



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE (PSU)
MESTRADO ACADÊMICO ASSOCIADO
Universidade Estadual de Maringá
Instituto Federal do Paraná

**SOLUÇÕES AQUOSAS DE PLANTAS MEDICINAIS SOBRE GERMINAÇÃO E
CRESCIMENTO INICIAL DE DUAS ESPÉCIES DE Sida**

CAWANA PARRON AUGUSTO

UMUARAMA/PR

2021

CAWANA PARRON AUGUSTO

**SOLUÇÕES AQUOSAS DE PLANTAS MEDICINAIS SOBRE GERMINAÇÃO E
CRESCIMENTO INICIAL DE DUAS ESPÉCIES DE Sida**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade.

Orientadora: Andréia Cristina Peres Rodrigues da Costa

Coorientadora: Érica Marusa Pergo Coelho

UMUARAMA/PR

2021

Dados Internacionais de Catalogação-na Publicação (CIP)

(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

A923s

Augusto, Cawana Parron

Soluções aquosas de plantas medicinais sobre germinação e crescimento inicial de duas espécies de sida / Cawana Parron Augusto. -- Umuarama, PR, 2021.
70 f.tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Andréia Cristina Peres Rodrigues da Costa.

Coorientadora: Profa. Dra. Érica Marusa Pergo Coelho.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, 2021.

1. Alelopatia. 2. Plantas medicinais - Soluções aquosas. 3. Herbicida natural. 4. Sida (plantas daninhas). I. Costa, Andréia Cristina Peres Rodrigues da, orient. II. Coelho, Érica Marusa Pergo, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade. IV. Título.

CDD 23.ed. 632.954



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE (PSU)
MESTRADO ACADÊMICO ASSOCIADO
Universidade Estadual de Maringá
Instituto Federal do Paraná

FOLHA DE APROVAÇÃO

CAWANA PARRON AUGUSTO

“Soluções Aquosas de Plantas Medicinais Sobre a Germinação e Crescimento Inicial de Duas Espécies de *Sida*”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Curso de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Mestrado Acadêmico Associado entre a Universidade Estadual de Maringá e Instituto Federal do Paraná, formada pela seguinte Banca Examinadora:

Andréia Costa

Professora Doutora Andréia Cristina Peres Rodrigues da Costa
Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM)

Valdir Zucareli

Professor Doutor Valdir Zucareli
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - UEM)

Julia Abati

Professora Doutora Julia Abati
Avaliadora Externa (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - UEM)

Umuarama, 22 de fevereiro de 2021.

UEM · Av. Ângelo Moreira da Fonseca, 1800 · CEP 87.506-370 – Umuarama – PR · Fone: (44) 3621-9334

IFPR · Rodovia PR 323, Km 310 · CEP 87.507-014 – Umuarama – PR · Fone: (44) 3361-6200

E-mail: sec-psu@uem.br – Endereço eletrônico: www.psu.uem.br

“Semeai a educação e a sustentabilidade,
pois essas são as estradas que levam ao
futuro perfeito e eterno.”

Jorge Clésio

Dedico esta dissertação ao meu marido Danilo Mello, a minha avó Aparecida Parron, aos meus pais Regina Parron e José Francisco e ao meu irmão Jhonatan Augusto, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando, para a realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela força e proteção, me guiando para que eu pudesse concluir mais esta etapa da minha vida.

A Universidade Estadual de Maringá - UEM, pelo acolhimento e disponibilidade da infraestrutura para a realização desse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade - PSU, pelo incentivo e suporte para a realização desse trabalho.

À minha orientadora, Profa. Dra. Andréia Cristina Peres Rodrigues da Costa, pela oportunidade, por me orientar e por me mostrar um novo mundo, pela amizade, pela paciência, pelos ensinamentos e pelo comprometimento à conclusão da dissertação.

À Profa. Dra. Érica Marusa Pergo Coelho, pela participação e constante contribuição neste trabalho. Pela disponibilização do espaço, materiais e equipamentos do Laboratório de Bioquímica.

Ao Prof. Dr. Valdir Zucareli, pelos materiais e equipamentos do Laboratório de Fisiologia.

À Mestre Andréia Paula Carneiro Martins, técnica do laboratório, que sempre prestou apoio e esteve presente ajudando na realização da parte experimental.

Ao meu marido e companheiro de vida, Danilo Mello, por todo amor, paciência, carinho, compreensão e apoio em todos os momentos difíceis desta jornada.

À minha família, por toda ajuda e compreensão. À minha mãe, por todo amor, cuidado e atenção; ao meu padrasto por sempre me apoiar; à minha avó, pois sem os cuidados dela ao longo da vida nada disso seria possível; ao meu irmão, por sempre me ligar e ficar preocupado.

Aos meus sogros, Moisés e Rose, por me apoiarem e sempre acreditarem no meu potencial.

À minha colega Thainara Ferreira Alves Pessoa, que esteve comigo em todos os momentos e nunca mediu esforços para me ajudar; ela acabou se tornando uma grande amiga ao longo destes dois anos de dedicação. Sem sua ajuda, eu não teria conseguido.

Aos amigos que fiz durante essa jornada, Alaerte Olbermann, Gracielle Câmara e Greissi Tente Giraldi, que a tornaram mais leve e agradável.

E a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para que tudo desse certo.

RESUMO

As plantas daninhas são consideradas um dos problemas na agricultura, por serem responsáveis por significativos prejuízos nas espécies cultivadas. Em razão disto, o controle das plantas daninhas precisa ser realizado. Dentre as práticas de controle disponíveis a mais utilizada no Brasil e no mundo é o emprego de herbicidas. Porém, o uso indiscriminado contribui nas alterações da biodiversidade dos ecossistemas em geral. Por este motivo, têm-se incentivado a redução do uso desses produtos e o desenvolvimento de métodos alternativos de controle. Uma ação complementar no controle de plantas daninhas é a utilização de aleloquímicos como herbicida natural. A alelopatia é o efeito direto ou indireto, benéfico ou danoso que um organismo exerce sobre outro, perante a produção de aleloquímicos lançados no ambiente. Sendo assim, o presente estudo objetivou investigar os efeitos alelopáticos de soluções aquosas de plantas *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania glomerata*, *Corymbia citriodora* e *Salvia officinalis* sobre duas espécies do gênero *Sida* (*Sida cerradoensis* e *Sida santaremensis*), na germinação das sementes e crescimento inicial das plântulas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. As soluções aquosas de cada espécie de planta medicinal com cinco concentrações (0, 250, 500, 750 e 1000 ppm) foram analisadas separadamente nas duas espécies de *Sida*. Para a condução do experimento foram utilizadas folhas maduras e completamente expandidas das plantas medicinais, sendo estas submetidas ao processo de desidratação por liofilização para o preparo e obtenção das soluções aquosas nas devidas concentrações. Para o tratamento controle (0 ppm) foi adicionado 7 ml de água destilada. As gerbox foram mantidas em BOD a 28 °C, em fotoperíodo de 12 horas, durante 14 dias. Foram analisados: porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, porcentagem de plântulas anormais, comprimento da raiz, comprimento da parte aérea, massa da matéria seca e análises bioquímicas. Após a análise dos dados de germinação e crescimento inicial de plantas, foi selecionada a espécie *Salvia officinalis* que apresentou maior efeito alelopático sobre *S. cerradoensis*, e com isso, foi determinada a sua atividade enzimática. As soluções aquosas, de salvia, capim-limão e eucalipto foram as que apresentaram maior potencial alelopático dentre as variáveis analisadas, para ambas as espécies de *Sida*. A atividade das enzimas antioxidantes catalase (CAT) e peroxidase (POD) na raiz e parte aérea de *Sida cerradoensis* foi, em sua

maioria, afetada pelas concentrações da solução aquosa de sálvia; a atividade de CAT foi aumentada na parte aérea na concentração de 750 ppm e inibida na concentração de 500 e 1000 ppm; na raiz houve inibição na concentração de 250, 500, 750 e 1000 ppm. A atividade POD na parte aérea foi inibida em todas as concentrações, já na raiz a POD foi inibida apenas na concentração de 250 ppm.

Palavras-chave: Alelopatia, *Sida cerradoensis*, *Sida santaremensis*, Plantas Daninhas.

ABSTRACT

Weeds are considered to be one of the problems in agriculture, since they are responsible for significant damages to cultivated species. Because of this, weed control needs to be carried out. Among the available control practices, the most used in Brazil and in the world are herbicides. However, indiscriminate use contributes to changes in ecosystem biodiversity generally. For this reason, the reduction in using these products and the alternative development of control methods have been encouraged. A complementary action in weed control is the use of allelochemicals as natural herbicides. Allelopathy is the direct or indirect, beneficial or harmful effect that one organism has over another, in function of allelochemical products released into the environment. Thus, the present study aimed to investigate the allelopathic effects of aqueous solutions of *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania glomerata*, *Corymbia citriodora* and *Salvia officinalis* plants over two species of *Sida* genus (*Sida cerradoensis* and *Sida santaremensis*), over initial seedlings germination. The experimental design used was completely randomized, with four replications. Aqueous solutions of each species of medicinal plant with five procedures (0, 250, 500, 750 and 1000 ppm) were analyzed over two *Sida* species. In order to conduct the experiment, mature and fully expanded leaves of medicinal plants were used, being submitted to the dehydration process by lyophilization to prepare and obtain aqueous solutions in due concentrations. For control treatment (0 ppm), 7 ml of distilled water was added. Gerboxes were kept in BOD at 28 °C, in 12 hours photoperiod, for 14 days. The following characteristics were evaluated: germination percentage, index of germination speed, percentage of abnormal seedlings, root length, length of aerial part, mass of dry matter and biochemical analyzes. After analyzing germination and initial plant growth, *Salvia officinalis* was selected, showing the greatest allelopathic effects over *S. cerradoensis*, being determined its enzymatic activity. The aqueous solutions of sage, lemongrass and eucalyptus presented the greatest allelopathic potential among variables analyzed, for both *Sida* species. The activity of antioxidant enzymes catalase (CAT) and peroxidase (POD) over the root and aerial part of *Sida cerradoensis* was mostly affected by aqueous solution concentrations of sage. CAT activity was increased in aerial part at concentration of 750 ppm and inhibited at 500 and 1000 ppm. For root there was inhibition at 250, 500, 750 and 1000 ppm concentrations. POD activity in aerial part was inhibited in all solutions, whereas in root, POD was inhibited only at 250 ppm concentration.

Keywords: Allelopathy, *Sida cerradoensis*, *Sida santaremensis*, Weeds.

LISTA DE TABELA

- Tabela 1:** Médias da porcentagem de germinação (%) de sementes de *Sida santaremensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais 39
- Tabela 2:** Médias do índice de velocidade de germinação de sementes de *Sida santaremensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais 40
- Tabela 3:** Médias de massa da matéria seca de raiz (mg por plântula) de plântulas de *Sida santaremensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais41
- Tabela 1:** Médias da porcentagem de germinação (%) de sementes de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais 51
- Tabela 2:** Médias da porcentagem do índice de velocidade de germinação de sementes de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais52
- Tabela 3:** Médias de plântulas anormais (%) de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais53
- Tabela 4:** Médias de comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais 54
- Tabela 5:** Médias de comprimento de raiz (cm) de plântulas de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais..... 55
- Tabela 6:** Médias da atividade das enzimas Catalase e Peroxidase das partes aérea e raiz de plântulas de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de Sálvia56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 JUSTIFICATIVA	14
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1 ALELOPATIA.....	16
4.1.1 Biossíntese e natureza dos aleloquímicos.....	18
4.1.2 Vias de liberação e fatores que afetam a produção de aleloquímicos.....	19
4.1.3 Mecanismos de ação e funções dos compostos alelopáticos.....	20
4.2 PLANTAS MEDICINAIS NA ALELOPATIA.....	21
4.2.1 <i>Mikania glomerata</i> (Guaco).....	23
4.2.2 <i>Cymbopogon citratus</i> (Capim limão)	23
4.2.3 <i>Salvia officinalis</i> (Salvia).....	24
4.2.4 <i>Ruta graveolens</i> (Arruda).....	24
4.2.5 <i>Corymbia citriodora</i> (Eucalipto).....	25
4.6 PLANTAS DANINHAS.....	26
4.6.1 Gênero <i>Sida</i>	27
4.6.2 <i>Sida santaremensis</i>	28
4.6.3 <i>Sida cerradoensis</i>	29
5 CAPITULO I	30
6 CAPITULO II	44
7 CONCLUSÕES FINAIS	62
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos tem passado por diversas transformações, especialmente no que se refere ao cultivo de alimentos saudáveis e livres de defensivos. Contudo, as plantas daninhas estão dentre os principais entraves à produção de alimentos, devido ao elevado potencial competitivo com a cultura de interesse (PITELLI, 2015).

O controle de plantas daninhas é comumente realizado com herbicidas (SILVA; SILVA, 2007). Porém, o uso de agrotóxicos colabora com o surgimento de biótipos resistentes, intensifica danos ambientais, altera a microbiota do solo e prejudica a saúde humana, com isso, têm-se incentivado a redução do uso desses produtos e o desenvolvimento de métodos alternativos de controle (AZEVEDO; MELO, 1998; CARMO et al., 2013; MELLONI, 2013).

Esses problemas têm levado a comunidade científica a iniciar buscas por métodos alternativos para o controle de problemas fitossanitários, como pragas e plantas daninhas. No que diz respeito ao manejo de plantas daninhas e ao controle biológico, a utilização da alelopatia constitui uma alternativa ao controle químico, ou uma ação complementar no controle de plantas daninhas com a utilização de aleloquímicos como herbicida natural (BHOWMIK; INDERJIT, 2003).

Alelopatia é a capacidade das plantas produzirem substâncias químicas que liberadas no ambiente, influenciam de forma favorável ou desfavorável o desenvolvimento de outras espécies (SILVA et al., 2007; GOLDFARB; PIMENTEL; PIMENTEL, 2009). Quando os aleloquímicos são lançados em quantidades suficientes podem causar estímulo ou inibição do crescimento, germinação e desenvolvimento inicial da planta (CARVALHO, 1993). As substâncias alelopáticas são compostos secundários que pertencem a várias classes de compostos químicos e dentre estes estão as cumarinas, fenóis, poliacetilenos, terpenos, taninos, esteróides, flavonóides, alcalóides, ácidos graxos, peptídeos, entre outros (PUTNAM; DUKE, 1978).

Os aleloquímicos são encontrados nas sementes, frutos, flores, folhas, caules e raízes, variando sua composição e quantidades, conforme a espécie (PUTNAM, 1985). As concentrações dos compostos ocorrem basicamente nas folhas, caule, flores e raízes (MOREIRA, 1979). A liberação dos aleloquímicos no

agrossistema pode acontecer por lixiviação ou volatilização da parte aérea, decomposição de tecidos vegetais e por exsudação radicular.

Pesquisas envolvendo a potencialidade destes compostos de plantas medicinais, determinando esta característica em uma espécie, por meio de testes de laboratório, os resultados poderão ser uma alternativa no controle de plantas daninhas (LORENZI; MATOS, 2008; NOVAKOSKI et al., 2020).

Uma das plantas daninhas que ocorre em várias regiões são as guanxumas, pertencentes ao gênero *Sida*. As espécies *Sida santaremensis* e *Sida cerradoensis*, utilizadas neste trabalho, são perenes e se reproduzem por sementes. São plantas que apresentam alta adaptabilidade a ambientes de cultivo, toleram solos ácidos e fracos, até mesmo compactados, mas se desenvolvem melhor em solos férteis e de textura argilosa, além disso, possuem uma dispersão de sementes facilitada, liberando sementes do fruto quando maduras (LORENZI, 2014; KISSMANN; GROTH, 2000). É altamente prejudicial a cultura pelas características competitivas com o cultivo agrícola devido à eficiência do sistema radicular, 10 plantas de guanxuma por m² podem reduzir em 6% o rendimento de grãos da cultura da soja (RIZZARDI et al., 2003), além de hospedarem pragas e doenças.

Determinar novas substâncias com potencial na supressão de plantas daninhas pode originar herbicidas com outros mecanismos de ação, e inclusive, com reduzido impacto ambiental (COSTA et al., 2015).

Portanto, este trabalho teve como objetivo investigar os efeitos de soluções aquosas *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania glomerata*, *Corymbia citriodora* e *Salvia officinalis* na germinação das sementes e no crescimento inicial de plântulas de duas espécies de *Sida*.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos alelopáticos de soluções aquosas de plantas medicinais *Cymbopogon citratus* (capim limão), *Ruta graveolens* (arruda), *Mikania glomerata* (guaco), *Corymbia citriodora* (eucalipto citriodora) sobre a germinação e crescimento inicial de duas espécies de Sida (*Sida cerradoensis* e *Sida santaremensis*).

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos de soluções aquosas de plantas de *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania glomerata*, *Corymbia citriodora* e *Salvia officinalis* sobre a germinação de duas espécies de Sida;
- Avaliar os efeitos de soluções aquosas de plantas *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania glomerata*, *Corymbia citriodora* e *Salvia officinalis* sobre o crescimento inicial das plântulas de duas espécies de Sida;
- Avaliar a massa de matéria seca inicial de plântulas de Sida submetidas a diferentes soluções aquosas de plantas medicinais;
- Avaliar a atividade de enzimas antioxidantes de plântulas da espécie *Sida cerradoensis*, submetidas a germinar em soluções aquosas da planta medicinal com melhor potencial alelopático.

3 JUSTIFICATIVA

O gênero *Sida* abrange mais de 170 espécies, ocorrendo ampla e intensamente em regiões subtropicais e temperadas das Américas, África, Ásia e Austrália. As plantas do gênero *Sida* ocorrem em praticamente todo o território nacional, sendo consideradas uma agressiva infestante em diversas culturas anuais, principalmente em plantio direto, e também em perenes, pomares, jardins, pastagens e áreas desocupadas, além de dificultar a colheita mecânica em culturas anuais, devido à resistência do caule. Em culturas anuais, com o preparo do solo, as plantas de guaxuma são destruídas e a reinfestação ocorre por sementes; em áreas de plantio direto, na ausência de revolvimento do solo, o problema com guaxuma pode ser maior (CONSTANTIN et al., 2007; NEPOMUCENO et al., 2007; CUNHA et al., 2012).

Os herbicidas vêm sendo utilizados como única ferramenta no controle de algumas espécies de plantas daninhas. O uso inadequado desses tem despertado grande preocupação devido aos problemas de contaminações de águas superficiais e subterrâneas, dos resíduos em alimentos e do surgimento de populações de plantas daninhas resistentes (CARVALHO; FONTANÉTTI; CANÇADO, et al., 2002). Resultados de pesquisa têm sido divulgados relatando a sensibilidade diferencial a diversos herbicidas, principalmente em culturas anuais (NEPOMUCENO et al., 2007) e pastagens (TUFFI SANTOS et al., 2004).

O manejo inadequado das plantas daninhas provoca a diminuição da produtividade e a qualidade da lavoura, estas também são hospedeiras de pragas e doenças. Além disso, a resistência das plantas daninhas aos herbicidas sintéticos tem levado à busca de novas alternativas menos agressivas ao meio, como é o caso dos aleloquímicos naturais (MATSUMOTO et al., 2010).

O uso indiscriminado de agrotóxicos causa sérios danos ambientais no balanço de microrganismos do solo, mudanças nas propriedades físico-químicas do solo e deficiência de nutrientes, com isso, resultando na diminuição da produtividade da lavoura (CHOU, 1999). A alternativa dos aleloquímicos tem propósito de complementar os métodos tradicionais de controle de plantas daninhas, minimizando o uso indiscriminado de herbicidas, devido algumas plantas com propriedades alelopáticas reduzirem ou até mesmo inibirem totalmente o desenvolvimento de outras plantas (GOMIDE, 1993).

Diversos autores demonstraram a possibilidade de controlar espécies invasoras por meio de aleloquímicos (GATTI; PEREZ; FERREIRA, 2007; CENTENARO et al., 2009; RIBEIRO et al., 2009; MATSUMOTO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2014). Plantas consideradas medicinais ou aromáticas possuem vários metabólitos secundários (GOBBO-NETO; LOPES, 2007) que podem ter propriedades alelopáticas, surgindo a possibilidade de novas pesquisas envolvendo a potencialidade destas plantas para serem utilizadas como herbicidas naturais.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 ALELOPATIA

A alelopatia é definida pela Sociedade Internacional de Alelopatia (SIA) como: “A ciência que estuda qualquer processo que envolva metabólitos secundários produzidos pelas plantas, algas, bactérias e fungos que influenciam no crescimento e desenvolvimento de sistemas biológicos (ALLEM, 2010)”.

Segundo Molisch (1937), “alelopatia é a capacidade das plantas produzirem substâncias químicas que, liberadas no ambiente de outras, influenciam de forma favorável ou desfavorável o seu desenvolvimento”. O termo tem origem grega e a união das palavras “*allelon*” e “*pathos*” que significa mútuos e prejuízos, referindo-se à interação bioquímica positiva ou negativa entre plantas e microrganismos (SANTOS, 2012). Ainda de acordo com Rice (1984), a alelopatia pode envolver interações entre microrganismos, entre microrganismos e plantas, entre plantas cultivadas, entre plantas daninhas e entre plantas daninhas e cultivadas.

Todas as plantas produzem metabólitos secundários e a variação na sua quantidade e qualidade varia de acordo com a espécie e com o local de cultivo, pois muitos deles têm sua síntese desencadeadas por eventuais vicissitudes a que as plantas estão expostas (FERREIRA e ÁQUILA, 2000). A alelopatia origina-se do metabolismo secundário sendo sua função de defesa e proteção; essas substâncias representaram vantagem durante o processo de evolução contra a ação de insetos, microrganismos, plantas daninhas, ora inibindo ou estimulando o crescimento e desenvolvimento das plantas (MANO, 2006; ALLEM, 2010).

O que distingue a alelopatia da competição entre as plantas é que a competição reduz ou remove do ambiente um fator de crescimento necessário para ambas as plantas, como água, nutrientes, luz entre outros; já a alelopatia é um dos mecanismos por meio dos quais determinadas plantas interferem no desenvolvimento de outras, alterando o padrão e a densidade dessas plantas. Nas biogeocenoses agrícolas, a ocorrência da alelopatia é significativa na determinação da interferência entre culturas e comunidades infestantes (FELIX, 2012).

As substâncias alelopáticas, em geral, agem atraindo, repelindo, nutrindo ou provocando toxicidade no desenvolvimento de outras espécies de plantas; as

influências causadas por essas substâncias podem ser positivas ou negativas, sendo assim inibidoras ou estimulantes (CHOU, 1999; FERREIRA, 2004).

Os efeitos induzidos pelos compostos alelopáticos estão ligados aos processos fisiológicos das plantas e podem interferir na germinação de sementes, crescimento de plântulas, assimilação de nutrientes, síntese proteica, permeabilidade da membrana celular, atividade enzimática e fotossíntese. Os mecanismos de ação dessas substâncias não estão totalmente definidos, mesmo identificando os efeitos, portanto, um mesmo composto pode influenciar diferentes processos (DURIGAN; ALMEIDA, 1993; RODRIGUES; ALMEIDA; RODRIGUES, 1993; EINHELLIG, 1995).

A metodologia mais empregada para estudar a alelopatia envolve a preparação de soluções aquosas de folhas e raízes, analisando a influência dessas soluções aquosas sobre a germinação e o crescimento inicial (PUTNAM, 1985). Os dados adquiridos em experimentos de laboratório podem indicar respostas de potencial alelopático e identificar estruturas químicas de determinada planta (SMITH; MARTIN, 1994).

Alguns fatores podem ser determinantes para a mudança das propriedades das substâncias biológicas e seus efeitos, assim como: a fonte do extrato, a forma de obtenção, a concentração e as condições meteorológicas a qual estão expostas (CARVALHO, 1993). De acordo com Chou e Kuo (1986), a intensidade, qualidade e duração da luz solar sobre uma determinada planta influenciam no fenômeno da alelopatia e com as condições de estresse, como frio, carência de nutrientes e seca. Todavia, essas condições podem aumentar a produção de substâncias aleloquímicas, mudando significativamente seu potencial de interferência (EINHELLIG, 1995). Os efeitos da alelopatia devem ser melhor investigados, a fim de determinar seu potencial de manejo de plantas daninhas. O interesse na investigação de compostos do metabolismo secundário tem sido visto como uma alternativa na agricultura, inclusive para o controle de plantas daninhas (ALVES et al., 2003).

4.1.1 Biossíntese e natureza dos aleloquímicos

Os aleloquímicos podem ser considerados produto final do metabolismo celular, pois estão presentes em maior quantidade nos vacúolos das células, sendo depositados a fim de evitarem sua autotoxicidade. Em outras hipóteses, esses

compostos estão constantemente sendo sintetizados e degradados pelas plantas (SILVEIRA, 2010). Entre os aleloquímicos, existem muitos compostos secundários vegetais e microbiológicos que pertencem a várias classes de produtos químicos (RICE, 1984). Muitas vezes não se sabe a origem de um aleloquímico e sua atividade biológica pode ser diminuída ou aumentada pela ação microbiológica, oxidação e outras transformações. Vários microrganismos, plantas daninhas, culturas anteriores ou até mesmo a cultura atual são possíveis fontes de aleloquímicos no ambiente das plantas (EINHELLIG, 1996).

Os aleloquímicos podem ser produzidos em quaisquer partes da planta (GUSMAN; VIEIRA; VESTENA, 2012). A produção dessas substâncias nos vegetais pode ser influenciada por diversos fatores, tais como temperatura, umidade, índice de precipitação, radiação e variação sazonal (VIECELLI; CRUZ-SILVA, 2009). Diversos compostos orgânicos foram identificados como aleloquímicos produzidos por plantas angiospermas, sendo os principais (REZENDE et al., 2003): Ácidos orgânicos solúveis em água, álcoois de cadeia reta, aldeídos alifáticos e cetonas, ácidos cítricos, málico, acético e butírico; metanol, etanol e acetaldéido; Lactonas insaturadas simples: patulina e ácido parasórbico; Ácidos graxos de cadeia longa e poliacetilenos: oléico, esteárico, mirístico e agropireno; Naftoquinonas, antraquinonas e quinonas complexas: juglona, tetraciclina e aureomicina; Fenóis simples, ácido benzóico e derivados: ácido gálico, vanílico e hidroquinona; Ácido cinâmico e derivados: ácido clorogênico e ferúlico; Cumarinas: escopoletina e umbeliferona; Flavonóides: quercetina, florizina e catequina; Taninos condensados e hidrolisáveis: ácidos elágico e digálico; Terpenóides e esteróides: cineol, cânfora e limoneno; Aminoácidos e polipeptídeos: marasmina e victorina; Alcalóides e cianidrinas: estriquinina, atropina, codeína, cocaína e amidalina; Sulfetos e glicosídeos: sirigrina e alilisotiocianato; Purinas e nucleosídeos: cordicepina, teofilina e paraxantina.

Os mecanismos de ação destes metabólitos podem afetar vários processos fisiológicos, como inibição da porcentagem da germinação, velocidade da germinação das sementes e a redução do crescimento inicial das plântulas e plantas (SILVEIRA, 2010).

A decomposição dos resíduos ocorre quando as toxinas são liberadas pela decomposição das partes aéreas ou subterrâneas, de forma direta ou indireta, através das ações de microrganismos, os quais liberam compostos como os glicosídeos cianogênicos, ácidos fenólicos e flavonóides (SANTOS, 2012; FELIX, 2012). Há uma

variedade de compostos químicos que são produzidos pelas plantas, a alelopatia contribui para o estudo do processo de síntese destes compostos e como as plantas respondem a eles no meio ambiente (GATTI, 2008).

4.1.2 Vias de liberação dos aleloquímicos

Os compostos alelopáticos podem ser liberados das plantas por lixiviação, volatilização, decomposição de resíduos e exsudação radicular. A lixiviação é a remoção das substâncias químicas das plantas pela ação da água, como irrigação, chuva, neblina ou orvalho, podendo citar compostos como ácidos orgânicos, açúcares, aminoácidos, substâncias pécticas, terpenóides, alcalóides, compostos fenólicos e giberelinas. A volatilização ocorre quando os compostos aromáticos são volatilizados das folhas, flores, caules e raízes, sendo assim absorvidos por outras plantas. Estes compostos são difíceis de identificar, dentre eles os terpenos (ALMEIDA, 1985). Falando sobre exsudação radicular, muitos compostos alelopáticos são liberados na rizosfera e atuam direta ou indiretamente nas interações planta/planta e na ação de microrganismos, entre estes compostos estão os ácidos oxálicos, a amidalina e a cumarina (SOUZA, 1988). A decomposição de resíduos pode ocorrer diretamente pela lixiviação de substâncias presentes nos resíduos das partes aéreas ou subterrâneas, direta ou indiretamente, pela ação de micro-organismos (SILVA, 1978).

A alelopatia está ligada a estresses ambientais, temperaturas extremas, deficiências de nutrientes, radiação, insetos, doenças e herbicidas, acarretando o aumento da produção de aleloquímicos e aumento do potencial de interferência alelopática (EINHELLIG, 1995). Para Almeida (1985), os principais cinco grupos de aleloquímicos são: ácidos fenólicos, flavonóides, terpenóides, esteróides e alcalóides, apesar de que Rice (1979) propôs quinze categorias bioquímicas e Putnam (1985), doze grupos, contendo gases tóxicos como o ácido cianídrico.

4.1.3 Mecanismos de ação e funções dos compostos alelopáticos

Os conhecimentos sobre os mecanismos de ação dos aleloquímicos são importantes para se compreender as influências mútuas entre as plantas, nos ecossistemas naturais e nos agrícolas (RODRIGUES; ALMEIDA; RODRIGUES, 1993).

Os processos fisiológicos das plantas estão interligados com os mecanismos de ação dos aleloquímicos. Porém, ainda não estão completamente esclarecidos os efeitos desses compostos. Essas substâncias alelopáticas podem afetar a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas, assimilação de nutrientes, fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, atividade de várias enzimas e a perda de nutrientes pelos efeitos na permeabilidade da membrana celular (EINHELLIG, 1995).

As substâncias alelopáticas podem levar ao surgimento de plântulas anormais; o desenvolvimento inicial das plântulas é mais sensível a esses compostos e o seu uso para determinação do potencial alelopático é bem importante. Dentre os diversos parâmetros para avaliar o crescimento, os mais utilizados são: o comprimento e a massa seca de raiz e da parte aérea (PRATLEY; NA; HAIG, 1999).

Como mecanismo de defesa nas células vegetais, um complexo enzimático é acionado na tentativa de reverter os danos gerados pelos radicais livres produzidos durante o estresse oxidativo mediado pelos aleloquímicos. Esse complexo enzimático envolve uma cascata de reações mediadas por enzimas como a superóxido dismutase, catalases e peroxidases as quais acabam transformando os radicais superóxido e peróxido de hidrogênio em água, e assim, os níveis de radicais livres nas células são controlados e os danos celulares minimizados (CORSATO et al, 2016).

A presença dos aleloquímicos impede a eficiência desse sistema enzimático antioxidante, e sem o funcionamento correto dessas enzimas o sistema de endomembranas dos vegetais é atacado e o desenvolvimento comprometido. Neste contexto, torna-se interessante compreender como se dá essa interação dos aleloquímicos com o sistema antioxidante uma vez que as pesquisas sobre alelopatia estão voltadas para o interesse em se descobrir moléculas que possam apresentar uma atividade herbicida (CORSATO et al, 2016).

A ampla diversidade dos compostos que acarretam alelopatia sugere diferentes mecanismos de ação e sua fitotoxicidade pode originar-se mais de um rompimento celular generalizado do que de um mecanismo específico (EINHELLIG, 1995).

O mecanismo de ação dos aleloquímicos pode ser dividido em ação direta e indireta. A ação direta acontece quando o composto se liga às membranas da planta receptora ou penetra nas células, intervindo diretamente no seu metabolismo. Na ação indireta podem ocorrer alterações nas propriedades do solo, de suas condições nutricionais e das alterações de populações e atividade dos microrganismos (FERREIRA; ÁQUILA, 2000). A ação dos aleloquímicos não são muito específicas, uma mesma substância pode desempenhar várias funções ou só atuarem quando em presença de outros, em combinações e proporções específicas (ALMEIDA, 1990).

Os aleloquímicos podem ser estimulantes ou inibidores de processos fisiológicos, dependendo da concentração, atividade fisiológica e outros fatores. Os efeitos podem ocorrer sobre: a regulação do crescimento (divisão celular, síntese orgânica, interação com hormônios, efeito sobre enzimas e metabolismo respiratório); a abertura estomática e fotossíntese; a absorção de nutrientes; a inibição da síntese de proteínas; as mudanças no metabolismo lipídico (RICE, 1979).

A alelopatia envolve influência mútua entre estresses abióticos e bióticos, estes pelo meio de diversos compostos que podem ter relações sinérgicas que potencializam suas ações (EINHELLIG, 1995).

4.2 PLANTAS MEDICINAIS NA ALELOPATIA

A utilização de plantas com fins medicinais, para tratamento, cura e prevenção de doenças, é uma das mais antigas formas de prática medicinal da humanidade (AKERELE, 1993). A Organização Mundial de Saúde (OMS, 1998), define planta medicinal como sendo “todo e qualquer vegetal que possui, em um ou mais órgãos, substâncias que podem ser utilizadas com fins terapêuticos ou que sejam precursores de fármacos semi-sintéticos”.

Algumas plantas medicinais possuem efeitos alelopáticos e podem ser utilizadas como defensivos agrícolas naturais; essas plantas apresentam ação biológica contra as plantas daninhas, inibindo a ação ou estimulando o crescimento da planta dando vantagens às espécies cultivadas na competição com outros vegetais, dessa forma contribuindo para a substituição ou diminuição da utilização de agrotóxicos na agricultura (PICCOLO et al., 2007). Desta forma, as espécies vegetais

para uso medicinal, além do uso na indústria farmacêutica, também têm ganhado espaço na agricultura.

Estudos apontam o efeito da alelopatia de algumas espécies medicinais sobre sementes de espécies cultivadas e invasoras (Magiero et al., 2009; Rickli et al., 2011). Mil-folhas (*Achillea millefolium*), capim-limão (*Cymbopogon citratus*), mil-homens (*Aristolochia triangularis*), absinto (*Artemisia absinthium*) e carqueja (*Baccharis trimera*) foram apontadas por Cruz et al., (2000) como plantas medicinais com potencial no controle do picão-preto (*Bidens pilosa* L.).

Dalmolin, Persel e Cruz-Silva, (2012), estudaram o efeito alelopático de folhas de capim-limão e sálvia (*Salvia officinalis*) sobre a germinação de sementes de picão-preto (*Bidens pilosa*) e concluíram que o capim-limão e a sálvia alteraram de forma negativa o padrão germinativo das sementes.

Segundo Depiné (2003), extratos da parte aérea da carqueja apresentaram inibição de germinação de sementes de azevém e picão-preto. A planta de carqueja, para os tratamentos incorporados, em cobertura e resíduo do extrato bruto aquoso, proporcionou menor porcentagem de emergência e menor número de folhas por planta de tiririca em relação à testemunha. Plantas de confrei (*Symphytum officinale*) nos tratamentos resíduo do extrato e extrato bruto aquoso reduziram a porcentagem de emergência de tiriricas sem apresentar estímulo à emissão de folhas na planta (GAZIRI; CARVALHO, 2009).

Cruz et al., (2002), verificaram que extratos aquosos na concentração de 20% p/v das plantas medicinais capim limão e arruda (*Ruta graveolens*), provocaram redução da germinação de picão-preto. Souza et al., (1998), concluíram que extratos aquosos na concentração de 10% p/v, das plantas de capim limão e vetiver (*Vetiveria zizanoides*), inibiram significativamente a germinação de sementes de mentrasto (*Ageratum conyzoides*) e de picão-preto, não afetando a germinação das sementes de algodão e milho.

As substâncias oriundas do metabolismo secundário das plantas medicinais podem exercer efeito inibitório sobre plantas daninhas, determinando um meio de controle seguro e eficaz das mesmas, podendo se tornar economicamente viável para todos os agricultores, especialmente os pequenos produtores rurais (GAZIRI; CARVALHO, 2009).

4.2.1 *Mikania glomerata* (Guaco)

A família Asteraceae contém cerca de 1500 gêneros e 23000 espécies (JUDD et al., 1999), no qual está inserido o gênero *Mikania*, com mais de 430 espécies, ocorrendo principalmente em regiões neotropicais, entre elas, 171 espécies são encontradas no Brasil, e tem sua principal área de dispersão nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (BRANDÃO et al., 2008).

Dentre as principais espécies medicinais pertencentes ao gênero *Mikania*, encontra-se a *Mikania glomerata*, conhecida vulgarmente como guaco, sendo usada pelas suas propriedades antiespasmódica, antiasmáticas, antiinflamatórias, artrite, reumatismo, expectorante, balsâmico, no tratamento da gripe e doenças respiratórias em geral (FREIRE et al., 2006). É subarbusto de hábito trepador, apresentando caule cilíndrico, folhas opostas e de contorno oval (GILBERT et al., 2005).

Na espécie *M. glomerata* são encontrados a presença de saponinas, taninos, cumarina óleo essencial contendo sesquiterpenos e diterpenos, além de ácidos caurenóico, cinamoilgrandiflórico, hidroxiciâmico e metilcaurenóico (BERTOLUCCI et al., 2006; TALEB-CONTINI et al., 2006; PEDROSO et al., 2008).

4.2.2 *Cymbopogon citratus* (Capim limão)

A família Poaceae é uma das maiores famílias de angiospermas, contém cerca de 800 gêneros e 10.000 espécies. No Brasil, ocorrem cerca de 200 gêneros e 1.400 espécies. A espécie *Cymbopogon citratus* é uma planta com folhas longas, estreitas e aromáticas, flores raras e estéreis em nossas condições, conhecida popularmente de erva cidreira, capim-limão e capim-santo. Contém aroma muito parecido ao limão, é muito utilizado na culinária asiática (BRIAN; IKHLAS, 2002). A sua eficiência antiespasmódica, analgésica, bactericida, inseticida, inibitória do crescimento de fungos e antimutagênica, tem sido motivo de muitas pesquisas (MARTINS et al., 2004). O óleo essencial, um dos mais importantes, tem como componentes o farnesol, geraniol, mirceno, citronelol, neral, geraniale.

O capim limão apresenta em sua composição 0,5% de óleo essencial, componente que tem destaque no controle de plantas invasoras, possui propriedades inseticidas, larvicidas e também é utilizada na contenção de barrancos (LORENZI;

MATOS, 2008) efeito repelente sobre pulgão (*Brevicoryne brassicae*) (LIMA et al., 2008) e alelopática (PICCOLO et al., 2007).

4.2.3 *Salvia officinalis* (Sálvia)

A família Labiatae contém cerca de 236 gêneros e 7173 espécies. Suas espécies produzem vários compostos secundários, são conhecidas por seus óleos essenciais, que são produzidos em tricomas glandulares na superfície das folhas e inflorescências. O gênero *Salvia* tem grande diversidade de espécies (HARLEY et al., 2004) e no Brasil ocorrem 62 espécies (HARLEY; SARGENT; ALLEY, 2010).

A sálvia (*Salvia officinalis*) é conhecida popularmente como salva, salva-dos-jardins, salva-das-boticas. Herbácea, aromática, ereta, ramificada na base, folhas simples, é planta perene que floresce entre os meses de agosto e dezembro. As folhas possuem forte odor e sabor amargo, sendo muito apreciadas como condimento. O uso das folhas e inflorescências como planta medicinal para curar inflamações na boca e garganta, gengivites, feridas, micoses, aliviar picadas de insetos, auxilia na digestão, insônia e descongestionar as vias respiratórias e alelopática (SIMONETO; CRUZ-SILVA, 2010). Contém como substâncias ativas óleos essenciais com cânfora, borneol, tuiona, cineol e outros terpenos, contêm ácido ursólico e taninos (LORENZI; MATOS, 2008).

4.2.4 *Ruta graveolens* (Arruda)

A família Rutaceae tem cerca de 150 gêneros e 1.600 espécies, no Brasil contêm 29 gêneros e 182 espécies. A arruda (*Ruta graveolens*), conhecida popularmente como arruda-fedorenta, ruta-de-cheiro-forte, arruda-doméstica e arruda-dos-jardins é uma espécie perene, com caule erecto, pouco ramificado, folhas compostas pinadas, de folíolos aromáticos, ramos e folhas de coloração verde-azulada, com flores pequenas e amarelas (LORENZI; MATOS, 2008).

Utilizada como recurso medicinal pela população em todo o Brasil, é conhecida como uma planta mágica, utilizadas em rituais de proteção, inflamações na pele, câimbras, dor de ouvido e dente. Suas folhas têm óleo essencial rico metilcetonas,

entre os constituintes fixos foram identificados vários glicosídeos flavônicos nas flores, nas folhas rutina que apresenta atividade antibacteriana e alelopática e derivados cumarínicos (BASILE et al., 2000).

4.2.5 *Corymbia citriodora* (Eucalipto)

A família Myrtaceae tem cerca de 5000 espécies (das quais 800 são eucaliptos) e apresenta distribuição principalmente no hemisfério Sul. De acordo com Otani (2010), o *Eucalyptus citriodora* (Hook), atualmente denominado de *Corymbia citriodora* é originário da Austrália e se destaca tanto por seu valor econômico como do ponto de vista de suas virtudes medicinais. A espécie *C. citriodora* é uma árvore perenifólia, mantém suas folhas durante o ano todo, pode chegar a 20-25 m de altura, de tronco ereto. Suas folhas são caracterizadas por forte odor de citronela (LORENZI et al., 2003).

Alguns estudos relatam o potencial alelopático do eucalipto, sua interferência no desenvolvimento de culturas, no controle de espécies invasoras e no crescimento de microrganismos do solo. *C. citriodora*, é cultivado para a produção de óleo essencial (VITTI; BRITO, 2003), e essa espécie apresenta inúmeras propriedades terapêuticas: antifúngica, antisséptica, adstringente, antiinflamatória, antibacteriana, cicatrizante e desinfetante (FOLDENAUER, 2016). São encontrados compostos como ácidos fenólicos, taninos, flavonóides e terpenóides nas cascas e nas folhas de *Corymbia citriodora* (LORENZI, 2000).

4.3 PLANTAS DANINHAS

Alguns autores definem as plantas daninhas como sendo “... qualquer planta ou vegetação que interfere na atividade do ser humano” (CUSSANS; COUSENS; WILSON, 1986). Outros autores definem, ecologicamente, plantas daninhas como sendo “... plantas pioneiras de sucessão secundária, das quais campos agrícolas são um caso especial” (BUNTING, 1960). Uma planta só pode ser considerada daninha se estiver de forma direta ou indireta, danificando alguma atividade humana (SILVA et al., 2007).

A competição é uma das formas mais conhecidas de como as plantas daninhas afetam a agricultura, pois elas competem com as culturas por vários recursos limitados no meio ambiente, como água, luz, nutriente e espaço. Os efeitos alelopáticos também podem interferir nas plantas, além disso, a qualidade do produto também pode ser prejudicada. Com isso, ocorre um aumento do custo de produção da lavoura e diminuição da produtividade, acarretando sérios danos econômicos no campo. As plantas daninhas além de interferir nas lavouras, podem também prejudicar a saúde do homem, causando reações alérgicas, problemas de pele e intoxicação alimentar. Podem ser observadas nas áreas urbanas, dificultando a visibilidade nas estradas, atrapalham a beleza de jardins e servem de abrigo para animais peçonhentos. Algumas espécies podem ferir animais nas pastagens e causar intoxicação, podendo até provocar a morte ou influenciar no sabor do leite (DEUBER, 2006).

Podem ser parasitas de algumas espécies de importância agrônômica e hospedeiras de doenças e pragas que causarão prejuízos as espécies cultivadas. De acordo com Lorenzi (2000), as perdas acabam reduzindo a produção agrícola em até 40%, em média, conforme a espécie infestante, o tipo de cultura e a amplitude de interferência sofrida (VOLL et al., 2002). Na soja, observou-se diminuição de 40% no número de vagem por planta, devido à competição com a espécie *Euphorbia dentata* (JUAN; SAINT-ANDRE; FERNANDEZ, 2003).

Existem vários métodos de manejo disponíveis para as plantas daninhas, os quais incluem métodos: preventivo, cultural, biológico, mecânico, químico e físico (DEUBER, 2006).

Para o controle químico de plantas daninhas são utilizados produtos químicos, chamados de herbicidas, sendo um dos controles mais utilizados na atividade agropecuária (MAGALHÃES; DURAES; KARAM, 2002; PELAEZ; TERRA; SILVA, 2009; GIANCOTTI et al., 2014). O uso desses agrotóxicos pode ser tóxico aos animais, já que permanecem no meio ambiente e podem atingir os cursos d'água, sendo um risco às espécies (LIMA et al., 2011). Prejudicam a saúde do homem do campo e do seu consumidor final, pois pode ocorrer resíduo nos alimentos. Esses resíduos também podem permanecer no solo, contaminando o meio ambiente (ROMAN, 2001). Os agrotóxicos vêm promovendo alterações nas populações de espécies de plantas daninhas (OLIVEIRA et al., 2012), com o surgimento de biótipos resistentes.

4.3.1 Gênero *Sida*

Sida é um gênero botânico inserido na família Malvaceae, pertence à ordem Malvales, possui distribuição predominantemente neotropical, incluindo cerca de 240 gêneros e 4.225 espécies (STEVENS, 2008). No Brasil ocorrem cerca de 70 gêneros e 750 espécies, é encontrado em maior proporção nas regiões Nordeste e Sul, e em menor proporção, nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste, abrange mais de 170 espécies (BOVINI, 2013).

O gênero *Sida* é, definido basicamente por ervas, subarbustos a arbustos, perenes a anuais, eretos a prostrados. Folhas pecioladas, lâmina oval, elíptica, rômica, oblonga, oboval, lanceolada a linear. Flores solitárias axilares, flores congestas nos ápices dos ramos com folhas e estípulas, parecendo involuceladas, ou em inflorescências corimbiformes terminais. Epicálise ausente, pétalas livres, tubo estaminal pubescente ou glabro, anteras no ápice; ovário lóculos, estiletos, estigmas capitados. Fruto esquizocárpico, glabro, pubérulo ou estrelado; mericarpos endurecidos, geralmente reticulados lateralmente, indeiscentes na base, parcialmente deiscente no ápice, geralmente com par de aristas apicais. Sementes solitárias e reniformes (BRANDÃO NETO, 2014).

As espécies de *Sida* são conhecidas no Brasil como guanxumas. *Sida santaremensis* e *Sida cerradoensis* utilizadas neste trabalho são perenes e se reproduzem por sementes. Em alguns casos, como a *Sida rhombifolia*, pode produzir até 28,2 mil sementes em um único ciclo de verão como infestante de soja (FLECK et al., 2003). Em lavouras anuais, as plantas de guanxuma são destruídas e a reinfestação ocorre por sementes, o que sugere que as plantas são anuais. Dez plantas de guanxuma por m² podem reduzir em 6% o rendimento de grãos da cultura da soja. A guanxuma pode ser hospedeira de nematoides das galhas e das lesões, na cultura da soja, as perdas por nematoides podem chegar a 10,6% enquanto que no algodão esse valor aumenta para 40% (RIZZARDI et al., 2003).

O problema com as guanxumas pode ser maior em áreas de plantio direto, áreas de pastagens e próximas a currais são bastante infestadas por guanxumas, devido às sementes serem ingeridas pelos animais. Quando a parte área das

plantas é danificada, pode rebrotar. Toleram solos ácidos e fracos, mas se desenvolvem melhor em solos férteis e de textura argilosa. Nos casos de *Sida rhombifolia* e *Sida spinosa*, podem ainda ser hospedeiras de viroses (KISSMANN; GROTH, 2000).

4.3.2 *Sida santaremensis*

A espécie *Sida santaremensis* é encontrada em quase todo o Brasil (BOVINI; ESTEVES; DUARTE, 2010). É uma planta perene, subarborescente, ereta, ramificada, com caule áspero, propaga-se apenas por sementes. É uma planta daninha muito frequente em solos cultivados, infestante principalmente em culturas anuais, terrenos baldios e beiras de estradas. É uma das principais gramíneas infestante em canaviais (LORENZI, 2000).

Caracteriza-se pelo indumento hirsuto nos ramos, lâmina foliar com margem inteiramente crenada, cálice campanulado fortemente nervado. É a única espécie da seção Sidae que apresenta a margem da lâmina foliar totalmente crenada (BOVINI; CARVALHO-OKANO; VIEIRA, 2001).

4.3.3 *Sida cerradoensis*

A espécie de *Sida cerradoensis* é uma espécie endêmica no Brasil (BOVINI, 2013) amplamente distribuída em todas as regiões do Brasil, é uma planta perene, subarborescente, ereta, ramificada, sua propagação ocorre por sementes. É uma planta daninha muito comum em solos arenosos e rasos, em áreas de pastagens, terrenos baldios, beiras de estrada e canaviais (LORENZI, 2000).

A espécie apresenta como caracteres mais marcantes, que a distingue das demais de seu grupo, a cor violácea-purpúrea das margens das folhas e ápices do cálice, as folhas oblongas a estreitamente oval, raro oval, e o cálice com as nervuras evidentes. Está inserida na seção Cordifoliae (BRANDÃO NETO, 2014).

5 CAPITULO I

Potencial alelopatico de plantas medicinais na germinação e no crescimento inicial de *Sida santaremensis*

AUGUSTO, C. P.^{1*}; PESSOA, T. F. A. ¹; RODRIGUES-COSTA, A. C. P. ²; PERGO-COELHO, E. M. ²

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade (PSU), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Av. Ângelo Moreira da Fonseca, 1800, CEP 87506-370, Umuarama, PR, Brasil. E-mail: kakau_cawana@hotmail.com. * autor para correspondência.

²Professora Doutora do Departamento de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual de Maringá, *Campus* de Umuarama, Estrada da Paca s/n (UEM – Fazenda), São Cristovão, CEP 87502-970, Umuarama, PR, Brasil, Caixa-Postal: 65.

RESUMO: A alelopatia é um processo pelo qual as plantas produzem substâncias químicas que liberadas no ambiente, influenciam de forma favorável ou desfavorável o desenvolvimento de outras espécies. O interesse na exploração de substâncias alelopáticas é vista como uma alternativa estratégica na agricultura, inclusive para o controle de plantas daninhas. Apesar do aumento nas últimas décadas nas pesquisas por plantas com potencial alelopático, poucos estudos foram realizados. Sendo assim, o presente estudo objetivou investigar os efeitos de soluções aquosas de plantas *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania glomerata*, *Corymbia citriodora* e *Salvia officinalis* sobre a germinação das sementes e o crescimento inicial das plântulas de *Sida santaremensis*. As soluções aquosas foram obtidas pelo processo de desidratação por liofilização, foi feita a diluição do material liofilizado com água destilada obtendo-se as concentrações de 0, 250, 500, 750 e 1.000 ppm de cada

planta medicinal. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema com quatro repetições. Foram analisados porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, porcentagem de plântulas anormais, comprimento da raiz, comprimento da parte aérea e massa da matéria seca. As soluções aquosas de arruda e eucalipto não possuem efeito alelopático sobre a espécie *S. santaremensis*, na solução aquosa de capim limão estimulou a germinação das sementes em todas as concentrações, a sálvia proporcionou redução na massa seca de raiz na concentração de 500 ppm e na solução aquosa de guaco observou-se uma redução no índice de velocidade na concentração.

Palavras-chave: Alelopatia, Aleloquímicos, Guanxuma, Plantas Daninhas.

ABSTRACT: Allelopathy is a process by what plants produce chemical substances that, released in the environment, favorably or unfavorably influence the development of other species. The interest in exploration of allelopathic substances is considered as a strategic alternative in agriculture, including for weeds control.. Despite the increase in recent decades in research for plants with allelopathic potential, few studies have been carried out. Thus, the present study aimed to investigate the effects of aqueous solutions of *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania glomerata*, *Corymbia citriodora* and *Salvia officinalis* plants on seed germination and initial growth of *Sida santaremensis* seedlings. Aqueous solutions were obtained by dehydration process with lyophilization. Lyophilized material was diluted with distilled water, obtaining 0, 250, 500, 750 and 1,000 ppm concentrations of each medicinal plant. The experimental design was completely randomized, with four replications. Germination percentage, germination speed index, percentage of abnormal seedlings, root length, shoot length and dry matter mass were analyzed. Aqueous solutions of rue and eucalyptus did not present allelopathic effect over *S. santaremensis* specie, in aqueous solution of lemon grass stimulating seeds germination in all concentrations. Sage provided a reduction in dry root mass at 500 ppm concentration and in aqueous guaco solution; it was observed a reduction in speed index in this concentration.

Keywords: Allelopathy, Allelochemicals, Guanxuma, Weeds.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores agrícolas é a elevada infestação de plantas daninhas, sendo essas espécies as principais responsáveis em aumentar o custo de produção por causar prejuízos às lavouras, devido à competição por água, luz, nutrientes e também pelos efeitos alelopáticos (VICENTE et al., 2014).

O gênero *Sida* abrange mais de 170 espécies, ocorrendo ampla e intensamente em regiões subtropicais e temperadas das Américas, África, Ásia e Austrália. A espécie *Sida santaremensis* ocorrem em praticamente todo o território nacional, sendo conhecidas como guanxumas (BOVINI, et al., 2010). É uma planta perene, subarborescente, ereta, ramificada, com caule áspero, indumento hirsuto nos ramos, lâmina foliar com margem inteiramente crenada, cálice campanulado fortemente nervado. É a única espécie da seção *Sidae* que apresenta a margem da lâmina foliar totalmente crenada, frequentemente encontrada em solos cultivados, infestante principalmente em culturas anuais, terrenos baldios e beiras de estradas. É uma das principais guanxumas infestante em canaviais (LORENZI, 2000; BOVINI, et al., 2001).

Entre os métodos de controle das plantas daninhas, sobressai no Brasil o químico. A grande aceitação por parte dos produtores ao emprego de herbicidas se deve a alta eficiência no controle das plantas daninhas, ao alto rendimento operacional, a presença de herbicidas altamente seletivos aos principais cultivares nacionais e ao menor custo, quando comparado aos outros métodos de controle disponíveis. Porém, o uso de agroquímicos colabora com o surgimento de biótipos resistentes, intensifica danos ambientais, altera a microbiota do solo e prejudica a saúde humana. Com isso, têm-se buscado alternativas visando a redução do uso desses produtos e o desenvolvimento de métodos alternativos de controle (CARMO et al., 2013; MELLONI, 2013).

Dentre deste contexto, destaca-se a alelopatia. As substâncias alelopáticas originam-se do metabolismo secundário das plantas, sendo sua função de defesa e proteção; essas substâncias representaram vantagem durante o processo de evolução contra a ação de insetos, microrganismos, plantas daninhas, ora inibindo ou estimulando o crescimento e desenvolvimento das plantas (MANO, 2006; ALLEM, 2010).

Determinar novas substâncias com potencial na supressão de plantas daninhas pode originar herbicidas com outros mecanismos de ação, e inclusive, com reduzido impacto ambiental (COSTA et al., 2015). Nesse sentido, há alguns produtos químicos, como picloram, glufosinate e quinclorac, sintetizados a partir de compostos naturais que são comercializados para o controle de plantas daninhas (PIRES & OLIVEIRA, 2001).

Dessa forma, algumas plantas medicinais com propriedades alelopáticas podem ser utilizadas como defensivos agrícolas, por apresentarem alguma ação contra plantas, seja inibindo a ação destes, seja estimulando o crescimento ou oferecendo vantagens às espécies cultivadas na competição com outros vegetais (RODRIGUES et al., 1999).

As plantas medicinais *Achillea millefolium*, *Cymbopogon citratus*, *Aristolochia triangularis*, *Artemisia absinthium* e *Baccharis trimera* foram apontadas por Cruz et al, (2000) como potenciais no controle do picão-preto. Para Saito (2004), as plantas medicinais que apresentam em sua composição óleos essenciais, normalmente têm-se identificado promissor no controle de plantas daninhas.

Portanto, este trabalho teve como objetivo, investigar os efeitos de soluções aquosas das plantas medicinais *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania*

glomerata, *Corymbia citriodora* e *Salvia officinalis* na germinação das sementes e no crescimento inicial de plântulas de *Sida santaremensis*.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Bioquímica da Universidade Estadual de Maringá – Campus Regional de Umuarama – PR, Brasil.

O potencial alelopático de cinco espécies de plantas medicinais foram estudados: *Cymbopogon citratus* (capim limão), *Ruta graveolens* (arruda), *Mikania glomerata* (guaco), *Corymbia citriodora* (eucalipto crtriadora) e *Salvia officinalis* (sálvia) sobre a espécie *Sida santaremensis*.

Para a condução do experimento foram utilizadas folhas maduras e completamente expandidas das plantas medicinais coletadas no município de Cruzeiro do Oeste, com coordenadas 23°47'7"S, 53°4'24"W e Umuarama 23°45'51"S, 53°19'6"W, ambos municípios do estado do Paraná. As sementes da espécie *Sida santaremensis* foram coletadas somente no município de Umuarama/PR, de diferentes plantas, formando uma amostra composta.

Para o preparo das soluções aquosas, as folhas foram separadas dos galhos e trituradas em liquidificador (5 minutos) no mesmo dia da coleta das mesmas. O material processado foi colocado em potes plásticos, identificados e acondicionados em ultra *freezer* com temperatura de -39 °C por 24 horas. Após esse período, o material congelado foi submetido ao processo de desidratação por liofilizador a uma pressão de vácuo de aproximadamente 130 µHg com temperatura do condensador de -50 °C até para total remoção do conteúdo de água.

O material liofilizado foi macerado com ajuda de um Gral com pistilo, até a obtenção de um pó e posteriormente deixado em refrigeração até o dia do preparo das soluções. Em balança analítica com precisão de 0,001g foi pesado o material liofilizado em proporção de 1g de pó da folha da planta medicinal para cada 1000 ml de água destilada. A homogeneização da solução aquosa foi feita em agitador magnético, durante o período de 24 horas.

Em seguida, a solução aquosa foi filtrada em gaze e algodão hidrófilo, resultando nas soluções aquosas. A partir dessas misturas aquosas filtradas de 1000 ppm, foram feitas diluições com água destilada obtendo-se as concentrações de 250, 500 e 750 ppm. Os efeitos destas concentrações foram comparados aos efeitos da água destilada, considerada como controle (0 ppm).

Para a superação da dormência das sementes, foi definido o tempo de 10 minutos de imersão das sementes em ácido sulfúrico concentrado, que foram constantemente revolvidas com auxílio de um bastão de vidro, objetivando uniformizar a sua ação abrasiva. Decorridos o período preestabelecido, as sementes foram lavadas em água corrente por 10 minutos, para que o ácido sulfúrico fosse totalmente removido.

Para o bioensaio de porcentagem de germinação das sementes e índice de velocidade de germinação, 50 sementes foram colocadas em caixas plásticas transparentes tipo gerbox (11 x 11 x 3 cm) sobre uma folha de papel mata-borrão umedecidas com as diferentes concentrações das soluções aquosas (250, 500, 750 e 1000 ppm), na quantidade de 7 ml (2,5 vezes o peso do papel). Para o tratamento controle (0 ppm) foi adicionado 7 ml de água destilada. As caixas foram tampadas e colocadas em sacos plásticos e mantidas em incubadora do tipo BOD a 28 °C, em fotoperíodo de 12 horas, durante 14 dias (FORTES et al., 2009).

Os números de sementes germinadas para o cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizado diariamente, sendo consideradas germinadas aquelas que apresentaram raiz primária com 2 mm (FERREIRA; ÁQUILA, 2000). Ao final, calculou-se o IVG, seguindo a fórmula de Maguire (1962).

As plântulas de guanxuma foram classificadas em normais ou anormais de acordo com as especificações da Regras para Análise de Sementes. Com esses dados, calculou-se a porcentagem de plântulas normais que se refere à porcentagem de germinação e a porcentagem de plântulas anormais (BRASIL, 2009).

Para avaliação de comprimento das plântulas, utilizou-se 20 sementes para cada repetição, que foram colocadas em caixas plásticas transparentes tipo gerbox (11x11x3 cm) sobre uma folha de papel mata-borrão umedecidas com as soluções aquosas, na quantidade de 7 ml. As caixas foram tampadas e colocadas em sacos plástico e, mantidas em incubadora do tipo BOD a 28 °C, em fotoperíodo de 12 horas, durante 7 dias. No sétimo dia foi determinado, com o auxílio de uma régua milimétrica, o comprimento médio das plântulas consideradas normais, sendo os resultados expressos em centímetros (cm) por plântula de cada repetição (ISTA, 2013; KRZYZANOWSKI et al., 2020).

Para avaliação dos parâmetros de massa de matéria seca, foi realizada a pesagem de matéria seca das plântulas. Para isso, as partes aéreas e raiz de cada tratamento que foram medidas anteriormente, foram separadas em parte aérea e raiz e acondicionadas em sacos de papel *kraft* e levadas para estufa em temperatura constante de 65 °C durante 24 horas (ISTA, 2013). Posteriormente as massas foram obtidas com o auxílio de balança com precisão de 0,001g, e os resultados médios expressos em miligramas por plântula, obtendo-se os dados de massa de matéria seca de raiz e parte aérea.

Os tratamentos foram arranjados em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada espécie de plantas medicinais foi analisada separadamente e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F). e as médias das diferentes concentrações aquosas foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se *software* estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADO E DISCUSSÃO

As variáveis plântulas anormais, comprimento da parte aérea e da raiz e massa da matéria seca da parte aérea não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) em nenhuma das soluções aquosas testadas nas diferentes concentrações sobre plântulas de *Sida santaremensis* (dados não mostrados).

A porcentagem de germinação das sementes de *S. santaremensis* (Tabela 1), apenas foi influenciada quando se utilizou a solução aquosa de capim-limão, proporcionando estímulo na germinação das sementes na concentração de 250 ppm em 57% em relação ao controle.

Magalhães, Araujo e Melhorança Filho (2012) observaram que o extrato de *C. citratus* sobre a germinação de sementes de freijó (*Cordia goeldiana*) foi estimulante para a germinação, onde as sementes que receberam maiores concentrações do extrato obtiveram maior taxa de germinação e maior vigor, corroborando este estudo. O capim-limão apresenta expressivo potencial estimulante ou inibidor do desenvolvimento de outros vegetais (MAGALHÃES et al., 2012). Já em estudo realizado por Piccolo et al. (2007), os autores verificaram que o extrato de capim limão reduziu a porcentagem de germinação de sementes de guanxuma (*Sida rhombifolia*).

TABELA 1. Médias da porcentagem de germinação (%) de sementes de *Sida santaremensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais (Umuarama, 2020).

Concentração (ppm)	Arruda	Capim-limão	Eucalipto	Guaco	Sálvia
0	35,5 a	37,0 b	36,5 a	42,0 a	36,0 a
250	34,5 a	58,0 a	41,0 a	51,5 a	34,0 a
500	39,0 a	51,5 ab	32,0 a	42,5 a	38,0 a
750	37,0 a	46,5 ab	32,5 a	44,5 a	37,5 a
1000	35,5 a	43,0 ab	32,5 a	44,5 a	35,0 a
Conc. (ppm)	0,344 n.s	4,827 *	1,793 n.s	2,514 n.s	0,244 n.s
C. V. (%)	16,48	15,47	16,53	10,67	18,76

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. * significativo ao nível de 5% de probabilidade. n.s.= não significativo

Com relação à análise para Índice de Velocidade de Germinação, verifica-se que houve diferença significativa para as soluções de capim-limão e guaco (Tabela 2). Nota-se que na solução aquosa de capim-limão ocorreu redução no índice de velocidade de germinação das sementes em 40,4% na concentração de 1000 ppm quando comparado com a concentração 0 ppm, porém não diferindo da mesma; nas concentrações de 250, 500 e 750 ppm, houve acréscimos no índice de velocidade de emergência, porém não diferindo do controle. Possivelmente, o responsável pela ação alelopática inibitória no desenvolvimento das plântulas de *Sida* nas concentrações mais elevadas esteja associada ao citronelal, que segundo Mattos (2000) é um monoterpeno majoritário do óleo essencial de capim-limão.

Na solução aquosa de guaco observou-se uma redução no índice de velocidade na concentração de 1000 ppm em relação ao controle, porém não diferindo da mesma, já na concentração de 500 ppm ocorreu um acréscimo no índice de velocidade em 40% quando comparado com a concentração 0 ppm (Tabela 2).

De acordo com Souza et al. (2005), foi verificado que o extrato aquoso de guaco inibiu drasticamente o índice de velocidade de germinação. Óleos essenciais de plantas ricas em monoterpenos, um dos compostos presentes no guaco,

comprovaram uma intensa atividade inibitória sobre a germinação e o índice de velocidade de germinação de sementes de tomate.

Ferreira e Aquila (2000) explicam que o processo de germinação apresenta baixa sensibilidade aos compostos aleloquímicos em relação a demais características como o desenvolvimento da raiz primária e parte aérea. Rice (1979) ressalta que os efeitos benéficos de uma planta sobre outra não devem ser desvinculados do conceito de alelopatia, uma vez que um dado composto químico pode ter efeito inibitório ou estimulante, dependendo da concentração do mesmo.

Os valores de massa da matéria seca de raiz de plântulas de *S. santaremensis* submetidas a diferentes concentrações das soluções aquosas de plantas medicinais (Tabela 3), demonstraram que a solução aquosa de capim-limão na concentração de 250 ppm houve um menor acúmulo de biomassa quando comparada com a concentração 0 ppm, já na concentração de 1000 ppm ocorreu um aumento, não diferindo da testemunha. Na solução aquosa de sálvia na concentração de 500 ppm ocorreu um menor acúmulo de massa de matéria seca de raiz em 47 % comparada a concentração 0 ppm. Observa-se, portanto, a indicativa de retardo no desenvolvimento da planta em algumas concentrações. As demais soluções aquosas não diferiram estaticamente.

TABELA 2. Médias do índice de velocidade de germinação de sementes de *Sida santaremensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais.

Concentração (ppm)	Arruda	Capim-limão	Eucalipto	Guaco	Sálvia
0	13,10 a	15,52 ab	12,08 a	14,27 ab	14,31 a
250	12,55 a	24,05 a	14,72 a	13,92 ab	14,22 a
500	12,08 a	18,51 a	15,42 a	20,43 a	13,73 a
750	14,51 a	18,47 a	11,73 a	15,26 ab	14,53 a
1000	12,93 a	9,24 b	9,41 a	12,88 b	13,68 a
Conc. (ppm)	0,440 n.s	7,641 **	2,821 n.s	3,862 *	0,064 n.s
C. V. (%)	21,11	22,76	22,86	19,63	20,95

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. n.s.= não significativo

Santos e Cruz-Silva (2009) constataram que a concentração do extrato de citronela (*Cymbopogon nardus*), espécie do mesmo gênero do capim-limão, a 7,5% estimulou o crescimento da raiz de alface, enquanto que as concentrações de 15 e 30% apresentaram efeito de inibição.

TABELA 3. Médias de massa da matéria seca de raiz (mg) de plântulas de *Sida santaremensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais.

Concentração (ppm)	Arruda	Capim-limão	Eucalipto	Guaco	Sálvia
0	0,15 a	0,17 ab	0,08 a	0,23 a	0,17 ab
250	0,15 a	0,12 b	0,36 a	0,21 a	0,14 bc
500	0,16 a	0,15 ab	0,08 a	0,24 a	0,09 c
750	0,15 a	0,17 ab	0,25 a	0,41 a	0,14 bc
1000	0,23 a	0,19 a	0,16 a	0,22 a	0,23 a
Conc. (ppm)	0,812 ^{n.s}	3,969 [*]	1,709 ^{n.s}	1,837 ^{n.s}	10,001 ^{**}
C. V. (%)	47,75	17,72	99,48	47,03	21,61

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. * e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. n.s.= não significativo

Pesquisas comprovam que a raiz é o órgão mais sensível à ação dos aleloquímicos, porque seu alongamento depende de divisões celulares, que se inibidas interferem no crescimento e desenvolvimento normal (FORMIGHEIRI et al., 2018; GRISI et al., 2013; HOFFMANN et al., 2007). Além disso, os compostos fenólicos podem aumentar a atividade de enzimas oxidativas afetando a permeabilidade das membranas e formação de lignina que promove a redução do alongamento celular (CARVALHO et al., 2014).

As soluções aquosas de arruda e eucalipto não possuem efeito alelopático sobre a espécie *S. santaremensis*. A solução aquosa de capim limão estimulou a germinação das sementes em todas as concentrações, já no índice de velocidade de germinação houve um acréscimo na concentração de 250 ppm e uma redução na de 1000 ppm, e na massa da matéria seca de raiz ocorreu o inverso uma diminuição na

concentração de 250 ppm e um aumento na de 1000 ppm. A solução de sálvia proporcionou redução na massa seca de raiz na concentração de 500 ppm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, M. et al. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.31, n.2, p.379-395, 2011.
- BASRA, S.M.A.; IFTIKHAR, M.N.; AFZAL, I. Potential of moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract as priming agent for hybrid maize seeds. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 13, p. 1006–1010, 2011.
- BRASIL. Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuaria. Brasília: Mapa/ ACS, 2009. 399p.
- CANTANHEDE, D.J. et al. Potencial Alelopático de Extrato Aquoso de Folhas de Babaçu Sobre Germinação e Desenvolvimento de Sementes de Feijão-caupi e *Senna obtusifolia*. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, n. 4, p.1-8, 2014.
- CARVALHO, W. P. et al. Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 1-11, 2014.
- CREMONEZ, F.E. et al. Principais plantas com potencial alelopático encontradas nos sistemas agrícolas brasileiros. **Acta Iguazu**, v.2, p.70-88, 2013.
- FERRAZ, A. P. F. et al. Potencial alelopático do extrato aquoso de folhas de eucalipto na germinação e no crescimento inicial da cebola e do tomateiro. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19, 2014.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: **Sistemas de análises estatísticas**. Lavras: UFLA. 2011.
- FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Rio Grande do Sul, v.12 Edição Especial, p.175- 204, 2000.
- FORTES, A. M. T. et al. Efeito alelopático de sabugueiro e capim-limão na germinação de picão-preto e soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 241-246, 2009.
- FORMIGHEIRI, F. B. et al. Alelopatia de *Ambrosia artemisiifolia* na germinação e no crescimento de plântulas de milho e soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.3, p. 729-739, 2018.

GRISI, P. U. et al. Efeito do extrato etanólico de *Serjania lethalis* no controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 239-248, 2013.

HOFFMANN, C. E. F. et al. Allelopathic activity of *Nerium oleander* L. and *Dieffenbachia picta* Schott in seeds of *Lactuca sativa* L. and *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 1, p. 11-21, 2007.

HOFS, A. et al. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à Qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 92-97, 2004.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA. **International Rules for Seed Testing**. Bassersdorf: ISTA, 2013.

MAGALHÃES, A.C.M.; ARAÚJO, M.L.; MELHORANÇA FILHO, A.L. Avaliação do Potencial Alelopático de *Cymbopogon citratus* e *Cyperus rotundus* L. sobre a Germinação e o Desenvolvimento Inicial de Plântulas de *Cordia goeldiana*. In: XXVIII Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas na era da biotecnologia. **Anais...** XXVIII Congresso brasileiro das ciências das plantas daninhas na era da biotecnologia. Ano 2012.

MATSUMOTO, R.S. et al. Potencial alelopático do extrato foliar de *Annona glabra* L. (Annonaceae). **Acta Botânica Brasileira**, v. 24, p. 631-635, 2010.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas**. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: Conceitos e Testes**. Londrina: Abrates, 2020. 601p.

PICCOLO, G. et al. Efeito alelopático de capim limão e sabugueiro sobre a germinação de guaxuma. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 381-386, 2007.

RICE, E. L. Allelopathy: an update. **The Botanical Review**, v. 45, p.15-109, 1979.

SAITO, L. M. **As plantas praguicidas: alternativa para o controle de pragas da agricultura**. Embrapa: Meio ambiente. Jaguariúna, 2004. 4p

SANTOS, V. R.; CRUZ-SILVA, C. T. A. **Alelopatia do capim citronela sobre a germinação e o desenvolvimento de alface**. Curso Ciências Biológicas - Licenciatura. 12 f. 2009. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, 2009.

SANTOS, V. H. M. **Potencial alelopático de extratos e frações de *Neea theifera* Oerst. (Nyctaginaceae) sobre sementes e plântulas de *Lactuca sativa***. 44f. 2012. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu.
SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1 ed. Viçosa: Editora UFV, 367p. 2007.

SOUZA, S. A. M. et al. Utilização de sementes de alface e de rúcula como ensaios biológicos para avaliação do efeito citotóxico e alelopático de extratos aquosos de plantas medicinais. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.5, n.1, 2005.

SOUZA FILHO, A. P. S. Methodological proposal for analysis of synergism potentializing effects among allelochemicals. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 607-610, 2006.

VICENTE, J. R. et al. Environment and dispersal paths override life strategies and residence time in determining regional patterns of invasion by alien plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2014.

6 CAPITULO II

Soluções aquosas de folhas de plantas medicinais sobre a germinação, crescimento inicial e atividade antioxidante de plântulas de *Sida cerradoensis*

ALLELOPATHIC POTENTIAL OF MEDICINAL PLANTS IN THE GERMINATION OF *Sida cerradoensis*

AUGUSTO, C. P.^{1*}; PESSOA, T. F. A.¹; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.²; PERGO-COELHO, E. M.²

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade (PSU), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Av. Ângelo Moreira da Fonseca, 1800, CEP 87506-370, Umuarama, PR, Brasil. E-mail: kakau_cawana@hotmail.com.

*autor para correspondência.

²Professora Doutora do Departamento de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual de Maringá, campus de Umuarama, Estrada da Paca s/n (UEM – Fazenda), São Cristovão, CEP 87502-970, Umuarama, PR, Brasil, Caixa-Postal: 65.

- ARTIGO -

Resumo: A busca por alternativas no manejo de plantas daninhas sem a utilização exclusiva de herbicidas pode contribuir para aumento da sustentabilidade na produção agrícola. Uma ação complementar no controle de plantas daninhas é a utilização de aleloquímicos como herbicida natural. A alelopatia é o efeito direto ou indireto, benéfico ou danoso que uma planta exerce sobre outra, perante a produção de aleloquímicos lançados no ambiente. Sendo assim, o presente estudo objetivou investigar os efeitos de soluções aquosas de folhas de plantas *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania glomerata*, *Corymbia citriodora* e *Salvia officinalis* sobre a espécie de *Sida cerradoensis*, durante a germinação das sementes e o crescimento inicial das plântulas. As soluções aquosas foram adquiridas pelo processo de desidratação por liofilização, foi feita a diluição do material liofilizado com água destilada obtendo-se as concentrações de 0, 250, 500, 750 e 1.000 ppm de cada planta medicinal. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições. Foram analisados

porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, porcentagem de plântulas anormais, comprimento da raiz, comprimento da parte aérea, massa da matéria seca e atividade de enzimas antioxidantes, Catalase e Peroxidase. Notou-se efeito das soluções aquosas de sálvia e eucalipto sobre a espécie de *Sida cerradoensis*. As demais soluções aquosas não apresentaram efeito nas variáveis analisadas. A atividade das enzimas antioxidantes catalase e peroxidase na raiz e parte aérea de *Sida cerradoensis* foi, em sua maioria, afetada pelas concentrações da solução aquosa de sálvia, gerando estresse oxidativo nas sementes de *Sida cerradoensis*.

Palavras-chave: Alelopatia, Aleloquímicos, Guanxuma, Plantas Daninhas.

Abstract: The search for alternatives in weeds management without the exclusive herbicides use may contribute to increase sustainability in agricultural production. A complementary action in weeds control is the use of allelochemicals as a natural herbicide. Allelopathy is the direct or indirect, beneficial or harmful effect that one plant presents over another one, in the face of allelochemicals productions released into the environment. Thus, the present study aimed to investigate the effects of aqueous solutions of *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania glomerata*, *Corymbia citriodora* and *Salvia officinalis* plant leaves over *Sida cerradoensis* specie, during seed germination and initial seedling growth. The aqueous solutions were acquired by dehydration process by lyophilization. Lyophilized material was diluted with distilled water, obtaining 0, 250, 500, 750 and 1,000 ppm concentrations of each medicinal plant. The experimental design was completely randomized, with four replications. Germination percentage, germination speed index, percentage of abnormal seedlings, root length, shoot length, dry matter mass and activity of catalase and peroxidase antioxidant enzymes were analyzed. The effect aqueous solutions of sage and eucalyptus over *Sida cerradoensis* specie was noted. The other aqueous solutions did not present effect over analyzed variables. Activity of catalase and peroxidase antioxidant enzymes in the root and aerial part of *Sida cerradoensis* was mostly affected by the concentrations of sage aqueous solution, generating oxidative stress in *Sida cerradoensis* seeds.

Keywords: Allelopathy, Allelochemicals, Guanxuma, Weeds.

INTRODUÇÃO

Investimentos tecnológicos no setor agrícola têm-se obtido altos índices de produção. Contudo, determinados fatores afetam negativamente a produtividade das culturas, como as plantas daninhas, um dos fatores mais preocupantes da atividade agrícola (VASCONCELOS et al., 2012).

As plantas daninhas de forma geral, não são desejáveis nos cultivos, pois afetam a produtividade, aumentando os custos da produção, por exigirem maior tempo de mão de obra e maior consumo de insumos. O método mais corriqueiro e prático é o controle com o uso de herbicidas sintéticos, que muitas vezes não são empregados da forma correta e acarretam em vários riscos para a saúde ambiental e humana (REVISTA GALILEU, 2018).

A busca por alternativas ao controle de plantas daninhas com herbicidas sintéticos tem aumentado, uma importante ferramenta com potencial de redução dos custos deste tipo de produção e com menores danos à saúde humana e ao meio ambiente é o uso de substâncias naturais que geram efeitos alelopáticos negativos às plantas daninhas (OLIVEROS-BASTIDAS, 2008; BERTHOLDSSON, 2010), permitindo um manejo sustentável e ecológico da produção agrícola (JABRAN et al., 2015).

Alelopatia é o efeito direto ou indireto, maléfico ou benéfico que uma planta exerce sobre outra pela produção de aleloquímicos liberados no ambiente. Os aleloquímicos, quando liberados no ambiente, são capazes de alterar a germinação, o crescimento e o desenvolvimento de plantas por uma abundância de ações em processos fisiológicos (EINHELLIG, 2002).

É conhecida uma ampla diversidade de compostos secundários que proporcionam potencial alelopático, dentre eles se destacam taninos, glicosídeos cianogênicos, cumarinas, terpenos, sesquiterpenos, flavonóides, alcalóides, entre outros (KING E AMBIKA, 2002; REZENDE et al., 2011). A alelopatia compõe um fator importante nos agroecossistemas e promove uma ampla rede de interações nas comunidades bióticas (MACIAS et al., 2007; SILVA et al., 2014). Essas interações são decorrências da liberação e da atividade de aleloquímicos da planta doadora, que comumente proporcionam efeitos danosos nas plantas receptoras e compõem importante mecanismo seletivo para a planta doadora (BORELLA et al., 2011).

De maneira geral, esses compostos apresentam vários alvos moleculares e podem afetar os processos de respiração, fotossíntese, atividade enzimática, relações hídricas, abertura de estômatos, níveis de hormônios vegetais, disponibilidade mineral, divisão e alongamento celular, estrutura e permeabilidade de membranas e parede celular, sendo que muitos desses

processos ocorrem em função do estresse oxidativo. Neste contexto, sabendo-se da eficiência dos compostos alelopáticos presentes nas plantas torna-se possível o desenvolvimento de herbicidas naturais mais eficazes no controle de plantas invasoras (RODRIGUES, 2016).

Portanto, este trabalho teve como objetivo, investigar os efeitos de soluções aquosas das plantas medicinais *Cymbopogon citratus*, *Ruta graveolens*, *Mikania glomerata*, *Corymbia citriodora* e *Salvia officinalis* na germinação das sementes e no crescimento inicial de plântulas de *Sida cerradoensis*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Bioquímica da Universidade Estadual de Maringá – Campus Regional de Umuarama – PR.

Foram estudados o potencial alelopático de cinco espécies de plantas medicinais, sendo elas: *Cymbopogon citratus* (capim limão), *Ruta graveolens* (arruda), *Mikania glomerata* (guaco), *Corymbia citriodora* (eucalipto citriodora) e *Salvia officinalis* (sálvia), sobre a espécie *Sida cerradoensis*.

Para a condução do experimento foram utilizadas folhas maduras e completamente expandidas das plantas medicinais coletadas no município de Cruzeiro do Oeste/PR, com coordenadas 23°47'7"S, 53°4'24"W e Umuarama/PR 23°45'51"S, 53°19'6"W. As sementes da espécie *Sida cerradoensis* foram coletadas no município de Umuarama/PR, de diferentes plantas, formando uma amostra composta.

Para o preparo das soluções aquosas, as folhas foram separadas dos galhos e trituradas em liquidificador (5 minutos) no mesmo dia da coleta das mesmas. O material processado foi colocado em potes plásticos, identificados e acondicionado no ultra freezer com temperatura de -39 °C por 24 horas. Após esse período, o material congelado foi submetido ao processo de desidratação por liofilizador a uma pressão de vácuo de aproximadamente 130µHg com temperatura do condensador de -50 °C até para total remoção do conteúdo de água.

O material liofilizado foi macerado com ajuda de um Gral com pistilo, até a obtenção de um pó. O material liofilizado, já macerado foi deixado em refrigeração até o dia do preparo das soluções. Em balança analítica com precisão de 0,001g, foi pesado o material liofilizado em proporção de 1g de pó da folha da planta medicinal para cada 1000 ml de água destilada. A homogeneização da solução aquosa foi feita em agitador magnético, durante o período de 24 horas.

Em seguida a solução aquosa foi filtrada em gaze e algodão hidrófilo, e a partir desta filtração, e o filtrado resultou nas soluções aquosas. A partir dessas misturas aquosas filtradas de 1000 ppm, foram feitas diluições com água destilada obtendo-se as concentrações de 250, 500 e 750 ppm. Os efeitos destas concentrações foram comparados aos efeitos da água destilada, considerada como controle (0 ppm).

Para a superação da dormência das sementes de *S. cerradoensis*, foi definido o tempo de 60 minutos de imersão das sementes em ácido sulfúrico concentrado que foram constantemente revolvidas com auxílio de um bastão de vidro, objetivando uniformizar a sua ação abrasiva durante o período de imersão. Decorrido o período preestabelecido, as sementes foram lavadas em água corrente por 10 minutos, para que o ácido sulfúrico fosse totalmente removido.

Para o bioensaio de porcentagem de germinação das sementes e índice de velocidade de germinação, 50 sementes foram colocadas em caixas plásticas transparentes tipo gerbox (11x11x3 cm) sobre uma folha de papel mata-borrão umedecidas com as diferentes concentrações das soluções aquosas (250, 500, 750 e 1000 ppm), na quantidade de 7 ml (2,5 vezes o peso do papel). Para o tratamento controle (0 ppm) foi adicionado 7 ml de água destilada. As caixas foram tampadas e colocadas em sacos plástico e, mantidas em incubadora do tipo BOD a 28 °C, em fotoperíodo de 12 horas, durante 14 dias (FORTES et al., 2009).

Os números de sementes germinadas para o cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizado diariamente, sendo consideradas germinadas aquelas que apresentaram raiz primária com 2 mm (FERREIRA; ÁQUILA, 2000). Ao final, calculou-se o IVG, seguindo a fórmula de Maguire (1962).

As plântulas de guanxuma foram classificadas em normais ou anormais de acordo com as especificações da Regras para Análise de Sementes. Com esses dados, calculou-se a porcentagem de plântulas normais que se refere à porcentagem de germinação e a porcentagem de plântulas anormais (BRASIL, 2009).

Para avaliação de comprimento das plântulas, utilizou-se 20 sementes para cada repetição, que foram colocadas em caixas plásticas transparentes tipo gerbox (11x11x3 cm) sobre uma folha de papel mata-borrão umedecidas com as soluções aquosas, na quantidade de 7 ml. As caixas foram tampadas e colocadas em sacos plástico e, mantidas em incubadora do tipo BOD a 28 °C, em fotoperíodo de 12 horas, durante 7 dias. No sétimo dia foi determinado, com o auxílio de uma régua milimétrica, o comprimento médio das plântulas consideradas normais, sendo os resultados expressos em centímetros (cm) por plântula de cada repetição (ISTA, 2013; KRZYZANOWSKI et al., 2020).

Para avaliação dos parâmetros de massa de matéria seca, foi realizada a pesagem de matéria seca das plântulas. Para isso, as partes aéreas e raiz de cada tratamento que foram medidas anteriormente, foram separadas em parte aérea e raiz e, acondicionadas em sacos de papel kraft e levadas para estufa em temperatura constante de 65 °C durante 24 horas (ISTA, 2013). Posteriormente as massas foram obtidas com o auxílio de balança com precisão de 0,001g, e os resultados médios expressos em miligramas por plântula, obtendo-se os dados de massa de matéria seca de raiz e parte aérea.

Após a análise dos dados de germinação e crescimento inicial de plantas, foi selecionada a espécie *Salvia officinalis* que apresentou maior efeito alelopático, com isso, determinado a atividade enzimática.

Para a avaliação da atividade enzimática, foi montado outro experimento, sendo aos 7 dias após a germinação, fragmentos da parte aérea (0,3g) e de raízes (0,2 g) de plântulas de controle e tratadas com solução aquosa foram coletados e homogeneizados em um almofariz (4 °C) com 3,0 e 2,0 mL respectivamente, de meio de extração (tampão fosfato de potássio 67 mM, pH = 7,0; 1% polivinilpirrolidona). O homogenato foi centrifugado a 3000 rpm por 5 min a 4 °C, e o sobrenadante foi utilizado como extrato enzimático para avaliação das atividades da peroxidase (POD) e catalase (CAT).

Para a determinação da atividade de POD, uma alíquota de 200 µL de extrato enzimático foi adicionada à 3 mL de meio de reação (tampão de fosfato de potássio 25 mM, pH 6,8; H₂ O₂ 10 mM e guaiacol 2,58 mM). A atividade POD foi medida espectrofotometricamente a 470 nm utilizando-se um coeficiente de extinção de 25,5 mM⁻¹ cm⁻¹ (PUTTER, 1974). Os resultados são expressos em milimoles de tetraguaiacol produzidos por minuto por grama de parte aérea e raiz.

Para determinação da atividade de CAT, o extrato enzimático (100 µ) foi adicionado a 3 mL de meio de reação (tampão de fosfato de potássio 67 mM, pH 7,0; H₂ O₂ 10 mM). A atividade da CAT foi medida espectrofotometricamente a 240 nm usando um coeficiente de extinção de 0,0394 mM⁻¹ cm⁻¹ (AEBI, 1984). Os resultados são expressos em milimoles de peróxido consumido por minuto de reação por grama de parte aérea e raiz. Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada espécie de plantas medicinais foi analisada separadamente e os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (Teste F) e as médias das soluções aquosas, das diferentes concentrações aquosas forma comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis analisadas massa da matéria seca da parte aérea e raiz, não foram observadas diferença estatística ($p>0,05$) em nenhuma das soluções aquosas testadas nas diferentes concentrações sobre plântulas de *Sida cerradoensis* (dados não mostrados).

A média da porcentagem de germinação das sementes de *S. cerradoensis* (Tabela 1), não apresentou diferença significativa para as soluções aquosas de arruda, capim-limão, guaco e sálvia, já para a solução aquosa de eucalipto na concentração de 250 ppm, apesar de não diferença estatística, verifica-se um estímulo de cerca de 26% em relação a concentração 0 ppm. Ainda, nas concentrações de 750 e 1000 ppm houve uma redução no número de plântulas normais, porém não diferindo estatisticamente com o controle.

Estudos realizados por Cruz, Nozaki e Batista, (2000) observaram inibição total da germinação de sementes de picão-preto (*Bidens pilosa*) e cerca de 60% de sementes de guanxuma (*Sida rhombifolia*) pelo extrato bruto aquoso de *Eucalyptus citriodora* a 30% de concentração peso/volume. Tais resultados evidenciam que o potencial alelopático das plantas difere de acordo com a espécie vegetal.

Há vários trabalhos publicados a respeito do efeito dos extratos de eucalipto sobre a germinação de sementes de plantas daninhas, contudo pelo grande número de variáveis envolvidas, encontra-se a necessidade de maiores estudos. Entre os fatores decisivos para esta variação destacam-se: a fonte do extrato, método de extração, concentração, a forma e o tempo de contato com as sementes, além de condições de fotoperíodo e temperatura durante o crescimento da planta. Esses parâmetros podem influir nos resultados devido ao risco da instabilidade dos princípios ativos (REICHEL et al., 2013).

Tabela 1. Médias da porcentagem de germinação (%) de sementes de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais.

Concentração (ppm)	Arruda	Capim-limão	Eucalipto	Guaco	Sálvia
0	59,0 a	43,0 a	55,5 ab	56,0 a	49,0 a
250	47,5 a	44,0 a	70,0 a	58,5 a	46,0 a
500	49,5 a	46,5 a	52,5 ab	56,0 a	53,0 a
750	56,0 a	50,5 a	46,5 b	49,0 a	44,5 a
1000	54,0 a	57,0 a	45,0 b	55,5 a	52,5 a
Conc. (ppm)	2,636 ^{n.s}	2,110 ^{n.s}	6,141 ^{**}	0,678 ^{n.s}	0,452 ^{n.s}
C. V. (%)	10,88	16,31	14,93	15,69	23,01

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. n.s.= não significativo

O índice de velocidade de germinação (Tabela 2) apresentou diferença estatística apenas com a utilização da solução aquosa de eucalipto, apresentando estímulo na concentração de 250 ppm e uma redução na concentração de 750 ppm em relação ao controle (0 ppm).

Ferreira, Souza e Faria (2007), avaliando o efeito de extratos etanólicos de *Eucalyptus citriodora* Hook. sobre a germinação de alface (*Lactuca sativa*), verificaram que a aplicação do extrato na concentração de 2,00% promoveu redução significativa da velocidade de germinação quando comparada com os demais tratamentos (0; 0,25; 0,50 e 1,0%). Para Silva et al. (2015), o efeito alelopático pode alterar o índice de velocidade de germinação, e não apresentar efeitos na germinação final da espécie. O efeito alelopático pode não ocorrer sobre a germinação, mas sim sobre o IVG devido às interferências ambientais que bloqueiam ou retardam o andamento de processos metabólicos (ALBACH et al. 2010). Esse fator pode ter um significado ecológico, pois plantas que germinam mais lentamente podem apresentar tamanho reduzido. E em consequência, podem ser mais suscetíveis a estresses e terem menor chance na competição por recursos (SILVEIRA, 2010).

Tabela 2. Médias da porcentagem do índice de velocidade de germinação de sementes de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais.

Concentração (ppm)	Arruda	Capim-limão	Eucalipto	Guaco	Sálvia
0	28,33 a	17,45 a	24,19 b	26,75 a	21,04 a
250	17,83 a	16,56 a	32,62 a	29,04 a	19,34 a
500	23,73 a	20,71 a	18,77 bc	29,20 a	21,54 a
750	22,83 a	23,32 a	15,29 c	23,75 a	24,96 a
1000	19,92 a	25,56 a	16,50 bc	26,53 a	23,02 a
Conc. (ppm)	1,599 ^{n.s}	1,921 ^{n.s}	16,703 ^{**}	1,463 ^{n.s}	0,490 ^{n.s}
C. V. (%)	28,10	26,57	16,17	13,61	27,56

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. n.s.= não significativo

A presença de plântulas anormais foi verificada apenas com a utilização de solução aquosa de guaco e sálvia, os tratamentos com as demais soluções não foi observado o surgimento de plantas anormais, com isso não dando ajuste a análise estatística (Tabela 3). A utilização com a solução aquosa de guaco, apresentou plântulas anormais apenas na maior dose (1000 ppm), mas não apresentando diferença significativa.

Verifica-se que a solução aquosa de sálvia a partir da concentração de 500 ppm, começaram a surgir plântulas anormais (Tabela 3). Apesar do uso de algumas soluções aquosas

apresentarem plântulas anormais, verifica-se que em nenhum caso a concentração de 0 ppm apresentou esse efeito, o que demonstra que o surgimento dessas plântulas anormais está relacionado com efeitos alelopáticos das soluções. Mesmo com surgimento dessas plântulas anormais, a única concentração que apresentou diferença significativa, foi a solução de sálvia na concentração de 500 ppm com 8,25% de suas plântulas anormais.

Os efeitos alelopáticos podem levar o surgimento de plântulas anormais (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Destaca-se que as anormalidades verificadas foram a necrose das raízes de *S. cerradoensis*, que também foi notada por outros autores, como Gatti et al., (2004), que observou anormalidades em plântulas de alface, com extratos aquosos de diferentes partes de papo de peru e por Coelho et al. (2011), com extratos aquosos de sementes de juazeiro. A presença de anormalidade em raízes pode ser ocasionada pelo fato que este órgão é mais sensível à ação alelopática (PIRES; OLIVEIRA, 2001).

Tabela 3. Médias de plântulas anormais (%) de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais.

Concentração (ppm)	Arruda	Capim-limão	Eucalipto	Guaco	Sálvia
0	-	-	-	0,00 a	0,00 b
250	-	-	-	0,00 a	0,00 b
500	-	-	-	0,00 a	8,25 a
750	-	-	-	0,00 a	3,00 ab
1000	-	-	-	4,75 a	0,50 b
Conc. (ppm)	-	-	-	2,858 ^{n.s}	8,238**
C. V. (%)	-	-	-	264,56	104,52

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. n.s.= não significativo

O comprimento da parte aérea das plântulas de *S. cerradoensis* (Tabela 4), foi influenciado apenas pela solução aquosa de sálvia, com redução no comprimento nas concentrações de 750 e 1000 ppm, em 74% e 34 % respectivamente, comparando com a concentração 0 ppm. Simoneto e Cruz-Silva (2010) constataram que o extrato de sálvia (*Salvia officinalis* L.) na concentração de 30% inibiu o desenvolvimento das plântulas de tomate quando comparados ao controle.

Stefanello et al. (2015), observaram que os extratos aquosos de *Salvia hispanica* preparados na forma de infusão provocaram aumento no comprimento da parte aérea das plântulas de alface apenas na maior concentração (100%), o que foi observado nesse estudo.

Tabela 4. Médias de comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais.

Concentração (ppm)	Arruda	Capim-limão	Eucalipto	Guaco	Sálvia
0	1,33 a	1,23 a	1,55 a	0,83 a	0,96 a
250	1,38 a	1,33 a	1,82 a	1,46 a	0,75 ab
500	1,40 a	1,55 a	1,82 a	1,40 a	0,98 a
750	1,38 a	1,49 a	2,07 a	1,15 a	0,25 b
1000	1,44 a	1,39 a	1,82 a	0,60 a	0,63 b
Conc. (ppm)	0,111 ^{n.s}	1,580 ^{n.s}	1,426 ^{n.s}	1,608 ^{n.s}	5.165 *
C. V. (%)	16,35	14,55	16,82	53,67	36,58

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. * significativo ao nível de 5% de probabilidade. n.s.= não significativo

Na Tabela 5, verifica-se que a solução aquosa de capim-limão proporcionou aumento de 70% no comprimento de raiz na concentração de 750 ppm em relação a concentração 0 ppm e redução no comprimento com a concentração de 1000 ppm, não diferindo da concentração 0 ppm. Santos e Cruz-Silva (2009) constataram que a concentração do extrato de citronela (*Cymbopogon nardus*), espécie do mesmo gênero do capim-limão, a 7,5% estimulou o crescimento da raiz de alface, enquanto que as concentrações de 15 e 30% apresentaram efeito de inibição. Souza et al. (1998) verificaram que os extratos de capim-limão estimularam o desenvolvimento da raiz de algodão (*Gossypium hirsutum*) e de milho (*Zea mays* L.) e inibiram o desenvolvimento de beldroega (*Portulaca oleracea*) e de picão-preto (*Bidens pilosa* L.).

Estudos demonstram que a raiz é o órgão mais sensível à ação dos aleloquímicos, porque seu alongamento depende de divisões celulares, que se inibidas interferem no crescimento e desenvolvimento normal (FORMIGHEIRI et al., 2018; GRISI et al., 2013; HOFFMANN et al., 2007). Considerando-se que alguns autores afirmam que uma mesma substância pode desempenhar várias funções, dependendo de sua concentração e composição química e da espécie alvo (MAULI, 2013).

A solução aquosa de salvia apresentou maior quantidade de plântulas anormais, sendo um indicativo de efeito alelopático sobre as plântulas de guanxuma, realizou-se então a análise da atividade das enzimas antioxidantes Catalase (CAT) e Peroxidase (POD) (Tabela 6).

A atividade das enzimas antioxidantes CAT e POD na raiz e parte aérea de *Sida cerradoensis* foi, em sua maioria, afetada pelas concentrações da solução aquosa de sálvia. A atividade de CAT foi aumentada na parte aérea na concentração de 750 ppm e inibiu na concentração de 500 e 1000 ppm, a atividade de CAT da raiz inibiu na concentração de 250, 500, 750 e 1000 ppm.

Segundo Carvalho et al. (2011), existem evidências de que a diminuição da atividade da CAT pode estar relacionada com a baixa afinidade ao peróxido de hidrogênio, ou seja, o estresse químico pode provocar alterações na atividade desta enzima, diminuindo então a eficácia do sistema de defesa dessa planta, como mostrado neste trabalho para a parte da raiz.

A atividade POD na parte aérea foi inibida em todas as concentrações quando comparada com a concentração 0 ppm, já na raiz a POD foi inibida apenas na concentração de 250 ppm.

Alguns autores como Pergo & Ishii-Iwamoto (2011), mostram que muitas vezes o aleloquímico pode acarretar um estresse para a planta, não só por aumentar as espécies reativas de oxigênio, mas também por inibir o sistema de defesa da planta, como ocorreu neste trabalho em algumas concentrações.

Tabela 5. Médias de comprimento de raiz (cm) de plântulas de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de plantas medicinais.

Concentração (ppm)	Arruda	Capim-limão	Eucalipto	Guaco	Sálvia
0	1,39 a	1,32 bc	1,95 a	0,97 a	0,97 a
250	1,90 a	1,83 ab	2,42 a	1,71 a	0,83 a
500	2,09 a	1,58 bc	2,25 a	1,18 a	0,62 a
750	1,98 a	2,24 a	2,97 a	1,77 a	0,23 a
1000	1,57 a	1,25 c	2,87 a	0,58 a	0,52 a
Conc. (ppm)	1,383 ^{n.s}	11,249 ^{**}	2,987 ^{n.s}	3,087 ^{n.s}	2,871 ^{n.s}
C. V. (%)	28,03	14,65	19,92	46,56	53,79

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. n.s.= não significativo

O aumento da atividade da peroxidase (POD), catalase (CAT), em algumas concentrações sugere que os aleloquímicos presentes na solução aquosa de sálvia está causando estresse oxidativo na espécie *Sida cerradoensis*.

Nas plantas, espécies reativas de oxigênio são produzidas em consequência de diferentes perturbações ambientais, como, excesso de luz, seca, temperaturas elevadas, herbicidas, e, até mesmo, substâncias químicas naturais como os aleloquímicos (YU et al., 2003). Alguns aleloquímicos levam o aumento da atividade de enzimas oxidativas, tendo como consequência final a modificação da permeabilidade das membranas e a formação de lignina, que contribuem para a redução do alongamento radicular (FERRARESE et al., 2000).

Tabela 6. Médias da atividade das enzimas Catalase e Peroxidase das partes aérea e raiz de plântulas de *Sida cerradoensis* submetidas a diferentes concentrações de solução aquosa de Sálvia.

Concentração (ppm)	Catalase ¹	Peroxidase ²	Catalase ¹	Peroxidase ²
	Parte aérea		Raiz	
0	0,1193 b	0,1356 a	0,1321 a	0,0907 a
250	0,1230 b	0,0430 c	0,0832 c	0,0550 b
500	0,0944 c	0,0606 b	0,1127 b	0,1074 a
750	0,1646 a	0,0418 c	0,0909 c	0,1103 a
1000	0,0460 d	0,0585 b	0,0616 d	0,1108 a
Conc. (ppm)	312.837 **	79.878 **	177.992 **	26.081 **
C. V. (%)	5,03	7,08	9,59	10,96

¹ - mM H₂O₂ consumido min⁻¹ g⁻¹ parte aérea/raiz. ² - μ Moles de tetraguaiacol x min⁻¹ x g parte aérea/raiz. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. n.s.= não significativo

O aumento na atividade da CAT já foi notado em outros estudos sobre modos de ação de aleloquímicos, onde foi determinado que o ácido ferúlico potencializou a atividade da CAT em plântulas de milho (DEVI e PRASAD, 1996), e ácido benzóico em cotilédones de pepino (MAFFEI et al., 1999).

CONCLUSÕES

Identificou-se possível ação alelopática das soluções aquosas de sálvia e eucalipto sobre a espécie de *Sida cerradoensis*. As demais soluções aquosas não apresentaram ação alelopática. Para a solução aquosa de eucalipto houve redução na porcentagem de germinação e índice de velocidade nas concentrações de 750 e 1000 ppm e um acréscimo na concentração de 250 ppm. Para a sálvia observou-se o surgimento de plântulas anormais a partir da concentração de 500 ppm. O comprimento da parte aérea apresentou diminuição nas concentrações 750 e 1000 ppm.

A atividade de catalase foi aumentada na parte aérea na concentração de 750 ppm e inibida na concentração de 500 e 1000 ppm e a atividade da catalase da raiz foi inibida em todas as concentrações. A atividade peroxidase na parte aérea foi inibida em todas as concentrações, já na raiz a peroxidase foi in/ibida apenas na concentração de 250 ppm.

REFERÊNCIAS

AEBI H (1984). Catalase in vitro. **Methods in Enzymology**, v.105, n. 121-126.

BERTHOLDSSON, N. O. Breeding spring wheat for improved allelopathic potential. **Weed Research**, v. 50, p. 49- 57, 2010.

BORELLA J; MARTINAZZO E.G; AUMONDES T.Z. Atividade alelopática de extratos de folhas de *Schinus molle* L. sobre a germinação e o crescimento inicial do rabanete. **Revista Brasileira de Biociência**, v. 9, n. 3, p. 398-404, 2011.

BRASIL. Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuaria. Brasília: Mapa/ ACS, 2009. 399p.

CARVALHO, F.E.L. et al. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, p.416-423, 2011.

COELHO, M.F.B. et al. Atividade alelopática de extrato de sementes de juazeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n.1, p.108-111, 2011.

CRUZ, S. E. M.; NOZAKI, M. H.; BATISTA, M. A. Plantas medicinais. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 15, p. 28-34, 2000.

DEVI, S.R.; PRASAD, M.N.V. Ferulic acid mediated changes in oxidative enzymes of maize seedlings: implications in growth. **Biologia Plantarum**, v. 38, p. 387 395,1996.

EINHELLIG, F. A. **The physiology of allelochemical action: Clues and views**. In: REIGOSA, M.; PEDROL, N. Allelopathy from Molecules to Ecosystems. Vigo, Universidade de Vigo. p. 1-23, 2002.

FERRARESE, M.L.L.; SOUZA, N.E.; RODRIGUES, J.D.; FERRARESE FILHO. Ferulic acid uptake by soybean root in nutrient culture. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 22, p. 121-124, 2000.

FERREIRA, D. F. SISVAR: **Sistemas de análises estatísticas**. Lavras: UFLA. 2011.

FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Rio Grande do Sul, v.12 Edição Especial, p.175-204, 2000.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação do básico ao aplicado**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 209-222.

FERREIRA, M.C.; SOUZA, J.R.P.; FARIA, T.J. Potenciação alelopática de extratos vegetais na germinação e no crescimento inicial de picão-preto e alface. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1054-1060, 2007.

FORMIGHEIRI, F. B. Alelopatia de *Ambrosia artemisiifolia* na germinação e no crescimento de plântulas de milho e soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 729-739, 2018.

FORTES, A. M. T. et al. Efeito alelopático de sabugueiro e capim-limão na germinação de picão-preto e soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 241-246, 2009.

GATTI, A. B.; PEREZ, S. C. J. G.A.; LIMA, M. I.S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esparanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botânica Brasílica**, v.18, n.3, p.459-472, 2004.

GRISI, P. U. et al. Efeito do extrato etanólico de *Serjania lethalis* no controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 239-248, 2013

HOFFMANN, C. E. F. et al. Allelopathic activity of *Nerium oleander* L. and *Dieffenbachia picta* schott in seeds of *Lactuca sativa* L. and *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 1, p. 11-21, 2007.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA. International Rules for Seed Testing. Bassersdorf: ISTA, 2013.

JABRAN, K., MAHAJAN, G., SARDANA, V., AND CHAUHAN, B. S. Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop Protection**, n. 72, p. 57–65, 2015.

KING, S.R. & AMBIKA, R. Allelopathic plants. 5. *Chromolaena odorata* (L.). **Allelopathy Journal**, 9: 35-41, 2002.

MACÍAS, F.A.; MOLINILLO, J.M.; VARELA, R.M.; GALINDO, J.C. Allelopathy – a natural alternative for weed Control. **Pest Management Science**, n. 63, p. 327-348, 2007.

MAFFEI, M.; BERTEA, C.M.; GARNERI, F.; SCANNERINI, S. Effect of benzoic acid hydroxy and methoxy ring substituents during cucumber (*Cucumis sativus* L.) germination. I. Isocitrate lyase and catalase activity. **Plant Science**, v. 141, p. 139–147, 1999.

MAULI, M. M. **Mecanismos alelopáticos como estratégia de manejo envolvendo espécies de cobertura vegetal**. 2013. 120 f. Tese. (Doutorado em Engenharia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2013.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas**. In:

KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). Vigor de sementes: Conceitos e Testes. Londrina: Abrates, 2020. 601p.

OLIVEROS-BASTIDAS, A.J. El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. **Química Viva**. v.7, n. 1, 2008.

PIRES, N.M.; OLIVEIRA, V.R.. **Alelopatia**. In: OLIVEIRA JUNIOR. RS; CONSTANTIN J. (coords) Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Agropecuária. p.145-185, 2001.

PERGO, É. M.; ISHII-IWAMOTO, E. L. Changes in Energy Metabolism and Antioxidant Defense Systems During Seed Germination of the Weed Species *Ipomoea triloba* L. and the Responses to Allelochemicals. **Journal of Chemical Ecology**, v.37, p.500 - 513, 2011.

PUTTER, J. Peroxidase. Em: Bergmeyer, HU, Ed., **Methods of Enzymatic Analysis**, Verlag Chemie, Weinhan, 685-690, 1974.

REICHEL, T.; BARAZETTI, J. F.; STEFANELLO, S.; PAULERT, R.; ZONETTI, P. C. Allelopathy of leaf extracts of jatropha (*Jatropha curcas* L.) in the initial development of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Idesia**, v. 31, n. 1, p. 45-52, 2013.

REZENDE, A.A.G.; HERNANDEZ-TERRONES, G.M.; REZENDE, C.L.M.D. Estudo do potencial alelopático do extrato metanólico de raiz e caule de *Caryocar brasiliense* Camb. (Pequi). **Bioscience Journal**, v.27, n.3, p. 460-472, 2011.

RODRIGUES, N. C. **Alelopatia no manejo de plantas daninhas**. Sete Lagoas: UFSJ, 2016.

SANTOS, V. R.; CRUZ-SILVA, C. T. A. **Alelopatia do capim citronela sobre a germinação e o desenvolvimento de alface**. Curso Ciências Biológicas - Licenciatura. 12 f. 2009. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, 2009.

SILVA, E. R.; OVERBECK, G. E.; SOARES, G. L. G. Phytotoxicity of volatiles from fresh and dry leaves of two Asteraceae shrubs: Evaluation of seasonal effects. **South African Journal of Botany**, v. 93, p. 14-18, 2014.

SIMONETO, E. L.; CRUZ-SILVA, C. T. A. Alelopatia de sálvia sobre a germinação e o desenvolvimento do milho, tomate e girassol. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.3, n.3, p.48-56, 2010.

SOUZA, L.; CRUZ, M. E. S.; CONSTANTIN, J. Efeitos alelopáticos de espécies vegetais medicinais sobre espécies silvestres e cultivadas. **Anais: II Reunião Anual de Microbiologia agrícola e Plantas Medicinais da UEM**. Maringá, v.1, 1998.

STEFANELLO, R. et al. Atividade alelopática de extratos de salvia hispanica l. (chia) na germinação de sementes de alface. **Journal of Agronomic Sciences**, v.4, n.2, p.31-41, 2015.

VASCONCELOS, C. C. M.; SILVA A. F. A; LIMA S. R. Interferências de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica do Semiárido**, Paraíba, v. 8, n.1, p. 1-6, 2012.

YU, J.Q., YE, S.F., ZHANG, M.F.; HU, W.H. Effects of root exudates and aqueous root extracts of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicals, on photosynthesis and antioxidant enzymes in cucumber. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 31, p.129, 2003.

7 CONCLUSÕES FINAIS

No presente trabalho, identificou-se possível ação alelopática nas variáveis analisadas das plantas medicinais sobre as duas espécies de *Sida*.

Para a solução aquosa de capim limão na espécie de *S. santaremensis* estimulou-se a germinação das sementes em todas as concentrações, já no índice de velocidade de germinação houve um acréscimo na concentração de 250 ppm e uma redução na de 1000 ppm, e na massa da matéria seca de raiz ocorreu o inverso, uma diminuição na concentração de 250 ppm e um aumento na de 1000 ppm.

Para a solução aquosa de eucalipto na espécie de *S. cerradoensis*, houve redução na porcentagem de germinação e índice de velocidade nas concentrações de 750 e 1000 ppm e um acréscimo na concentração de 250 ppm.

Para a sálvia na espécie de *S. cerradoensis*, observou-se o surgimento de plântulas anormais a partir da concentração de 500 ppm. Os compostos alelopáticos podem levar a aparição de plântulas anormais, ocorrendo à necrose da radícula. As médias-comprimento da parte aérea apresentaram diminuição na concentração 750 e 1000 ppm. Já para a espécie de *S. santaremensis* a solução de sálvia proporcionou redução na massa seca de raiz na concentração de 500 ppm.

A atividade de catalase foi aumentada na parte aérea na concentração de 750 ppm e inibida na concentração de 500 e 1000 ppm; a atividade da catalase da raiz foi inibida em todas as concentrações. A atividade peroxidase na parte aérea foi inibida em todas as concentrações, já na raiz a peroxidase foi inibida apenas na concentração de 250 ppm.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKERELE, O. Summary of WHO guidelines for assessment of herbal medicines. **Herbal Gram**, v.28, p.13-19, 1993.

ALLEM, L. N. **Atividade alelopática de extratos e triturados de folhas de Caryocar brasiliense Camb. (Caryocaraceae) sobre o crescimento inicial de espécies alvo e identificação de frações ativas através de fracionamento em coluna cromatográfica**. 2010 84f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

ALMEIDA, A. R. P. A defesa das plantas. **Ciências Hoje**, v. 11, n. 62, p. 38-45, 1990.

ALMEIDA, F.S. Influência da cobertura morta na biologia do solo. **A Granja**, v. 4, n. 451, p. 52-67, 1985.

ALVES, C. C. F. et al. Atividade alelopática de alcalóides glicosilados de *Solanum crinitum*. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 93-97, 2003.

AZEVEDO, J. L.; MELO, I. S. **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa, 1998.
BASILE, A. et al. Antibacterial and allelopathic activity of extract from *Castanea sativa* leaves. **Fitoterapia**, v. 71, p. 110-116, 2000.

BERTOLUCCI, S. K. V. et. al. Isolamento de marcadores químicos e obtenção de perfis cromatográficos por CLAE para *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker. XIX **Simpósio de Plantas Medicinais**, Salvador, Brasil. 2006.

BHOWMIK, P.C.; INDERJIT. **Crop Protection**, v. 22, n.4, 661-671, 2003.

BOVINI, M.G.; ESTEVES, G.L.; DUARTE, M.C. **Malvaceae**. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil, **JBRJ**. 2010.

BOVINI, M.G.; CARVALHO-OKANO, R.M.; VIEIRA, M.F. Malvaceae A. Juss. no Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. **Rodriguésia** v.52, p. 17-47, 2001.

BOVINI, M.G. 2013. Sida in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9203>>. Acesso em 01/02/21.

BRANDÃO, M.G.L. et. al. Medicinal plants and other botanical products from the Brazilian Official Pharmacopeia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 3, p. 408-420, 2006.

BRANDÃO NETO, J. L. S. **O gênero Sida L. (Malvaceae) no estado de Pernambuco, Brasil**. 2014.120 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BRASIL. Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuaria. Brasília: Mapa/ ACS, 2009. 399p.

BRIAN, T. S.; IKHLAS, A.K. Comparasion of extraction methods for marker compounds in the essencial oil of lemon grass by GC. **Journal of Agriculttural and Food Chemistry**, v. 50, n. 6, p. 1345-1349, 2002.

BUNTING, A. H.. **Some reflections on the ecology of weeds**. In: J.L. Harder. The Biology of Weeds. Blackwell Sci. Pub. Oxford: 11-26, 1960.

CARMO, D. A. et. al. Comportamento ambiental e toxicidade dos herbicidas atrazina e simazina. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, n.1, p. 133-143, 2013.

CARVALHO, G.J.; FONTANÉTTI, A; CANÇADO, C.T. Potencial alelopático do feijão de porco (*Canavalia ensiformes*) e da mucuna preta (*Stilozobium aterrimum*) no controle da tiririca (*Cypeurs rotundus*). **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.3, p.647-651, 2002.

CARVALHO, S. I. C. **Caracterização dos efeitos alelopáticos de** *Brachiaria brizantha* **cv. Marandu no estabelecimento das plantas de** *Stylosanthe sguianensis* **var. vulgaris** **cv. Bandeirante**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 72 p. 1993.

CASTRO, E.M. et al. Coumarin contents in young *Mikania glomerata* plants (Guaco) under different radiation levels and photoperiod. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, v. 25, n. 3, p.387-392, 2006.

CENTENARO, C. et al. Contribuição ao estudo alelopático de *Erythrina velutina* Willd., Fabaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia. Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 19 (1B), p. 304-308, 2009.

CHOU, C.H. Methodologies for allelopathic research: from fields to laboratory. In: MACIAS, F.A.; GALINDO, J.C.G.; MOLINILLO, J.M.G. & CUTLER, H.G. (Eds.) **Recent advances in allelopathy**. Cadiz, Serv. Pub. Univ. Cadiz, v.1, p.3-24, 1999.

CHOU, C.H; KUO, Y.L. Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. III. Allelopathic exclusion of understory by *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Journal of Chemical Ecology**, v. 12, p. 1431-1448,1986.

CHUNG, I. M.; MILLER, D. A. Allelopathic influence of nine forage grass extracts on germination and seedling growth of alfalfa. **Agronomy Journal**, v. 87, n. 4, p. 767-772, 1995.

CONSTANTIN, J. et al. Controle de diferentes espécies de guanxuma com aplicações sequenciais de flumiclorac-pentil, **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 475-480, 2007.

CORSATO, J. M. et al. Estresse oxidativo mediado por aleloquímicos e suas implicações na germinação e crescimento inicial de plantas. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 5, n. 5, p. 136–150, 2016.

COSTA, N. R.; et al. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 818-829, 2015.

CUNHA, V.C. et al. Anatomia foliar comparativa em espécies de guanxuma. **Planta Daninha**, v. 30, n.2, p. 341-349, 2012.

CUSSANS, G. W.; COUSENS, R. D.; WILSON, B. J. Thresholds for weed control – The concepts and their interpretation. In: EWRS SYMPOSIUM, 1986 - **Economic Weed Control**. Wageningen: EWRS, 1986. p.253-260.

DALMOLIN, S. F.; PERSEL, C.; CRUZ-SILVA, C. T. A. Alelopatia de capim-limão e sálvia sobre a germinação de picão preto. **Cultivando o saber**, v. 5, n. 3, p. 176-189, 2012.

DEPINÉ, C. **Efeito alelopático de carqueja sobre a germinação de plantas daninhas**. 2003. 43 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Núcleo de Ciências Biológicas e da Saúde. Centro Universitário Positivo, Curitiba, 2003.

DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: Fundamentos**. Jaboticabal, São Paulo. Funep, e.2º, p.1-148, 2006.

DURIGAN, J. C.; ALMEIDA, F. S. Noções sobre a alelopatia. **Boletim Técnico**. Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 28 p., 1993.

EINHELLIG, F. A. Interactions involving allelopathy in cropping systems. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 6, p. 886-893, 1996.

EINHELLIG, F. A. Plant x plant allelopathy: biosynthesis and mechanism of action. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 1995, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, p. 59-74, 1995.

FAGIOLI, M. et al. Potencial alelopático da *Brachiaria decumbens* Stapf e *B. brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf na germinação e no vigor de sementes de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 7, n. ½, p. 243, 1997.

FELIX, R. A. Z. **Efeito alelopático de extratos de *Amburana cearensis* (fr. all.) A.C. Smith sobre a germinação e emergência de plântulas**. 100 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências Botucatu, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2012.

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

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **GERMINAÇÃO: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 324 p.

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

FOLDENAUER, M. P. **Ação antisséptica do selante à base de extrato alcoólico de Corymbia citriodora utilizado pós-ordenha**. 2016, 31f. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Agricultura Familiar Camponesa e Educação do Campo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

FERREIRA, D. F. SISVAR: Sistemas de análises estatísticas. Lavras: UFLA. 2011. FLECK, N.G. et al. Produção de sementes por picão-preto e guanxuma em função de densidades das plantas daninhas e da época de semeadura da soja. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 191-202, 2003.

FREIRE, S.E et al., Inventario de la biodiversidad vegetal de la provincia de Misiones: Asteraceae. **Darwiniana** v.44, p.375-452. 2006.

GATTI, A. B. **Atividade alelopática de espécies do cerrado**. 2008. 138f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2008.

GATTI, A.B., PEREZ, S.C.J.G.A., FERREIRA, A.G. Avaliação da atividade alelopática de extratos aquosos de folhas de espécies de Cerrado. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 174-176, 2007.

GAZIRIA, L. R. B.; CARVALHO, R. I. N. Efeito alelopático de carqueja, confrei e mil-folhas sobre o desenvolvimento da tiririca. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias. Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 33-40, 2009

GIANCOTTI, P.R.F. et al., Chemical control of morning glory as a function of water restriction levels. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 345-353, 2014.

GILBERT, B.; FERREIRA, J.L.P.; ALVES, L.F. **Monografias de Plantas Mediciniais Brasileiras e Aclimatadas**, Ed. ABIFITO, 2005, 250 pp.

GOBBO-NETO, L; LOPES, N. P. Plantas Mediciniais: Fatores de Influência no Conteúdo de Metabólitos Secundários. **Química. Nova**, v.30, n.2, p.374-381, 2007.

GOLDFARB, M.; PIMENTEL, L. W.; PIMENTEL, N. W. Alelopatia: relações nos agroecossistemas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 3, n. 1, p. 23-28, 2009.

GOMIDE, M. B. **Potencialidades alelopáticas dos restos culturais de dois cultivares de cana-de-açúcar, no controle de algumas plantas daninhas**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1993.

GUSMAN, G. S.; VIEIRA, L. R.; VESTENA, S. Alelopatia de espécies vegetais com importância farmacêutica para espécies cultivadas; **Revista Biotemas**, v. 4, n. 25, p. 37-48, 2012.

HARLEY R.M. et al. Labiatae. K. KUBITZKI (Ed), The Families and Genera of Vascular Plants, **Springer-Verlag**, v.6, p. 167-275, 2004.

HARLEY, B; SARGENT, L.; ALLEY, B. Employee responses to 'high performance work system' practices: an empirical test of the disciplined worker thesis, **Work Employment and Society**, v.24, n. 4, p. 740-760, 2010.

JUAN, V.F.; SAINT-ANDRE, H.; FERNANDEZ, R. R. Competência de lecheron (*Euphorbia dentata*) em soja. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 175-180, 2003.
JUDD W.S., et. al. Plant systematics: a phylogenetic approach. Sunderland: Sinauer.1999.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**: Tomo III. 2.ed. São Paulo: BASF, 2000. Tomo III. 722 p

KITOU, M. Changes in the allelopathic potential in relation to incubation conditions of soil mixed with *Acacia pubescens* (Ventn) leaf power. In: **Journal of Weed Science na Technology**, n. 16, p. 107, 1997.

LIMA, C. P. et al. Efeito alelopático e toxicidade frente à *Artemia salina* Leach dos extratos do fruto de *Euterpe edulis* Martius. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 2, p.

LIMA, R. K. et al. Composição de óleos essenciais de Anis-estrelado *Illicium verum* L. e de Capim-limão *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.: Avaliação de Efeito Repelente sobre *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae). **BioAssay**, v.3, p. 1-6, 2008.

LIMBERGER, R.P. et al., Essential oils from four *Mikania* species (Asteraceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 13, n. 4, p. 225-228, 2001.

LORENZI, H. **Plantas daninhas no Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**.3.ed., Nova Odessa. 2000. 608p.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. 2008. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2ª ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 544p.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BACHER, L.B. Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. 1. Ed. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum, 2003.

MAGALHAES, P.C.; DURAES, F.O.M.; KARAM, D. Eficiência dos dessecantes paraquat e diquat na antecipação da colheita do milho. **Revista Planta daninha**, v. 20, n. 3,p. 449-455,Dec. 2002.

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

MANO, A. R. O. **Efeito alelopático do extrato aquoso de sementes de cumaru (Amburana cearensis s.) sobre a germinação de sementes, desenvolvimento e crescimento de plântulas de alface, picão-preto e carrapicho.** 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Fortaleza, CE, 2006.

MARTINS, M. B. G. et al. Caracterização anatômica da folha de *Cymbopogon citratus* (CD) Stapf (Poaceae) e perfil químico do óleo essencial. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 6, n. 3, p. 20-29, 2004.

MATSUMOTO, R.S. et al. Potencial alelopático do estrato foliar de *Annona glaba* L. (Annonaceae). **Acta Botânica Brasilica**, v. 24, p. 631-635, 2010.

MAULI, M. M. et al. Alelopatia de *Leucena* sobre soja e plantas invasoras; **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 55-62, 2009.

MELLONI, R. et al. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. p. 66-75, 2013.

MOREIRA, I. **Implicações da alelopatia na agricultura.** Lisboa, Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais, 1979, 31p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: Vieira, R.D. & Carvalho, N.M. (Eds.) - **Testes de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP. p. 49-85, 1999.

NEPOMUCENO, M. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

NETO, E. N. A. **Potencial alelopático de leucena e de sabiá na germinação, na emergência e no crescimento inicial do sorgo.** 29 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal / Área de Concentração – Recursos Naturais) – Patos, PB: UFCG, CSTR, 2010.

NOVAKOSKI, A. S. et al. Allelopathic Potential of Plant Aqueous Mixtures on *Euphorbia heterophylla*. **Agriculture**, v. 10, p. 449-463, 2020.

NUNES, A.P.M.; ARAUJO, A.C. Ausência de Genotoxicidade do Esteviosídeo em *E. coli*. In. X Semana de Iniciação Científica da UERJ, Rio de Janeiro, **Anais**. p.15, 2003.

OLIVEIRA, A.K.M. et al. Análise fitoquímica e potencial alelopático das cascas de *Pouteria ramiflora* na germinação de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 41-47, 2014.

OLIVEIRA, S.C.C. et al. Estudo fitoquímico de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil (Solanaceae) e sua aplicação na alelopatia. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 3, p. 607-618, 2012.

OMS. World Health Organization. Bulletin of the World Health Organization. Regulatory situation of herbal medicines. **A worldwide review**, Geneva, 1998.

PEDROSO, A. P. D. et al. Isolation of syringaldehyde from Mikania laevigata medicinal extract and its influence on the fatty acid profile of mice. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 1. p.63-69, 2008.

PELAEZ, V.; TERRA, F.H.B; SILVA, L.R. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. In: **XIV Encontro Nacional de Economia Política / Sociedade Brasileira de Economia Política - São Paulo/SP**, 2009, 22 p.

PEREGRINO, C.A.F.; LEITÃO. S.G. Chromatographical profiles of fluid extracts and tinctures obtained from Mikania glomerata Sprengel sterilized by gamma ray irradiation. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 3, p. 237-242, 2005.

PESSOTTO, G. P.; PASTORINI, L. H. Análise da germinação de alface (*Lactuca sativa* L.) e tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sob a influência alelopática do funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 990-992, 2007.

PICCOLO, G. et al. Efeito alelopático de capim limão e sabugueiro sobre a germinação de guaxuma; **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 381-386, 2007.

PITELLI, R. A. O termo Planta-Daninha. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 1-2, 2015.

PONTES, C. A. et al. Mobilização de reservas em sementes de *Apuleia leiocarpa* (vogel) J. F. Macbr. (garapa) durante a embebição. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.593-601, 2002.

PRATES, H. T. et al. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.5, p.909-914, 2000.

PRATLEY, J. E.; NA, M.; HAIG, T. Following a specific protocol establish allelopathy conclusively: an Australian case study. In: MACIAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.;

MOLINILLO, J. M. G.; CUTLER, H. G. (Eds.). **Recent advances in allelopathy**. Cadiz: University of Cadiz, v. 1, p. 63-70, 1999.

PUTNAM, A. R.; DUKE, W.B. Allelopathy in agrossystems. **Annual Review of Phytopathology**, n. 16, p. 43-451, 1978.

PUTNAM, A.R. **Weed allelopathy**. In: *Weed Physiology: reproduction and ecophysiology*. vol 1. Boca Raton: CRC Press, 1985. cap. 5. p. 131-155.

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

RIBEIRO, J. P. N. et al. Efeitos alelopáticos de extratos aquosos de *Crinum americanum* L. **Revista Brasileira de Botânica**, v.32, n.1, p.183-188, 2009.

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

RICE, E. L. Allelopathy: an update. **The Botanical Review**, v. 45, p.15-109, 1979.

RIZZARDI, M. A. et al. Perdas de rendimento de grãos de soja causadas por interferência de picão-preto e guanxuma. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 621-627, 2003.

RODRIGUES, L. R. A.; ALMEIDA, A. R. P.; RODRIGUES, T. J. D. Alelopátia em forrageiras e pastagens. In: **Simpósio sobre ecossistema de pastagens**, 2., 1993, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP, 1993.

ROMAN, E. S. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Net, Passo Fundo, 2001. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do09.htm>. Acesso em: 10 de Setembro. 2019.

SANTOS, V. H. M. **Potencial alelopático de extratos e frações de *Neea theifera* Oerst. (Nyctaginaceae) sobre sementes e plântulas de *Lactuca sativa***. 2012. 251f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Ecofisiologia) - Instituto de Biociências de Botucatu; Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2012.

SANTOS, V. R.; CRUZ-SILVA, C. T. A. **Alelopátia do capim citronela sobre a germinação e o desenvolvimento de alface**. Curso Ciências Biológicas - Licenciatura. 12 f. 2009. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, 2009.

SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. 1 ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 367p.

SILVA, Z. L. Alelopátia e defesa em plantas. **Boletim Geográfico**, v. 36, n. 258-259, 1978.

SIMONETO, E. L.; CRUZ-SILVA, C. T. A. Alelopátia de sálvia sobre a germinação e o desenvolvimento do milho, tomate e girassol. **Revista Cultivando o Saber**, v.3, n.3, p.48-56, 2010.

SMITH, A.E.; MARTIN, D.L. Allelopathy characteristic of three crop-season grass in the forage ecosystem. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 2, p. 243-246, 1994.

SOARES, G. L. G.; VIEIRA, T. R. Inibição da germinação e do crescimento radicular de alface (cv. "grand rapids") por extratos aquosos de cinco espécies de gleicheniaceae. **Floresta e ambiente**, v. 7, n.1, p.180 - 197, 2000.

SOUZA, I. F. Alelopatia de plantas daninhas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 13, n. 150, 1988.

STEVENS, P. F. Angiosperm phylogeny website. <http://www.mobot.org>. Acessado em fevereiro de 2021.

TALEB-CONTINI, S. H. et al. Differences in secondary metabolites from leaf extracts of *Mikania glomerata* Sprengel obtained by micropropagation and cuttings. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v.16 (Supl.), p.596-598, 2006.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Levantamento fitossociológico em pastagens degradadas sob condições de várzea. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 343-349, 2004.

VIECELLI, C. A.; CRUZ-SILVA, C. T. A. Efeito da variação sazonal no potencial alelopático de Sálvia; **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 39-46, 2009.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. **Óleo essencial de eucalipto. Documentos Florestais**. Nº 17; p.12, 2003.

VOLL, E. et al. Competição relativa de espécies de plantas daninhas com dois cultivares de soja. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 17-24, 2002.

WEIR, T. L.; PARK, S. W.; VIVANCO, J. M. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 7, p.472 - 479, 2004.