefore, the objective of this work was to evaluate the efficiency of extracts from *Psidium cattleianum*, known as araçá, and *Capsicum baccatum*, known as dedo-de-moça pepper, in the control of *Hovenia dulcis*, known as uva-do-japão. Ultrasound-assisted extractions were performed with 20 g of mass of samples and 25.4 mL of distilled water. The effects of time (20 – 60 min), maximum power fraction (50 – 100%), and pulse cycle (0.3 – 0.7) on compound extraction activities were evaluated. To evaluate the effect of the extracts, pre-emergence (*Cucumis sativus* var. and *Hovenia dulcis*) and post-emergence (*Hovenia dulcis*) bioassays were performed. The results found in the bioassays show that the extracts of *Capsicum baccatum* had a higher inhibitory effect on the germination of cucumber seeds when compared with *Psidium cattleianum*. Based on this result, the extract was applied to *Hovenia dulcis* seeds. Although the extract did not completely inhibit germination, it presented an effect against the normal development of seedlings, including the aerial parts and roots. The post-emergence results of *Hovenia dulcis* had a slight effect on the plants, causing yellowing in some samples. The application of the extracts from dedo-de-moça pepper showed the action effects against the normal development of *Hovenia dulcis*.

**Keywords:** Plant extracts, invasive species, allelopathy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do Parque Estadual da Quarta Colônia no RS .....	16
Figura 2 - Imagem de uma planta de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg em fase adulta.....	19
Figura 3 - Imagem de uma planta de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum em fase adulta e seus frutos .....	24
Figura 4 - Imagem de uma planta de <i>Psidium cattleianum</i> Sabine em fase adulta.....	25
Figura 5 - Representação esquemática do estudo experimental .....	29
Figura 6 - Sementes de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg em processo de amadurecimento.....	30
Figura 7 - Frutos de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum .....	31
Figura 8 - Folhas verdes de <i>Psidium cattleianum</i> Sabine (A), folhas após a secagem em estufa (B) e folhas moídas (C). .....	31
Figura 9 - Ensaio da pré-germinação de sementes de <i>Cucumis sativus</i> da testemunha e do ensaio 8 com aplicação de extrato de <i>Psidium cattleianum</i> Sabine .....	37
Figura 10 - Ensaio da pré-germinação de sementes de <i>Cucumis sativus</i> da testemunha e do ensaio 8 com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum .....	39
Figura 11 - Ensaio da pré-germinação de sementes de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg da testemunha e da extração por ultrassom com aplicação de extrato de <i>Psidium cattleianum</i> Sabine .....	41
Figura 12 - Ensaio da pré-germinação de sementes de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg da testemunha e do ensaio 10 com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum .....	42
Figura 13 - Gráfico de Pareto de efeitos das variáveis da extração assistida por ultrassom de compostos de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum sobre a pré-germinação de sementes de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg.....	42
Figura 14 - Ensaio do pós-emergência de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum.....	44
Figura 15 - Comprimento de raiz de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum .....	45
Figura 16 - Gráfico de Pareto de efeitos das variáveis da extração assistida por ultrassom de compostos de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum sobre variáveis-resposta de pós-emergência de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg .....	46
Figura 17 - Comprimento total da planta de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum .....	47
Figura 18 - Massa fresca da planta de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum .....	48
Figura 19 - Massa seca da planta de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum .....	49
Figura 20 - Teor de clorofila da planta de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum; T: testemunha .....	51
Figura 21 - Teor de carotenoides da planta de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum ; T: testemunha.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies exóticas invasoras registradas no Parque Estadual da Quarta Colônia e no entorno.....	21
Tabela 2 - Delineamento composto central aplicado no estudo de obtenção de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> .....	33
Tabela 3 - Pré-emergência de sementes de <i>Cucumis sativus</i> com aplicação de extrato de <i>Psidium cattleianum</i> Sabine.....	36
Tabela 4 - Pré-germinação de sementes de <i>Cucumis sativus</i> com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> e comparação com a testemunha .....	38
Tabela 5 - Pré-germinação de sementes de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg com aplicação de extrato de <i>Psidium cattleianum</i> Sabine.....	40
Tabela 6 - Pré-germinação de sementes de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> .....	41
Tabela 7 - Número médio de folhas da planta de <i>Hovenia dulcis</i> Thunberg com aplicação de extrato de <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> .....	50

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Objetivo geral.....	13
1.1.2	Objetivos específicos .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1	Unidades de conservação .....	15
2.2	Invasão biológica por espécies exóticas.....	17
2.2.1	<i>Hovenia dulcis</i> Thunberg .....	18
2.3	Manejo e controle de espécies exóticas invasoras.....	20
2.4	Compostos alelopáticos.....	22
2.4.1	<i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum.....	23
2.4.2	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine.....	24
2.5	Extração de compostos bioativos .....	26
2.5.1	Extração assistida por ultrassom .....	27
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
3.1	Coleta e beneficiamento de sementes de <i>Hovenia dulcis</i> .....	29
3.2	Frutos de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum.....	30
3.3	Folhas de <i>Psidium cattleianum</i> Sabine .....	31
3.4	Extração assistida por ultrassom .....	32
3.4.1	Delineamento experimental: extração de compostos de <i>Capsicum baccatum</i> var. pendulum .....	32
3.5	Atividade bioherbicida: bioensaios em pré-emergência.....	33
3.6	Atividades bioherbicida: bioensaios em pós-emergência .....	34
3.7	Avaliação de pigmentos fotossintéticos .....	35
3.8	Análise estatística.....	35

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Pré-emergência</b>	<b>36</b>
4.1.1	<i>Cucumis sativus</i>	36
<b>4.2</b>	<b>Pré-emergência</b>	<b>39</b>
4.2.1	<i>Hovenia dulcis</i> Thunberg	39
4.2.2	Pós-emergência	43
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>53</b>
5.1	RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	APÊNDICE A – PRÉ-EMERGÊNCIA DE UVA-DO-JAPÃO COM EXTRATO DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA	63
	APÊNDICE B – DADOS DE PÓS-EMERGÊNCIA DE UVA-DO-JAPÃO COM EXTRATO DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA	64

## 1 INTRODUÇÃO

A diversidade biológica naturalmente varia no espaço e no tempo, mas essa variação é, em última análise, o produto de apenas quatro processos-chave: especiação, imigração, emigração e extinção. Esses processos estão sendo cada vez mais perturbados e moldados pelas ações dos seres humanos (BELLARD et al., 2016). Nos últimos séculos, os seres humanos mudaram milhares de espécies de plantas lenhosas de suas áreas naturais para muitos propósitos e, nas últimas décadas, muitas espécies de árvores e arbustos tornaram-se naturalizadas ou invasivas (RICHARDSON & REJMANNEK, 2004; WILLIAMS & CAMERON, 2006; RICHARDSON, 2011a, b).

A exploração humana de espécies e a apropriação da terra e da água aumentaram significativamente as taxas de extinção de espécies nativas. As atividades humanas aumentaram muito as taxas de imigração, transportando deliberadamente ou acidentalmente e introduzindo muitas espécies em áreas além das barreiras biogeográficas normais para sua disseminação, onde podem estabelecer populações viáveis (denominadas exóticas invasoras) (BELLARD et al., 2016).

A invasão biológica é considerada uma grande ameaça ecológica devido ao seu impacto na biodiversidade de um ecossistema. Por esta razão, é útil elucidar a capacidade de uma espécie de mudar seu nicho climático durante a invasão. Essa informação pode ajudar a prever a capacidade de uma espécie invasora de se expandir além de sua distribuição geográfica e suas respostas sob diferentes cenários de mudança climática global (ZILLER, et al., 2013).

*Hovenia dulcis*, conhecida popularmente como uva-do-japão, apresenta regeneração por sementes, sendo seu pedicelo (um pseudofruto) consumido por animais (LORENZI et al., 2003), fazendo com que as sementes sejam dispersas facilmente. A elevada representatividade dessa espécie em remanescentes florestais indica que ela se encontra bem adaptada às condições edafoclimáticas das regiões onde ocorre, de forma que seu caráter invasor pode estar relacionado às suas características ecológicas, como a presença de propágulos atrativos à fauna e rápido crescimento (LORENZI et al., 2003), além do seu potencial alelopático (WANDSCHEER et al., 2011).

Neste sentido, a busca por novos herbicidas naturais tornou-se crucial para superar a crescente resistência de ervas daninhas (HUANG, et al., 2010), como é o caso da uva-do-japão. Essa busca tem sido realizada preferencialmente por meio de estudos de substâncias alelopáticas, por estas não serem tão agressivas ao meio ambiente e serem menos tóxicas que as substâncias sintéticas. De acordo com a literatura científica, evidencia-se que é preciso explorar mais os efeitos fitotóxicos de extratos vegetais, especialmente de compostos ativos como os capsaicinoides presentes no gênero *Capsicum* (GARCIA-MATEOS et al., 2013).

Estudos envolvendo a ação de compostos alelopáticos contribuem para formulação de herbicidas e/ou para o melhoramento genético de plantas cultivadas que sintetizam naturalmente substâncias com potencial alelopático (CHIAPUSIO et al., 2004). A fim de reduzir o uso de herbicidas sintéticos, os efeitos fitotóxicos de espécies cultivadas sobre plantas daninhas estão sendo investigados (CHIAPUSIO et al., 2004).

Estudos mostram o efeito fitotóxico de extratos de pimenta do gênero *Capsicum* em mudas e sementes de *Lactuca sativa* (GARCIA-MATEOS et al., 2013; HUANG et al., 2010). Da mesma forma, o araçá (*Psidium cattleianum*) demonstrou efeito alelopático inibitório sobre a germinação de sementes de *Lactuca sativa* (HISTER et al., 2016).

Assim, verifica-se a necessidade de aprofundamento dos estudos envolvendo a eficiência de aplicação de extratos de pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) e araçá (*Psidium cattleianum*) como controle de espécies exóticas invasoras, em especial a uva-do-japão (*Hovenia dulcis*) presente em grande quantidade no Parque Estadual da Quarta Colônia (PEQC), localizado no estado do Rio Grande do Sul.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta Dissertação de Mestrado foi avaliar a eficiência de extratos de *Psidium cattleianum* (araçá) e *Capsicum baccatum* (pimenta dedo-de-moça) no controle de *Hovenia dulcis* (uva-do-japão).

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Obter extratos de *Psidium cattleianum* (araçá) e de pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) usando extração assistida por ultrassom;
- Avaliar o efeito dos extratos obtidos em planta bioindicadora (*Cucumis sativus*);
- Avaliar a atividade alelopática dos extratos obtidos na espécie uva-do-japão;
- Avaliar o efeito dos extratos na uva-do-japão em termos de pigmentos fotossintéticos, clorofila a e b e carotenoides.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Unidades de conservação

No Brasil, existem aproximadamente 2500 unidades de conservação distribuídas nas categorias de proteção integral e uso sustentável, tanto federal, estadual e municipal. Esse conjunto de unidades de conservação é de extrema importância para a conservação da biodiversidade. Contudo, alguns desses locais estão perdendo a sua variabilidade natural devido à fragmentação, degradação das áreas ou pela presença de espécies exóticas invasoras (CNUC/MMA, 2021).

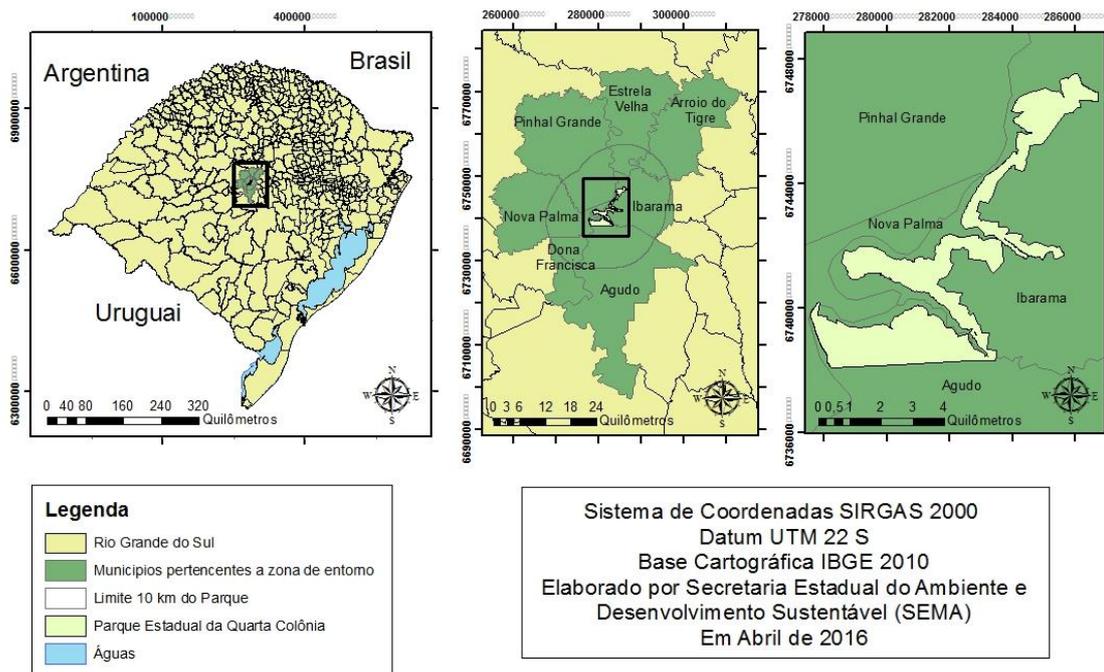
As unidades de conservação são geridas pela Lei nº. 9.985, de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, e são divididas em dois grandes grupos de acordo com a possibilidade de uso de seus recursos naturais: unidades de conservação de proteção integral e unidades de conservação de uso sustentável. Unidades de conservação de proteção integral são aquelas onde o principal objetivo é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Unidades de conservação de uso sustentável associam a conservação da natureza à exploração controlada dos recursos naturais, sem que haja prejuízo para o funcionamento do ecossistema local. Neste contexto, a categoria do PEQC é uma unidade de conservação de proteção integral, admitindo-se a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação ambiental, recreação e turismo ecológico. Também prevê a adoção de medidas de recuperação dos ambientes degradados, a fim de que sejam atingidos os objetivos de conservação propostos (BRASIL, 2000).

O PEQC foi criado em 2005 como resposta à medida compensatória ambiental da construção da Usina de Dona Francisca situada no Rio Jacuí. Ele abrange os municípios de Agudo e Ibarama no Rio Grande do Sul (Figura 1). O PEQC está localizado na margem esquerda do reservatório dessa usina, tendo como objetivo principal a conservação dos remanescentes de Floresta Estacional Decidual, assim como espécimes da fauna e flora ameaçados de extinção (SEMA, 2010). No momento em que o Parque Estadual foi estabelecido, a quase totalidade da área já se encontrava alterada por processos anteriores de ocupação e uso do solo, inclusive as áreas íngremes que atualmente confrontam o reservatório. As áreas de floresta estão em processo de restauração natural e a presença de

espécies exóticas invasoras em meio à vegetação nativa em desenvolvimento dificulta a evolução da floresta, interferindo na sucessão natural (MARCUIZZO, 2012).

Figura 1 - Mapa de localização do Parque Estadual da Quarta Colônia no RS

### Mapa de Localização do Parque Estadual da Quarta Colônia - RS



Fonte: SEMA, 2018

Os processos de degradação e de perda de cobertura florestal, promovidos pela expansão agrícola no período colonial, seguidos da industrialização e urbanização, têm afetado profundamente a Mata Atlântica, a qual está reduzida a aproximadamente 11,7% da sua cobertura original no Brasil (RIBEIRO et al., 2012). Assim, ações que objetivem a restauração de tais áreas são necessárias. Considerando o contexto atual de amplas áreas com invasão por espécies exóticas dentro do PEQC e o efeito que estas exercem sobre a estagnação da regeneração natural, é fundamental que ações de controle das mesmas sejam postas em prática para que os objetivos da unidade de conservação possam ser cumpridos.

## 2.2 Invasão biológica por espécies exóticas

Espécies invasoras são aquelas que, uma vez introduzidas a partir de outros ambientes, passam a reproduzir-se a ponto de ocupar o espaço de espécies nativas e produzir alterações nos processos ecológicos naturais, tendendo a se tornar dominantes, após o período de tempo requerido para sua adaptação (ZILLER, 2000). De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica, espécie exótica é toda espécie que se encontra fora de sua área de distribuição natural. Espécie exótica invasora, por sua vez, é definida como sendo aquela que ameaça ecossistemas, habitats ou espécies. Essas espécies, por suas vantagens competitivas e ausência de inimigos naturais, têm capacidade de proliferar e invadir ecossistemas, sejam eles naturais ou antropizados. Contudo, diante de um cenário de degradação ambiental, elas são beneficiadas, exercendo completamente o seu potencial de invasão (FRANÇA et al., 2020).

Na história da evolução do planeta houve trânsito de espécies entre diferentes pontos geográficos e ambientes. Esse fluxo era relativamente lento quando comparado aos últimos séculos, especialmente nas últimas décadas, quando os meios de transporte foram facilitados. Algumas espécies que entraram no Brasil no início da colonização trouxeram impactos negativos sobre os ecossistemas e a biodiversidades. A adaptação e o estabelecimento dessas espécies tiveram ajuda do homem, pois a maioria foi introduzida de forma intencional para uso direto e indireto, com cifras que em geral ficam entre 75% e 85% (HAYDEN REICHARD & WHITE, 2001; ZILLER & ZALBA, 2007). Essa movimentação de espécies fora da sua área de distribuição natural deu origem aos processos de invasão biológica.

Poucos ecossistemas estão livres de espécies exóticas, e uma proporção gradativa de biomas, ecossistemas e habitats estão sendo dominados por espécies introduzidas (PIEZEK & RICHARDSON, 2010). Os efeitos negativos mais conhecidos de plantas invasoras em comunidades envolvem a competição direta por nutrientes, luz, espaço ou água, e a consequente perda da diversidade de plantas (LEVINE et al., 2003). Entretanto, os efeitos negativos não se limitam apenas aos ecossistemas, mas ao bem-estar humano, pois a maioria dos humanos depende diretamente de espécies exóticas para sua alimentação. Porém, há uma percepção cada vez maior da importância de conservar os recursos naturais para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas (PIEZEK & RICHARDSON, 2010).

Fatores climáticos, disponibilidade de água e temperatura tem grande impacto na fisiologia e sobrevivência das espécies. Esses fatores influenciam na capacidade de uma espécie se expandir para novas áreas. Portanto, as condições climáticas são consideradas determinantes ecológicos altamente significativos da distribuição de espécies (DREYER et al., 2019). Uma das principais estratégias adotadas para conservar a biodiversidade é o estabelecimento e manutenção de áreas protegidas (por exemplo, parques nacionais e estaduais, reservas biológicas, e outras áreas selvagens). Muitas áreas protegidas são projetadas para proteger a biodiversidade, fornecendo refúgio para espécies nativas (GALLARDO et al., 2017).

### **2.2.1 *Hovenia dulcis* Thunberg**

A uva-do-japão, cujo nome científico é *Hovenia dulcis* Thunberg, é uma espécie da família Rhamnaceae, sendo originária da Ásia em países como China, Japão e Himalaia (LORENZI et al, 2003). É uma espécie arbórea caducifólia com 10 a 15 m de altura e um diâmetro da altura do peito (DAP) de 20 a 40 cm. Possui tronco reto e cilíndrico (CARVALHO, 1994, LORENZI et al., 2003). Esta espécie apresenta regeneração natural por sementes e está presente em várias regiões do Sul do Brasil, como na Floresta Ombrófila Mista Montana e na Floresta Estacional Semidecidual(Figura 2).

A uva-do-japão tem sido encontrada também em pequenas propriedades rurais na região oeste dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A madeira desta espécie tem a coloração que varia de amarelo a castanho-escuro ou vermelho e possui muitas utilizações, podendo ser usada na construção civil, obras de marcenaria e carpintaria, forro, vigas, caibros, tábuas, assoalhos, e na fabricação de móveis, molduras e artesanato. Além disso, sua lenha é de boa qualidade e geralmente é destinada a secadores (CARVALHO, 1994).

A uva-do-japão pode servir para a alimentação de animais, com a utilização de suas folhas e frutos. Além disso, suas flores podem auxiliar na produção apícola (SELLE, 2009).

A uva-do-japão é uma espécie de crescimento rápido e disputa nutrientes, luz, espaço e fauna dispersora com espécies nativas. As características ecológicas desta espécie garantem sucesso na dispersão em áreas de florestas, especialmente

devido ao seu fruto doce (RODOLFO et al, 2008), sendo que sua dispersão ocorre principalmente de maneira zoocórica. Além disso, outra característica observada por Wandscheer et al. (2011) é o grande potencial alelopático das folhas e pseudofrutos da uva-do-japão, no qual afetou a germinação de sementes de alface e o crescimento radicular e da parte aérea de plântulas. A uva-do-japão é uma espécie caducifólia, sendo que seus efeitos negativos sobre espécies nativas se tornam ainda maiores.

Figura 2 - Imagem de uma planta de uva-do-japão em fase adulta



Fonte: A autora.

### 2.3 Manejo e controle de espécies exóticas invasoras

O manejo efetivo de espécies exóticas invasoras requer uma abordagem nacional coordenada que envolve todos os níveis de governo no estabelecimento de marcos legais e políticas públicas, incluindo esforços de educação e capacitação que possam atingir técnicos e estender-se ao setor privado e à sociedade civil (ZILLER; ZALBA; ZENNI, 2007). A ocorrência de espécies exóticas invasoras em unidades de conservação ainda é pouco estudada, mas dados secundários permitem uma primeira aproximação do problema de modo a orientar ações emergenciais de prevenção e controle. A atenção para as espécies exóticas invasoras é relativamente recente no Brasil, a despeito do grande número de invasoras já estabelecidas em território nacional, com algumas espécies introduzidas desde o início da colonização europeia no século XVI. O esforço de listar essas espécies iniciou-se com o Informe Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras, em 2005, quando foi publicada a primeira lista nacional (MMA, 2005; SAMPAIO et al., 2013). Na Tabela 1 são apresentadas algumas espécies exóticas invasoras registradas no PEQC e no seu entorno.

O aumento no uso de produtos sintéticos tóxicos para manejo de espécies de importância agrônômica vem desencadeando um conjunto de problemas ao meio ambiente, agricultores e consumidores (SCHÜTTE et al., 2017). Diante da necessidade da aplicação de estratégias ecológicas na agricultura a fim de reduzir o uso de pesticidas sintéticos, há um interesse crescente em pesquisas, em especial sobre a possível exploração das potencialidades dos compostos vegetais como produtos comerciais naturais, que são seguros para os seres humanos e o meio ambiente. Em suma, estes visam explorar as potencialidades dos extratos vegetais na agricultura (ARSHAD et al., 2019; AMRI et al., 2017).

Tabela 1 - Espécies exóticas invasoras registradas no Parque Estadual da Quarta Colônia e no entorno

<b>Nome comum</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Família</b>	<b>Nível de risco</b>
Bambu	<i>Bambusa vulgaris</i>	Poaceae	Baixo
Bergamota	<i>Citrus bergamia</i>	Rutaceae	Baixo
Boldo	<i>Peumus boldus</i>	Monimiaceae	Baixo
Braquiária	<i>Urochloa decumbens</i>	Poaceae	Alto
Capim-colonião	<i>Urochloa maxima</i>	Poaceae	Alto
Capim-elefante	<i>Pennisetum</i> sp.	Poaceae	Moderado
Caroba louca	<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae	Alto
Cinamomo	<i>Melia azedarach</i>	Meliaceae	Moderado
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> sp.	Myrtaceae	Baixo
Goiabeira	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Alto
Incenso-da-índia	<i>Pittosporum undulatum</i>	Pittosporaceae	Alto
Jambolão	<i>Syzygium cumini</i>	Myrtaceae	Moderado
Ligustro	<i>Ligustrum</i> cf. <i>japonicum</i>	Oleaceae	Alto
Limão-vermelho	<i>Citrus aurantium</i>	Rutaceae	Baixo
Lírio-do-brejo	<i>Hedychium coronarium</i>	Zingiberaceae	Alto
Mamona	<i>Ricinus communis</i>	Euphorbiaceae	Baixo
Maria-sem-vergonha	<i>Impatiens walleriana</i>	Balsaminaceae	Alto
Nêspera	<i>Eriobotrya japonica</i>	Rosaceae	Moderado
Pínus	<i>Pinus</i> sp.	Pinaceae	Alto
Trapoeiraba-roxa	<i>Tradescantia zebrine</i>	Commelinaceae	Baixo
Uva-do-japão	<i>Hovenia dulcis</i>	Rhamnaceae	Alto

Fonte: ZILLER, 2013

## 2.4 Compostos alelopáticos

As plantas produzem grande e diversificada quantidade de compostos orgânicos divididos em metabólitos primários e secundários. Os metabólitos secundários não participam diretamente do crescimento e desenvolvimento da planta e costumam ser distribuídos de forma diferencial entre grupos taxonômicos limitados dentro do reino vegetal. Embora não sejam essenciais para o desenvolvimento da planta, eles desempenham um papel importante na interação da planta com o seu entorno garantindo a existência continuada no ecossistema (SAURABH PAGARE et al., 2015; CROTEAU et al., 2000).

Os metabólitos primários, por outro lado, são encontrados em todas as plantas e desempenham funções metabólicas que são essenciais e geralmente evidentes, como função estrutural, plástica e de armazenamento de energia. Metabólitos secundários nas plantas podem ser divididos em três grupos distintos quimicamente: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (SHAHIDI, 1997; CROTEAU et al., 2000; TAIZ; ZEIGER, 2006). No trabalho de Confortin et al. (2019), muitos compostos químicos foram identificados em extratos obtidos de diferentes matrizes de *Senecio brasiliensis*, dentre os quais destacam-se alfa-humuleno e cariofileno, sendo da classe dos terpenos. Em geral, as principais bioatividades dos compostos se concentram em atividades antioxidante, anti-inflamatória, bactericida e fungicida. Além disso, atividades inseticidas e herbicidas são reportadas (CÁCERES et al., 2015; EL OMARI et al., 2021).

Naturalmente, as plantas possuem mecanismos próprios de defesa que as protegem de outras plantas e de outras ameaças de uma maneira geral. Estas defesas são de natureza química e, normalmente, envolvem substâncias do metabolismo secundário (CROTEAU et al., 2000), como os compostos alelopáticos, que em sua maioria são provenientes de metabólitos secundários. A alelopatia é denominada como interação entre plantas e microorganismos por compostos aleloquímicos que ocorreram no ambiente natural. A capacidade dos aleloquímicos em inibir o crescimento das plantas ou a germinação de sementes é conhecida como potencial alelopático. Devido à forma de ação de alguns aleloquímicos ser semelhante aos herbicidas comercializados, o uso de alelopatia no manejo de ervas daninhas como bioherbicidas é possível e pode ser melhorado. Uma das vantagens

é que a maioria dos alelopáticos é total ou parcialmente solúvel em água, sem a necessidade de aplicar em conjunto a compostos adicionais (KUEH et al., 2018).

Os compostos alelopáticos e metabólitos secundários são mais específicos e menos nocivos que os produtos sintéticos usados na agricultura e vem sendo estudados como uma alternativa na busca de novos herbicidas naturais (MACÍAS, 1995; TODERO et al., 2020; BRUN et al., 2022). É importante destacar que muitos dos produtos naturais são fitotóxicos, embora nem todos sejam alelopáticos (DUKE et al., 2002b).

#### **2.4.1 *Capsicum baccatum* var. *pendulum***

As pimentas do gênero *Capsicum* têm origem no continente americano e pertencem à família das Solanáceas. Dentre as espécies deste gênero, apenas cinco são citadas na literatura como domesticadas, sendo *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* (KANTAR et al., 2016; MECKELMANN et al., 2013; RIGON et al., 2012).

A pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) é uma das mais consumidas no Brasil, principalmente no Sul e Sudeste. Quando seca e triturada, é obtida a pimenta calabresa. As plantas são arbustivas, com cerca de 1 m de altura, sendo que as pimentas são alongadas e pendentes, medem cerca de 1,0 cm a 1,5 cm de diâmetro e de 8,0 cm a 10,0 cm de comprimento (CARVALHO et al., 2006).

A espécie *Capsicum baccatum* apresenta-se sobre duas formas: *Capsicum baccatum* var. *baccatum* (cumari) e *Capsicum baccatum* var. *pendulum* (dedo-de-moça). A espécie *C. baccatum* var. *pendulum* é uma espécie cultivada no sudeste e sul do Brasil e apresenta frutos de cores e formas variadas, geralmente pendentes, persistentes, com polpa firme e sementes cor de palha (Figura 3). Suas flores apresentam-se em número de uma ou duas. Na antera da flor, os pedicelos são normalmente eretos. A corola é sempre branca e apresenta um par de manchas de tons amarelos ou esverdeados na base de cada pétala. Nos frutos maduros, os cálices são adentados e não possuem constrição anelar onde se une ao pedicelo (CARVALHO; BIANCHETTI, 2004).

Figura 3 - Imagem de uma planta de pimenta dedo-de-moça em fase adulta e seus frutos



Fonte: Carvalho et al. (2009)

A composição química da pimenta apresenta uma variedade de compostos, sendo os capsaicinoides, os carotenoides e o ácido ascórbico os mais predominantes, porém também podem ser encontrados compostos fenólicos, flavonoides, vitamina A e tocoferóis. Contudo, a composição pode alterar de acordo com o genótipo e o grau de maturação. Os extratos de pimenta podem ser considerados uma excelente fonte de compostos bioativos, sendo os flavonoides a principal classe fenólica encontrada (77% de flavonoides, 18% de ácidos fenólicos e 5% de outros polifenóis) (DAVIS et al., 2007; DE SÁ MENDES et al., 2019).

#### **2.4.2 *Psidium cattleianum* Sabine**

*Psidium cattleianum* Sabine é conhecida popularmente como araçá. É uma espécie nativa do Rio Grande do Sul e apresenta grande potencial para exploração econômica (LORENZI, 2003). No entanto, no Havaí, por exemplo, desde que foi introduzida como ornamental em 1825, o araçá se tornou uma espécie invasora,

desencadeando sérios problemas para as florestas tropicais da região (PATEL, 2012).

As plantas de araçá (Figura 4) podem liberar substâncias com efeito alelopático, podendo ocasionar a inibição da germinação de sementes ou afetar o crescimento e o desenvolvimento de outras espécies vegetais (REZENDE et al., 2003). Um estudo com os extratos aquosos de araçá demonstrou efeito alelopático inibitório sobre a germinação de sementes de *Lactuca sativa* (HISTER et al., 2016). Extratos das folhas de araçá apresentaram atividade antiproliferativa em células de câncer e atividade antimicrobiana (JUN et al., 2011). Os compostos majoritários encontrados nos extratos de *P. cattleianum* são comumente (E)-cariofileno (23,4%), óxido de cariofileno (11,4%) e alfa-pineno (11,3%). Estes compostos apresentam porcentagem da área do pico cromatográfico geralmente maior que 10% (VASCONCELOS et al., 2019).

Figura 4 - Imagem de uma planta de araçá em fase adulta



Fonte: A autora

## 2.5 Extração de compostos bioativos

Um extrato vegetal pode ser caracterizado como compostos, ou misturas de compostos, obtidos a partir de diferentes partes de plantas secas ou verdes, por distintos processos de extração (VINATOTU, 2001; ZABOT et al., 2012). O processo de extração consiste em liberar os componentes da estrutura da matriz vegetal para, poder obter extratos com alta concentração de compostos presentes em pequenas quantidades na matriz sólida natural dos vegetais. Assim, a escolha da técnica de extração adequada e do solvente é um dos procedimentos mais importantes para melhorar o rendimento da extração (SANTOS et al., 2013). Alguns fatores podem interferir na extração: o método de extração, a natureza da matriz vegetal, o grau de processamento, o tamanho da partícula, o solvente utilizado, o tempo de extração, a temperatura, a polaridade e a concentração do solvente (TIWARI et al., 2011), dentre outros.

O significado do termo extração é retirar, da forma mais seletiva e completa possível, substâncias ou frações ativas contidas na matriz vegetal, utilizando, para isso, um método de extração apropriado. Para isso, deve-se avaliar a eficiência, a estabilidade das substâncias extraídas, a disponibilidade dos meios e o custo do processo escolhido, considerando a finalidade do extrato a ser preparado (SANTOS et al., 2013). As técnicas de extração geralmente são classificadas em convencionais e tecnologias verdes. A metodologia convencional é principalmente realizada por métodos de Soxhlet e maceração. Contudo, essas técnicas possuem algumas limitações como o consumo excessivo de tempo, energia e solventes.

Nos últimos anos novas técnicas de extração estão sendo utilizadas, e são chamadas de tecnologias verdes (ZABOT et al., 2014). Elas permitem a automação dos processos, encurtam os tempos de extração e reduzem o consumo de solventes orgânicos, evitando a poluição em laboratórios analíticos e reduzem os custos de preparação de amostras (SOQUETTA et al., 2018). Essas extrações apresentam vantagens como fácil eliminação ou reutilização do solvente de extração e obtenção de compostos termosensíveis em temperaturas moderadas (CONFORTIN et al., 2017). A extração de compostos bioativos pode ser realizada por diversas metodologias, como extração com fluido supercrítico (CONFORTIN et al., 2016), extração assistida por ultrassom (WEI et al., 2019) e extração por micro-ondas e líquidos pressurizados (SANTOS et al., 2019b).

### 2.5.1 Extração assistida por ultrassom

A extração assistida por ultrassom é baseada na ação de ondas mecânicas de baixa frequência às quais resultam na cavitação, fenômeno responsável pela formação e colapso de bolhas de cavitação que refletem em áreas pontuais de alta pressão e temperatura, facilitando o processo de extração dos solutos (FREITAS et al., 2015). Os efeitos mecânicos do ultrassom proporcionam maior penetração do solvente nos materiais celulares e melhoram a transferência de massa devido aos efeitos da micro extração. O mecanismo de extração é geralmente atribuído à mecânica, à cavitação e aos efeitos térmicos resultantes da ruptura das paredes das células biológicas para facilitar a liberação do conteúdo. Além disso, a redução de tamanho das partículas, a transferência de massa através das membranas celulares, as forças de cisalhamento e os micro jatos são efeitos reportados (SHIRSATH et al., 2012).

A extração assistida por ultrassom é reconhecida como uma técnica de extração eficiente que reduz drasticamente o tempo de trabalho, aumentando os rendimentos e, frequentemente, a qualidade do extrato (VINATOTU, 2001; CONFORTIN et al., 2019b). Esta técnica surge como uma alternativa para extrair compostos bioativos das plantas, pois aumenta o rendimento da extração, trabalhando em temperaturas mais baixas e menos tempo do que nas técnicas convencionais, como extração de Soxhlet ou maceração (GOGATE E KABADI, 2009).

Em trabalhos reportados na literatura científica, evidencia-se que a extração assistida por ultrassom tem sido efetiva para obter compostos com os mais diversos efeitos potenciais. O potencial herbicida de extratos obtidos de raízes de chicória (*Cichorium intybus* L.) foi avaliado na germinação de *Echinochloa crusgalli* L. Beauv e *Amaranthus retroflexus* L. Oito condições de extração assistida por ultrassom foram otimizadas. Na frequência de 40 kHz, as condições ideais para produzir um extrato para uso como herbicida contra *E. crusgalli* L. indicaram teor de etanol de 50% (v/v) em meio aquoso, razão solvente-sólido de 16:1, temperatura de ultrassom de 35°C, período de sonicação de 120 min com duas rodadas de sonicação e potência nominal de ultrassom de 200 W. Neste caso, as concentrações ótimas do extrato para inibição do índice de germinação e crescimento radicular de *E. crusgalli*

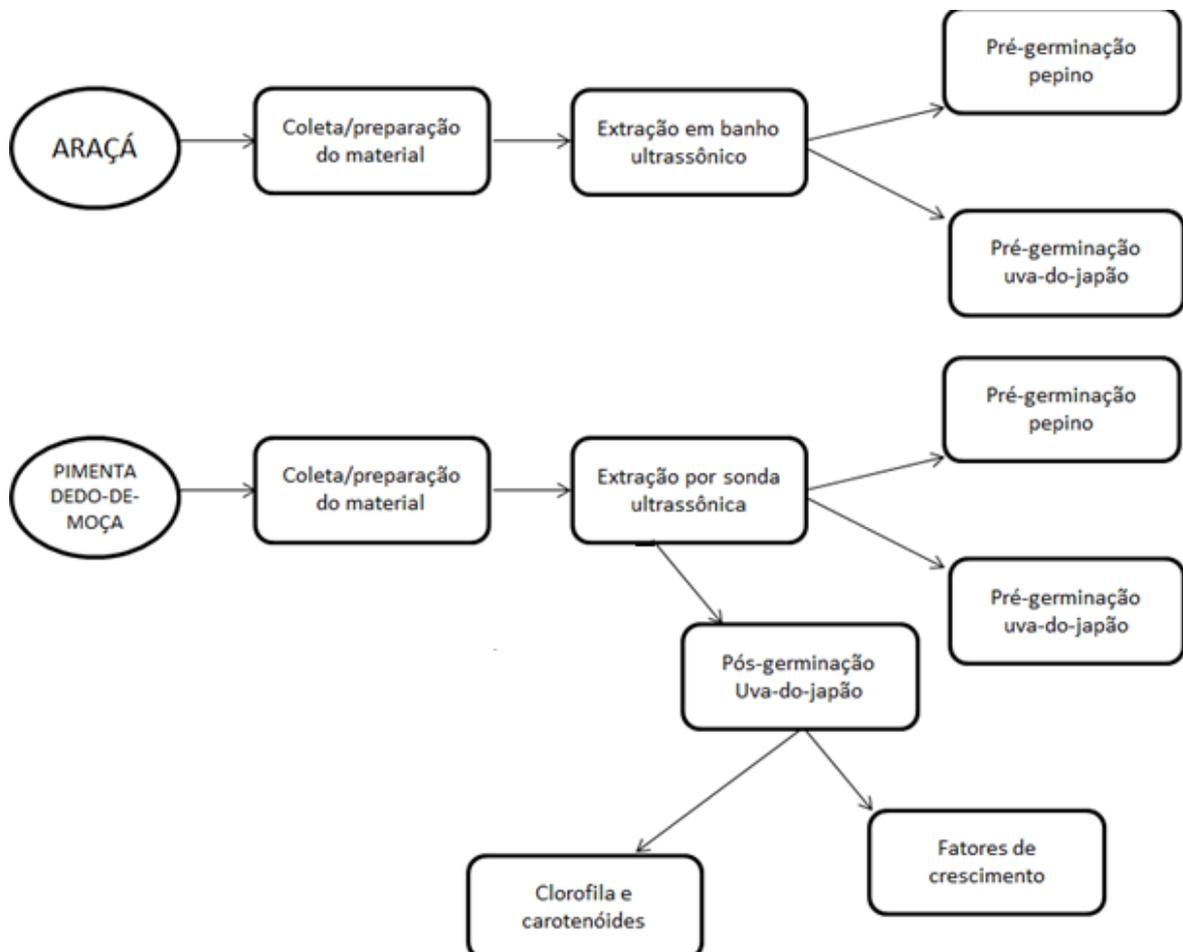
L. e *A. retroflexus* L. foram 30,8 g/L e 33,7 g/L, respectivamente (WANG et al., 2011).

Da mesma forma, a extração assistida por ultrassom foi empregada para a extração de fito-biomoléculas de folhas de *Sesamum indicum* (gergelim) usando a metodologia de superfície de resposta. A condição otimizada de 200 W de potência, 59% de concentração de metanol com razão sólido-líquido de 1:14 g/mL e 15 min de tempo de extração rendeu  $367,39 \pm 1,85$  mg de ácido gálico equivalente (GAE)/100 g de conteúdo fenólico total e  $96,72 \pm 3,27\%$  de radical livre de atividade antioxidante. O extrato apresentou fito componentes essenciais como ácido gálico, ácido clorogênico e quercetina, com atividades de peroxidação lipídica maiores que 50% ao longo do tempo de incubação de 48 h. Além disso, demonstrou atividade antimicrobiana contra vários patógenos de origem alimentar, como bactérias Gram positivas e Gram negativas (SARMA et al., 2020).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Bioprocessos – Biotec Factory do Departamento de Engenharia Química, no Laboratório de Engenharia de Processos Agroindustriais do Campus de Cachoeira do Sul e no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Departamento de Defesa Fitossanitária da Universidade Federal de Santa Maria. A Figura 5 apresenta uma representação esquemática resumida das etapas desenvolvidas no trabalho.

Figura 5 - Representação esquemática do estudo experimental



#### 3.1 Coleta e beneficiamento de sementes de *Hovenia dulcis*

As sementes de *Hovenia dulcis* foram coletadas dentro do Campus da Universidade Federal de Santa Maria em um fragmento florestal (Figura 6). Após a coleta, as sementes foram levadas até o Laboratório de Bioprocessos, onde foram

separadas do fruto manualmente, e posterior colocadas para secagem em temperatura ambiente. Em seguida, a quebra de dormência foi realizada, na qual as sementes foram imersas em ácido sulfúrico a 75% durante 15 minutos e em seguida lavadas em água corrente (CARVALHO, 1994). Após, as sementes foram armazenadas em local arejado e limpo até a utilização, em temperatura ambiente.

Figura 6 - Sementes de *Hovenia dulcis* em processo de amadurecimento



Fonte: A autora

### 3.2 Frutos de *Capsicum baccatum* var. pendulum

Os frutos de pimenta foram obtidos no comércio local de Santa Maria/RS, após foi realizada a seleção por critério de integridade e qualidade visual. Foram retiradas as sementes do fruto manualmente e, posteriormente, foi realizada uma trituração mecânica usando liquidificador doméstico a fim de diminuir o tamanho da matéria-prima e obter um material com tamanho médio de partícula próximo de 1 mm. Após, o material moído foi armazenado em geladeira até a utilização.

Figura 7 - Frutos de *Capsicum baccatum* var. *pendulum*



Fonte: Carvalho et al. (2009)

### 3.3 Folhas de *Psidium cattleianum* Sabine

O material vegetal (folhas) foi coletado no PEQC, na região central do Rio Grande do Sul, da espécie *Psidium cattleianum* (araçá). Logo após coleta, as folhas foram secas em estufa a 45°C até massa constante e posteriormente foram moídas em moinho de facas (Solab, SL-30, Piracicaba, Brasil) até obter um material com tamanho médio de partícula próximo de 1 mm. Após, as folhas moídas foram armazenadas em local arejado e limpo em temperatura ambiente até a utilização, o que ocorreu em até um mês após esta preparação inicial.

Figura 8 - Folhas verdes de *Psidium cattleianum* (A), folhas após a secagem em estufa (B) e folhas moídas (C).



Fonte: A autora

### 3.4 Extração assistida por ultrassom

Para ambas as matérias-primas, araçá e pimenta dedo-de-moça, as extrações foram realizadas em sonda ultrassônica (Hielscher, UP 400S, Alemanha), sendo esta posicionada no centro do vaso de extração. O vaso continha 20 g de amostra (polpa de pimenta ou folhas de araçá) e 25,4 mL de água destilada. Posteriormente, a temperatura foi ajustada para  $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  circulando água pela camisa do vaso de extração. A sonda ultrassônica tem frequência de 40 kHz e potência nominal máxima de 800 W. Os efeitos do tempo (20 – 60 min), da fração de potência máxima (50 – 100%) e do ciclo de pulso (0,3 – 0,7) nos rendimentos de extração dos compostos de pimenta foram avaliados. Após a extração, as amostras foram centrifugadas a 10.000 rpm por 5 min e o sobrenadante foi cuidadosamente coletado. A intensidade máxima do ultrassom foi de  $85 \text{ W/cm}^2$ .

#### **3.4.1 Delineamento experimental: extração de compostos de *Capsicum baccatum* var. *pendulum***

O planejamento experimental foi realizado com um delineamento composto central  $2^3$  (DCC) (BOX et al., 2005), com três repetições do ponto central, conforme a Tabela 2. As variáveis estudadas foram o tempo de extração, a fração da potência máxima e o ciclo de pulso.

Tabela 2 - Delineamento composto central aplicado no estudo de obtenção de extrato de *Capsicum baccatum* var. *pendulum*

<b>Ensaio</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Fração de potência (%)</b>	<b>Ciclo do pulso</b>
1	20 (-1)	50 (-1)	0,3 (-1)
2	20 (-1)	50 (-1)	0,7 (+1)
3	20 (-1)	100 (+1)	0,3 (-1)
4	20 (-1)	100 (+1)	0,7 (+1)
5	60 (+1)	50 (-1)	0,3 (-1)
6	60 (+1)	50 (-1)	0,7 (+1)
7	60 (+1)	100 (+1)	0,3 (-1)
8	60 (+1)	100 (+1)	0,7 (+1)
9	40 (0)	75 (0)	0,5 (0)
10	40 (0)	75 (0)	0,5 (0)
11	40 (0)	75 (0)	0,5 (0)

### 3.5 Atividade bioherbicida: bioensaios em pré-emergência

Os ensaios de pré-emergência foram realizados de acordo com Confortin et al. (2017). Inicialmente, os bioensaios foram realizados em pré-emergência em *Cucumis sativus*. Após, ao se evidenciar efeito na planta bioindicadora, os bioensaios foram realizados em pré-emergência de uva-do-japão.

Para os testes de pré-germinação foram utilizadas caixas gerbox, as quais foram previamente desinfetadas com etanol 70%. Em cada caixa foram colocadas duas folhas de papel filtro (Germitest®) umedecidas com o respectivo tratamento (extrato de arará ou de pimenta dedo-de-moça) correspondendo a um volume de 2,5 vezes a massa do papel para avaliar os efeitos do extrato sobre as sementes. O protocolo foi seguido de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). Foram realizadas 3 repetições com 25 sementes de pepino para cada tratamento e acondicionados em câmara BOD (Solab, SL-2017, Brasil), com temperatura constante (25°C) e fotoperíodo de 12/12 horas de luz/escuro. Posteriormente esses dados foram expressos em porcentagem de inibição de

germinação ou de plantas anormais (plantas que não tiveram seu crescimento normal) (BRUN et al., 2016). A primeira avaliação do número de sementes germinadas foi realizada ao 4º dia após a instalação do experimento, seguida de novas avaliações ao 7º dia e ao 10º dia. Já para *Hovenia dulcis* as avaliações foram realizadas ao 7º dia, 10º dia e ao 14º, isso pelo fato de ser uma espécie arborea que tem uma germinação mais demorada. Foram contabilizadas todas as sementes que germinaram e tornaram-se normais, ou seja, sementes que apresentarem crescimento da radícula superior a 2 mm, segundo descrito na RAS (BRASIL, 2009). A germinação (G) foi calculada por meio da equação (1):

$$G(\%): [\sum ni/A] \times 100 \quad (1)$$

Onde: ni é o número de sementes germinadas em cada repetição; A é o total de sementes utilizadas.

### 3.6 Atividades bioherbicida: bioensaios em pós-emergência

Os ensaios de pós-emergência foram realizados em casa de vegetação, com ambiente controlado. Foram realizados os cultivos de pepino e de uva-do-japão para posterior aplicação e avaliação dos extratos de pimenta dedo-de-moça. Para a avaliação do experimento foram considerados os tratamentos do DCC (Tabela 2), e testemunha, onde aplicou-se somente água, sendo que em cada tratamento havia 9 repetições. Cada uma das 9 repetições foi composta de vasos de polietileno com volume de 200 mL, ocupados por substrato comercial Macplant, onde foram transplantadas uma planta por vaso para ambas as espécies. Para acomodar os vasos foram utilizadas bandejas grandes, sendo cada uma delas consideradas um tratamento, totalizando 12 bandejas.

Após os 7 dias de crescimento das plantas de pepino, foram realizadas as aplicações dos tratamentos. Já para as plantas de uva-do-japão, a aplicação dos tratamentos foi realizada ao 15º dia de crescimento. A aplicação do extrato foi feita via superfície foliar realizada com borrifador manual utilizando um volume de 50 mL de extrato para cada tratamento (BRUN et al., 2016).

Para a uva-do-japão, foram avaliadas nove variáveis-resposta quantitativas: número de folhas, comprimento de raiz, comprimento da parte aérea, massa fresca

da parte área, massa seca da parte área, clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides.

### 3.7 Avaliação de pigmentos fotossintéticos

As folhas da uva-do-japão utilizadas para a avaliação dos pigmentos fotossintéticos foram coletadas 15 dias após a aplicação do extrato. As concentrações de clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b), clorofila total e os níveis de carotenoides foram avaliados de acordo com a metodologia descrita por Hendry e Price (1993) utilizando 80% de acetona com três amostras por tratamento. As concentrações de pigmento foram calculadas após leitura das absorbâncias em 480 nm (clorofila a), 645 nm (clorofila b) e 663 nm (carotenoides) de acordo com a metodologia de Lichtenthaler (1987).

### 3.8 Análise estatística

A análise estatística para avaliar os efeitos principais e as interações das variáveis de extração do DCC sobre as variáveis-respostas foram realizadas no software Statistica 7.0 (StatSoft, Inc.) com nível de confiança de 95%. As variáveis-resposta consideradas foram o percentual de germinação, os comprimentos da raiz e da parte aérea e as massas fresca e seca. Os resultados são apresentados na forma de gráfico de Pareto.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Pré-emergencia

#### 4.1.1 *Cucumis sativus*

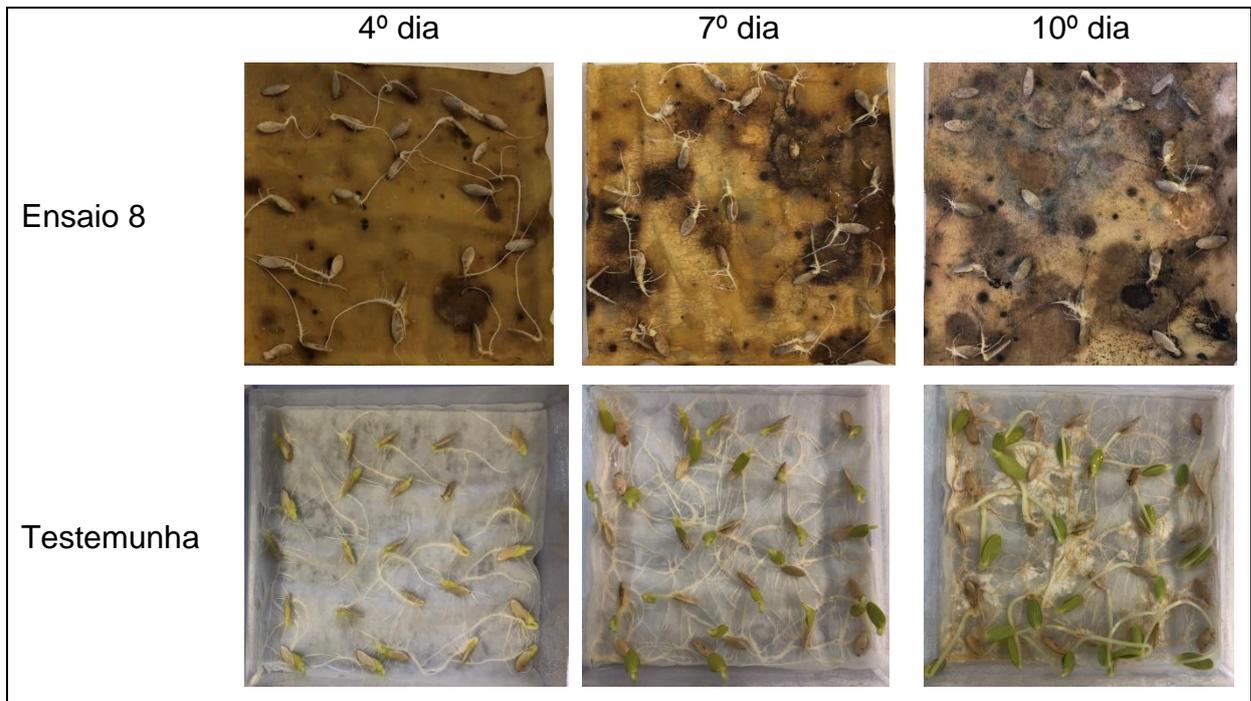
Os resultados de inibição da germinação de sementes de pepino com aplicação de extrato de araçá estão apresentados na Tabela 3 e na Figura 9. Observa-se que a maior parte dos ensaios teve germinação completa já no 4º dia após a sementeira. No 7º dia, no entanto, algumas sementes dos ensaios 4 e 5 inibiram o crescimento, porém porcentagem de germinação ao 7º dia se manteve acima dos 80%. Para o 10º dia, todos os ensaios que tiveram a aplicação de extrato tiveram algumas sementes que sofreram influência dos compostos e acabaram perdendo o vigor da germinação.

Tabela 3 - Pré-emergência de sementes de *Cucumis sativus* com aplicação de extrato de *Psidium cattleianum* Sabine

Ensaio	4º dia (%)	7º dia (%)	10º dia (%)
1	100	100	60
2	100	100	64
3	100	100	44
4	100	88	68
5	100	92	60
6	100	100	56
7	100	100	84
8	84	100	24
9	76	84	44
10	96	96	60
11	92	96	64
Testemunha	100	100	100

Embora tenha havido impacto um pouco mais pronunciado no 10º dia, as inibições na germinação de sementes de pepino como espécie bioindicadora são menores do que tem sido reportado em outros trabalhos. Por exemplo, ao se aplicar caldo fermentado de *Fusarium fujikuroi* em pré-emergência de pepino, a inibição foi de 100% em 48 h com caldo bruto ou até mesmo diluído até 50% (TODERO, 2021). Resultados semelhantes de completa inibição de sementes de pepino utilizando caldo fermentado de *Phoma* sp. foram reportados por Almeida (2014) e Brun et al. (2016).

Figura 9 - Ensaio da pré-germinação de sementes de *Cucumis sativus* da testemunha e do ensaio 8 com aplicação de extrato de *Psidium cattleianum* Sabine



Em face destes resultados obtidos com extrato de araçá, o trabalho foi direcionado também para a avaliação do efeito de extrato de pimenta dedo-de-moça em testes de pré-emergência. Na Tabela 4 e na Figura 10 são apresentados os resultados de inibição de sementes de pepino e fotos do comportamento da germinação do ensaio 8 em comparação com a testemunha, respectivamente. O ensaio 8 se caracteriza pelos níveis maiores das variáveis testadas da extração

assistida por ultrassom: tempo de 60 min, fração de potência de 100% (800 W) e ciclo de pulso de 0,7.

Ao se aplicar extrato de pimenta dedo-de-moça, observa-se que as inibições foram maiores em relação ao extrato de araçá. De acordo com a Tabela 4, pode-se evidenciar que a germinação máxima dos tratamentos com extrato não ultrapassou 38,7%. Os ensaios 1 e 8 apresentaram 100% de inibição tanto no 4º dia de avaliação quanto no 7º dia de avaliação. Cabe salientar que a avaliação foi realizada também no 10º dia. Porém, todas as sementes, com exceção da testemunha, tiveram sua germinação inibida.

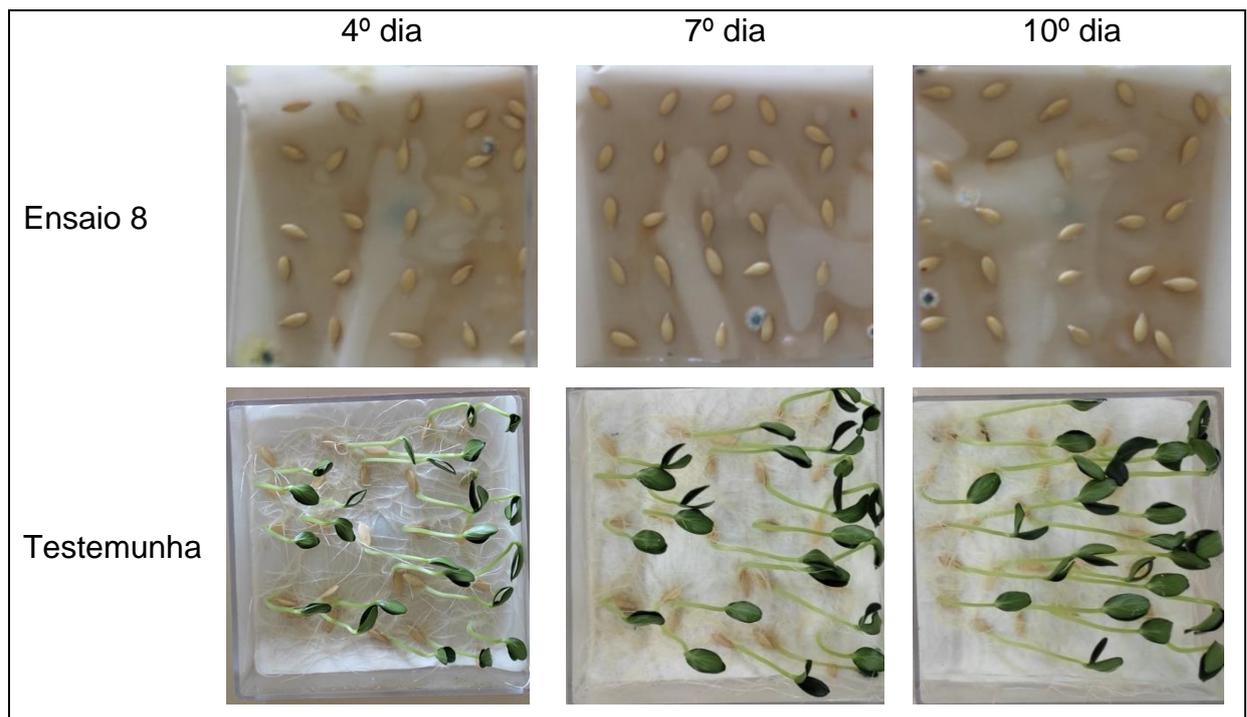
Tabela 4 - Pré-germinação de sementes de *Cucumis sativus* com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. *pendulum* e comparação com a testemunha

Ensaio	4º dia (%)	7º dia (%)
1	0,0	0,0
2	12,0	5,3
3	12,0	9,3
4	2,7	10,7
5	13,3	20,0
6	33,3	38,7
7	2,7	5,3
8	0,0	0,0
9	2,7	8,0
10	4,0	5,3
11	8,0	14,7
Testemunha	100,0	100,0

Como resultado da busca de produtos alternativos para o uso de agrotóxicos tradicionais de origem química na agricultura, os extratos de plantas têm se mostrado promissores. De acordo com a literatura científica, extratos de pimenta dedo-de-moça têm sido aplicados para diferentes fins, como agentes de ação repelente e inseticida a pragas. Além disso, atividades antifúngica, antioxidante e

anti-inflamatória foram reportadas (KAPPEL et al., 2008; GUIMARÃES et al., 2014; ANJOS et. al., 2018; FONSECA et al., 2020).

Figura 10 - Ensaio da pré-germinação de sementes de *Cucumis sativus* da testemunha e do ensaio 8 com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. pendulum



## 4.2 Pré-emergência

### 4.2.1 *Hovenia dulcis* Thunberg

Fundamentando-se nos resultados de pré-emergência de pepino com extrato de araquá, para a pré-emergência de sementes de uva-do-japão foi utilizado o extrato do ensaio 8 (maiores níveis), correspondendo à condição de tempo de extração de 60 min, fração de potência de 100% e ciclo de pulso de 0,7. Os resultados deste ensaio em comparação com a testemunha são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Pré-germinação de sementes de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Psidium cattleianum* Sabine

Ensaio	7º dia (%)	10º dia (%)	14º dia (%)
8	24	48	64
Testemunha	56	72	72

Conforme observado na Tabela 5, a germinação foi levemente inferior do que a testemunha ao 14º dia de avaliação. No entanto, de acordo com a Figura 11, observa-se que o vigor das amostras foi diferente, prejudicando o desenvolvimento das mesmas. As sementes com aplicação de extrato pré-emergiram parcialmente e permaneceram sem vigor suficiente para um desenvolvimento rápido. Por outro lado, as sementes que pré-emergiram na amostra testemunha (72% ao 14º dia) demonstraram visualmente mais vigor e maior desenvolvimento uniforme de plântulas. Assim, mesmo que o extrato não tenha inibido completamente a germinação, considera-se que ele produziu efeito contra o desenvolvimento normal das plântulas.

Para a pimenta dedo-de-moça, como os resultados prévios com pré-emergência de sementes de pepino indicaram inibições mais pronunciadas, o DCC apresentado na Tabela 2 foi aplicado por completo contra as sementes de uva-do-japão. Na Tabela 6 e na Figura 12 são apresentados os resultados de inibição de sementes de uva-do-japão e comportamento da germinação do ensaio 10 (maior inibição) em comparação com a testemunha. A testemunha teve germinação de 65% das sementes ao 10º dia. Para os tratamentos com extrato de pimenta dedo-de-moça, os resultados mais promissores foram obtidos nos ensaios 9 a 11 (ponto central), com germinação menor do que 3% ao 10º dia. Para os demais tratamentos, a germinação variou de 8% a 55% no 10º dia.

Em termos de efeitos das variáveis estudadas na extração assistida por ultrassom (tempo, fração de potência e ciclo de pulso), não se observou efeito significativo de nenhuma variável a 95% de confiança (Figura 13 e Apêndice A). Estes resultados indicam que os extratos possuem compostos com ação inibitória, mas que não houve diferenciação significativa.

Figura 11 - Inibição da germinação das sementes de *Hovenia dulcis* Thunberg utilizando extração por ultrassom de *Psidium cattleianum* Sabine

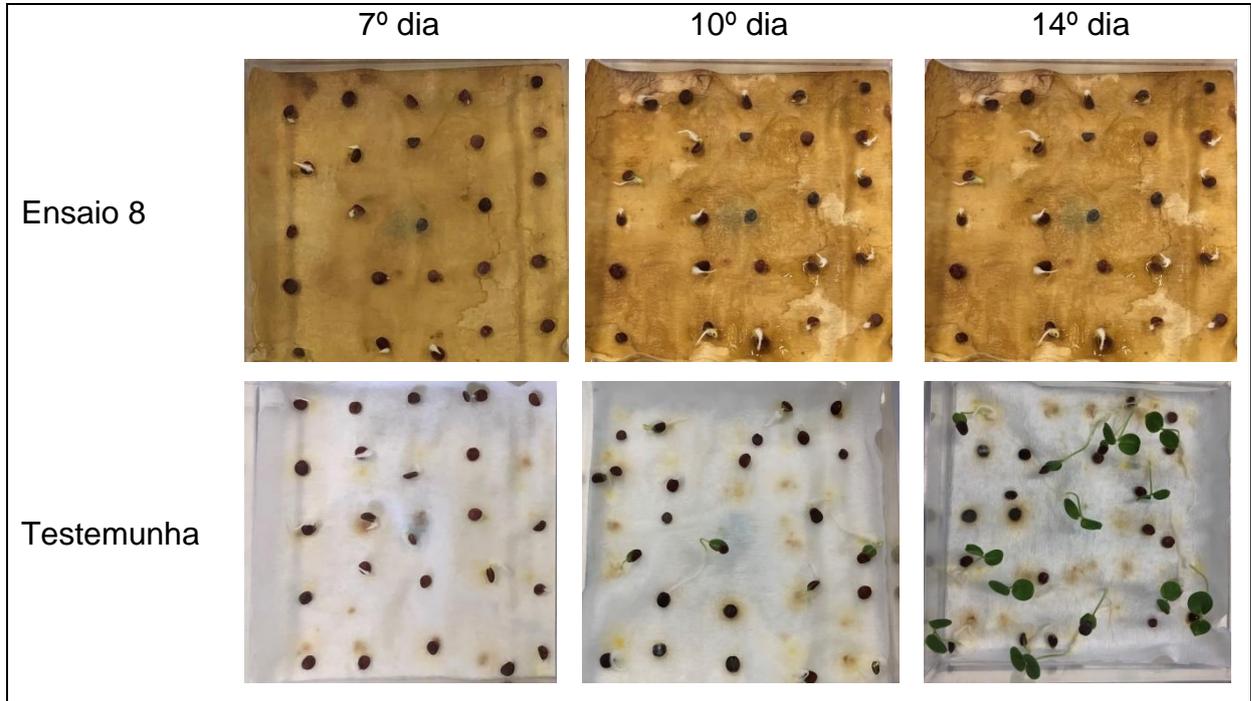


Tabela 6 - Pré-germinação de sementes de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. pendulum

Ensaio	7 <sup>o</sup> dia (%)	10 <sup>o</sup> dia (%)	14 <sup>o</sup> dia (%)
1	43	60	29
2	41	64	52
3	35	52	40
4	43	59	55
5	12	25	19
6	16	24	13
7	36	48	35
8	0	7	8
9	0	3	1
10	0	0	0
11	0	1	3
Testemunha	63	64	65

Figura 12 - Pré-germinação de sementes de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. pendulum

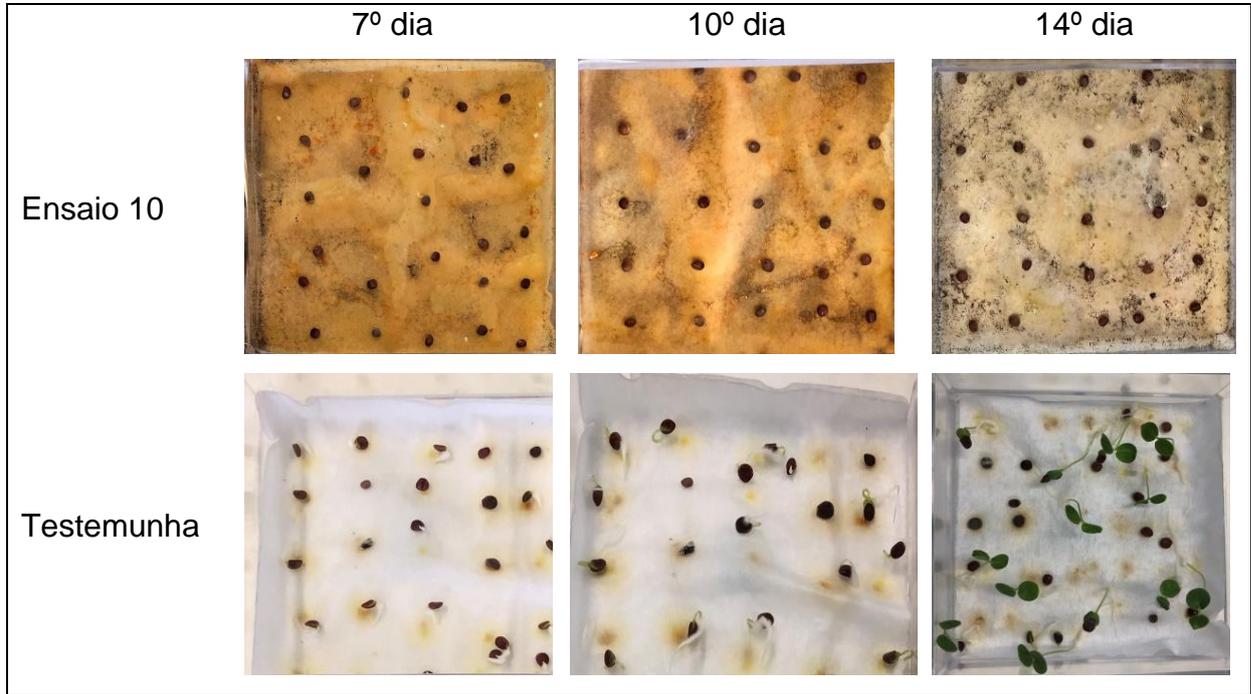
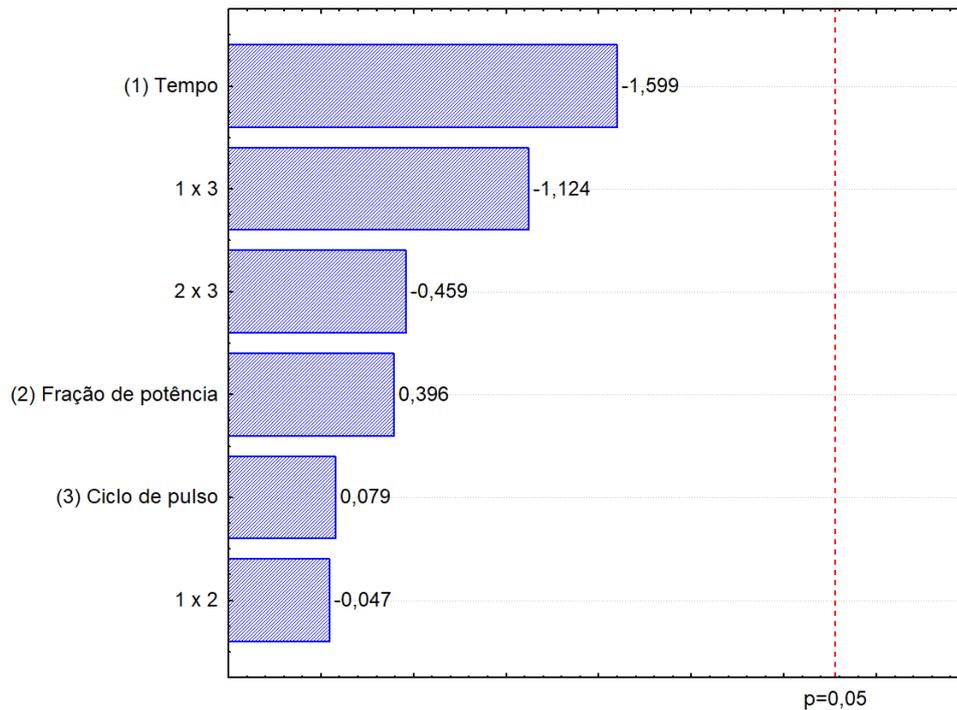


Figura 13 – Gráfico de Pareto de efeitos das variáveis da extração assistida por ultrassom de compostos de *Capsicum baccatum* var. pendulum sobre a pré-germinação de sementes de *Hovenia dulcis* Thunberg



Trabalhos científicos são reportados na literatura com o objetivo de controlar espécies exóticas invasoras. No caso da uva-do-japão, um estudo mostra que uma combinação de métodos mecânicos e químicos obteve 100% de mortalidade com todas as técnicas utilizadas, ressaltando que o uso de controle químico deve ser feito sob condições apropriadas e técnicas específicas, evitando-se a aplicação em espécies não-alvo e cumprindo rigorosamente normas de segurança do trabalho e de proteção ambiental (DECHOUM, 2013). Diversas referências internacionais disponibilizam métodos de controle químico para espécies exóticas invasoras (PARSONS; CUTHBERTSON, 1992; TU et al., 2001; MOTOOKA et al., 2002; XACT INFORMATION, 2005; RENTERÍA et al., 2007). Porém, o controle biológico é altamente recomendado para controlar populações estabelecidas em grande escala, mantendo-as a níveis aceitáveis, apresentando um ótimo custo-benefício, sendo permanente, sustentável e ecologicamente seguro (WITTENBERG; COCK, 2001).

#### **4.2.2 Pós-emergência**

Os testes de pós-emergência consistiram de avaliações visuais de inibição e análises quantitativas de comprimentos de raiz e parte aérea, massas frescas e seca e número de folhas. Em relação às avaliações visuais qualitativas, na Figura 14 são apresentados os resultados dos 11 ensaios e da testemunha.

Figura 14 - Pós-emergência de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. *pendulum*

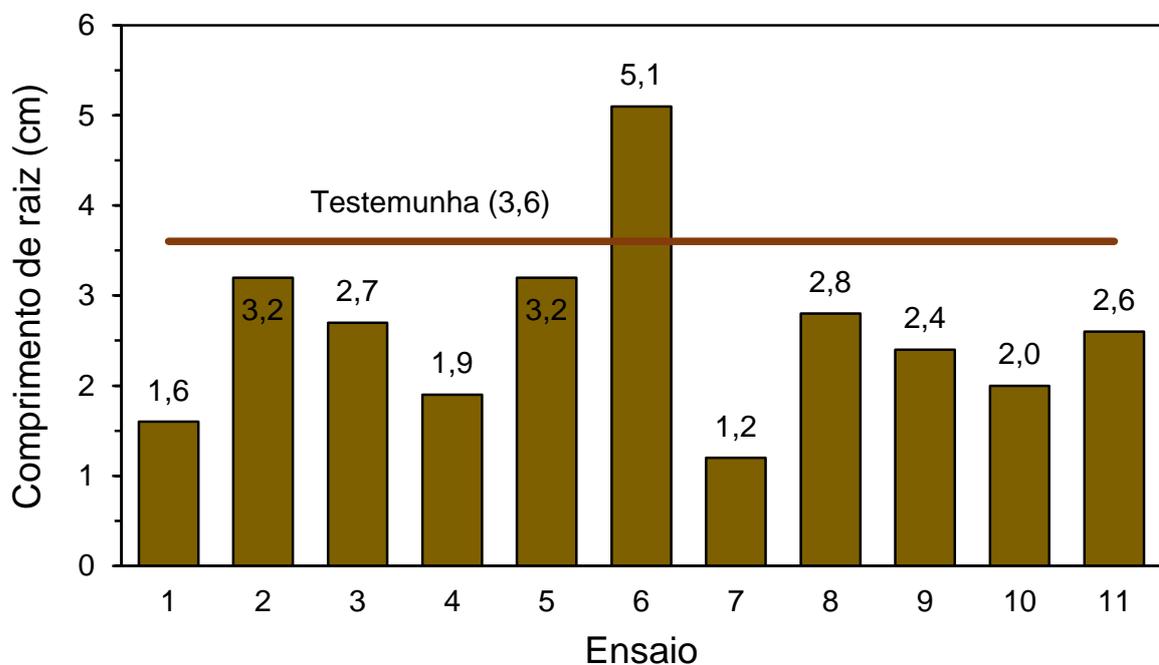


Utilizando-se a escala adaptada de Frans & Crowley (1986), verifica-se que a maior parte das amostras encontram-se na classificação “sem efeito” ou “efeito leve”. Em termos dos efeitos leves, observa-se leve descoloração (mudança leve da cor

verde para a amarela), o que caracteriza danos percentuais abaixo da faixa de 30%. Em termos visuais, não se pode inferir que há diferenças entre os ensaios e a testemunha. Sendo assim, outras respostas foram analisadas.

Dentre estas respostas está o comprimento de raiz (Figura 15 e Apêndice B). Enquanto a testemunha teve um comprimento médio de 3,6 cm, os demais ensaios (com exceção do 6) tiveram comprimentos médios menores. O menor valor do comprimento de raiz se deu no ensaio 7, com 1,2 cm, o que é 3 vezes menor do que a testemunha. Sabe-se que o modo de ação dos compostos presentes em extratos vegetais é de contato com a parte externa das plantas, principalmente folhas. Assim, nem sempre há interferência no sistema radicular. Trabalhos relatam essa afirmação, Bastos (2016) avaliou o comprimento das raízes de *Cucumis sativus*, onde as mesmas não sofreram influência significativa entre os tratamentos avaliados, variando de 14,4 a 18,3 cm.

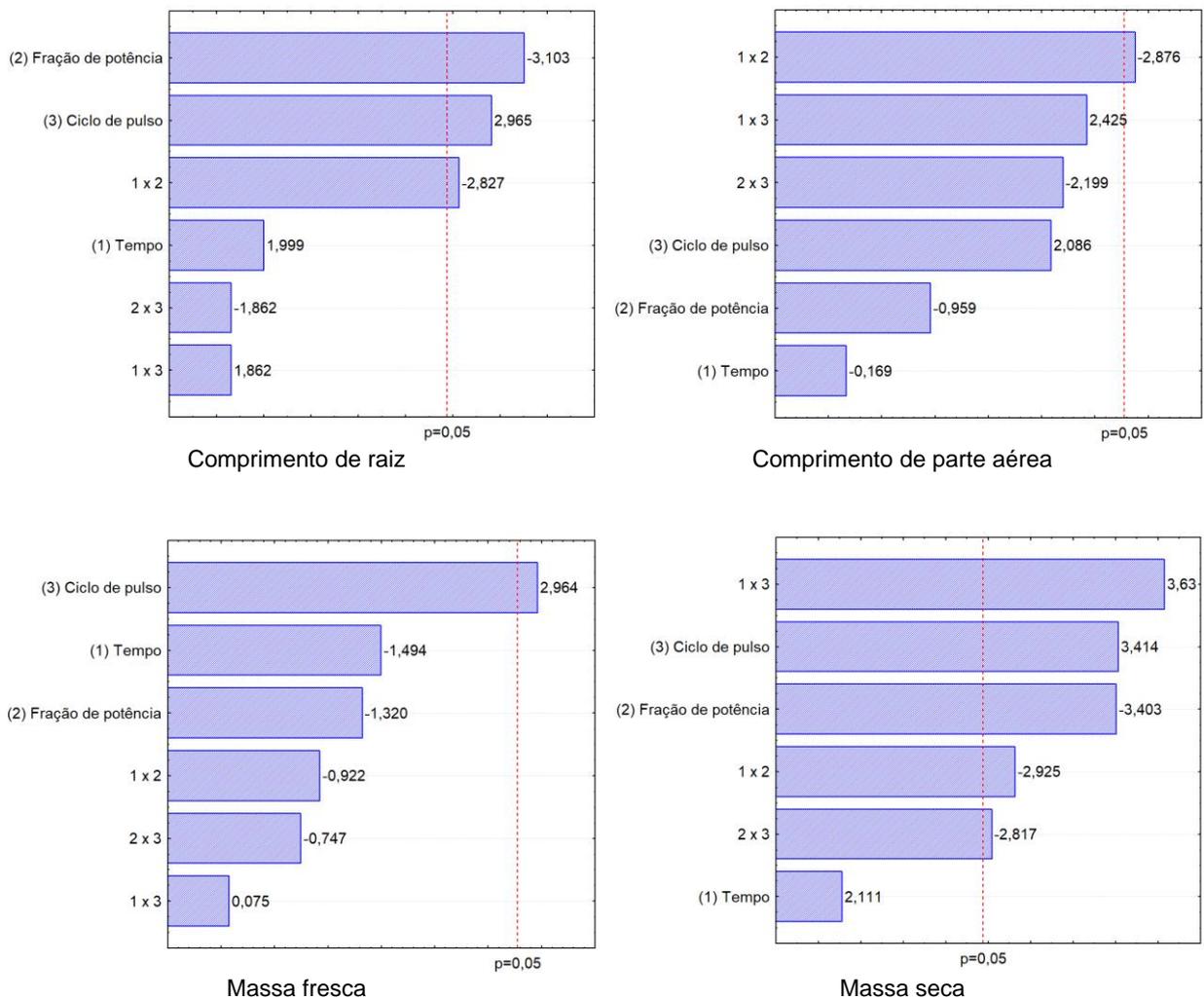
Figura 15 - Comprimento de raiz de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. pendulum



Em termos estatísticos (Figura 16), observa-se que as variáveis fração de potência, ciclo de pulso e a interação tempo x fração de potência foram significativas a 95% de confiança sobre a variável-resposta comprimento de raiz. Como o objetivo

é inibir a pós-emergência de uva-do-japão, estes resultados indicam que a interação entre tempo e fração de potência é positiva para causar menor comprimento da raiz. Em uma avaliação integrada, a condição adequada de extração assistida por ultrassom seria ciclo de pulso de 0,3 e uma combinação de tempo x fração de potência positiva, ou seja, 20 min de extração e 50% de potência ou 60 min de extração e 100% de potência.

Figura 16 - Gráfico de Pareto de efeitos das variáveis da extração assistida por ultrassom de compostos de *Capsicum baccatum* var. pendulum sobre variáveis-resposta de pós-emergência de *Hovenia dulcis* Thunberg

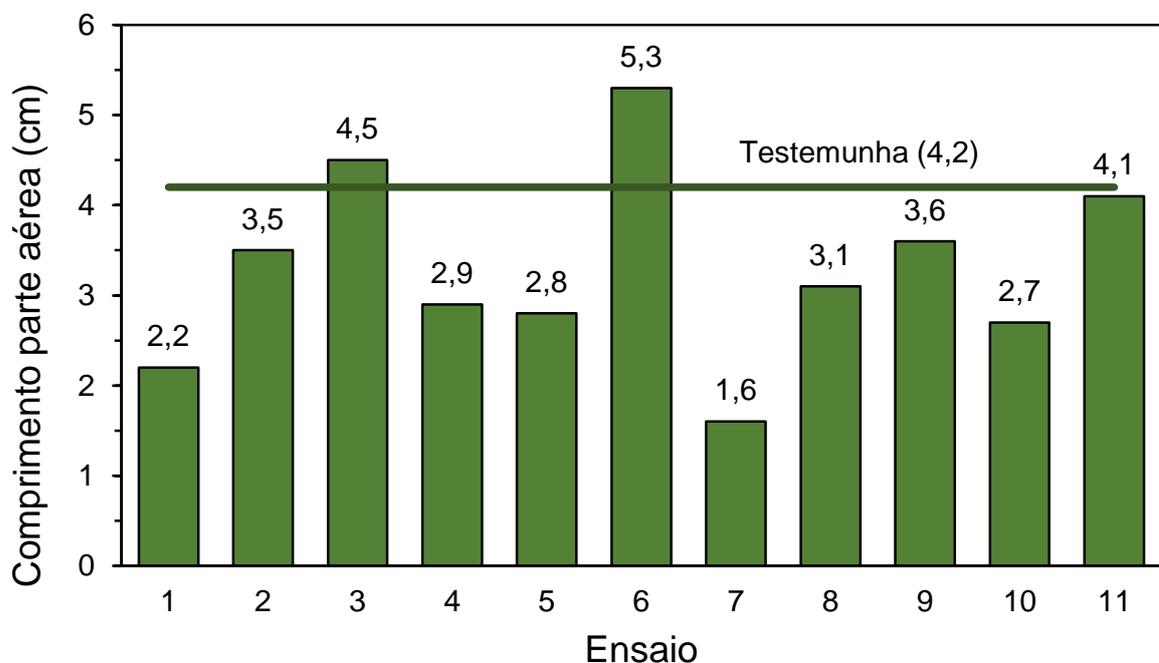


O comprimento da parte aérea (Figura 17) demonstrou comportamento similar ao da raiz. Apenas amostras de dois ensaios (3 e 6) tiveram comprimento médio maior do que a testemunha (4,2 cm). As amostras dos demais ensaios

apresentaram comprimento da parte aérea variando entre 1,6 e 4,1 cm. A análise estatística (Figura 16) indicou apenas a interação tempo x fração de potência como significativa a 95% de confiança para esta variável-resposta. Isto representa que a combinação positiva das duas variáveis independentes, ambas nos seus maiores ou menores níveis, resulta em menor comprimento médio da parte aérea, o que é de interesse em termos de controle desta planta exótica invasora em estudo.

O comprimento da parte aérea tem sido estudado em outros trabalhos. Spiassi (2011) avaliou os efeitos alelopáticos de palhas utilizadas como cobertura do solo durante o inverno sobre o crescimento inicial de milho e concluiu que houve redução no comprimento da parte aérea e da raiz, bem como perda de massa seca da parte aérea das plântulas de milho. Isto infere que o crescimento de milho é sensível à palha (*Crambe abyssinica*), podendo estar relacionado ao efeito alelopático da palha sobre as plantas de milho.

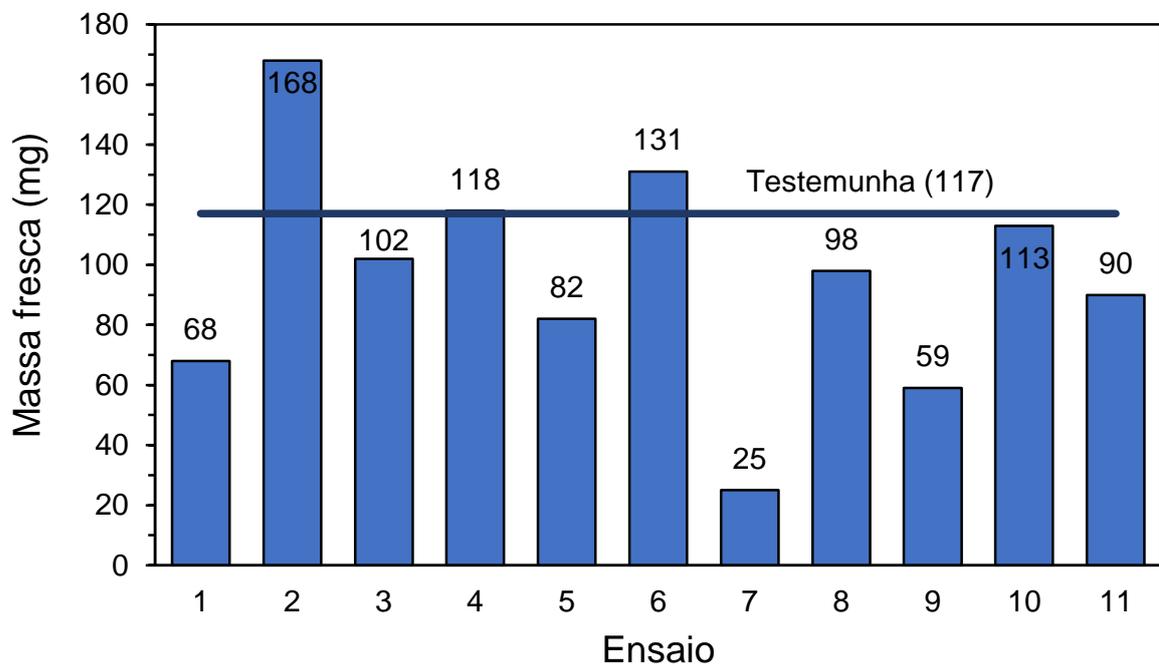
Figura 17 - Comprimento total da planta de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. pendulum



Os resultados de massas fresca e seca das plantas de uva-do-japão estão apresentados nas Figuras 18 e 19, respectivamente. Novamente o ensaio 6 (tempo de 60 min, fração de potência de 50% e ciclo de pulso de 0,7) apresentou resultados

maiores que a testemunha (117 mg). No entanto, para massa fresca, o ensaio 2 (tempo de 20 min, fração de potência de 50% e ciclo de pulso de 0,7) apresentou o maior valor de massa fresca: 168 mg. Em contrapartida, o ensaio 7 (tempo de 60 min, fração de potência de 100% e ciclo de pulso de 0,3) apresentou massas frescas e seca de apenas 25 e 7 mg, respectivamente.

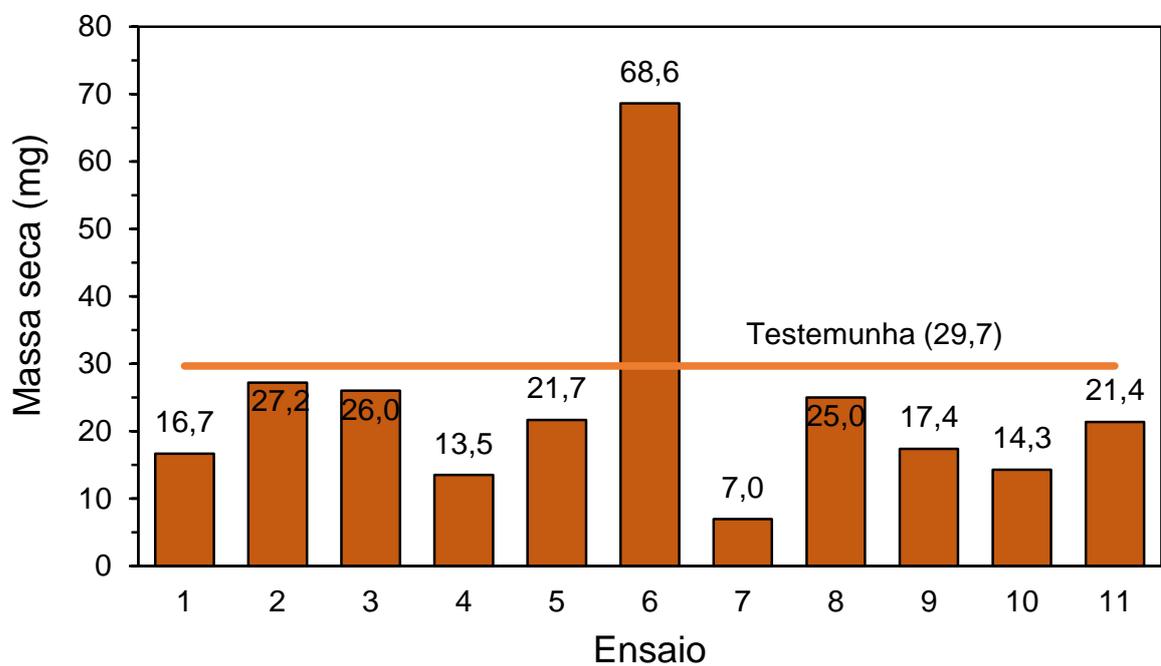
Figura 18 - Massa fresca da planta de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. *pendulum*



Para a massa fresca, apenas o ciclo de pulso foi significativo a 95% de confiança, indicando que é preferível aplicar ciclo de pulso de 0,3 em vez de 0,7. Estes resultados permitem inferir que ciclos de pulso maiores e próximo de 1,0 em extração assistida por ultrassom podem causar a perda parcial da bioatividade dos compostos presentes nos extratos de pimenta dedo-de-moça. Conseqüentemente, menor efeito inibitório é verificado em parâmetros de análise de fitotoxicidade. Em estudo desenvolvido com *Mortierella isabellina*, afim de otimizar o processo de extração, foi reportado que houve influência na variação do ciclo de pulso no extrato obtido por ultrassom, onde o fator pulso foi uma das variáveis otimizadas no delineamento composto central (SALLET et al., 2019). O efeito da cavitação permite a quebra das paredes celulares da matriz vegetal, melhorando a penetração do

solvente e facilitando a liberação de compostos extraíveis (PICÓ, 2013; BERNARDO et al., 2018). Confortin et. al. (2019) mostraram a variação dos rendimentos de extração conforme variação de intensidade e ciclo de pulso. O aumento da intensidade e do ciclo de pulso favoreceram a recuperação dos extratos das matrizes estudadas no trabalho obtidas de *Lupinus albus*.

Figura 19 - Massa seca da planta de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. *pendulum*



Para a massa seca, todas as interações foram significativas. Ao se considerar o tempo x ciclo de pulso, observa-se uma relação inversamente proporcional, ou seja, em tempos curtos (20 min) é indicado ciclo de pulso maior (0,7) e em tempos maiores (60 min) é indicado ciclo de pulso menor (0,3). Contudo, ao se considerar o tempo x fração de potência ou fração de potência x ciclo de pulso, observa-se relações proporcionais, ou seja, ambas as variáveis independentes de cada interação dupla devem estar conjuntamente nos seus menores ou maiores níveis.

O número de folhas da planta de uva-do-japão com aplicação de extrato de pimenta dedo-de-moça também foi avaliado (Tabela 7). Esta variável-resposta variou de 1 a 3 folhas, sendo o menor valor obtido para o ensaio 7 (tempo de 60 min, fração de potência de 100% e ciclo de pulso de 0,3) e os maiores valores obtidos

para o ensaio 3, 5 e 6, além da testemunha. Em termos do ensaio 7, observa-se que os resultados da Tabela 7 são corroborados pelos resultados das Figuras 15, 17, 18 e 19, onde os menores valores de comprimentos e massas também foram obtidos.

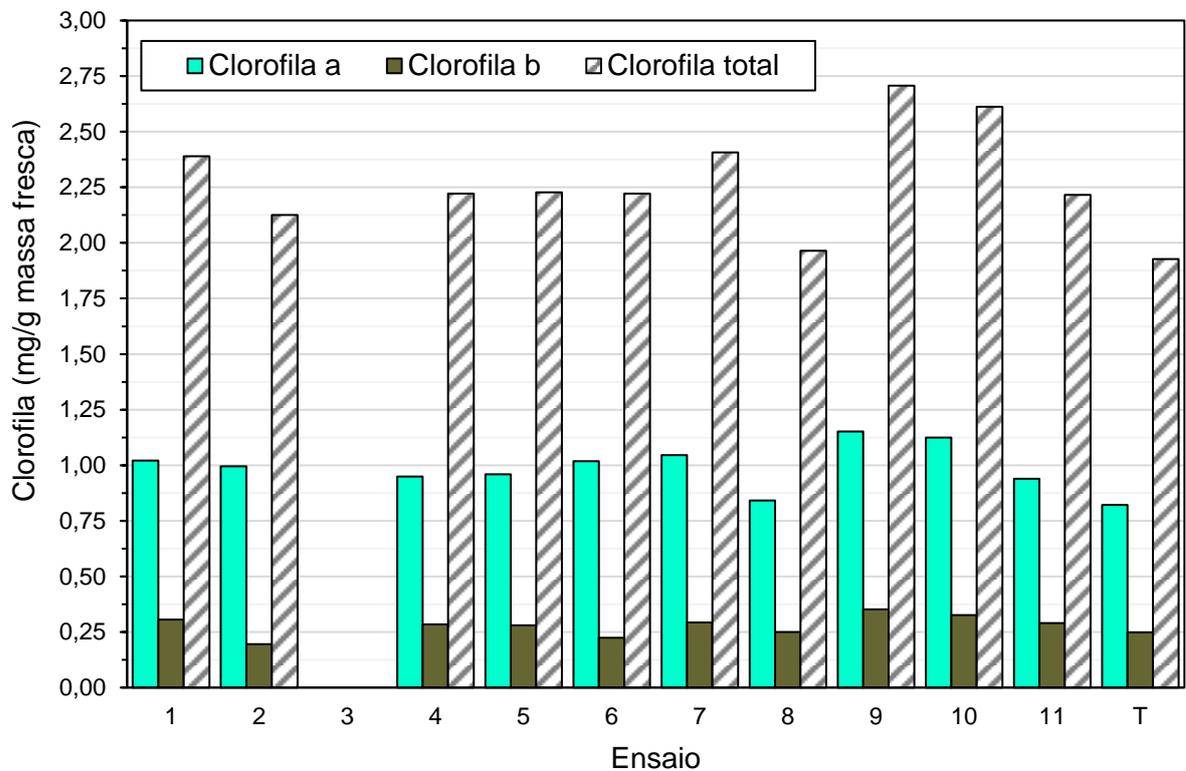
Tabela 7 - Número médio de folhas da planta de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. pendulum

Ensaio	Número de folhas
1	2
2	2
3	3
4	2
5	3
6	3
7	1
8	2
9	2
10	2
11	2
Testemunha	3

Os teores de clorofila e carotenoides da planta de uva-do-japão com aplicação de extrato de pimenta dedo-de-moça são apresentados nas Figuras 20 e 21, respectivamente. Com exceção do ensaio 3, onde não foi possível realizar a análise, os valores de clorofila a, b e total variaram de 0,82 a 1,15, 0,19 a 0,35 e 1,93 a 2,71 mg/g massa fresca, respectivamente. Para a testemunha, os valores de clorofila a, b e total foram 1,02, 0,31 e 2,39 mg/g massa fresca, respectivamente. Logo, em comparação direta, 7 ensaios apresentaram resultados de clorofila a, b e total menores do que a testemunha. O leve amarelecimento das plantas de uva-do-japão observado na Figura 14 pode ter ocorrido em função da redução de absorção de nutrientes inibida pelo extrato de pimenta dedo-de-moça, levando à redução do

teor de clorofila nas folhas. Bastos (2016) reportou que caldo fermentado fúngico afetou a fotossíntese de *Cucumis sativus*, levando à redução do teor de clorofila e interferindo também nos demais parâmetros, como comprimento de raiz, altura e massa da planta.

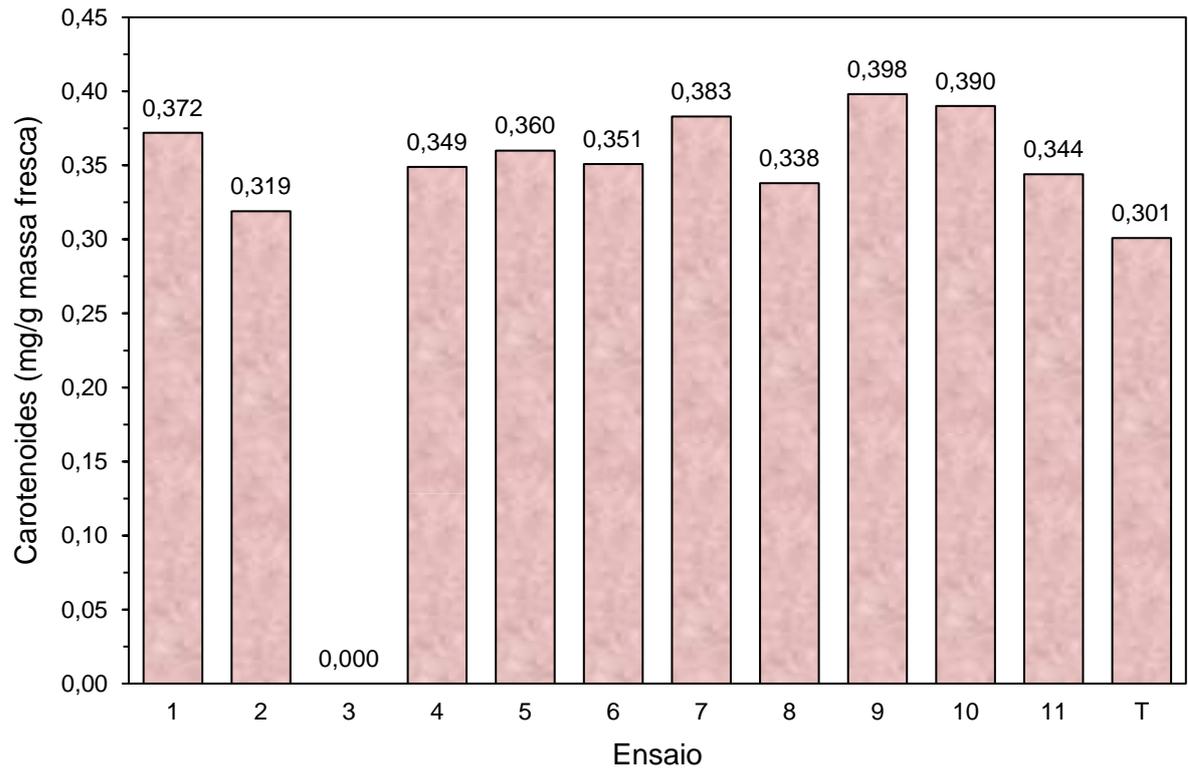
Figura 20 - Teor de clorofila da planta de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. pendulum.



Com relação ao teor de carotenoides, com exceção do ensaio 3, esta variável-resposta variou de 0,319 a 0,398 mg/g massa fresca, enquanto a testemunha apresentou valor médio de 0,301 mg/g massa fresca (Figura 21). Os carotenoides são pigmentos que, durante a fotossíntese, podem desempenhar duas funções distintas: absorção de luz nos complexos de captação de luz atuando como pigmentos acessórios e exercendo ação fotoprotetora do aparato fotoquímico (KERBAUY, 2004), prevendo danos foto-oxidativos às moléculas de clorofila (RAVEN et al., 2007). O autor explica que a aplicação dos tratamentos não exerceu efeitos suficientes para provocar alteração nos pigmentos estruturais dos

carotenoides, que estão aparentemente envolvidos na proteção da clorofila (XU et al., 2001; EPSTEIN; BLOOM, 2006; MUNNS; TESTER, 2008).

Figura 21 - Teor de carotenoides da planta de *Hovenia dulcis* Thunberg com aplicação de extrato de *Capsicum baccatum* var. pendulum ; T: testemunha



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os extratos avaliados, a pimenta-dedo-de-moça apresentou maior efeito inibitório em pré-emergência de *Cucumis sativus* e *Hovenia dulcis* do que o araçá. Em pós-emergência, os resultados em uva-do-japão indicaram leve amarelecimento das plantas. Os extratos obtidos por ultrassom, em sua maioria, influenciaram no desenvolvimento das plantas, reduzindo os comprimentos das raízes e parte aérea. Consequentemente, este efeito inibitório também foi observado nas reduções de massas frescas e secas das amostras uva-do-japão submetidas à aplicação de extratos de pimenta-dedo-de-moça, havendo efeito significativo de variáveis de processo, predominantemente a fração de potência do ultrassom. Os extratos de pimenta-dedo-de-moça poderão se tornar uma alternativa para controle de plantas invasoras, havendo a necessidade de estudos mais aprofundados na área.

### 5.1 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS

Como sugestão para trabalhos futuros, são destacados os seguintes itens:

- Avaliar a composição química dos extratos de araçá;
- Avaliar a composição química dos extratos de pimenta dedo-de-moça;
- Identificar os princípios ativos de ação fitotóxica;
- Testar a aplicação de extratos de araçá e pimenta dedo-de-moça em plantas de uva-do-japão de pequeno porte (20 a 50 cm de altura);
- Aplicar fungicida nas matérias-primas vegetais antes da realização do processo de extração assistido por ultrassom;
- Realizar a concentração dos extratos usando processos de separação por membranas;
- Avaliar outros métodos de extração de compostos bioativos com efeitos fitotóxicos, como extração com líquidos pressurizados ou extração por micro-ondas de hidrodifusão e gravidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, T. C. **Formulação de um herbicida biológico produzido através da fermentação submersa em biorreator**. 2014. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- AMRI, I. et al. Essential oils of *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *laricio* Maire: Chemical composition and study of their herbicidal potential. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, p. S3877–S3882, 2017.
- ANJOS, I. V. DOS, SILVA, L. P. DA, SILVA, L. DA R., ARAÚJO, K. L., AMORIM, A. F. S., BARELLI, M. A. A., & NEVES, L. G. Reação de acessos de *Capsicum spp.* ao fungo *Fusarium solani*. **Summa Phytopathologica**, v.44(4), p.344–349, 2018.
- ARSHAD, M. et al. Field evaluation of water plant extracts on sucking insect pests and their associated predators in transgenic Bt cotton. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v.29, n.1, 2019.
- BASTOS, B. O. **Produção e formulação de herbicida por fermentação em estado sólido utilizando o fungo *Diaporthe sp.*** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, p. 87, 2016.
- BELLARD, C.; CASSEY, P.; BLACKBURN, T. M. Alien species as a driver of recent extinctions. **Biology Letters** v.12, 20150623, 2016.
- BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 julho de 2000. Constituição Federal. Regulamenta o cap. I, art. 2º. Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm)>. Acesso em: 21 set. 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 399 p. 2009.
- BRUN, T. RABUSKE, J.E.; TODERO, I.; ALMEIDA, T.C.; JUNIOR, J.J.D.; ARIOTTI, G.; CONFORTIN, T.C.; ARNEMANN, J.A.; KUHN, R.C.; GUEDES, J.V.C.; MAZUTTI, M.A. Production of bioherbicide by *Phoma sp.* in a stirred-tank bioreactor. **3 Biotech**, v. 6, n. 2, p. 230-239, 2016.
- BRUN, THIARLES; RABUSKE, J.; CONFORTIN, T. C.; LUFT, L.; TODERO, I.; FISCHER, M.; ZABOT, G. L.; MAZUTTI, M. Weed control by metabolites produced from *Diaporthe schini*. **Environmental technology**, v. 43, p. 139-148, 2022
- CÁCERES L.A., B.D. MCGARVEY; BRIENS,C.; BERRUTI, F.; YEUNG,K.K.C.; SCOTT, I.M. Insecticidal properties of pyrolysis bio-oil from greenhouse tomato residue biomass, **Journal of analytical and applied pyrolysis**, v.112, p. 333–340, 2015.

CADASTRO NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. Ministério do Meio Ambiente. Tabela consolidada das Unidades de Conservação. Brasília, 2021. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/cadastro\\_uc](http://www.mma.gov.br/cadastro_uc)>. Acesso em: 20 nov. 2021.

CARVALHO, S. I. C. DE, RIBEIRO, C. S., HENZ, G. P., & REIFSCHEIDER, F. J. B. “BRS Mari”: nova cultivar de pimenta dedo-de-moça para processamento. **Horticultura Brasileira**, v.27(4), p.571–573, 2009.

CARVALHO, P. E. R. **Ecologia, silvicultura e usos da uva-do-japão** (*Hovenia dulcis* Thunberg), 1994.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A. Pimentas do Gênero *Capsicum* no Brasil. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 27p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 94), 2006.

CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO, R.; FREIRE, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, E. 699-705, 2011.

CONFORTIN, T. C.; TODERO, I.; SOARES, J. F.; BRUN, T.; LUFT, L.; UGALDE, G. A.; DAL PRÁ, V.; MAZUTTI, M. A.; ZABOT, G. L.; TRES, M. V. Extraction and composition of extracts obtained from *Lupinus albescens* using supercritical carbon dioxide and compressed liquefied petroleum gas. **The Journal of Supercritical Fluids**, v.128, p.395-403, 2017.

CONFORTIN, T. C.; TODERO, I.; CANABARRO, N. I.; LUFT, L.; UGALDE, G.; CHAVES NETO, J. R.; MAZUTTI, M.; ZABOT, G. L.; TRES, M. V. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of compounds from different aerial parts of *Senecio brasiliensis*: Mathematical modeling and effects of parameters on extract quality. **Journal of supercritical fluids**, v. 153, p. 104589, 2019a.

CONFORTIN, T.; TODERO, I.; LUFT, L.; TEIXEIRA, A. L.; MAZUTTI, Marcio A.; ZABOT, GIOVANI L.; TRES, M. V.. Valorization of *Solanum viarum* dunal by extracting bioactive compounds from roots and fruits using ultrasound and supercritical CO<sub>2</sub>. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 36, p. 1689-1702, 2019b.

CHIAPUSIO, G.; GALLET, C.; DOBREMEZ, J. F.; PELLISIER, F. Compuestos alelopáticos herbicidas del futuro. **In: Biopesticidas de Origen Vegetal**. Ediciones Mundi-Prensa. España. REGNAULT-ROGER C.; PHILOGENE, B. J.; VINCENT, C. (eds.). Madrid, España, p. 153-171, 2004.

CHO, K. J.; PARK, K. S.; TANG, C. S. Allelopathic potential of red-pepper (*Capsicum annum* L.) fruit. **Biotechnology**, v. 34(2), p.18-23, 1992.

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N. G. Natural products (secondary metabolites). In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. Biochemistry & molecular biology of plants. Rockville: **American Society of Plant Physiologists**, 2000.

DAVIS, M.A.; THOMPSON, K.; GRIME, J.P. Invasibility: the local mechanism driving community assembly and species diversity. **Ecography**, v.28, n.5, p.696-704, 2005.

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

DE SÁ MENDES, N.; SANTOS, M. C. P.; SANTOS, M. C.B.; CAMERON, L. C.; FERREIRA, M. S. L.; GONÇALVES, É. C. B. A. Characterization of pepper (*Capsicum baccatum*) - A potential functional ingredient. **Lwt-food science and technology**, v. 112, p. 108209, 2019.

DUDLEY, T., SUTHERLANDS, D.G. Ultrasonic in sonation effect on liquid–solid extraction, **Ind. Eng. Chem.** v.47, p. 1167-1169, 1955.

DUKE, S. O.; SCHEFFER, B. F.; DAYAN, F. E. Allelochemicals as herbicides. **In: Alleopathy from Molecules to Ecosystems**. REIGOSA, M.; PEDROL, N. (eds.). Science Publishers, Inc. USA, p. 183-195, 2002b.

EL OMARI, N.; EZZAHRAE GUAOUGUAOU, F.; EL MENYIY, N.; BENALI, T.; AANNIZ, T.; CHAMKHI, I.; BOUYAHYA, A. Phytochemical and biological activities of *Pinus halepensis* Mill., and their ethnomedicinal use. **Journal of Ethnopharmacology**, V. 268, 113661, 2020.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas**. Londrina: Planta, p. 404, 2006.

FONSECA, A. S.; FERNANDES, C. F.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; ROCHA, R. B.; FREIRE, T. C.; SANGI, S. C.; BASTOS, J. S. F.; ALVES, R. C.. Extratos vegetais do gênero capsicum com potencial atividade antifúngica contra *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.1, p.89-98, 2020.

FRANÇA, A. C.; SILVA, R. G.; MATRICARDI, E. A. T.; SAMPAIO, A. B.; GUIMARÃES, T. C. S. Susceptibilidade à invasão das Unidades de Conservação federais por espécies exóticas invasoras da flora terrestre. **ACSA**, Patos-PB, v.16, n.2, p.126-133, 2020.

FRANS, R.E.; TALBERT, R.; MARK, D.; CROWLEY, H. Experimental design and the techniques for measuring and analysis plant responses to weed control practices. In: Research Methods in Weed Science, 3a ed., **Southern Weed Science Society**, p.29-46, 1986.

FREITAS, P. C. et al. Extração assistida por ultrassom para determinação colorimétrica de ferro em solo: uma comparação com espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado. **Quím. Nova**, v. 38, n. 4, p. 570-574. 2015.

GALLARDO, B.; ALDRIDGE, D.C.; GONZÁLEZ-MORENO, P.; PERGL, J.; PIZARRO, M.; PYŠEK, P.; THUILLER, W.; YESSON, C.; VILÀ, M. Protected areas

offer refuge from invasive species spreading under climate change. **Global change biology**, Oxford, v. 23, n. 12, p. 5331-5343, jul. 2017.

GARCIA-MATEOS, M. DEL R., SÁNCHEZ-NAVARRO, C., MARTÍNEZ-SOLÍS, J. & PÉREZ-GRAJALES, M. Actividad fitotóxica de los extractos de chile manzano (*Capsicum pubescens* R & P). **Rev Chapingo Ser Hortic**, v.19(4), p.23-33, 2013.

GOGATE, P.R.; KABADI, A.M. A review of applications of cavitation in biochemical engineering/biotechnology. **Biochem. Eng. J**, v. 44, p. 60–72, 2009.

GUIMARÃES, S. S.; POTRICH, M.; SILVA, E. R. L.; WOLF, J.; PEGORINI, C. S.; OLIVEIRA, T. M. Ação repelente, inseticida e fagoinibidora de extratos de pimenta dedo-de-moça sobre o gorgulho do milho. **Arquivos do Instituto Biológico** (Online), v. 81, p. 322-328, 2014.

HAYDEN REICHARD, S; WHITE, P. Horticulture as a Pathway of Invasive Plant Introductions in the United States. **BioScience**, v. 51 (n. 2), p. 103-113, 2001.

HENDRY, G.A.F., Price, A.H. Stress indications: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry, GAF, Grime JP (Eds.). *Methods in comparative plant ecology. A laboratory manual*. **Chapman & Hall**, London, p 148–152,1993.

HISTER, C. A. L.; TRAPP, K. C; TEDESCO, S. B. Potencial alelopático e antiproliferativo de extratos aquosos das folhas de *Psidium cattleianum* Sabine sobre *Lactuca sativa* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v.14, n.2, p.124-129, 2016.

HUANG H, MORGAN CM, ASOLKAR RN, KOIVUNEN ME & MARRONE PG. Phytotoxicity of sarmentine isolated from long pepper (*Piper longum*) fruit. **J Agric Food Chem** v.58(18): p.9994-10000, 2010.

JUN, N. J., A. MOSADDIK, J. Y. MOON, K.-C. JANG, D.-S. LEE, K. S. AHN, et al. Cytotoxic activity of  $\beta$ -caryophyllene oxide isolated from Jeju Guava (*Psidium cattleianum* Sabine) leaf. **Rec. Nat. Prod.** V.5, p. 242– 246, 2011.

KAPPEL, V. D., COSTA, G. M., SCOLA, G., SILVA, F. A., LANDELL, M. F., VALENTE, P., MOREIRA, J. C. F. Phenolic Content and Antioxidant and Antimicrobial Properties of Fruits of *Capsicum baccatum* L. var. *pendulum* at Different Maturity Stages. **Journal of Medicinal Food**, v.11(2), p.267–274, 2008.

KANTAR, M. B., ANDERSON, J. E., LUCHT, S. A., MERCER, K., BERNAU, V., CASE, K. A., BAUMLER, D. J. Vitamin variation in *Capsicum* spp. Provides opportunities to improve nutritional value of human diets. **PLoS One**, v.11(8), p.1–12, 2016.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 452p. 2004.

LEVINE, M.; ADLER, P. B.; YELENIK, S. G. A meta-analysis of biotic resistance to exotic plant invasions. **Ecology letters**, Oxford, v. 7, n. 10, p. 975-989, set. 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2003.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Method Enzymol.** 148, 350–382, 1987.

MALLMANN, C. L. et al. Índice de vegetação por diferença normalizada para caracterização da dinâmica florestal no parque estadual Quarta Colônia, estado do Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v.08, n. 05, p. 15, 2015.

MARCUZZO, S. B. **Métodos e espécies potenciais para a restauração de áreas degradadas no Parque Estadual da Quarta Colônia, RS**. Tese (Doutorado). Santa Maria, RS. UFSM, 2012.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Informe nacional sobre espécies invasoras. 2005.

MACIAS, F. A. Allelopathy in the Search for Natural Herbicide Models. *In: Allelopathy Organisms, Processes and Applications*. **American Chemical Society**. Washington, DC. USA. p. 311-327, 1995.

MECKELMANN, S. W., RIEGEL, D. W., VAN ZONNEVELD, M. J., RIOS, L., PENA, K., UGAS, R., PETZ, M. Compositional characterization of native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61(10), p.2530–2537, 2013.

MOTOOKA, P.; CASTRO, L.; NELSON, D.; NAGAI, G.; CHING, L. Weeds of Hawaii's pastures and natural areas: an identification and management guide. Hawaii: **College of Tropical Agriculture and Human Resources**, University of Hawaii, 184 p., 2003.

MOTOOKA, P.; CHING, L.; NAGAI, G. Herbicidal weed control methods for pastures and natural areas. Hawaii: **Cooperative Extension Service**, University of Hawaii, 36 p., 2002.

MUNNS, R.; TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**. Palo Alto, v. 59, p. 651-681, 2008.

PARSONS, W. T.; CUTHBERTSON, E. G. Noxious weeds of Australia. **Collingwood: CSIRO Publishing**, 712 p., 1992.

PATEL, S. Exotic tropical plant *Psidium cattleianum*: a review on prospects and threats. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, v.11: p.243–248, 2012.

PIMENTEL, D.; MCNAIR, S.; JANECKA, J.; WIGHTMAN, J.; SIMMONDS, C.; O'CONNEL, C.; WONG, E.; RUSSEL, L.; ZERN, J.; AQUINO, T.; TSOMONDO, T. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.84, n.1, p.1-20, 2001.

PYŠEK, P.; RICHARDSON, D. M. Invasive species, environmental change and management, and health. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 35, p.25-55, 2010.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 728p., 2007.

RENTERÍA, J.L.; ATKINSON, R.; BUDDENHAGEN, C. Estrategias para la erradicación de 21 especies de plantas potencialmente invasoras en Galápagos. **Galápagos: Fundación Charles Darwin**, 108 p., 2007.

REZENDE, C. P. et al. Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens. **Boletim Agropecuário**, Lavras, n. 54, p.1-55, 2003.

RODOLFO, A.M.; TEMPONI, L.G.; CÂNDIDO JR, J.F. Levantamento de plantas exóticas na trilha do Poço Preto, Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. S1, 2008.

RICHARDSON, D. M. AND REJMÁNEK, M. Conifers as invasive aliens: a global survey and predictive framework. **Diversity and Distributions** v.10, p.321-331, 2004.

RICHARDSON, D.M., CARRUTHERS, J., HUI, C., IMPSON, F.A.C., ROBERTSON, M.P., ROUGET, M., LE ROUX, J.J. & WILSON, J.R.U. Human-mediated introductions of Australian acacias—a global experiment in biogeography. **Diversity and Distributions**, v.17, p.771–787, 2011a.

RICHARDSON, D.M., PYSEK, P. & CARLTON, J.T. A compendium of essential concepts and terminology in invasion ecology. Fifty years of invasion ecology. The legacy of Charles Elton (ed. by D.M. Richardson), Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 409–420, 2011b.

RIGON, A., LEONARDI, B., MIRON, D., SCHAPOVAL, E., RODRIGUES, J., OLIVEIRA, D., ET AL. Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: From traditional use to scientific approach. **Journal of Ethnopharmacology**, v.139(1), p.228–233, 2012.

RIBEIRO et al. A restauração da mata atlântica apoiada em sistemas de informações geográficas. In: **Conservação da Biodiversidade com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, p. 40-54, 2012.

SALLET, D.; SOUZA, P. O.; FISCHER, L. T.; UGALDE, G.; ZABOT, G.; MAZUTTI, M. A.; KUHN, R.C. Ultrasound-assisted extraction of lipids from *Mortierella isabellina*. **Journal of food engineering**, v. 242, p. 1-7, 2019.

SAMPAIO, A. B. ; SCHMIDT, I. B. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, p. 32-49, 2013.

SANTOS, P. L. et al. Utilização de extratos vegetais em proteção de plantas. Enciclopédia biosfera, **Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.9, n.17, p. 2563, 2013.

SANTOS KA, KLEIN EJ, DA SILVA C, ET AL. Extraction of vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) root oil by supercritical CO<sub>2</sub>, pressurized-liquid, and ultrasound-assisted methods and modeling of supercritical extraction kinetics. **J Supercrit Fluids**, v.150, p.30–39,2019b.

SARMA, L., CHAKRABORTY, S., JYOTI DAS, M., & KUMAR DUARY, R. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Sesamum indicum*. **Natural Product Research**, p. 1–6, 2019.

SAURABH PGARE, M. B., NIRAJ T; SONAL PAGARE AND Y.K. BANSAL. Secondary Metabolites of Plants and their Role: overview, **Cur trends biotech and pharm**, v. 9 (3), p.293- 304, 2015.

SHAHIDI, F. (Ed.). Antinutrients and phitochemicals in food. Washington, DC.: American Chemical Society, **ACS Symposium Series**, v.662, p. 344, 1997.

SHIRSATH, S.R., SONAWANE, S. H., AND GOGATE, P. R. Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations-a review of current status. **Chem. Eng. Proc. Proc. Int.**, v. 53, p. 10–23, 2012.

SELLE, G. L. **Guias de densidade e índices de sítios para Hovenia dulcis Thunberg na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2009. 96 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SEMA. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Ações de manejo e controle de plantas exóticas invasoras no Parque Estadual da Quarta Colônia. **Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 15 dez. 2005. Disponível em: <[http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu=4&cod\\_conteudo=3864](http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=4&cod_conteudo=3864)>. Acesso em: 04 abr. 2021.

SEMA. **Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Rs cria o Parque Estadual Da Quarta Colônia. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 15 dez. 2005. Disponível em: <<https://estado.rs.gov.br/rs-cria-o-parque-estadual-da-quarta-colonia>>. Acesso em: 04 abr. 2021.

SCHÜTTE, G. et al. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. **Environmental Sciences Europe**, [s.l.], v.29, no.1, p.5, 2017.

SOQUETTA M. B.; TERRA L. M.; BASTOS, C. P. Green technologies for the extraction of bioactive compounds in fruits and vegetables. **CYTA - J Food**, v.16, p.400–412, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4. ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2006.

TIWARI, P. et al. Phytochemical screening and Extraction: A Review. **Internationale Pharmaceutica Scientia**, v.1, n.1, p.98-106, 2011.

TODERO, I. **Formulação e aplicação de metabólitos produzidos por *Fusarium fujikuroi* com ação herbicida**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, 2021.

TODERO, IZELMAR; CONFORTIN, TÁSSIA C.; LUFT, LUCIANA; SEIBEL, JEFERSON; KUHN, RAQUEL C.; TRES, MARCUS V.; ZABOT, GIOVANI L.; MAZUTTI, MARCIO A. Concentration of exopolysaccharides produced by *Fusarium fujikuroi* and application of bioproduct as an effective bioherbicide. **Environmental technology**, v. 41, p. 2742-2749, 2020.

TU, M.; HURD, C.; RANDALL, J. M. Weed control methods handbook: tools & techniques for use in natural areas. Davis: **The Nature Conservancy**, 219 p., 2001.

VASCONCELOS, L.C., DE SOUZA SANTOS, E., DE OLIVEIRA BERNARDES, C. *ET AL*. Phytochemical analysis and effect of the essential oil of *Psidium* L. species on the initial development and mitotic activity of plants. **Environ Sci Pollut Res**, v.26, p. 26216–26228 , 2019.

VINATORU M. An overview of ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs, **Ultrason. Sonochem**, v.8, p.303-313, 2001.

XACT INFORMATION. **Control of unwanted plants**. South Africa: Cooper Sunset Trading 100 Ltd., 238 p., 2005.

WANDSCHEER, Alana Cristina Dorneles et al. Atividade alelopática de folhas e pseudofrutos de *Hovenia dulcis* Thunb.(Rhamnaceae) sobre a germinação de *Lactuca sativa* L.(Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 25-30, 2011.

WEI Y QIN, SUN M MAN, FANG H YAN. Dienzyme-assisted salting-out extraction of flavonoids from the seeds of *Cuscuta chinensis* Lam. **Ind Crops Prod**, v.127. p.232–236, 2019.

WANG, Q., LIU, Y., CUI, J., DU, J., CHEN, G., & LIU, H. Optimization of ultrasonic-assisted extraction for herbicidal activity of chicory root extracts. **Industrial Crops and Products**, v.34(3), p.1429–1438, 2011.

WILLIAMS, P.A. & CAMERON, E.K. Creating gardens: the diversity and progression of European plant introductions. Biological invasions in New Zealand (ed. by R.B. Allen and W.G. Lee), Springer-Verlag, Berlin pp. 33–47, 2006.

WITTENBERG, R.; COCK, M. J. W. Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices. Oxfordshire: **CABI International**, 228 p., 2001.

ZABOT, G.L.; MORAES, M.N.; MEIRELES, M.A.A. Supercritical Technology Applied to the Production of Bioactive Compounds: Research Studies Conducted at LASEFI from 2009 to 2013. **Food and Public Health**, v.4, p.36-48, 2014.

ZABOT, G. L.; MORAES, M. N.; MEIRELES, M. A. A. Supercritical Fluid Extraction of Bioactive Compounds from Botanic Matrices: Experimental Data, Process Parameters and Economic Evaluation. **Recent patents in engineering**, v. 6, p. 182-206, 2012.

ZILLER, S. R. **A estepe gramíneo-lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica**. 2000. 268 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2000.

ZILLER, S. R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Ciência Hoje**, vol. 30, 2003.

ZILLER, S. R.; ZALBA, S. M. Propostas de ação para prevenção e controle de espécies exóticas invasoras. **Natureza & Conservação**, v. 5, p. 8-15, 2007.

ZILLER, S. R. **Parque Estadual da Quarta Colônia – RS: Plano de ação para manejo de espécies exóticas invasoras**. 18 p., 2013.

XU, H.; VAVILIN, D.; VERMAAS, W. Chlorophyll b can serve as the major pigment in functional photosystem II complexes of cyanobacteria. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, Washington**, v.98, n.24, 2001.

**APÊNDICE A – PRÉ-EMERGÊNCIA DE UVA-DO-JAPÃO COM EXTRATO  
DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA**

TRATAMENTOS	7° DIA	% GERMINAÇÃO	10° DIA	% GERMINAÇÃO	14° DIA	% GERMINAÇÃO
T0R1	15	60	20	80	14	56
T0R2	20	80	15	60	15	60
T0R3	12	48	13	52	20	80
T1R1	11	44	14	56	9	36
T1R2	10	40	18	72	6	24
T1R3	11	44	13	52	7	28
T2R1	10	40	16	64	12	48
T2R2	12	48	19	76	15	60
T2R3	9	36	13	52	12	48
T3R1	10	40	15	60	14	56
T3R2	7	28	13	52	10	40
T3R3	9	36	11	44	6	24
T4R1	11	44	13	52	10	40
T4R2	11	44	14	56	13	52
T4R3	10	40	17	68	18	72
T5R1	4	16	5	20	4	16
T5R2	3	12	8	32	5	20
T5R3	2	8	6	24	5	20
T6R1	9	36	11	44	8	32
T6R2	1	4	2	8	1	4
T6R3	2	8	5	20	1	4
T7R1	12	48	14	56	11	44
T7R2	7	28	11	44	9	36
T7R3	8	32	11	44	6	24
T8R1	0	0	1	4	1	4
T8R2	0	0	1	4	0	0
T8R3	0	0	3	12	2	8
T9R1	0	0	0	0	0	0
T9R2	0	0	0	0	0	0
T9R3	0	0	2	8	1	4
T10R1	0	0	0	0	0	0
T10R2	0	0	0	0	0	0
T10R3	0	0	0	0	0	0
T11R1	0	0	1	4	2	8
T11R2	0	0	0	0	0	0
T11R3	0	0	0	0	0	0

**APÊNDICE B – DADOS DE PÓS-EMERGÊNCIA DE UVA-DO-JAPÃO  
COM EXTRATO DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA**

TRATAMENTO	REPETIÇÃO	NÚMERO DE FOLHAS	COMPRIMENTO RAIZ (cm)	COMPRIMENTO PLANTA (cm)	MASSA FRESCA (g)	MASSA SECA (g)
Testemunha	1	3	8,5	4,3	0,2247	0,0478
Testemunha	2	2	3,4	3,5	0,056	0,0163
Testemunha	3	2	2,6	3,5	0,0814	0,0223
Testemunha	4	3	3,9	4,5	0,1856	0,0437
Testemunha	5	2	2,9	3,5	0,0511	0,0128
Testemunha	6	4	2	3,5	0,0573	0,0127
Testemunha	7	4	2	6	0,1996	0,0511
Testemunha	8	5	3,5	6	0,1128	0,0306
Testemunha	9	5	3,5	3	0,0804	0,0152
1	1	3	3	3,5	0,1382	0,034
1	2	0	0	0	0	0
1	3	0	0	0	0	0
1	4	5	2	4	0,0917	0,0227
1	5	4	2,5	4,5	0,1078	0,0242
1	6	3	4,5	4,5	0,1607	0,042
1	7	0	0	0	0	0
1	8	0	0	0	0	0
1	9	5	2	3	0,1101	0,0273
2	1	2	3	3,5	0,528	0,0356
2	2	0	0	0	0	0
2	3	4	4,5	3	0,118	0,0342
2	4	2	4	3,5	0,358	0,0234
2	5	4	2,5	3,5	0,1163	0,0319
2	6	3	3,9	5	0,1672	0,0456
2	7	2	2,4	5	0,1116	0,0316
2	8	2	4,6	4,6	0,0663	0,0331
2	9	2	3,5	3,4	0,0438	0,009
3	1	2	3	4,4	0,1007	0,0314
3	2	0	0	0	0	0
3	3	2	2,5	5	0,0839	0,0201
3	4	4	2	4,6	0,0905	0,0228
3	5	3	2,5	5,5	0,0736	0,0179
3	6	4	4	5	0,1884	0,0391
3	7	3	3	6	0,1298	0,0396
3	8	3	4,5	5,9	0,1705	0,0424
3	9	3	3	4	0,0792	0,0206

## Continuação

TRATAMENTO	REPETIÇÃO	NÚMERO DE FOLHAS	COMPRIMENTO RAIZ (cm)	COMPRIMENTO PLANTA (cm)	MASSA FRESCA (g)	MASSA SECA (g)
4	1	0	0	0	0	0
4	2	2	3	5	0,055	0,0151
4	3	3	2,5	3,7	0,0933	0,0219
4	4	4	3	4	0,1149	0,0328
4	5	0	0	0	0	0
4	6	2	2,5	5,8	0,0926	0,0256
4	7	1	3,5	3,9	0,0394	0,0066
4	8	2	2,5	4	0,664	0,0199
4	9	0	0	0	0	0
5	1	5	8	4	0,1297	0,0404
5	2	2	4	4,2	0,0434	0,0146
5	3	0	0	0	0	0
5	4	0	0	0	0	0
5	5	3	3,4	4	0,0891	0,0192
5	6	0	0	0	0	0
5	7	3	3,4	4,2	0,0772	0,0179
5	8	5	3,9	3,6	0,1137	0,0287
5	9	6	8	5	0,2835	0,0743
6	1	2	2,7	5	0,0485	0,148
6	2	3	2	3,4	0,0659	0,169
6	3	5	10	4,4	0,1331	0,0293
6	4	3	4	6	0,1524	0,0443
6	5	2	3	6,4	0,075	0,0248
6	6	3	5	6	0,1731	0,0526
6	7	2	4,9	6	0,0696	0,0223
6	8	3	4,4	6,4	0,1574	0,0543
6	9	3	9,5	4,4	0,2997	0,0728
7	1	0	0	0	0	0
7	2	2	3	2,6	0,0455	0,0162
7	3	2	3,5	3	0,0353	0,0081
7	4	2	1,5	4,7	0,0514	0,0137
7	5	0	0	0	0	0
7	6	4	2,5	4,3	0,091	0,0252
7	7	0	0	0	0	0
7	8	0	0	0	0	0
7	9	0	0	0	0	0

## Continuação

TRATAMENTO	REPETIÇÃO	NÚMERO DE FOLHAS	COMPRIMENTO RAIZ (cm)	COMPRIMENTO PLANTA (cm)	MASSA FRESCA (g)	MASSA SECA (g)
8	1	2	2	3,5	0,0476	0,0133
8	2	3	6	4,5	0,1295	0,0352
8	3	0	0	0	0	0
8	4	3	4	4,4	0,2326	0,0542
8	5	3	4,3	4,5	0,1469	0,0353
8	6	3	1,7	4	0,0976	0,0265
8	7	2	3,5	2,7	0,0563	0,0137
8	8	3	3,5	3,9	0,1753	0,0472
8	9	0	0	0	0	0
9	1	2	3	2,7	0,0552	0,0169
9	2	3	3	4,2	0,0849	0,0227
9	3	2	2	4,4	0,0536	0,0199
9	4	2	4,5	5	0,0986	0,0275
9	5	0	0	0	0	0
9	6	2	2,4	4,1	0,0466	0,0126
9	7	2	2	4,4	0,0713	0,0213
9	8	2	2	3	0,0441	0,0138
9	9	3	2,5	4,3	0,0761	0,0216
10	1	3	2,5	4,4	0,1082	0,0336
10	2	3	3,5	4,8	0,594	0,0129
10	3	2	2,8	3,5	0,0545	0,0151
10	4	0	0	0	0	0
10	5	4	1,8	2,5	0,0703	0,0198
10	6	0	0	0	0	0
10	7	3	3	5,6	0,1013	0,0281
10	8	0	0	0	0	0
10	9	3	4	3,5	0,0891	0,019
11	1	3	2,5	4,6	0,1099	0,0224
11	2	3	1,8	3	0,0784	0,0198
11	3	4	3,4	6	0,1592	0,0342
11	4	2	2,5	5,5	0,1031	0,0282
11	5	2	3,6	5,5	0,1062	0,0253
11	6	0	0	0	0	0
11	7	2	7	5,4	0,1789	0,0411
11	8	2	2,5	6,5	0,0744	0,0212
11	9	0	0	0	0	0