



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS NATURAIS



Maria Carolina Carvalho Santos

**ESTUDO DO POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRATOS AQUOSOS DE
ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS DA FAMÍLIA FABACEAE NA GERMINAÇÃO
DE *LACTUCA SATIVA* L.**

Itabaiana – SE

2022

Maria Carolina Carvalho Santos

**ESTUDO DO POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRATOS AQUOSOS DE
ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS DA FAMÍLIA FABACEAE NA GERMINAÇÃO
DE *LACTUCA SATIVA* L.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Naturais da Universidade Federal de Sergipe,
como requisito necessário para a obtenção do
título de Mestre em Ciências Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Moacir dos Santos
Andrade.

Co-Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius
Meiado.

Itabaiana – SE

2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA PROFESSOR ALBERTO CARVALHO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S237e Santos, Maria Carolina Carvalho

Estudo do potencial alelopático de extratos aquosos de espécies exóticas invasoras da família Fabaceae na germinação de *Lactuca sativa* L. / Maria Carolina Carvalho Santos; orientação: Moacir dos Santos Andrade. – Itabaiana, 2022.

61f.; il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Universidade Federal de Sergipe, 2022.

1. Alelopatia. 2. Agentes alelopáticos. 3. Plantas exóticas. 4. Leguminosa. I. Andrade, Moacir dos Santos. (orient.). II. Título.

CDU 581.524.13:635.5

FOLHA DE APROVAÇÃO

Estudo do potencial alelopático de extratos aquosos de espécies exóticas invasoras da família Fabaceae na germinação de *Lactuca Sativa* L.

Maria Carolina Carvalho Santos

APROVADA pela banca examinadora composta por:

Prof. Dr. Moacir dos Santos Andrade

Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. Victor Hugo Vitorino Sarmento

Universidade Federal de Sergipe

Profa. Dra. Joana Paula Bispo Nascimento

Universidade Federal de Sergipe

Itabaiana – SE

2022

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

- Figura 1:** Origem de algumas classes químicas que contribuem para alelopatia..... 9
- Figura 2:** Modo de liberação dos aleloquímicos no meio ambiente.....10
- Figura 3:** Estruturas de flavonoides, taninos e saponinas.....15

CAPÍTULO I

- Figura 1:** *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) usada nos bioensaios.....29
- Figura 2:** Influência de várias concentrações de extratos aquosos dos órgãos de *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) na germinabilidade (%) de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. – Asteraceae). Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.....32
- Figura 3:** Influência de várias concentrações de extratos aquosos dos órgãos de *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) na velocidade média da germinação (dias⁻¹) de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. – Asteraceae). Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração. 33
- Figura 4:** Influência de várias concentrações de extratos aquosos dos órgãos de *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) no tempo médio da germinação (dias) de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. – Asteraceae). Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.....34
- Figura 5:** Influência de várias concentrações de extratos aquosos dos órgãos de *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) na sincronia da germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. –

Asteraceae). Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.....35

Figura 6: Alcaloide Monocrotalina, retusamina e madurensina.....38

CAPÍTULO II

Figura 1: Gráficos da influência da concentração de extratos aquosos dos diferentes órgãos de *S. Occidentalis* (A) e *S. Obtusifolia* (B) na germinabilidade (%) de sementes de alface. Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.....51

Figura 2: Gráficos da influência da concentração de extrato aquosos dos diferentes órgãos de *S. occidentalis* (A) e *S. obtusifolia* (B) na velocidade média da germinação (dias⁻¹) de sementes de alface. Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.....53

Figura 3: Gráficos da influência da concentração de extrato aquosos dos diferentes órgãos de *S. occidentalis* (A) e *S. obtusifolia* (B) no tempo médio da germinação (dias) de sementes de alface. Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.....55

Figura 4: Gráficos da influência da concentração de extrato aquosos dos diferentes órgãos de *S. occidentalis* (A) e *S. obtusifolia* (B) na sincronia da germinação de sementes de alface. Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.....57

Figura 5: Substâncias isoladas na *S. Occidentalis*.....59

Figura 6: Substâncias isoladas na *S. obtusifolia*, obtusifolina.....61

SUMÁRIO

1. Introdução Geral	8
1.1 Alelopatia	8
1.2 Alelopatia em plantas exóticas invasoras	11
1.3 Família Fabaceae	14
2. Objetivo geral	17
2.1 Objetivos específicos	17
3. Metodologia geral	18
3.1 Coleta do material vegetal	18
3.2 Preparo dos extratos aquosos	18
3.3 Ensaio do efeito alelopático	19
3.4 Parâmetros de germinação e análise de dados	20
4. Referências	21
CAPÍTULO I: Potencial Alelopático de Extratos Aquosos da <i>Crotalaria retusa</i> L., na Germinação de <i>Lactuca sativa</i> L.	24
CAPÍTULO II: Potencial Alelopático de <i>Senna occidentalis</i> (L.) Link e <i>Senna</i> <i>obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby frente à germinação de sementes de <i>Lactuca</i> <i>sativa</i> L.	42

Resumo

Alelopatia é um processo pelo qual produtos do metabolismo secundário de um vegetal são liberados, interferindo na germinação e desenvolvimento de outras plantas relativamente próximas, de maneira positiva ou negativa. Dentre as plantas, com efeito, alelopático presente, tem-se as plantas exóticas invasoras. As plantas exóticas invasoras vêm sendo um dos principais problemas sobre a biodiversidade e sobre as plantações. Neste sentido, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito alelopático das espécies *Crotalaria retusa* L., *Senna occidentalis* (L.) Link e *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) na germinação de sementes de alface [*Lactuca sativa* L. (Asteraceae)]. Foi calculado a germinabilidade (%), velocidade média de germinação (dias^{-1}), tempo médio de germinação (dias) e sincronia de germinação das sementes de alface. Os dados foram tratados utilizando o software Germina Quant, sendo comparados através da ANOVA Fatorial, com teste de Tukey a 5%. Os extratos das folhas de *C. retusa* se mostraram com maior efeito alelopático e em concentrações de 100%, diminuindo a germinabilidade das sementes, a velocidade com que as sementes germinaram, aumentando seu tempo de germinação e reduzindo sua sincronia. Houve também efeito alelopático nos demais órgãos e concentrações, porém, com menor efeito. Comparando o efeito alelopático nas duas *Sennas*, foi observado que em ambas ocorre um maior efeito alelopático nas concentrações de 100% da folha, esse efeito alelopático é ainda maior na *S. Occidentalis*, fazendo a germinabilidade das sementes serem quase nulas, a velocidade com que as sementes germinaram foram menores na *S. Occidentalis* do que na *S. Obtusifolia*, aumentando seu tempo de germinação e reduzindo sua sincronia. Houve também efeito alelopático nos demais órgãos e concentrações, porém, com menor diferença entre as duas plantas.

Palavras chaves: Alelopatia; Plantas Exóticas; Leguminosas; Aleloquímicos.

1. Introdução Geral

1.1 Alelopatia

As plantas competem por luz, água e nutrientes, revelando uma concorrência constante entre as espécies que vivem em comunidade. Essa concorrência contribui para a sobrevivência das espécies no ecossistema, sendo que algumas plantas desenvolvem mecanismos de defesa baseados na síntese de determinados metabólitos secundários, liberados no ambiente e que irão interferir em alguma etapa do ciclo de vida de uma outra planta (SAMPIETRO, 2003).

Nas comunidades vegetais, as plantas podem interagir de maneira positiva, negativa ou neutra. É mais comum que plantas vizinhas interajam de maneira negativa, de modo que a emergência e, ou, o crescimento de uma ou de ambas são inibidos, a alelopatia é qualquer efeito direto ou indireto danoso ou benéfico que uma planta (incluindo microrganismos) exerce sobre outra pela produção de compostos químicos liberados no ambiente (RICE, 1984; PIRES; OLIVEIRA, 2011).

As substâncias alelopáticas são encontradas distribuídas em concentrações variadas em diferentes partes da planta e durante seu ciclo de vida. Quando essas substâncias são liberadas, dependendo da quantidade e concentração, causam inibição ou estimulação na germinação das sementes, crescimento e/ou desenvolvimento de plantas já estabelecidas e, ainda, no desenvolvimento de microrganismos (SCHERER et al., 2005; GOLDFARB; WANDERLEY; WANDERLEY, 2009).

A **Figura 1** sumariza as principais rotas biossintéticas de substâncias alelopáticas. Como se pode observar, os aleloquímicos têm suas sínteses principalmente a partir da via do acetato e/ou do ácido chiquímico.

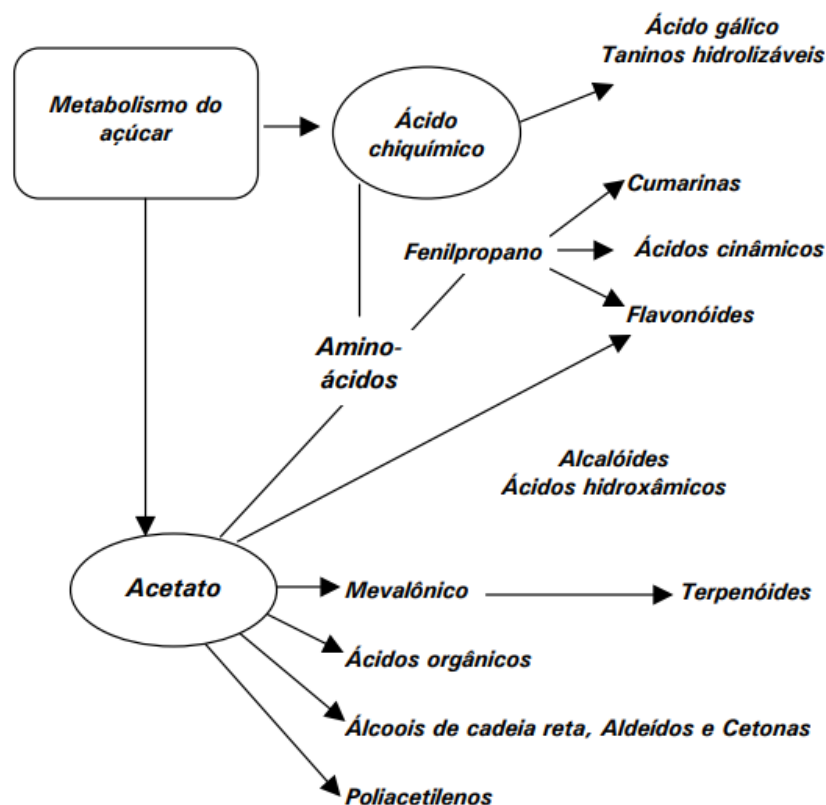


Figura 1: Origem de algumas classes químicas que contribuem para alelopatia.

Fonte: (SOUZA-FILHO; ALVES, 2002).

Os metabólitos são liberados no ambiente por fatores ambientais temperatura e condições hídricas, por exemplo, influenciam o processo de liberação e em sequência estes podem agir na fisiologia das plantas, interferindo no alongamento e divisão celular, nos mecanismos hormonais de crescimento, permeabilidade das membranas celulares, síntese proteica, abertura estomática, fotossíntese, respiração e metabolismo de lipídios e ácidos graxos (GATTI; PEREZ; LIMA, 2004; FIORENZA et al., 2016).

A liberação desses compostos se dá pela decomposição de resíduos vegetais, exsudação por raízes, volatilização pelas folhas e lixívia das superfícies foliares pela chuva e/ou neblina, sendo esta última amplamente estudada em árvores (**Figura 2**) (SÁNCHEZ-MOREIRAS; GONZÁLEZ, 1999; FERREIRA; AQUILA, 2000; GUSMAN; YAMAGUSHI; VESTENA, 2011; PIRES; OLIVEIRA, 2011).

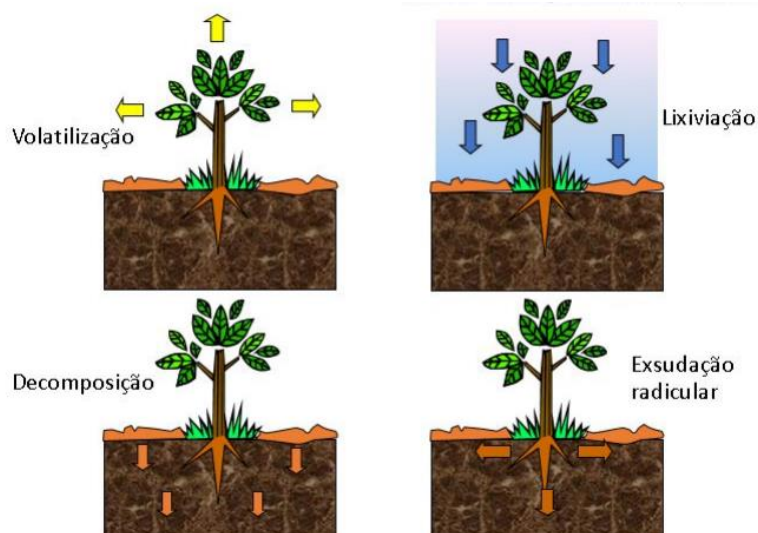


Figura 2: Modo de liberação dos aleloquímicos no meio ambiente.

Fonte: https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/leonardobiancodecarvalho/disciplinas5523/matologia5547/2019_matologia_7-interferencia.pdf (Acessado em 27/04/2022).

Como mencionado anteriormente, os efeitos alelopáticos são mediados por substâncias que pertencem a diferentes categorias de compostos secundários. Os recentes avanços na química de produtos naturais, por meio de métodos modernos de extração, isolamento, purificação e identificação, têm contribuído bastante para um maior conhecimento desses compostos secundários, os quais podem ser agrupados de diversas formas (FERREIRA; AQUILA, 2000). Além disso, o isolamento e a identificação dos aleloquímicos possibilitam a descoberta de herbicidas e de defensivos agrícolas naturais contra doenças, parasitas, herbívora, etc. (HALBRENDT, 1996).

Estes efeitos são concebidos através da ação de diferentes substâncias químicas pertencentes às várias classes de compostos, tais como: compostos fenólicos, flavonoides, terpenos, alcaloides, lactonas, poliacetilenos, taninos, cumarinas, ácidos graxos, peptídeos, entre outros. Esses compostos podem interferir de várias maneiras no metabolismo das plantas, atuando sobre hormônios, respiração, na fotossíntese, abertura dos estômatos, síntese de proteína, inibição do transporte de membrana e da atividade enzimática e alteração no material genético (OLIVEIRA et al., 2020).

Em termos de aplicação prática e comercial, um dos alvos mais importantes dos estudos alelopáticos é a descoberta de herbicidas naturais, que são ambientalmente e toxicologicamente mais seguros do que os herbicidas sintéticos usados atualmente na agricultura (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

1.2 Alelopatia em plantas exóticas invasoras

As plantas exóticas representam, atualmente, um grande perigo para a flora mundial: a contaminação biológica. O processo de invasão de um ecossistema por uma planta exótica se dá quando qualquer espécie é introduzida nele, passando a se dispersar e a alterar esse ecossistema, afetando o funcionamento natural do mesmo e tirando o espaço das plantas nativas (ZILLER; ZENNI; DEUCHOUM, 2007).

As primeiras transferências de espécies vegetais de uma região do planeta para outra tiveram a finalidade de suprir necessidades agrícolas, florestais e outras de uso direto. Com o tempo, mais da metade dessas espécies se tornaram invasoras, sendo que as plantas exóticas são hoje a segunda maior ameaça mundial à biodiversidade, perdendo apenas para a destruição de habitats (SCHERER et al., 2005).

Muitos são os danos causados pelas espécies exóticas, dentre eles podemos citar exaustão dos recursos hídricos, dizimação de plantações, destruição de florestas, extinção de espécies, poluição, destruição de pastagens, entre muitos outros. Os prejuízos normalmente são superiores aos ganhos obtidos com a introdução e uso destas espécies. E esses efeitos “ecologicamente danosos e economicamente custosos” só aparecem a médio e longo prazo, levando a um problema ambiental cada vez mais complexo e difícil de ser corrigido (MAULI et al., 2009).

A demanda social por ambientes livres de pesticidas sintéticos e reguladores do crescimento tem dado renovada ênfase ao desenvolvimento de produtos naturais para tais

propósitos. Os pesticidas originários de substâncias químicas produzidas por plantas são mais sistêmicos e mais facilmente biodegradáveis do que os pesticidas sintéticos. Os compostos secundários das plantas e microrganismos têm sido reconhecidos por serem tóxicos para insetos, microrganismos e plantas invasoras por muitos anos. Tais compostos podem ser usados, sucessivamente, tanto em estado natural como em forma modificada como inseticida, fungicida e herbicida (SOUZA-FILHO; ALVES, 2002).

O uso constante de herbicidas tem provocados impacto ambiental, risco a saúde animal e humana (SANTOS et al., 2012). Assim, a busca de herbicidas naturais, por serem menos tóxicos e por não agredirem o ambiente tão severamente quanto os herbicidas sintéticos, surge como uma alternativa para controlar pragas e plantas invasoras (MAULI et al., 2009; MAIDANA; OLIVEIRA, 2016).

Considerando os efeitos negativos dos herbicidas sintéticos, métodos alternativos devem ser considerados manejos mais baratos, não tóxicos ao meio ambiente. Isso envolve o uso de plantas alelopáticas ou o uso de outras plantas exóticas invasoras (AYENI, 2017). A aplicação sustentável da alelopatia para a melhoria da produtividade das culturas e proteção ambiental por meio do controle ambientalmente amigável de ervas daninhas, pragas de insetos, doenças de culturas, conservação de nitrogênio em terras agrícolas e a síntese de novos aleloquímicos baseados em agroquímicos atraiu muita atenção dos cientistas envolvidos na pesquisa alelopática (CHENG; CHENG, 2015).

Nesse sentido, os aleloquímicos encontrados nessas plantas podem oferecer novas e excelentes oportunidades para diversificar o controle de plantas invasoras nas culturas, reduzindo ou eliminando a contaminação do ambiente, preservando os recursos naturais e garantindo o oferecimento de produtos agrícolas com alta qualidade, desprovidos de resíduos contaminantes (HALBRENDT, 1996; GUSMAN; VIEIRA; VESTENA, 2012; FIORENZA et al., 2016). Embora os aspectos que levam ao desenvolvimento de um herbicida sejam quase

claro na literatura, algumas substâncias químicas naturais têm obviamente servido como estrutura-modelo para a obtenção de novos produtos.

Os compostos alelopáticos afetam mais de uma função no organismo atingido, dentre eles pode-se mencionar redução na absorção de nutrientes, alteração nos hormônios de crescimento, inibição da fotossíntese, alterações no processo respiratório acelerando ou diminuindo a respiração, efeitos na síntese de proteínas, alterações na permeabilidade da membrana e inibição da atividade enzimática (MAULI et al., 2009; FIORENZA et al., 2016;).

Oliveira et al. (2020) reportaram que determinadas espécies da família Fabaceae portam, em sua composição química, substâncias que desempenham também um efeito alelopático, caracterizando tais vegetais como relevantes para a formação dos ecossistemas em que estão incluídos, além de serem possivelmente úteis na agricultura, para o controle de plantas daninhas.

1.3 Família Fabaceae

A família Fabaceae ou Leguminosae é considerada a terceira maior família de Angiosperma, sendo composta por cerca de 20.000 espécies, distribuídas em aproximadamente 795 gêneros. No Brasil, esta família é constituída por 210 gêneros, 2.694 espécies, sendo 1.458 endêmicas, 53 subespécies (16 endêmicas) e 731 variedades (419 endêmicas). Sua distribuição é ampla ao redor do mundo, estando presente tanto nas florestas tropicais úmidas e secas quanto desertos, planícies e regiões alpinas (PERES et al., 2010; LIMA, et al, 2022).

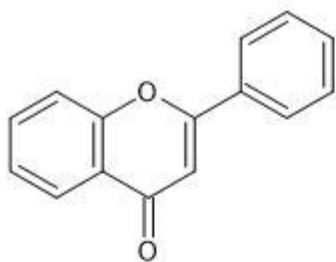
A família Fabaceae pode ser encontrada na maior parte dos ecossistemas brasileiros, sendo descrita como a mais bem representada na Caatinga. É constituída pelas subfamílias Caesalpinioideae, Faboideae (Papilionoideae) e Mimosoideae. Dentre estas, a Faboideae é a maior, possuindo 478 gêneros e 13.800 espécies, Mimosoideae abrange 77 gêneros e cerca de

3.000 espécies e a Caesalpinioideae é composta por 162 gêneros e aproximadamente 3.000 espécies (CÂNDIDO et al., 2010; MUSA; ALIERO; BASHIR, 2017; SILVA et al., 2019).

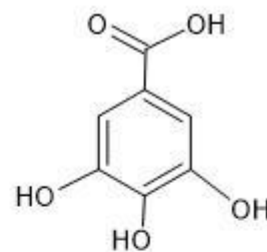
Plantas pertencentes à família Fabaceae são amplamente investigadas devido à sua ampla atividade farmacológica (antiinflamatório, anticancerígeno, antimutagênico, antiplasmódico, antirreumático e hepatoprotetores) (SHARMA, et al., 2000). Dentre os gêneros amplamente investigados, várias espécies do gênero *Senna* Mill. são utilizadas na medicina popular como anti-inflamatório, no tratamento de reumatismo, obstruções do fígado e doenças sexualmente transmissíveis (SILVA et al., 2019).

Espécies da família Fabaceae portam, em sua composição química, substâncias que desempenham efeito alelopático, caracterizando tais vegetais como relevantes para a formação dos ecossistemas em que estão incluídos, além de serem possivelmente úteis na agricultura, para o controle de plantas daninhas (OLIVEIRA et al., 2020).

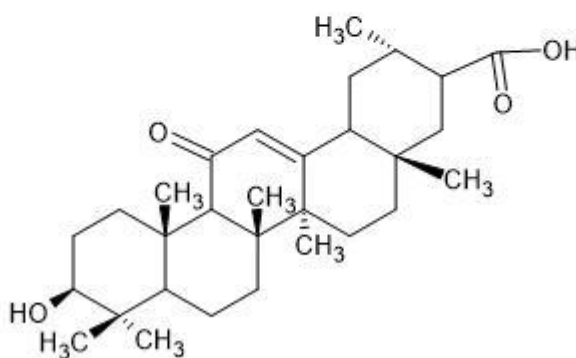
As saponinas, os taninos e os flavonoides (**Figura 3**) estão entre os aleloquímicos comumente citados como responsáveis por causarem efeitos diretos e indiretos, podendo ser liberados em condições naturais já que são hidrossolúveis (RICE, 1894; FERREIRA; AQUILA, 2000). A *Peltophorum dubium*, família Fabaceae, apresentou em sua composição saponinas, flavonoides e taninos, com predominação de flavonas em suas folhas (MARASCHINSILVA; AQUILA, 2006).



Estrutura básica dos flavonoides



Ácido gálico, estrutura básica dos taninos



Ácido glicirretínico, estrutura de uma saponina

Figura 3: Estruturas de flavonoides, taninos e saponinas.

Fonte: Autoria própria

As plantas do gênero *Erythrina* são referenciadas pela sua produção de alcaloides, flavonoides, isoflavonoides e outras substâncias. Por meio da análise em cromatografia gasosa foi notificada a presença de ácido fênico, ácido cinâmico, α -amirina, estigmasterol, β -amirina, β -sitosterol e lupeol na espécie *Erythrina velutina* (VIRTUOSO; MIGUEL, 2005). Esses dados corroboram com as ideias de Silva et al. (2007), ao declararem que as espécies que se enquadram na família Fabaceae são particularmente ricas em flavonoides, alcaloides, terpenóides e esteroides. O grupo dos compostos fenólicos estão associados com o mecanismo de defesa (NICIOLI et al., 2010).

Uma vez que substâncias químicas estão envolvidas, torna-se interessante determinar quais tem potencial alelopático, como são liberadas das plantas para o ambiente e em que

quantidades, além da extensão dos mecanismos de interferência. Diversos são os benefícios do consórcio entre leguminosas e a pastagem. As leguminosas aumentam o aporte de nutrientes na pastagem, aumentam a oferta de forragem em algumas épocas do ano, melhoram a qualidade nutricional da pastagem aumentando a produtividade animal, reduzem a variação anual de oferta de forragem, participam na recuperação de áreas degradadas e ainda reduzem a pressão ambiental pela utilização de fertilizantes químicos (CARVALHO; PIRES, 2008).

Diante do aumento acentuado de pesquisas voltadas à alelopatia vegetal e da aplicação de algumas leguminosas no controle de espécies invasoras, objetivou-se o desenvolvimento de uma pesquisa com representantes da família Fabaceae e quais efeitos alelopáticos tais espécies desempenham. Dentro deste estudo sobre o potencial alelopático, o presente trabalho se concentrou em dois tópicos. **Capítulo I:** Potencial Alelopático de extratos aquosos de *Crotalaria retusa* L. na germinação de *Lactuca sativa* L. e o **Capítulo II:** Potencial Alelopático de *Senna occidentalis* (L.) Link e *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby frente à germinação de sementes de *Lactuca sativa* L.

2. Objetivo geral

Caracterizar o potencial alelopático de espécies invasoras da família Fabaceae (*Crotalaria retusa* L., *Senna occidentalis* (L.) Link e *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby) na germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) e podem ser usadas como bioinseticidas, adubo verde e outros, sobre outras exóticas.

2.1 Objetivos específicos

- Determinar a concentração dos extratos de *C. retusa* que possui um maior efeito alelopático;
- Determinar se há diferença da ação alelopática nos diferentes órgãos da *C. retusa*.
- Determinar a concentração dos extratos das *S. occidentalis* e *S. obtusifolia* que possui maior efeito alelopático;
- Determinar se há diferença da ação alelopática nos diferentes órgãos das *S. occidentalis* e *S. obtusifolia*.

3. Metodologia geral

3.1 Coleta do material vegetal

As espécies foram coletadas e referenciadas geograficamente através do sistema de posicionamento global (GPS), as quais estão listadas a seguir: *C. retusa* (10°40'53.4"S - 37°26'10.5"W), *S. obtusifolia* (10°42'26.7"S - 37°23'08.6"W) e *S. occidentalis* (10°43'06.6"S - 37°22'42.2"W). Todas as espécies foram coletadas no município de Itabaiana – SE. O material vegetal foi devidamente separado (folhas, caule e raízes) e acondicionado em sacos de papel para transporte até o campus Professor Alberto de Carvalho, da Universidade Federal de Sergipe, em Itabaiana (SE).

3.2 Preparo dos extratos aquosos

Os órgãos das plantas (raiz, caule e folha) foram desidratados em estufa de secagem com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 40°C, por um período de 48 horas. Após esse procedimento, as mesmas foram trituradas e o resíduo final foi utilizado para a preparação dos extratos aquosos brutos. Os extratos foram preparados na proporção de 1:20 (resíduo: água destilada) como mostrado na **Tabela 1**, os quais ficaram em decantação em temperatura ambiente por um período de 24 horas (FERREIRA; AQUILA, 2000). Posteriormente, foram filtrados e o extrato aquoso foi utilizado para realizar as diluições testadas na análise do efeito alelopático.

Tabela 1: Dados das amostras para a preparação dos extratos aquosos da *Crotalaria retusa* L., *Senna occidentalis* (L.) Link e *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby.

Espécie	Órgão	Proporção	Massa (g)	Volume (mL)	Potencial Osmótico (MPa)
<i>C. retusa</i>	Raiz	1:20	3,141	62	-0,0053
	Caule	1:20	10,039	200	-0,0130
	Folha	1:20	7,855	156	-0,0095
<i>S. occidentalis</i>	Raiz	1:20	21,4725	428	-0,0069
	Caule	1:20	25,0000	500	-0,0147
	Folha	1:20	66,5351	1200	-0,0239
<i>S. obtusifolia</i>	Raiz	1:20	3,2387	64	-0,0090
	Caule	1:20	24,3000	486	-0,0204
	Folha	1:20	13,4430	268	-0,0266

3.3 Ensaio do efeito alelopático

A determinação do efeito alelopático foi investigada utilizando-se sementes de alface (*L. sativa*) como espécie modelo. Para a análise do efeito alelopático na germinação, foram utilizadas 100 sementes de alface, as quais foram divididas em quatro repetições de 25 sementes em cada placa, por tratamento. Os extratos utilizados por tratamento foram os extratos das raízes, caules e folhas. As sementes foram colocadas para germinar em placas de Petri de 5 cm de diâmetro, forradas com dupla camada de papel filtro umedecida com 2 mL do extrato. Foram testadas as seguintes diluições de cada extrato: 100, 50, 25, 12,5 e 0%. As análises da germinação foram realizadas diariamente, por um período de oito dias e o critério para se considerar semente germinada foi a protrusão da radícula. Para avaliar o comportamento da espécie, as sementes foram expostas ao agente osmóticos, polietileno glicol 6000 (PEG), nos potenciais listados na **Tabela 1**, sendo as soluções de PEG preparadas a partir de Vilella et al. (1991). Para saber qual valor de PEG utilizar para cada parte da planta, foram feitos extratos aquosos e em seguida foi medido a condutância deles através do condutivímetro, com o valor encontrado foi feita a conversão de medidas até chegarem a (MPa), o valor encontrado foi pesado em balança digital e em seguida feitas as soluções de PEG.

3.4 Parâmetros de germinação e análise de dados

Os resultados foram analisados calculando-se a germinabilidade (G%), tempo médio de germinação (TMG – dias), a velocidade de germinação das sementes (VMG – dias⁻¹) e a sincronia de germinação das sementes (SIN) (FERREIRA; AQUILA, 2000). Os parâmetros foram calculados no programa Germina Quant 1.0 (MARQUES et al., 2015) com subsequentemente análises da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (RANAL; SANTANA, 2006). A normalidade dos resíduos dos dados e homogeneidade das variâncias foram verificadas a partir dos testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software STATISTICA 13.0.

Referências

- AYENI, M. J. Effect of aqueous extracts of the leaves of *Senna siamea* Lam . and *Pinus caribaea* (Jacq .) ex . Walp . on the germination and seedling growth of *Euphorbia heterophylla* L . **Word Scientific News**, v. 87, p. 12–23, 2017.
- CARVALHO, G. G. P; PIRES, A. J. V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Arquivos de Zootecnia**, v.57, p.103-113. 2008.
- CÂNDIDO, A. C. S. et al. Potencial alelopático da parte aérea de *Senna occidentalis* (L.) Link (Fabaceae, Caesalpinioideae): Bioensaios em laboratório. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 235–242, 2010.
- CHENG, F.; CHENG, Z. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. NOVEMBER, p. 1–16, 2015.
- FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira De Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. Vii, p. 175–204, 2000.
- FIORENZA, M. et al. Análise fitoquímica e atividade alelopática de extratos de *Eragrostis plana* Nees (Capim-Annoni). **Iheringia - Serie Botanica**, v. 71, n. 2, p. 193–200, 2016.
- GATTI, A. B.; PEREZ, S. C. J. G. D. A.; LIMA, M. I. S. Allelopathic activity of aqueous extracts of *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze in the germination and growth of *Lactuca sativa* L. and *Raphanus sativus* L. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 459–472, 2004.
- GOLDFARB, M.; PRIMENTEL, L. W.; PIMENTEL, N. W. Alelopatia : relações nos agroecossistemas Allelopathy : relations in the agrosystems. **Tecnol.&Ciên. Agropec.**, v. 3, n. 1, p. 23–28, 2009.
- GOLDFARB, M.; WANDERLEY, L.; WANDERLEY, N. Alelopatia : relações nos agroecossistemas Allelopathy : relations in the agrosystems. **Tecnol.&Ciên. Agropec.**, v. 3, n. 1, p. 23–28, 2009.
- GUSMAN, G. S.; VIEIRA, L. R.; VESTENA, S. Alelopatia de espécies vegetais com importância farmacêutica para espécies cultivadas. **Biotemas**, v. 25, n. 4, p. 37–48, 2012.
- GUSMAN, G. S.; YAMAGUSHI, M. Q.; VESTENA, S. Potencial alelopático de extratos aquosos de *Bidens pilosa* L., *Cyperus rotundus* L. e *Euphorbia heterophylla* L. **Iheringia -**

Serie Botanica, v. 66, n. 1, p. 87–98, 2011.

HALBRENDT, J. M. Allelopathy in the management of plant-parasitic nematodes. **Journal of Nematology**, v. 28, n. 1, p. 8–14, 1996.

Lima, H.C. de, Queiroz, L.P., Morim, M.P., Souza, V.C., Dutra, V.F., Bortoluzzi, R.L.C., Iganci, J.R.V., Fortunato, R.H., Vaz, A.M.S.F., Souza, E.R. de, Filardi, F.L.R., Valls, J.F.M., Garcia, F.C.P., Fernandes, J.M., Martins-da-Silva, R.C.V., Perez, A.P.F., Mansano, V.F., Miotto, S.T.S., Tozzi, A.M.G.A., Meireles, J.E., Lima, L.C.P., Oliveira, M.L.A.A., Flores, A.S., Torke, B.M., Pinto, R.B., Lewis, G.P., Barros, M.J.F., Schütz, R., Pennington, T., Klitgaard, B.B., Rando, J.G., Scalon, V.R., Cardoso, D.B.O.S., Costa, L.C. da, Silva, M.J. da, Moura, T.M., Barros, L.A.V. de, Silva, M.C.R., Queiroz, R.T., Sartori, A.L.B., Camargo, R. A., Lima, I.B., Costa, J., Soares, M.V.B., Snak, C., São-Mateus, W., Falcão, M. J., Martins, M.V., Reis, I.P., Cordula, E. 2015. Fabaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2022.

MAIDANA, D. P. F. L.; OLIVEIRA, A. K. M. **Ação alelopática das folhas de pau de tucano sobre a germinação de mata pasto**. 7º Seminário de Iniciação Científica. **Anais...**2016

MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M.E.A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). *Acta Bot. Bras.*, v.20, n.1, p.61-69, 2006.

MARQUES, F. R. F. et al. GerminaQuant: a new tool for germination measurements. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 3, p. 248–255, 2015.

MAULI, M. M. et al. Leucaena allelopathy on weeds and soybean seed germination. **Semina: Ciencias Agrarias**, v. 30, n. 1, p. 55–62, 2009.

MUSA, D. D.; ALIERO, A. A.; BASHIR, K. A. Preliminary Allelopathic Activity of Aqueous Leaf Extract of *Senna occidentalis* on the Germination and Early Seedling Growth of Cowpea (*Vigna unguiculata*). **International Journal of Current Science and Studies**, v. 1, 2017.

NICIOLI, P.M. et al. Indução e análises fitoquímicas em calos de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville). *Agrária*, v.5, n.2, p.159-162, 2010.

OLIVEIRA, Y. R. et al. Potencial Alelopático de Espécies da Família Fabaceae Lindl.

Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, v. 24, n. 1, p. 65–74, 2020.

PERES, M. T. L. P. et al. Phytotoxic potential of *Senna occidentalis* and *Senna obtusifolia*. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 32, n. 3, p. 305–309, 2010.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In: **Ciência & Educação**. [s.l: s.n.]. v. 02p. 84–90.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botanica**, v. 29, n. 1, p. 1–11, 2006.

REIGOSA, M. J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A.; GONZÁLEZ, L. Abordagem ecofisiológica em alelopatia. **Revisões críticas em ciências de plantas**, v. 18, n. 5, pág. 577-608, 1999.

RICE, E.L. Allelopathy. New York: Academic Press, 1984.

SAMPIETRO, D. A. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. **Fitoquímica Instituto de Estudios Vegetales Dr. Antonio.**, p. 26, 2003.

SANTOS, I. L. V. L. et al. Sorgoleone: benzoquinona lipídica de sorgo com efeitos alelopáticos na agricultura como herbicida. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, n. 1, p. 135–144, 2012.

SCHERER, L. M. et al. Efeito alelopático do extrato aquoso de folha e de fruto de leucena (*Leucaena leucocephala* Wit) sobre a germinação e crescimento de raiz da canafístula (*Peltophorum dubium* Spreng.). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 2, p. 161, 2005.

SHARMA, N.; TRIKHA, P.; ATHAR, M.; RAISUDDIN, S. In vitro inhibition of carcinogen-induced mutagenicity by *Cassia occidentalis* and *Embllica officinalis*. *Drug Chem Toxicol.* 2000; 23(3):477-84.

SILVA, W.A. Potencial alelopático de extratos do cumaru (*Amburana cearensis* A.C. Smith) e da jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir) na germinação e crescimento do sorgo (*Sorghum bicolor* L.), milho (*Zea mays* L) e feijão guandu (*Cajanus cajan* L.). Patos: Universidade Federal de Campina Grande, 2007.

SILVA, L. F. F. et al. Prospecção científica e tecnológica da espécie *Senna occidentalis* (L.) Link. **Revista Geintec**, v. 9, n. 1, p. 4786–4797, 2019.

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

VILLELA, F.A. et al. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. Pesquisa Agropecuária Brasileira, V.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.

VIRTUOSO, S.; MIGUEL O.G. Estudo fitoquímico e biológico das cascas de Erythrina velutina willd. - Fabaceae (Leguminosae– Papilionoideae). Visão Acad., v.6, n.1, p.89-90, 2005.

ZILLER, S.; ZENNI, R. D.; DEUCHOUM, M. Espécies exóticas invasoras na arborização urbana. **In: XI Congresso Brasileiro de Arborização Urbana.**, n. January, p. 18, 2007.

CAPÍTULO I

Potencial Alelopático de Extratos Aquosos da *Crotalaria retusa* L., na Germinação de *Lactuca sativa* L.

Potencial alelopático de extratos aquosos da *Crotalaria retusa* L., na germinação de *Lactuca sativa* L.

Maria Carolina Carvalho Santos^{1*}, Marcos Vinicius Meiado¹ e Moacir dos Santos Andrade¹

1- Universidade Federal de Sergipe, *campus* Professor Alberto Carvalho, 49510-200 - Itabaiana, SE, Brasil.

Resumo

Alelopatia é um processo pelo qual produtos do metabolismo secundário de um vegetal são liberados, interferindo na germinação e desenvolvimento de outras plantas relativamente próximas, de maneira positiva ou negativa. Dentre as plantas com atividade alelopática relatadas, encontra-se as plantas exóticas invasoras. Apesar de estas causarem diversos problemas fitossanitários, podem ser uma alternativa para novas fontes naturais de aleloquímicos. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito alelopático dos extratos aquosos das raízes, caule e folhas da *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) na germinação de sementes de alface [*Lactuca sativa* L. (Asteraceae)]. O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia de Sementes (LAFISE), no Campus Professor Alberto Carvalho da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Os órgãos foram coletados, separados, lavados e secos em estufa a 40°C. Após esse processo os mesmos foram triturados e os extratos aquosos foram obtidos pelo método de maceração por 24 horas em soluções de 1:20 (água destilada: substrato). Os ensaios alelopáticos foram conduzidos por meio de cinco concentrações: 100, 50, 25, 12,5, 0%. Os extratos foram colocados em placas de Petri forradas com papel filtro e contendo 25 sementes de alface, com quatro repetições por tratamento. Os resultados foram analisados calculando-se a germinabilidade (%), velocidade média de germinação (dias⁻¹), o tempo médio de germinação (dias) e sincronia de germinação, com a ajuda do software Germina Quant, sendo comparados através da ANOVA Fatorial, com teste de Tukey a 5%. Os extratos das folhas de *C. retusa* foi a que se mostrou com maior efeito alelopático e em concentrações de 100%. Diminuindo a germinabilidade das sementes, a velocidade com que as sementes germinaram, aumentando seu tempo de germinação e reduzindo sua sincronia. Houve também efeito alelopático nos demais órgãos e concentrações, porém, com menor efeito em comparação com as folhas em concentração de 100%.

Palavras chaves: Alelopatia; Aleloquímicos; Plantas Exóticas; *Crotalaria*.

Allelopathic potential of aqueous extracts of *Crotalaria Retusa* L. on the germination of *Lactuca sativa* L.

Maria Carolina Carvalho Santos^{1*}, Marcos Vinicius Meiado¹ e Moacir dos Santos Andrade¹

1- Universidade Federal de Sergipe, *campus* Professor Alberto Carvalho, 49510-200 - Itabaiana, SE, Brasil.

Abstract

Allelopathy is the process by which products of secondary metabolism of a plant are released, interfering with the germination and development of other plants near, in a positive or negative way. Among the plants with allelopathic activity reported, there are the invasive exotic plants. Although these plants cause several phytosanitary problems, they can be an alternative to new natural sources of Allelochemicals. The general objective of this work was to evaluate the allelopathic effect of aqueous extracts from roots, stems and leaves of *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) on lettuce [*Lactuca sativa* L. (Asteraceae)] seed germination. The study was carried out at the Laboratory of Seed Physiology (LAFISE), at the Federal University of Sergipe, Campus Professor Alberto Carvalho, in Itabaiana, Sergipe. The organs were collected, separated, washed and dried in an oven at 40°C. After this process, they were ground and the aqueous extracts were obtained by the method of maceration for 24 hours in 1:20 solutions (distilled water: substrate). Allelopathic assays were conducted using five concentrations: 100, 50, 25, 12.5, 0%. The extracts were placed in Petri dishes lined with filter paper and containing 25 lettuce seeds, with four replications per treatment. The results were analyzed by calculating germinability (%), average germination speed (days⁻¹), average germination time (days) and germination synchrony, with the help of the Germina Quant software, being purchased through Factorial ANOVA, with Tukey test at 5%. The extracts from the leaves of *C. retusa* showed the greatest allelopathic effect and in concentrations of 100%. Decreasing the germinability of the seeds, the speed with which the seeds germinated, increasing their germination time and reducing their synchrony. There was also an allelopathic effect in the other organs and concentrations, however, with less effect compared to the leaf at 100% concentration.

Keywords: Allelopathy; Allelochemicals; Exotic Plants; *Crotalaria*

Introdução

O manejo de plantas daninhas por meio de herbicidas naturais é uma alternativa técnica mais adequada para o controle diminuindo os impactos ambientais causados por herbicidas sintéticos. Nesse contexto, os aleloquímicos podem oferecer novas e excelentes oportunidades para diversificar o controle de plantas daninhas (VILAR et al., 2007).

Os efeitos desempenhados pelos aleloquímicos são variados no metabolismo, agindo sobre os hormônios, respiração, fotossíntese, abertura estomática, síntese de proteínas, atividade enzimática, na inibição do transporte pela membrana e na alteração do material genético, sendo percebidas também outras ações, como a inversão do gravitropismo, colapso celular, necrose tecidual e diminuição da translocação do componente nutritivo (OLIVEIRA et al., 2020).

A maioria das plantas exóticas invasoras com potencial para ter efeito alelopático é da família Fabaceae. Essa família tem sua importância ambiental reforçada em seus representantes, hábeis na fixação do nitrogênio, o que termina por beneficiar agricultores e os ecossistemas naturais (GARCIA et al., 2013). Neste contexto, espécies do gênero *Crotalaria* L. vêm mostrando características desejáveis como adubo verde, pela alta capacidade de fitomassa, fixação de nitrogênio e alelopatia (ARAÚJO; SANTANA; ESPÍRITO SANTO, 2011). A adubação verde deixa uma cobertura morta sobre o solo e com a decomposição desta cobertura e lixiviação ao longo do tempo pode ocorrer liberação de compostos alelopáticos.

O gênero *Crotalaria* é composto por mais de 600 espécies espalhadas por todos os trópicos e sub-trópicos, dentre essas espécies temos a *Crotalaria retusa* L. Eles começaram florescer em novembro e permanecem verdes até fevereiro-março (YASHIM; ABDU; HASSAN, 2012).

Diversos são os usos citados para suas espécies, como por exemplo, adubo orgânico; forragem; no combate a nematoides de plantações; em programas de revegetação de áreas contaminadas com substâncias tóxicas; na produção de fibras para confecção de papel; na medicina popular e em atividades farmacológicas. Algumas espécies são apontadas como tóxicas para o homem e outros animais, devido aos alcaloides produzidos em época de frutificação. Atuam, também, como importantes representantes de plantas daninhas em áreas agrícolas ou ruderais (LOIOLA et al, 2010; GARCIA et al, 2013).

As espécies do gênero *Crotalaria* L. (Fabaceae), caracterizam-se por apresentar porte herbáceo ou arbustivo como mostrado na **Figura 1**. As espécies são encontradas em diferentes condições ambientais, como áreas próximas a rios, morros litorâneos, restingas,

orlas de florestas campos e cerrados. As sementes livres em seu interior e, assim, quando agitado produz um som semelhante ao de um chocalho ou ao guizo da cobra cascavel (*Crotalus* sp.). Dessa característica, derivam os nomes populares da maioria de suas espécies, como guizo-de-cascavel, xique-xique e crotalaria, bem como o nome do gênero (FLORES; MIOTTO, 2005; LEWIS et al., 2005; GARCIA et al., 2013).



Figura 1: *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) usada nos bioensaios.
Fonte: Autoria própria

Diante dos relatos de leguminosas no controle de espécies invasoras e a ausência de informações a respeito da atividade alelopática de *C. retusa* com extração aquosa, objetivou-se avaliar o potencial de atividade alelopática em diferentes concentrações e diferentes órgãos de *C. retusa* L., através de bioensaios de germinação e crescimento em laboratório com a *Lactuca Sativa*, alface.

Metodologia

Coleta do material vegetal

A espécie foi coletada no município de Itabaiana – SE (10°40'53.4"S - 37°26'10.5"W). O material vegetal foi devidamente separado (folhas, caule e raízes) e acondicionado em sacos de papel para transporte até o campus Professor Alberto de Carvalho, da Universidade Federal de Sergipe, em Itabaiana (SE).

Preparo dos extratos aquosos

Os órgãos da planta *C. retusa* (raiz, caule e folha), foram desidratados em estufa de secagem com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 40°C, por um período de 48 horas. Após esse procedimento, as amostras foram trituradas e o resíduo final foi utilizado para a preparação dos extratos aquosos brutos. Os extratos foram preparados na proporção de 1:20 (resíduo: água destilada), os quais ficaram em decantação em temperatura ambiente por um período de 24 horas. Posteriormente, os extratos foram filtrados e o líquido utilizado para a análise do efeito alelopático.

Potencial Osmótico

Para avaliar o comportamento da espécie, as sementes foram expostas ao agente osmóticos, polietileno glicol 6000 (PEG), nos potenciais 0 (controle); para a raiz -0,0053 MPa, para o caule -0,0130 MPa e para a folha -0,0095 MPa, sendo as soluções de PEG preparadas a partir de Vilella et al. (1991), para saber qual valor de PEG utilizar para cada parte da planta, foram feitos extratos aquosos e em seguida foi medido a condutância deles através do condutivímetro, com o valor encontrado foi feita a conversão de medidas até chegarem a (MPa), o valor encontrado foi pesado em balança digital e em seguida feitas as soluções de PEG.. Foi medido o pH nos extratos aquosos, que estavam entre 6,0 e 7,5, o padrão aceitável para o desenvolvimento e germinação de sementes em testes de alelopatia.

Ensaio do efeito alelopático

A determinação do efeito alelopático e do potencial osmótico foi investigada utilizando-se sementes de alface (*L. sativa*) como espécie modelo. Para a análise do efeito alelopático na germinação foram utilizadas 100 sementes de alface, as quais foram divididas em quatro repetições de 25 sementes por tratamento. As sementes foram colocadas para germinar em placas de Petri de 5 cm de diâmetro, forradas com dupla camada de papel filtro umedecida com 2 mL do extrato. Foram testadas as seguintes diluições de cada extrato: 100, 50, 25, 12,5 e 0%. As análises foram realizadas diariamente, por um período de oito dias e o critério para se considerar semente germinada foi a protrusão da radícula.

Parâmetros de germinação e análise de dados

Os resultados foram analisados calculando-se a germinabilidade (G%), tempo médio de germinação (TMG – dias), a velocidade de germinação das sementes (VMG – dias⁻¹) e a sincronia de germinação das sementes (SIN) (FERREIRA; AQUILA, 2000). Os parâmetros foram calculados no programa Germina Quant 1.0 (MARQUES et al., 2015) com

subsequentemente análises da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (RANAL; SANTANA, 2006). A normalidade dos resíduos dos dados e homogeneidade das variâncias foram verificadas a partir dos testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software STATISTICA 13.0, utilizando dois fatores (órgão e concentração).

Resultados

Como o pH e o potencial osmótico não interferiram nos resultados, a *Crotalaria* exerceu um efeito alelopático sobre a germinação das sementes de alface, contudo, potencialmente diferentes.

Potencial Osmótico

Na osmolaridade, a maior pressão osmótica foi encontrada no extrato do caule, que apresentou um valor de -0,0130 MPa, a da raiz apresentou -0,0053 MPa e a da folha foi -0,0095 MPa. Os resultados de osmolaridade obtidos nos quatro tratamentos apresentam valores baixos e próximos de zero.

Os valores baixos representam uma menor presença de soluto no extrato (açúcares, proteínas, etc.). Em contraste, valores elevados podem afetar os parâmetros de germinação das sementes. Substratos saturados evitam absorção de água pela semente de modo a comprometer os processos metabólicos germinação. Portanto, a análise da osmolaridade dos extratos é importante para poder mostrar se o extrato está impedindo a germinação de sementes por ação alelopática ou apenas por ação osmótica pressão (RODRIGUES et al., 2020).

Germinabilidade (G%)

Observando e comparando as concentrações e os órgãos da *C. retusa*, nota-se, na **Figura 2**, que os extratos aquosos tiveram maior efeito alelopático na inibição da germinação na concentração de 100% para as folhas ($p=0,000013$), já nas demais concentrações e órgãos não houve diferença significativa na germinação das sementes de alface.

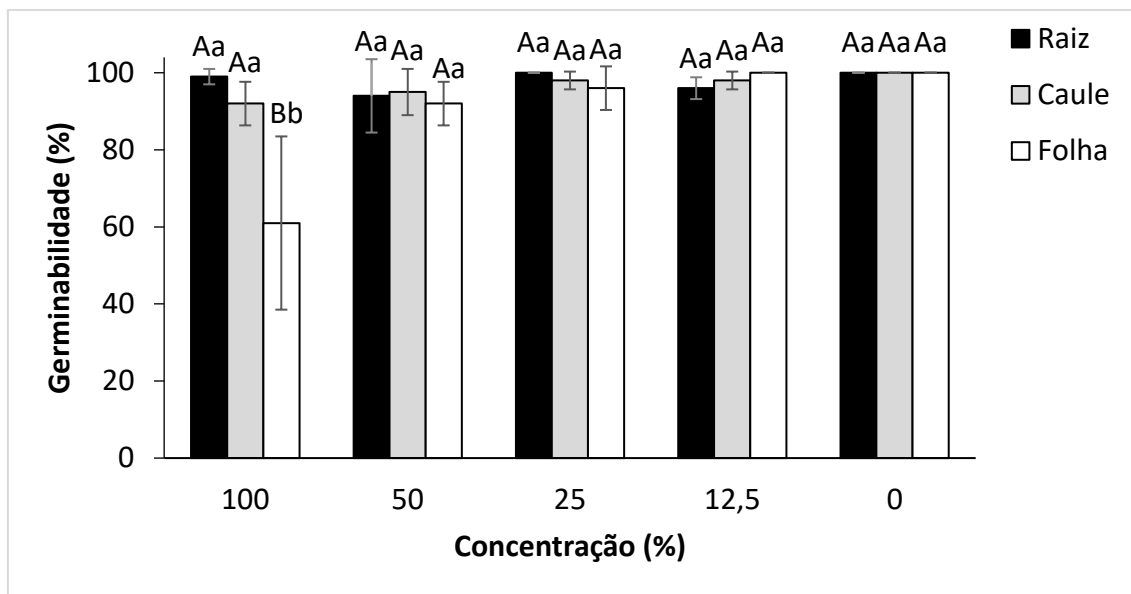


Figura 2: Influência de várias concentrações de extratos aquosos dos órgãos de *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) na germinabilidade (%) de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. – Asteraceae). Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.

A germinação das sementes de alface foi afetada pela concentração 100% para o extrato das folhas de *C. retusa*, enquanto as concentrações inferiores ou iguais a 50% proporcionaram a mesma percentagem de germinação tanto para folhas quanto para caule e raízes. O potencial osmótico apenas confirmou o efeito alelopático da *C. retusa*, com os seguintes valores: caule: -0,0130, raiz: -0,0053 e folhas: -0,0095.

Velocidade média de germinação

Observando e comparando as concentrações e os órgãos da *C. retusa*, notou-se como se pode observar na **Figura 3**, que os extratos aquosos na concentração de 100% tiveram diferença apenas nos extratos da raiz em relação aos extratos da folha e caule ($p=0,000647$) que estão bem próximo, quanto aos extratos na concentração de 50% pode-se observar que há uma diferença em relação aos extratos dos três órgãos, quanto as concentrações de 25, 12,5 e 0% não se observa diferença na velocidade de germinação.

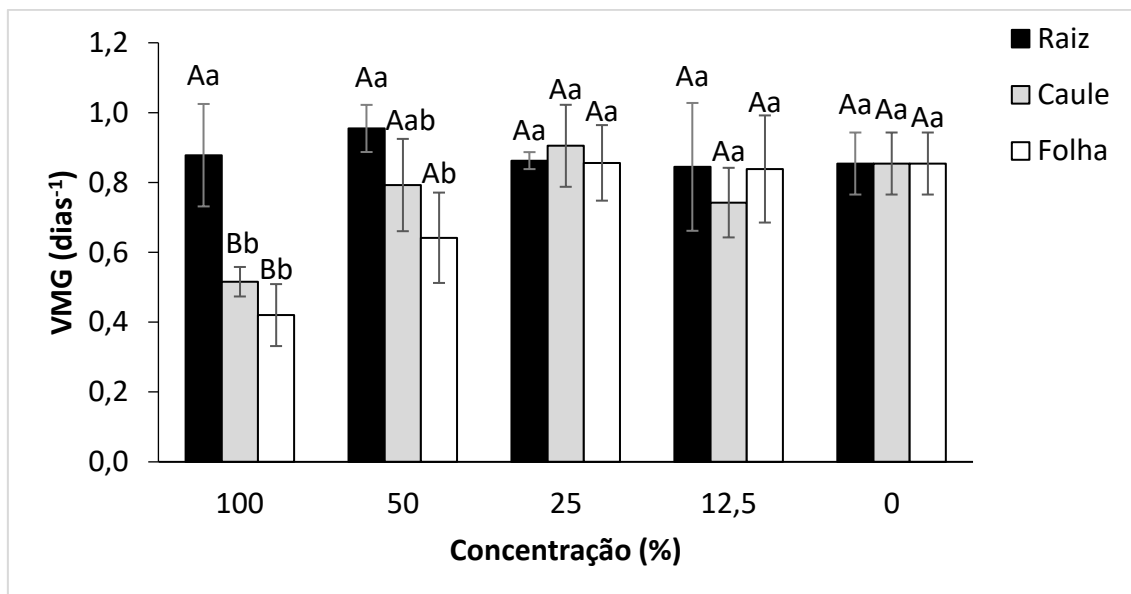


Figura 3: Influência de várias concentrações de extratos aquosos dos órgãos de *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) na velocidade média da germinação (dias⁻¹) de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. – Asteraceae). Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.

Quanto maior a concentração menor a velocidade de germinação das sementes de alface, evidenciando assim a presença do efeito alelopático nas maiores concentrações 100 e 50%, sendo assim inversamente proporcionais.

Tempo médio de germinação

Observando e comparando as concentrações e os órgãos da *C. retusa*, nota-se na **Figura 4**, que os extratos aquosos na concentração de 100% tiveram diferença de tempo para germinação da semente de alface nos três órgãos ($p=0,000023$), sendo que na raiz o tempo foi menor quando comparado com os demais órgãos, o caule e em seguida a folha mostrando um aumento de tempo na germinação a partir do órgão, essa observação se segue também na concentração de 50%. Nas demais concentrações o tempo médio de germinação permanece nivelado, não mostrando diferença.

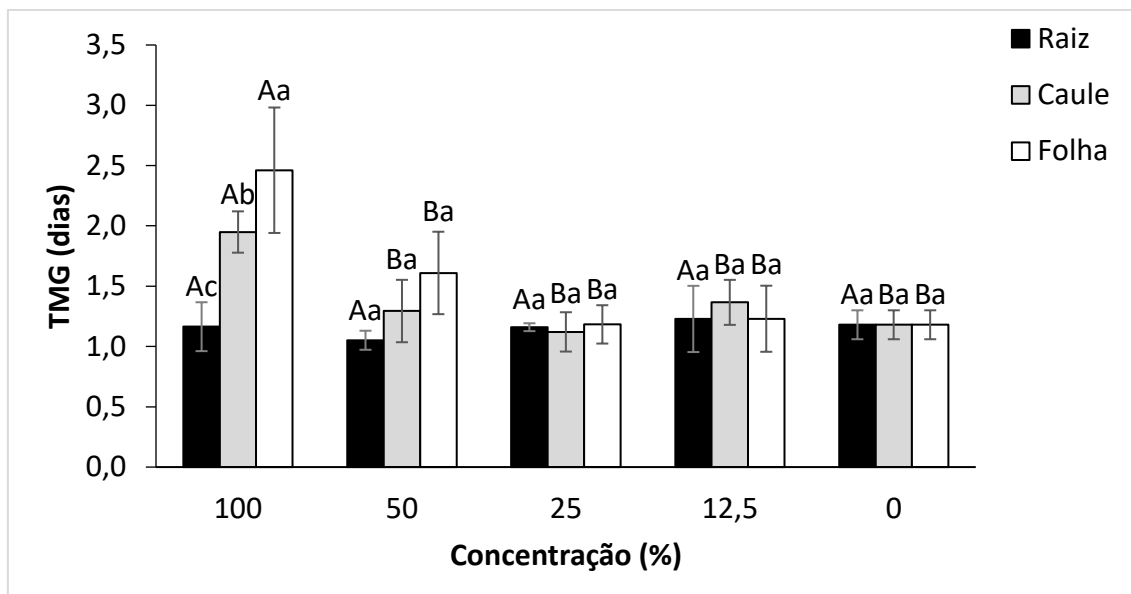


Figura 4: Influência de várias concentrações de extratos aquosos dos órgãos de *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) no tempo médio da germinação (dias) de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. – Asteraceae). Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.

Estudando o tempo médio de germinação notou-se que o órgão que possui maior efeito nas germinações é a folha, esse fato se evidencia nas concentrações de 100 e 50%.

Sincronia da germinação

Observando e comparando as concentrações e os órgãos da *C. retusa* para o parâmetro sincronia (SIN) observou-se na **Figura 5**, que os extratos aquosos do caule e folhas na concentração de 100% apresentaram diferença em relação às raízes ($p=0,017515$). As sincronias do caule e das folhas não tiveram uma diferença significativa na concentração de 100%. Em relação às demais concentrações não se observa diferença na sincronia em relação aos órgãos.

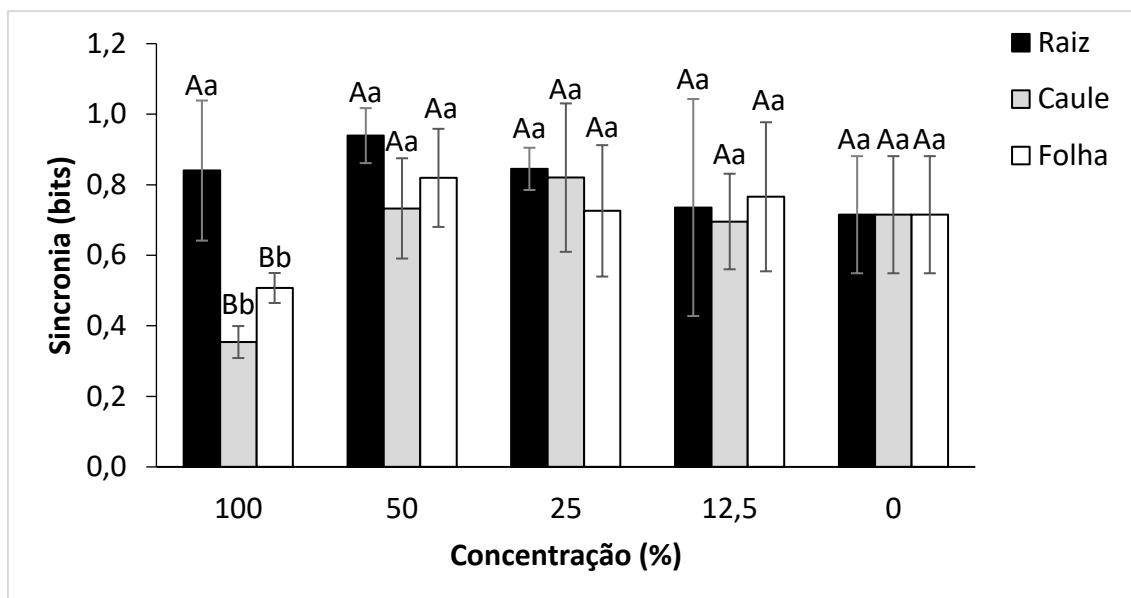


Figura 5: Influência de várias concentrações de extratos aquosos dos órgãos de *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) na sincronia da germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. – Asteraceae). Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.

Quando se observou a germinação das sementes nos extratos no decorrer dos oito dias notou-se que as sementes que estavam nos extratos do caule e das folhas, tiveram sua germinação em quantidades muito próximas. Com relação às sementes germinadas para os extratos das raízes, notou-se que mais síncrona e rápida a germinação.

Discussões

Os aleloquímicos podem agir de maneira diversa dependendo do ambiente e do estágio do ciclo vital em que a planta alvo se encontra, visto que ambos refletem diferentes estados fisiológicos. Além disso, os efeitos também podem ser variados quando se considera em qual órgão da planta eles estão atuando (GUSMAN; YAMAGUSHI; VESTENA, 2011).

No presente estudo, os extratos dos três órgãos da planta mostraram um potencial alelopático. De modo geral, a folha foi o órgão da planta mais ativo metabolicamente principalmente quando em extratos de concentração 100%, dessa forma mostrou-se ser o órgão que apresentou maior diversidade de metabólitos secundários, tendo assim um maior efeito alelopático em comparação com os demais órgãos em diferentes concentrações.

Nos estudos alelopáticos, a germinabilidade é um índice muito usado, embora não demonstre outros aspectos do processo de germinação, como atrasos, já que envolve apenas resultados finais, ignorando períodos inativos quanto à germinação no decorrer dos

bioensaios. Muitas vezes, o que se observa são efeitos significativos de extratos sobre o tempo médio e velocidade de germinação e nenhuma diferença na germinabilidade em relação ao controle. Em muitos estudos, o que se observa é um efeito alelopático mais pronunciado sobre o desenvolvimento inicial da plântula alvo quando comparado ao número total de sementes germinadas, já que este último processo utiliza as reservas da própria semente (FERREIRA; AQUILA, 2000; BORELLA; MARTINAZZO; AUMONDE, 2011; FIORENZA et al., 2016).

No trabalho de Nicoli et al. (2012), os extratos aquosos de folhas secas de *Passiflora edulis* Curtis (Passifloraceae) diminuíram a porcentagem de germinação das sementes de alface nas maiores concentrações (50 e 100%) indicando interferência aleloquímica de tal espécie, o mesmo foi observado no trabalho de Silva e Santos (2010) referente a *Senna Obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae). Já Gusman et al. (2011) ao utilizar os extratos de *Bidens pilosa* L. (Asteraceae), perceberam que a porcentagem de germinação de sementes de alface foi reduzida, com o aumento das concentrações utilizadas, redução a partir da concentração de 10%, quando comparado ao controle; o mesmo foi observado ao se utilizar extratos de *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae), com redução na germinação, a partir de 50%, quando comparado ao controle.

Ribeiro et al. (2009) encontraram resultados diferentes desta pesquisa, pois todas as concentrações do extrato de folhas secas de *Crinum americanum* L. (Amaryllidaceae) reduziram significativamente a porcentagem de germinação das sementes de alface, e quanto mais concentrados, maiores os efeitos inibitórios. Para com a velocidade média de germinação Hoffmann et al. (2007), ao testar extratos de *Dieffenbachia picta* Schott (Araceae) e *Nerium oleander* e Parreiras et al. (2011), utilizando extratos de *Mentha villosa* Huds. (Lamiaceae) na germinação de sementes de alface. Souza et al. (2007) também verificaram que os extratos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) causaram redução do VMG de sementes de alface, na concentração de 100%.

O retardo na germinação de sementes foi observado também na *Crotalaria Juncea*, (Fabaceae), o efeito alelopático foi causado por alcaloides, e em pelo menos uma espécie foi percebido retardo na germinação. Os alcaloides são compostos nitrogenados de destaque entre os metabólitos secundários (OLIVEIRA et al., 2020).

De acordo com investigações farmacológicas, vários compostos, pertencentes a classes de metabólitos secundários são isolados do gênero *Crotalaria*, como por exemplo, o alcaloide monocrotalina (PITANGA, et al, 2012) (**Figura 6**), uma pirrolizidina presente abundantemente nas folhas e sementes da *C. retusa* sendo responsável pela sua toxicidade

(SIVA-NETO, et al, 2010), a retusamina (**Figura 6**) também presente na *C. retusa* como antimicrobiano (CULVENOR et al, 1976), a madurensina (**Figura 6**) encontrada na *C. madurensis* e usado como anticâncer (LE ROUX et al, 2012), dentre outros.

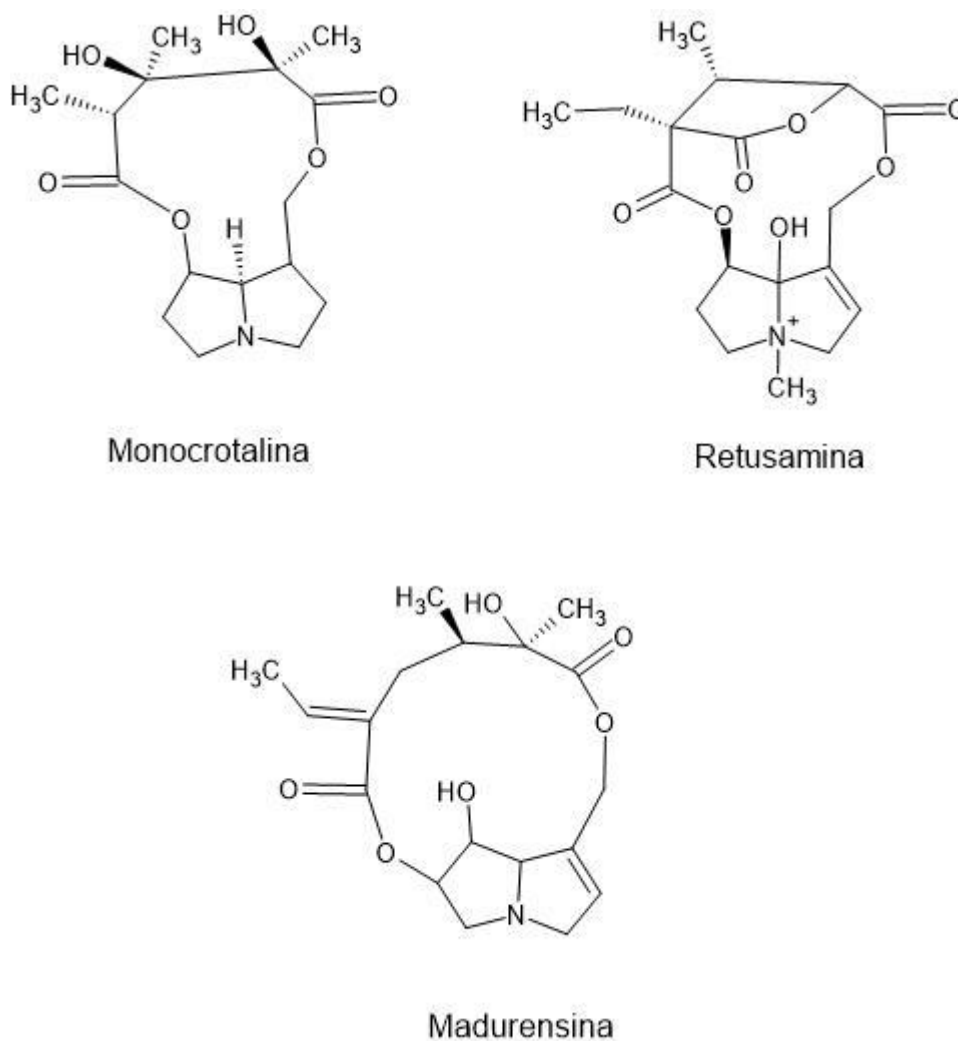


Figura 6: Alcaloide Monocrotalina, retusamina e madurensina.
Fonte: Autoria própria.

Contudo, não há trabalhos que reportem o estudo de efeitos alelopáticos com a espécie *Crotalaria retusa* e conforme os resultados obtidos nos bioensaios deste trabalho pode-se citar que quanto maior a concentração do extrato aquoso, maior será seu efeito alelopático, influenciando a diminuição da germinação de sementes, a diminuição da velocidade média de germinação, o aumento do tempo médio de germinação e reduzindo a

sincronia da germinação das sementes nos extratos aquosos de 100% das folhas. Neste sentido, há necessidade de trabalhos futuros com o intuito de aprofundar na identificação de possíveis metabólitos secundários presentes em *C. retusa* com potencial aleloquímico.

Referências

- ARAÚJO, É.; SANTANA, C.; ESPÍRITO SANTO, C. Potencial alelopático de extratos vegetais de *Crotalaria juncea* sobre a germinação de milho e feijão. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p. 108–116, 2011.
- BORELLA, J.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z. Atividade alelopática de extratos de folhas de *Schinus molle* L. sobre a germinação e o crescimento inicial do rabanete. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 3, p. 398–404, 2011.
- CULVENOR, C. C.; EDGAR, J. A.; JAGO, M. V.; QUTTERIDGE, A.; PETERSON, J. E.; SMITH, L. W. Hepato e pneumotoxicidade de alcalóides e derivados de pirrolizidina em relação à estrutura molecular. *Interações químico-biológicas*, v. 12, n. 3, 1976.
- FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira De Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. Vii, p. 175–204, 2000.
- FIORENZA, M. et al. Análise fitoquímica e atividade alelopática de extratos de *Eragrostis plana* Nees (Capim-Annoni). **Iheringia - Serie Botanica**, v. 71, n. 2, p. 193–200, 2016.
- FLORES, A. S.; MIOTTO, S. T. S. Aspectos fitogeográficos das espécies de *Crotalaria* L. (Leguminosae, Faboideae) na Região Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 245–249, 2005.
- GARCIA, J. M. et al. O gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae , Faboideae , Crotalarieae) na Planície de Inundação do Alto Rio Paraná , Brasil¹. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, n. 2, p. 209–226, 2013.
- GUSMAN, G. S.; YAMAGUSHI, M. Q.; VESTENA, S. Potencial alelopático de extratos aquosos de *Bidens pilosa* L., *Cyperus rotundus* L. e *Euphorbia heterophylla* L. **Iheringia - Serie Botanica**, v. 66, n. 1, p. 87–98, 2011.
- HOFFMANN, C. E. F.; NEVES, L. A. S.; BASTOS, C. F.; WALLAU, G. L. Atividade alelopática de *Nerium oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott em sementes de *Lactuca Sativa* L. e *Bidens pilosa* L. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 6(1), 11-21, 2007.
- LE ROUX, K.; PRINSLOO, L. C.; HUSSEIN, A. A.; LALL, N. Uma investigação espectroscópica micro-Raman de células leucêmicas U-937 tratadas com *Crotalaria agatiflora* Schweinf e o composto isolado madurensina. *Spectrochimica Acta Parte A*:

Espectroscopia Molecular e Biomolecular , 2012.

LEWIS, G. et al. La enciclopedia ilustrada de las leguminosas: Sistemática, Filogenia, Biogeografía y usos de la familia a nivel mundial. In: **Boletín de la sociedad Botânica de México**. [s.l: s.n.]. v. 77p. 75–77.

LOIOLA, M. I. B. et al. Leguminosae And Its Potencial Of Use In The Rural Communities Of São Miguel Do Gostoso - RN. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 59–70, 2010.

MARQUES, F. R. F. et al. GerminaQuant: a new tool for germination measurements. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 3, p. 248–255, 2015.

NICOLI, J. T.; BIDO, G. S.; ZONETTI, P. C. Efeito do extrato aquoso de *Passiflora edulis* Sims sobre a germinação e crescimento inicial de alface. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, 5(1), 191-203, 2012.

OLIVEIRA, Y. R. et al. Potencial Alelopático de Espécies da Família Fabaceae Lindl. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 24, n. 1, p. 65–74, 2020.

PARREIRAS, N. S.; GOMES, J. A. O.; BONFIM, F. G.; CASALI, V. W. Alelopatia do extrato aquoso de folhas de Hortelã na germinação de sementes de alface. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7, 2011, Fortaleza- CE. Resumos... Fortaleza, 2011, v. 6.

PITANGA, B. P. S. et al. The role of astrocytes in metabolism and neurotoxicity of the pyrrolizidine alkaloid monocrotaline, the main toxin of *Crotalaria retusa*. **Frontiers in Pharmacology**, v. 3 AUG, n. August, p. 1–7, 2012.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botanica**, v. 29, n. 1, p. 1–11, 2006.

RIBEIRO, J. P. N.; MATSUMOTO, R. S.; TAKAO, L. K. VOLTARELLI, V. M.; LIMA, M. I. S. Efeitos alelopáticos de extratos aquosos de *Crinum americanum* L. *Revista Brasileira de Botânica*, 32(1), 183-188, 2009.

RODRIGUES, A. S. *et al.* Phytotoxic Activity of *Guapira glaciiflora* (Nyctaginaceae) on wedds. **Journal of Agricultural Studies**. v. 8, n. 1, p. 287, 2020.

SILVA-NETO, J.; BARRETO, R.; PITANGA, B.; SOUZA, C. S.; SILVA, V. D.; SILVA, A. R., et al. Toxicon genotoxicity and morphological changes induced by the alkaloid monocrotaline, extracted from *Crotalaria retusa*, in a model of glial cells. *Toxicon*. 2010; 55(1):105-117.

SILVA, J. R. B.; SANTOS, A. F. Efeito Alelopático de Extratos Aquosos de *Senna Obtusifolia* (L.) H. Irwin e Barneby. **Floresta e ambiente**. v. 17. n. 2, 2010.

SOUZA, C. S. M.; SILVA, W. L. P.; GUERRA, A. M. N. M.; CARDOSO, M. C. R.; TORRES, S. B. Alelopatia do extrato aquoso de folhas de aroeira germinação de sementes de alface. *Revista Verde*, 2(2), 96-100, 2007.

VILAR, H. et al. Efeitos da inclusão do farelo de sementes de jaqueira *Artocarpus heterophyllus* L. am.) na ração sobre a produção, pigmentação da gema e umidade fecal em codornas. p. 523–530, 2007.

VILLELA, F.A. et al. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, V.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.

YASHIM, S. M.; ABDU, S. B.; HASSAN, M. Effect of processing methods on the degradability of rattle box (*Crotalaria retusa*) plant in Yankasa rams. **Journal of Applied Animal Research**, v. 40, n. 2, p. 97–101, 2012.

CAPÍTULO II

**Potencial Alelopático de *Senna occidentalis* (L.) Link e
Senna obtusifolia (L.) H.S. Irwin & Barneby frente à germinação
de sementes de *Lactuca sativa* L**

Potencial alelopático de *Senna occidentalis* (L.) Link e *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby frente à germinação de sementes de *Lactuca sativa* L.

Maria Carolina Carvalho Santos^{1*}, Marcos Vinicius Meiado¹ e Moacir dos Santos Andrade¹

1- Universidade Federal de Sergipe, *campus* Professor Alberto Carvalho, 49510-200 - Itabaiana, SE, Brasil.

Resumo

A alelopatia pode ser utilizada no combate às plantas daninhas, as quais podem interferir negativamente nos diversos ambientes naturais e cultivados. Dentre as plantas com atividade alelopática relatadas, encontra-se as plantas exóticas invasoras. Essas plantas ainda são um problema para a agricultura e pastagens, porém estudos comprovaram que elas podem ser usadas para substituir os herbicidas sintéticos através da alelopatia. Desta forma, objetivou-se, avaliar e comparar o efeito alelopático dos extratos aquosos das raízes, caule e folhas da *Senna occidentalis* (L.) e da *Senna obtusifolia* (L.) (Fabaceae) na germinação de sementes de alface [*Lactuca sativa* L. (Asteraceae)]. O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia de Sementes (LAFISE), no Campus Professor Alberto Carvalho da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Os órgãos foram coletados, separados, lavados e secos em estufa a 40°C. Após esse processo os mesmos foram triturados e os extratos aquosos foram obtidos pelo método de maceração por 24 horas em soluções de 1:20 (água destilada: substrato). Os ensaios alelopáticos foram conduzidos por meio de cinco concentrações: 100, 50, 25, 12,5, 0%. Os extratos foram colocados em placas de Petri forradas com papel filtro e contendo 25 sementes de alface, com quatro repetições por tratamento. Os resultados foram analisados calculando-se a germinabilidade (%), velocidade média de germinação (dias⁻¹), o tempo médio de germinação (dias) e sincronia de germinação, com a ajuda do software Germina Quant, sendo comparados através da ANOVA Fatorial, com teste de Tukey a 5%. De modo geral, a porcentagem de germinação e o IVG das sementes de *L. sativa* foram afetados negativamente principalmente pelos extratos aquosos de folhas e caule de *S. occidentalis*. Sendo os extratos das folhas de *S. occidentalis* a que se mostrou com maior efeito alelopático em concentrações de 100% diminuindo a germinabilidade das sementes, a velocidade com que as sementes germinaram, aumentando seu tempo de germinação e reduzindo sua sincronia. Houve também efeito alelopático nos demais órgãos e concentrações, porém, com menor efeito. Já em *S. obtusifolia* foi observada uma leve redução na germinabilidade para 100% das folhas, nos demais, não teve nenhuma alteração significativa. Neste sentido, os resultados mostram que houve interferência alelopática mais eficiente para os extratos aquosos das folhas de *S. occidentalis*. Como o pH e o potencial osmótico não interferiram nos resultados, as duas espécies de *Sennas* exerceram um efeito alelopático sobre a germinação das sementes de alface, contudo, potencialmente diferentes.

Palavras chaves: Alelopatia; Extratos aquosos; Órgãos; Plantas Exóticas

Potential Allelopathic of *Senna occidentalis* (L.) Link and *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby against the germination of seeds of *Lactuca sativa* L.

Maria Carolina Carvalho Santos^{1*}, Marcos Vinicius Meiado¹ e Moacir dos Santos Andrade¹

1- Universidade Federal de Sergipe, *campus* Professor Alberto Carvalho, 49510-200 - Itabaiana, SE, Brasil.

Abstract

Allelopathy can be used to combat weeds, which can negatively interfere in various natural and cultivated environments. Among the plants with allelopathic activity reported, there are invasive exotic plants. These plants are still a problem for agriculture and pastures, but studies have shown that they can be used to replace synthetic herbicides through allelopathy. The general objective of this work was to evaluate and compare the allelopathic effect of aqueous extracts of roots, stems and leaves of *Senna occidentalis* (L.) and *Senna obtusifolia* (L.) (Fabaceae) on the germination of lettuce seeds [*Lactuca sativa* L. (Asteraceae)]. The study was carried out at the Laboratory of Seed Physiology (LAFISE), at the Federal University of Sergipe, Campus Professor Alberto Carvalho, in Itabaiana, Sergipe. The organs were collected, separated, washed and dried in an oven at 40°C. After this process, they were ground and the aqueous extracts were obtained by the method of maceration for 24 hours in 1:20 solutions (distilled water: substrate). Allelopathic assays were conducted using five concentrations: 100, 50, 25, 12.5, 0%. The extracts were placed in Petri dishes lined with filter paper and containing 25 lettuce seeds, with four replications per treatment. The results were analyzed by calculating germinability (%), average germination speed (days⁻¹), average germination time (days) and germination synchrony, with the help of the Germina Quant software, being purchased through Factorial ANOVA, with Tukey test at 5%. In general, germination percentage and IVG of *L. sativa* seeds were negatively affected mainly by aqueous extracts of leaves and stem of *S. occidentalis*. The extracts from the leaves of *S. occidentalis* showed the greatest allelopathic effect at concentrations of 100%. Decreasing the germinability of the seeds, the speed with which the seeds germinated, increasing their germination time and reducing their synchrony. There was also an allelopathic effect in other organs and concentrations, however, with less effect. In *S. obtusifolia*, a slight reduction in germinability was observed for 100% of the leaves, in the others, there was no significant change. The results showed that there was more efficient allelopathic interference for the aqueous extracts of *S. occidentalis* leaves. As pH and osmotic potential did not interfere in the results, the two species of *Sennas* exerted an allelopathic effect on the germination of *L. sativa* seeds, however, potentially different.

Keywords: Allelopathy; Aqueous extracts; Organs; Exotic Plants

Introdução

As plantas possuem suas próprias defesas que as protegem direta ou indiretamente contra insetos, plantas e herbívoros. Tais defesas são caracterizadas como um processo metabólico na qual o vegetal libera substâncias químicas produzidas pelo seu metabolismo secundário gerando um efeito inibitório ou uma ação estimuladora. Esses compostos são chamados aleloquímicos, no qual esse fenômeno é conhecido por alelopatia (PINTO et al, 2002).

Os aleloquímicos são encontrados, distribuídos em concentrações variadas em diferentes partes da planta e durante seu ciclo de vida (ALMEIDA, 1988). Diversos são os aleloquímicos que podem ser utilizados como herbicidas naturais, em substituição aos químicos, compostos orgânicos produzidos por plantas ou microrganismos foram identificados como aleloquímicos com destaque para os alcaloides, benzoxiazinonas, derivados do ácido cinâmico, cumarinas, terpenos, esteroides, ácidos orgânicos solúveis em água, aldeídos alifáticos, cetonas, ácidos graxos de cadeia longa, poliacetilenos, naftoquinonas, antraquinonas e quinonas complexas, originados da rota metabólicas do acetato mevalonato. e compostos cianogênicos, pelo elevado potencial alelopático destes compostos (PUTNAM, 1988; REZENDE; PINTO, 2003).

A família Fabaceae representa um importante grupo de plantas, essa família tem sua importância ambiental reforçada em seus representantes, hábeis na fixação do nitrogênio, o que termina por beneficiar agricultores e os ecossistemas naturais, por esse motivo, tem sido estudado o potencial de uso dessas plantas de maneira alelopática (LPWG, 2013). Dentre as espécies dessa família, as espécies do gênero *Senna* vêm recebendo destaque por sua contribuição farmacológica, como antimicrobianas, anticâncer, tratamento de aumento de ferro no organismo.

A família Fabaceae é uma família de plantas exóticas que está ganhando muito destaque no campo da farmacologia, as espécies do gênero *Senna* têm além do perfil biológico, farmacológico e toxicológico, vêm crescendo no âmbito fitoquímico com a identificação e o isolamento de diversos metabólitos secundários, que possibilita a comprovação do efeito alelopático de diversas espécies, dentre elas têm-se a *Senna alata* (L.) Roxb (RODRIGUES et al, 2010), *Senna spectabilis* (DC.) H.S Irwin & Barneby (MACEDO;

SILVA; SILVA, 2016) e *Senna reticulata* (Willd.) H.S Irwin & Barneby (MACEDO; SILVA; SILVA, 2016).

A espécie *Senna occidentalis* (L.) Link (sinonímia *Cassia occidentalis*) é herbácea nativa da América do Sul e ocorre nas regiões tropicais ao redor do mundo. É conhecida popularmente por fedegoso, por ter um odor fétido característico ou mata-pasto, por ser encontrada como contaminantes na região de pastoreio e café negro, porque suas sementes são utilizadas para preparar bebidas semelhantes ao café (LOMBARDO; KIYOTA; KANEKO, 2009). Esta espécie encontra-se distribuída geograficamente no Brasil, podendo ser encontrada nos biomas Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e Amazônia (FORZZA et al., 2010). Na região Amazônica brasileira, principalmente no Pará e em Rondônia, as raízes da *S. occidentalis* são utilizadas no tratamento da malária (BRANDÃO et al., 1992; JARDIM et al., 2001). Na região do Xingó (Alagoas), *S. occidentalis* foi classificada como uma espécie de alto valor terapêutico, sendo indicada nos quadros de inflamação na garganta, hemorragia, gastrite e câncer (ALMEIDA et al., 2006) sendo muito utilizada em pastagens, pomares, terrenos baldios e solos cultivados, especialmente com a soja (LORENZI, 2000).

S. occidentalis é utilizada medicinalmente desde longa data por tribos americanas, indianas e africanas, como tônico, febrífugo, estomáquico e purgativo. Além disso, apresenta indicações como antimalárica em regiões da Amazônia e da África, podendo atuar principalmente como antimicrobiana, antiparasitária, inseticida, antitumoral, hepatoprotetora e laxativa, a espécie também apresenta óleos essenciais, taninos, carboidratos, proteínas e sais minerais. Além de apresentar diversas classes de metabólitos secundários, conhecidos como flavonoides, xantonas, esteroides, quinonas, alcaloides e saponinas. (LOMBARDO; (LOMBARDO; KIYOTA; KANEKO, 2009). Essas classes de metabólitos citados acima evidenciam a presença de efeito alelopático nos extratos aquosos da *S. occidentalis*, na germinação de alface.

A espécie *S. obtusifolia* é conhecida popularmente como fedegoso, fedegoso-branco e mata-pasto liso. É uma planta perene, subarborescente, lenhosa, ereta, medindo entre 70 e 160 cm de altura. Possui folhas alternadas e reprodução por sementes. Sua inflorescência é terminal e axilar, em racemos com poucas flores de coloração amarela e vagens quase cilíndricas, recurvadas de 10 a 20 cm de comprimento. Comporta-se como planta invasora de pastagens e lavouras e também é muito encontrada na beira de estradas (LORENZI, 1991). Os princípios tóxicos de *S. obtusifolia* são várias antraquinonas (LEWIS; SHIBAMOTO 1989) e

um princípio catártico (PUTNAM et al. 1988). O componente miotóxico parece ser uma mistura de nove antraquinonas e três antronas (LEWIS; SHIBAMOTO, 1989).

Há poucos trabalhos com o gênero *Sennas* que reportem o potencial alelopático, nesse sentido o presente trabalho estudou as *Senna occidentalis* e *Senna obtusifolia*, visando evidenciar e comparar o efeito alelopático entre a *S. occidentalis* e a *S. obtusifolia*, a partir de extratos aquosos, com base no índice de germinação, velocidade média de germinação, tempo médio de germinação e sincronia de germinação.

Metodologia

Preparo dos extratos aquosos

Os órgãos das plantas *S. occidentalis* e *S. obtusifolia* (raízes, caules e folhas), foram desidratados em estufa de secagem com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 40°C, por um período de 48 horas. Após esse procedimento, as amostras foram trituradas e o resíduo final foi utilizado para a preparação dos extratos aquosos brutos. Os extratos foram preparados na proporção de 1:20 (resíduo: água destilada) (**Tabela 1**), os quais ficaram em decantação em temperatura ambiente por um período de 24 horas. Posteriormente, os extratos foram filtrados e o líquido utilizado para a análise do efeito alelopático.

Ensaio do efeito alelopático

A determinação do efeito alelopático foi investigada utilizando-se sementes de alface (*L. sativa*) como espécie modelo. Para a análise do efeito alelopático na germinação foram utilizadas 100 sementes de alface, as quais foram divididas em quatro repetições de 25 sementes. Os extratos utilizados por tratamento foram os extratos das raízes, caules e folhas. As sementes foram colocadas para germinar em placas de Petri de 5 cm de diâmetro, forradas com dupla camada de papel filtro umedecida com 2 mL do extrato. Foram testadas as seguintes diluições de cada extrato: 100, 50, 25, 12,5 e 0%. As análises foram realizadas diariamente, por um período de oito dias e o critério para se considerar semente germinada foi a protrusão da radícula.

Potencial Osmótico

Para avaliar o comportamento da espécie, as sementes foram expostas ao agente osmóticos, polietileno glicol 6000 (PEG), nos potenciais listados na **Tabela 1**, sendo as soluções de PEG preparadas a partir de Vilella et al. (1991), para saber qual valor de PEG

utilizar para cada parte da planta, foram feitos extratos aquosos e em seguida foi medido a condutância deles através do condutivímetro, com o valor encontrado foi feita a conversão de medidas até chegarem a (MPa), o valor encontrado foi pesado em balança digital e em seguida feitas as soluções de PEG.. Foi medido o pH nos extratos aquosos, que estavam entre 6,0 e 7,5, o padrão aceitável para o desenvolvimento e germinação de sementes em testes de alelopatia.

Espécie	Órgão	Proporção	Massa (g)	Volume (mL)	Potencial Osmótico (MPa)
<i>S. occidentalis</i>	Raízes	1:20	21,4725	428	-0,0069
	Caule	1:20	25,0000	500	-0,0147
	Folhas	1:20	66,5351	1200	-0,0239
<i>S. obtusifolia</i>	Raízes	1:20	3,2387	64	-0,0090
	Caule	1:20	24,3000	486	-0,0204
	Folhas	1:20	13,4430	268	-0,0266

Tabela 1: Valores de potencial osmótico das *Senna occidentalis* (L.) Link e *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby.

Parâmetros de germinação e análise de dados

Os resultados foram analisados calculando-se a germinabilidade (G%), tempo médio de germinação (TMG – dias), a velocidade de germinação das sementes (VMG – dias⁻¹) e a sincronia de germinação das sementes (SIN) (FERREIRA; AQUILA, 2000). Os parâmetros foram calculados no programa Germina Quant 1.0 (MARQUES et al., 2015) com subsequentemente análises da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade (RANAL; SANTANA, 2006). A normalidade dos resíduos dos dados e homogeneidade das variâncias foram verificadas a partir dos testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software STATISTICA 13.0, utilizando três fatores (concentração, órgão e espécie).

Resultados

Como o pH e o potencial osmótico não interferiram nos resultados, as duas espécies de *Sennas* exerceram um efeito alelopático sobre a germinação das sementes de alface, contudo, potencialmente diferentes.

Germinabilidade (G%)

Observando e comparando as concentrações e os órgãos das *S. occidentalis* e da *S. obtusifolia*, nota-se, na **Figura 1**, que os extratos aquosos tiveram maior efeito alelopático na inibição da germinação na concentração de 100% do extrato aquoso das folhas de *S. occidentalis*, assim como para os extratos aquosos das folhas a 50% e 25% também foram notadas diferenças na germinação ($p=0,000057$). Quando comparado os extratos aquosos das folhas com os extratos dos outros órgãos observa-se uma interferência na germinação bem mais acentuada. Porém um efeito menor foi observado para os extratos aquosos da *S. obtusifolia*, um leve efeito alelopático para os extratos aquosos das folhas na concentração de 100%, nas demais concentrações e órgãos não houve diferença significativa, na qual, observa-se na **Figura 1** que as respostas ficaram bem próximos ao controle.

De maneira geral foi observado que a espécie de *S. occidentalis* se mostrou com um maior efeito alelopático do que a *S. obtusifolia*, uma vez que possui um menor índice de germinação ($p=0,000547$).

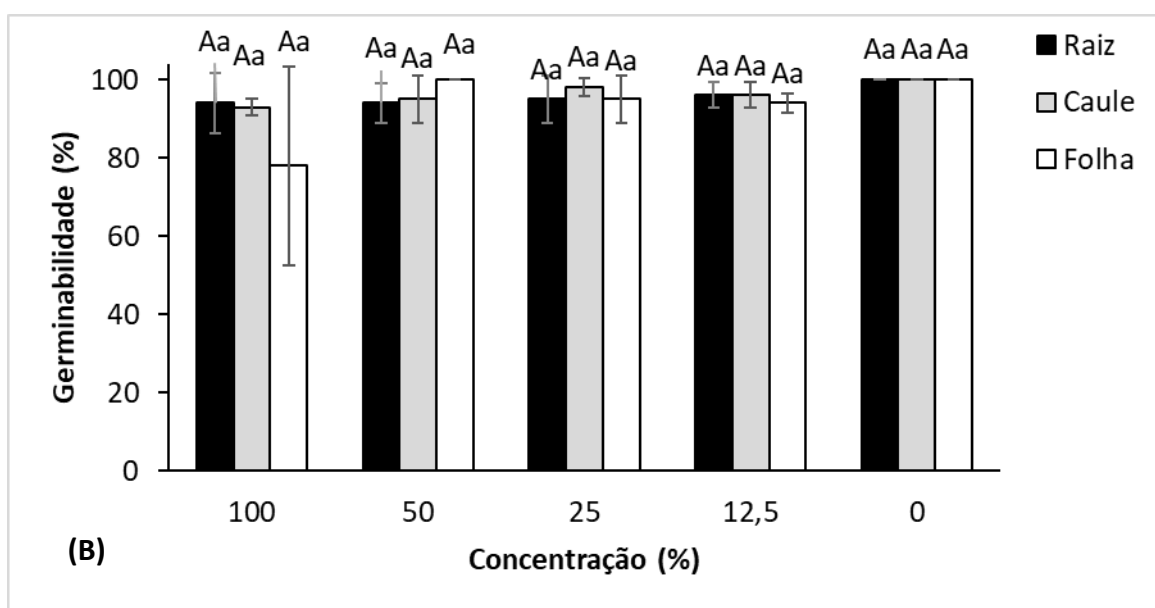
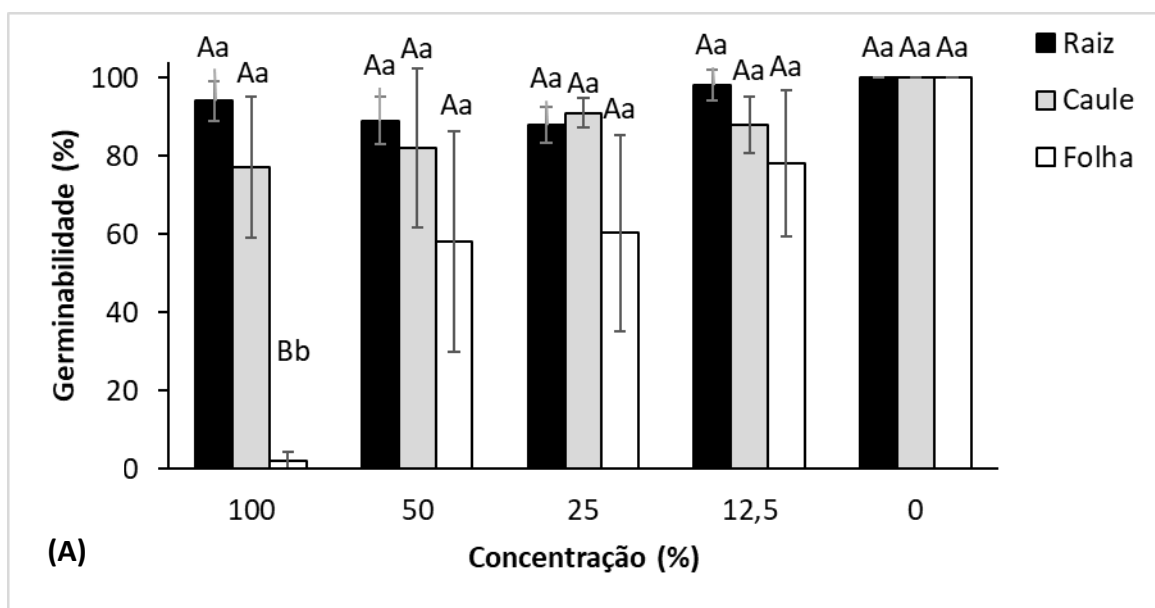


Figura 1: Gráficos da influência da concentração de extratos aquosos dos diferentes órgãos de *S. Occidentalis* (A) e *S. Obtusifolia* (B) na germinabilidade (%) de sementes de alfaca. Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.

Velocidade média de germinação

Na velocidade média pôde ser observado como mostrado na **Figura 2**, que em todas as concentrações os extratos aquosos da folha da *S. occidentalis* tiveram a menor velocidade

de germinação, indicando o maior efeito alelopático, quando comparado com o caule e a raiz nas demais concentrações ($p=0,003982$).

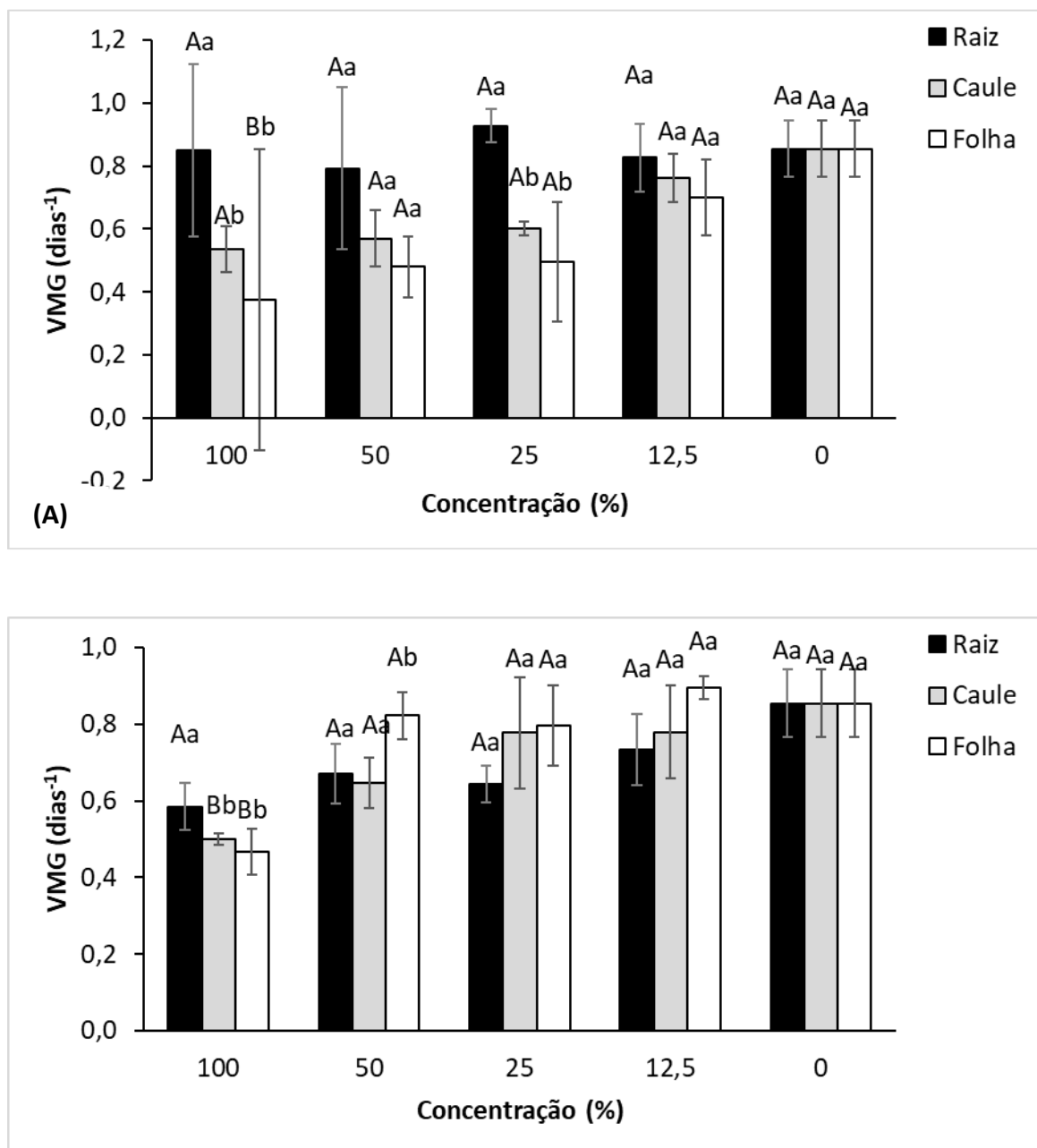


Figura 2: Gráficos da influência da concentração de extrato aquosos dos diferentes órgãos de *S. occidentalis* (A) e *S. obtusifolia* (B) na velocidade média da germinação (dias⁻¹) de sementes de alface. Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.

A *S. obtusifolia*, obteve um leve efeito na velocidade de germinação na concentração de 100% de suas folhas e caule, nos demais órgãos e concentrações puderam ser observados que ficaram bem próximos do controle, ou seja, não houve diferença.

Pode-se observar que na **Figura 2**, da *S. occidentalis* a maior velocidade na germinação sempre é na raiz, enquanto que observando o gráfico da *S. obtusifolia* o efeito é contrário, a raiz possui um menor índice velocidade de germinação ($p=0,000003$), independente da concentração em que se observa, em contrapartida os maiores picos de maior velocidade são nas folhas independente da concentração em que estejam.

A velocidade média de germinação foi afetada para todas as concentrações dos extratos aquosos das folhas de *S. occidentalis*, exceto no controle 0%, enquanto nos demais órgãos não houve um efeito significativo. Na *S. obtusifolia*, apenas na concentração de 100% das folhas e caule foi observado uma redução na velocidade média de germinação, nas demais concentrações não foi observado mudança significativa, nas concentrações iguais ou menores que 50% notou-se que a raiz obtém os menores valores de velocidade em comparação com a folha e o caule.

Tempo médio de germinação

No tempo médio foi observado como pode ser visto na **Figura 3**, que os extratos aquosos para os três órgãos da *S. occidentalis* tiveram diferença de tempo para germinação nas concentrações de 100%, 50% e 25% ($p=0,000004$), contudo para os extratos a 100% das folhas houve um menor tempo quando comparado com os demais órgãos, enquanto que o caule obteve o maior tempo. Nas concentrações de 50%, 25% e 12,5% a folha obteve os maiores tempos de germinação e a raiz os menores tempos de germinação.

Na concentração de 100% a raiz da *S. obtusifolia* apresentou um menor tempo de germinação e a folha o maior tempo. Nas concentrações de 50%, 25% e 12,5% a folha foi o órgão que apresentou o menor tempo médio e a raiz o maior valor de tempo ($p=0,017159$).

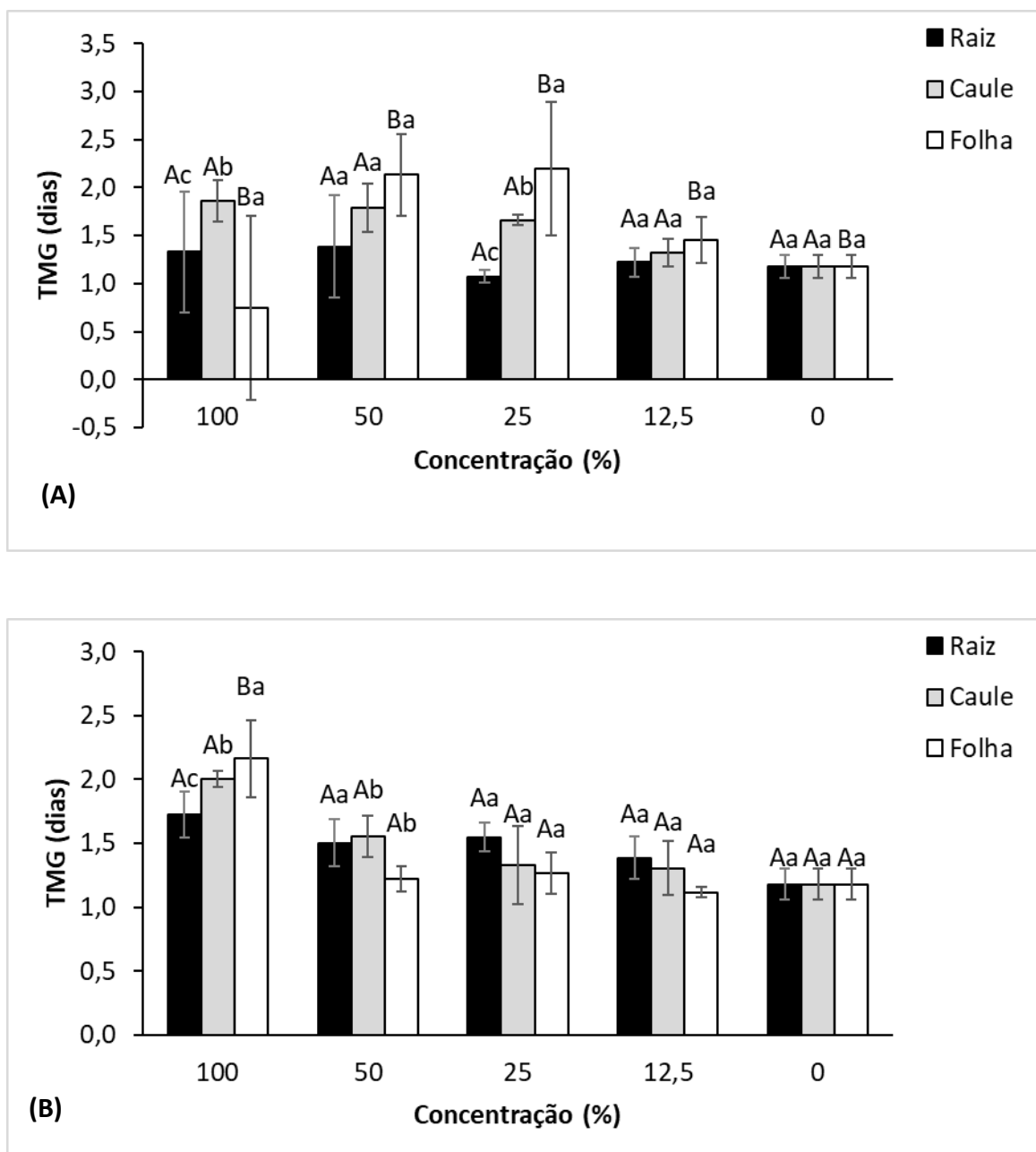


Figura 3: Gráficos da influência da concentração de extrato aquosos dos diferentes órgãos de *S. occidentalis* (A) e *S. obtusifolia* (B) no tempo médio da germinação (dias) de sementes de alfaca. Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.

Estudando o tempo médio de germinação notou-se que o órgão que possui maior efeito nas germinações é o caule na concentração de 100% e a folhas nas demais concentrações da *S. occidentalis*. Para a *S. obtusifolia*, o efeito do tempo é maior na concentração de 100% da folha, e nos demais órgãos e concentrações são próximos não

afetando significativamente ($p=0,000013$). Sendo assim, a *S. occidentalis* mostra um maior efeito alelopático quando comparada a *S. obtusifolia*.

Sincronia da germinação

No parâmetro sincronia (SIN) como observado na **Figura 4**, na *S. Occidentalis* nos extratos aquosos dos órgãos nas concentrações de 100% e 50% foi observado que a raiz obteve uma maior sincronia quando comparado com o caule e as folhas ($p=0,012873$). Na concentração de 25% foi notado uma maior sincronia na germinação das sementes nos extratos aquosos da folha e na concentração de 12,5% todos os órgãos tiveram valores próximos de sincronia.

Na *S. Obtusifolia*, foi observado que na concentração de 100%, a raiz obteve o menor valor de sincronia e o caule o maior valor de sincronia. Nas concentrações de 50%, 25% e 12,5% o órgão que obteve o maior valor de sincronia foi a folha e o menor valor a raiz.

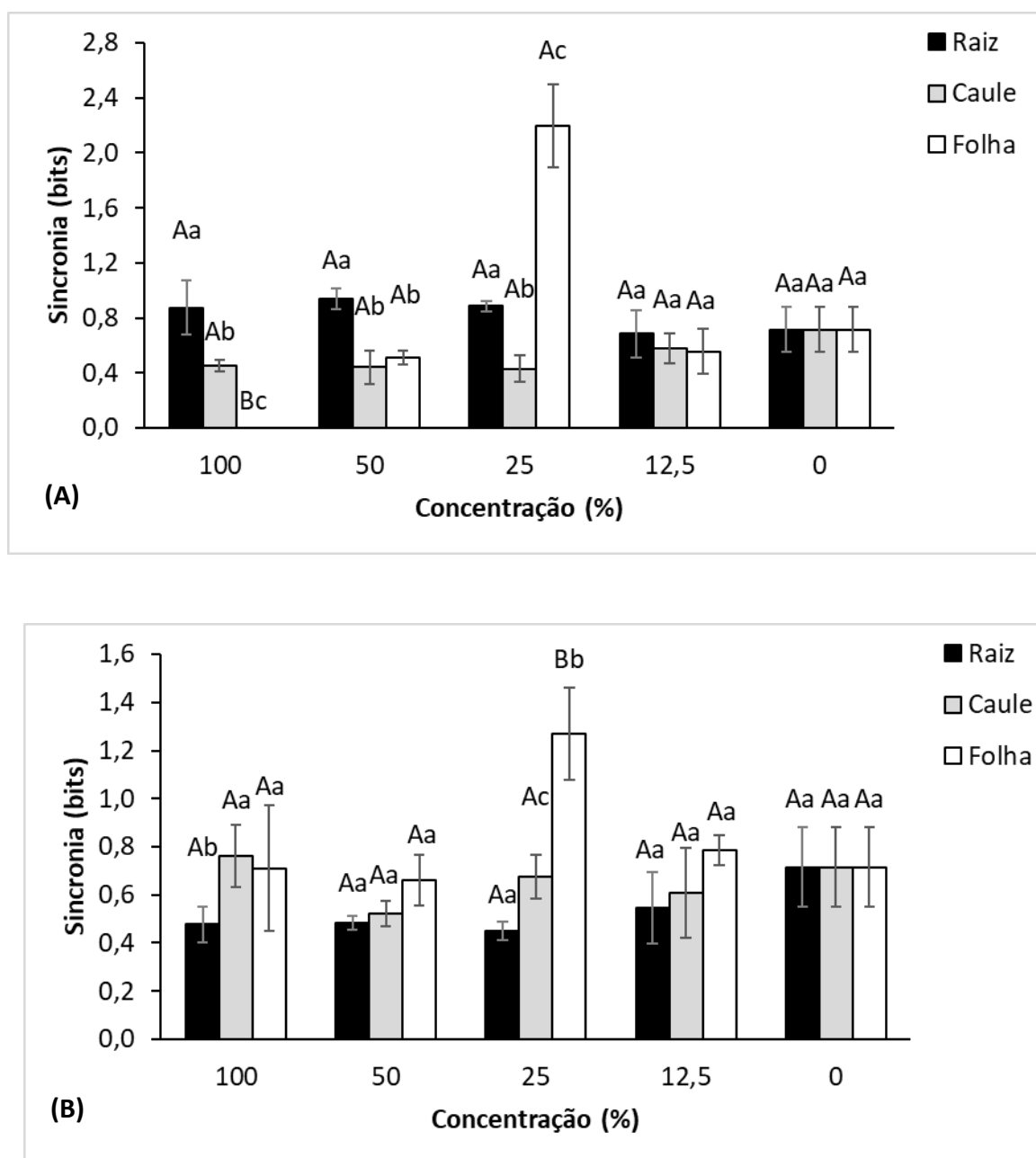


Figura 4: Gráficos da influência da concentração de extrato aquosos dos diferentes órgãos de *S. occidentalis* (A) e *S. obtusifolia* (B) na sincronia da germinação de sementes de alfafa. Letras maiúsculas comparam as diferentes concentrações de um mesmo órgão. Letras minúsculas comparam diferentes órgãos na mesma concentração.

Quando se observou a germinação das sementes de *S. occidentalis* nos extratos no decorrer dos oitos dias notou-se que as sementes que estavam nos extratos da raiz tiveram mais sincronia do que a do caule e das folhas. Na *S. obtusifolia* a sincronia nos extratos das folhas foi maior, exceto na concentração de 100%. Notou-se que em ambas as espécies na

concentração de 25% os extratos das folhas foram os que obtiveram a maior sincronia ($p=0,000231$).

Discussões

Em condições de campo, é observado que *S. occidentalis* forma grupamentos quase que puros e dificulta o estabelecimento de outras espécies, sugerindo efeito alelopático. Estudos químicos com o gênero levaram ao isolamento de antraquinonas, flavonoides, polissacarídeos (CHAUHAN et al. 2001), alcaloides piperidínicos e xantonas (WADER; KUDAK 1987). Adicionalmente, a espécie apresenta óleos essenciais, taninos, carboidratos, proteínas e sais minerais (LOMBARDO; KIYOTA e KANEKO, 2009).

Substâncias inéditas já foram isoladas e plenamente identificadas por alguns autores, que propuseram e detalharam suas estruturas moleculares, dentre elas temos: a emodina, aloe-emodina (ALVES, 1965), apigenina, cassiolina, crisofanol (ANTON; DUQUENOIS, 1968), cassioccidentalina B, cassioccidentalina C (HATANO et al., 1999), occidentalol-I, occidentalol-II e singueanol (YADAV et al., 2010). As estruturas das substâncias acima podem ser observadas na **Figura 5**, contudo, nenhum composto foi testado frente a alelopatia.

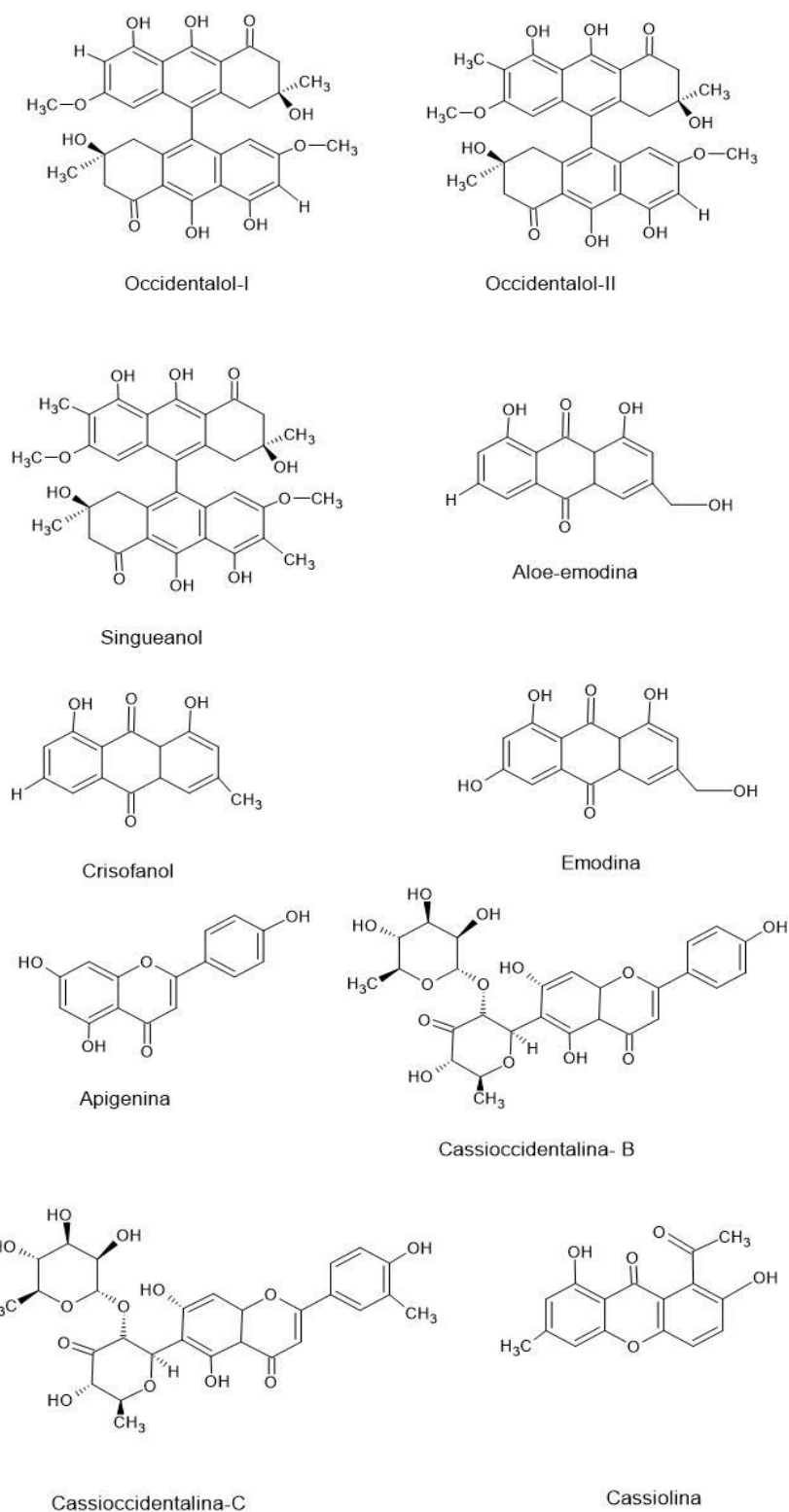


Figura 5: Substâncias isoladas na *S. Occidentalis*
 Fonte: Autoria própria

A parte aérea de *S. occidentalis* contém substâncias químicas responsáveis pela interferência na germinação e crescimento inicial das espécies alvo, em estudo, de

eudicotiledôneas e monocotiledôneas, podendo ser útil como herbicida natural em programas de manejo de plantas invasoras (CANDIDO et al, 2010).

Estudos químicos realizados com folhas e sementes de *S. occidentalis* levaram ao isolamento de antraquinonas, xantonas e flavonoides (GUPTA et al., 1995). *S. occidentalis* suprimiu significativamente o crescimento de plântulas de *Zea mays* L. elucidando o forte potencial alelopático desta planta que pode ser correlacionado com o conteúdo de metabólitos secundários (ARORA, 2013). A depender do órgão da planta essas substâncias podem ou não estar presente e varia também a sua concentração como por exemplo presente nas folhas contêm crisofanol, emodina e flavonoides glicosídeos, na raiz contêm cassiolina, réina, aloe-emodina e seus glicosídeos, crisofanol, emodina, occidentalol-I e occidentalol-II, cassioccidentalinas A, B (KAUR; AHMAD; HARIKUMAR, 2014). Esses compostos se isolados tem o possível uso na fabricação de herbicidas naturais por serem aleloquímicos.

Segundo os testes fitoquímicos feitos com extratos aquosos de *S. obtusifolia* feitos por Silva e Santos (2010), nos extratos de folhas e caules, foi identificada a presença de taninos flobafênicos, esteroides e saponinas. Nos testes nos extratos de raízes, identificou-se a presença de fenóis, flavonoides, triterpenoides e saponinas.

Nos estudos de Musa et al. (2016) a avaliação do potencial alelopático do extrato aquoso de folhas de *S. obtusifolia* em feijão-caupi e milho mostrou que há uma redução significativa de todo o crescimento parâmetros considerados. Assim observa-se que a espécie *S. obtusifolia* possui aleloquímicos que podem suprimir, retardar e/ou inibir a germinação e crescimento de culturas selecionadas, portanto, têm potencial para ser usado como herbicida para substituir o herbicida sintético ou deve ser usado como modelo para nova classe de herbicida. Sendo que, nos estudos desse trabalho a *S. obtusifolia* teve uma baixa taxa de germinação nas sementes de alface, isso pode acontecer devido a diferença de local já que no trabalho de Musa et al (2016) os estudos foram feitos na Nigéria e nesse trabalho feitos em Sergipe, Brasil, isso contribui para a diferença no solo, no clima, na distribuição e até mesmo na quantidade de aleloquímicos presentes na planta, sendo assim, pode-se afirmar que mudança de local, afeta na mudança de quantidade de metabólitos secundários na planta.

A obtusifolina **Figura 6**, é um composto pertencente à família das antraquinonas, está presente em *S. obtusifolia*. Nos EUA, África e Ásia, a *S. obtusifolia* é considerada um remédio para várias doenças como o reumatismo. Alegadamente, várias substâncias antraquinonas estão presentes nas sementes de *S. obtusifolia*, das quais aurantio-obtusina é a mais abundante. Além disso, outras substâncias como a réina, aloe-emodina e emodina

também são presentes na *S. obtusifolia*. Obtusifolina é o segundo composto mais abundante em *S. obtusifolia* (XU et al, 2012; KOWALCZYK et al, 2020; NAM et al, 2021).

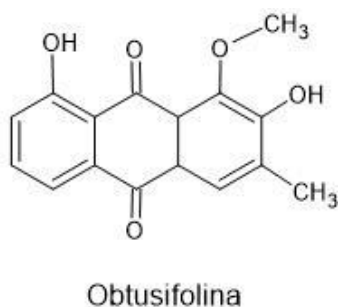


Figura 6: Substâncias isoladas na *S. obtusifolia*, obtusifolina.
Fonte: Autoria própria

Esses compostos podem ser de interesse acadêmico, não registrados na literatura especializada, intermediários de processos de biossíntese, ou de importância quimiotaxonômica, e, algumas vezes, substâncias de interesse econômico, como novos agentes medicamentosos ou novas fontes de compostos raros já utilizados (MATOS, 1997).

A prospecção permite ao químico o conhecimento preliminar do comportamento químico dos extratos com o qual se deverá trabalhar, sendo um instrumento utilizado na seleção de plantas para estudo. Várias técnicas têm sido desenvolvidas para a prospecção dessas substâncias, e o seu planejamento deve ser feito de acordo com objetivos específicos. Já a determinação da estrutura molecular dos constituintes isolados consiste em um campo especializado da química orgânica e é feita principalmente pela interpretação de vários espectros obtidos em espectrômetros de absorção das radiações ultravioleta, visível e infravermelha, espectrômetro de ressonância magnética protônica e de carbono 13, espectrômetro de massas, entre outros (MATOS, 1997).

Conforme os resultados obtidos nos bioensaios, pode-se concluir que quanto maior a concentração do extrato aquoso, maior será seu efeito alelopático, influenciando a diminuição da germinação de sementes, a diminuição da velocidade média de germinação, o aumento do tempo médio de germinação e reduzindo a sincronia da germinação das sementes. Sendo assim, a *S. occidentalis* possui um maior efeito alelopático do que a *S. obtusifolia*. Para estudos futuros espera-se a identificação e o isolamento dos compostos encontrados nos órgãos das plantas com o intuito de aprofundar a discussão e encontrar novas respostas acerca da atividade alelopática destas espécies.

Referências

- ALMEIDA, F. S. A alelopatia e as plantas. Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, PR, Londrina, 1988.
- ALMEIDA, C. F. C. B. R.; AMORIM, E. L. C.; ALBUQUERQUE, U. P.; MAIA, M. B. S. Medicinal plants popularly used in the Xingó region-a semi-arid location in Northeastern Brazil. *J Ethnobiol Ethnomed*, 2006.
- ALVES, A. C. Pharmacological study of the root of *Cassia occidentalis*. *Anal. Fac. Farm. Porto*, 1965.
- ANTON, R.; DUQUENOIS, P. L'emploi des *Cassia* dans les pays tropicaux et subtropicaux examine d'après quelquesunsdes constutians chimiques de ces plantes medicinales. *Plantes Med Phytother*, 1968.
- ARORA, K. Allelopathic influence of *cassia occidentalis* l. On growth of *Zea Mays* L. *Ind. J. Sci. Res. and tech*, 2013.
- BRANDÃO, M. G. L.; GRANDI, T. S. M.; ROCHA, E. M. M.; SAWYER, D. R.; KRETTLI, A. U. Survey of medicinal plants used as antimalarial in the Amazon. *J Ethnopharmacol*. 1992.
- CÂNDIDO, A. C. S. et al. Potencial alelopático da parte aérea de *Senna occidentalis* (L.) Link (Fabaceae, Caesalpinioideae): Bioensaios em laboratório. ***Acta Botanica Brasilica***, v. 24, n. 1, p. 235–242, 2010.
- CHAUHAN, D.; CHAUHAN, J. S.; SIDDIQUI, I. R.; SINGH, J. Two new anthraquinone glycosides from the leaves of *Cassia occidentalis*. ***Indian Journal of Chemistry***. 2001.
- DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; RIMANDO, A. M.; SCHRADER, K. K.; OLIVA, G. A. A.; ROMAGNI, J. G. Invited paper: chemicals from nature for weed management. *Weed Science*, 2002.
- FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia. ***Revista Brasileira De Fisiologia Vegetal***, v. 12, n. Vii, p. 175–204, 2000.
- FERREIRA, A. G. Interferência: competição e alelopatia. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI F, organizadores. *Germinação do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artimed; 2004.
- FORZZA, R. C.; LEITMAN, P. M.; COSTA, A.; CARVALHO, A. A. J.; PEIXOTO, A. L.; TELES, B. M. W.; BICUDO, C.; ZAPPI, D.; COSTA, D. P.; LLERAS, E.; MARTINELLI, G.; LIMA, H. C.; PADRO, J.; STEHMANN, J. R.; BAUMGRATZ, J. F. A.; PIRANI, J. R.; SYLVESTRE, L. S.; COSTA, L. M.; LOHMANN. L. G.; PAGANUCCI, L.; SILVEIRA, M.;

NADRUZ, M.; MAMEDE, M. C. H.; BASTOS, M. N. C.; MORIM, M. P.; BARBOSA, M. R.; MENEZES, M.; HOPKINS, M.; SECCO, R.; CAVALCANTI, T.; SOUZA, V. C. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro v. 2. p. 1699, 2010.

GUPTA. A. K.; CHOUGULE, M. A.; PADALKAR, R. K. N. M. R. Structural characterization of galactomannan from *Cassia occidentalis* seeds. *Indian Journal of Chemistry, Section B: Organic Chemistry Including Medicinal Chemistry*, v. 34, n. B, p. 469, 1995.

HATANO. T.; MIZUTA, S.; ITO, H.; YOSHIDA, T. C-glycosidic flavonoids from *Cassia occidentalis*. *Phytochem*, 1999.

JARDIM, M. A. G.; MENDONÇA, L. F. R.; FERREIRA, M. M. D. Os produtos naturais para o desenvolvimento sustentável e biotecnológico: um estudo sobre plantas antimaláricas no estado do Pará. *Rev Saber* 2001.

KAUR, I.; AHMAD, S.; HARIKUMAR, S. L. Pharmacognosy, Phytochemistry and Pharmacology of *Cassia occidentalis* Linn. **International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research**. p.151-155, v. 6, n. 2, 2014.

KOWALCZYK, T.; SITAREK, P.; TOMA, M.; PICOT, L.; WIELANEK, M.; SKAŁA, E.; ŚLIWIŃSKI, T. An extract of transgenic *Senna obtusifolia* L. hairy roots with overexpression of Pgss1 gene in combination with chemotherapeutic agent induces apoptosis in the leukemia cell line. *Biomolecules*, 2020.

LEWIS, D. C.; SHIBAMOTO, T. Effects of *Cassia obtusifolia* (sicklepod) extracts and anthraquinones on muscle mitochondrial function. *Toxicon*, 1989.

LOMBARDO, M.; KIYOTA, S.; KANEKO, T. M. Aspectos étnicos, biológicos e químicos de *Senna occidentalis* (Fabaceae). **Revista de Ciencias Farmaceuticas Basica e Aplicada**, v. 30, n. 1, p. 9–17, 2009.

LORENZI, H. Plantas Daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. Nova Odessa, 2ª ed. Plantarum, 1991.

LORENZI, H. Plantas Daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa, 3ª ed. Plantarum, 2000.

LPWG -The Legume Phylogeny Working Group. Legume phylogeny and classification in the 21st century: Progress, prospects and lessons for other species-rich clades. *Taxon*, v.62, n.2, p.217-248, 2013.

MACEDO, E. M. S.; SILVA, A. J. G.; SILVA, M. G. V. Quimiodiversidade e propriedades biofarmacológicas de espécies de *Senna* nativas do Nordeste do Brasil. *Revista Virtual de Química*, 2016.

MARQUES, F. R. F. et al. GerminaQuant: a new tool for germination measurements. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 3, p. 248–255, 2015.

MUSA, D. D.; ESSON, A. E.; SHUAIBU, B. U.; ADEBOLA, M. I. Allelopathic effect of *senna obtusifolia* on the germination and growth of cowpea (*vigna unguiculata*) and maize (*zea mays*). **African Journal of Science and Research**. v. 1. n. 5, 2016.

MATOS, F. J. A. Introdução a fitoquímica experimental. 2.ed. Fortaleza: Edições UFC, 1997.

NAM, J.; DONG-WON, S.; CHOONG-GU, L.; CHEOL-HO, P.; GABBINE, W.; SIYOUNG, Y. Obtusifolin, an Anthraquinone Extracted from *Senna obtusifolia* (L.) H.S.Irwin & Barneby, Reduces Inflammation in a Mouse Osteoarthritis Model. *Pharmaceuticals*, v. 14, n. 3, 2021.

PINTO, A. C.; SILVA, D. H. S.; BOLZANI, V. S.; LOPES, N. P.; EPIFANIO, R. A. Produtos naturais: atualidade, desafios e perspectivas. *Química Nova*, v. 25, Supl. 1, 2002, p. 45-61.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 1, p. 1–11, 2006.

REZENDE, C. P; PINTO, J. C. Alelopatia e suas Interações na formação e manejo de pastagens. **BOLETIM AGROPECUÁRIO**, 2003.

RICE, L. Allelopathy. Londren, Academic Press, 1984.

RODRIGUES, I. M. C.; SOUZA FILHO, A. P. S.; FERREIRA, A.; DEMUNER, A. J. prospecção química de compostos produzidos por *Senna alata* com atividade alelopática. *Planta Daninha*, v. 28, n. 1, p. 1-12, 2010.

SILVA, J. R. B.; SANTOS, A. F. Efeito Alelopático de Extratos Aquosos de *Senna Obtusifolia* (L.) H. Irwin e Barneby. **Floresta e ambiente**. v. 17. n. 2, 2010.

PUTNAM, A. R., Allelochemicals from plants as herbicides. *Weed Technol*, 2:510?518, 1988.

VIEGAS-JUNIOR, C.; REZENDE, A.; SILVA, D. H. S.; CASTRO-GAMBOA, I.; BOLZANI, V. S.; BARREIRO, E. J.; MIRANDA, A. L. P.; ALEXANDRE-MOREIRA, M. S.; YOUNG, M. C. M. Aspectos químicos, biológicos e etnofarmacológicos do gênero *Cassia*. *Quím Nova*, 2006.

VILLELA, F.A. et al. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. Pesquisa Agropecuária Brasileira, V.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.

XU, L.; CHAN, C. O.; LAU, C. C.; YU, Z.; MOK, D. K.; CHEN, S. Simultaneous determination of eight anthraquinones in semen cassia by HPLC-DAD. Phytochem. 2012.

YADAV, J. P.; ARYA, V.; YADAV, S.; PANGHAL, M.; KUMAR, S.; DHANKHAR, S. Cassia occidentalis L.: A review on its ethnobotany, phytochemical and pharmacological profil. Fitoterapia, 2010.

WADER, G. R.; KUDAV, N. A. Chemical investigation of Cassia occidentalis Linn. with special reference to isolation of xanthones from Cassias species. Indian Journal of Chemistry. 1987.