

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

AMANDA CRISTINE ABREU SILVA

**ALELOPATIA E FITOQUÍMICA DE EXTRATOS AQUOSO E ETANÓLICO DE
BACURI (*Platonia insignis* Mart.) E IPÊ DE JARDIM (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex
Kunth.) NA GERMINAÇÃO DE *Allium cepa* L.**

SÃO LUÍS

2020

AMANDA CRISTINE ABREU SILVA

**ALELOPATIA E FITOQUÍMICA DE EXTRATOS AQUOSO E ETANÓLICO DE
BACURI (*Platonia insignis* Mart.) E IPÊ DE JARDIM (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex
Kunth.) NA GERMINAÇÃO DE *Allium cepa* L.**

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Ciências Biológicas da Universidade
Federal do Maranhão para obtenção do grau de
Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ilisandra Zanandrea

SÃO LUÍS

2020

AMANDA CRISTINE ABREU SILVA

**ALELOPATIA E FITOQUÍMICA DE EXTRATOS AQUOSO E ETANÓLICO DE
BACURI (*Platonia insignis* Mart.) E IPÊ DE JARDIM (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex
Kunth.) NA GERMINAÇÃO DE *Allium cepa* L.**

Monografia submetida a avaliação

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ilisandra Zanandrea – Orientador

Prof. Dr. – Wanderson Silva Pereira

Profa. Dra – Alana das Chagas

Prof. Dr. – Juliano dos Santos- Suplente

Prof. Juliana – Suplente

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Abreu Silva, Amanda Cristine.

ALELOPATIA E FITOQUÍMICA DE EXTRATOS AQUOSO E ETANÓLICO DE BACURI *Platonia insignis* Mart. E IPI DE JARDIM *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth. NA GERMINAÇÃO DE *Allium cepa* L/
Amanda Criscine Abreu Silva. - 2020.

59 f.

Coorientador(a): Monique Ellen Farias Barcelos.

Orientador(a): Ilisandra Zanandrea.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2020.

1. Atividade alelopática. 2. Composição química. 3. Metabólitos secundários. 1. Farias Barcelos, Monique Ellen. II. Zanandrea, Ilisandra. III. Título.

AGRADECIMENTOS

À Deus que permitiu que eu chegasse até aqui, que em todos os momentos esteve ao meu lado dando forças para eu não desistir, sem ti eu nada seria e não teria chegado na metade dessa árdua caminhada.

À minha amada mãe, Célia, o anjo que Deus colocou aqui na terra para cuidar de mim, que é meu alicerce e meu exemplo de força e superação. Por todos os seus sacrifícios para dá o sustento e educação para mim e meus irmãos, mesmo com tão pouco. A senhora sempre vai ser meu maior exemplo de mulher guerreira, de força, determinação e honestidade. Essa vitória é sua.

À minha irmã, Celiane, pelo exemplo, amor e cuidado. Por todas as conversas e incentivos tanto emocionais com palavras encorajadoras e pelo financeiro. Eu não poderia escolher uma irmã melhor.

À meu irmão, Alisson, por suas brincadeiras, incentivo e por todas as passagens que me ajudaram bastante.

À minha avó, Hilda (in memória), pelo seu amor, carinho, por seus sábios conselhos e por sempre me incentivar a ir em busca dos meus sonhos. Essa vitória também é para a senhora vó.

À minha avó, Creuza, por sempre me ensinar que o melhor caminho é estudar e por me incentivar em minha trajetória.

Ao meu namorado, Harrison, por todo cuidado, amor e compreensão nos momentos de ausência e de estresse. Por caminhar do meu lado, me apoiando em todos os momentos, pela paciência e até por dividir as tarefas e a carga de toda essa caminhada acadêmica. Por tantas vezes deixar o seu computador para que eu fizesse minhas atividades da academia e para realização desta monografia. Por me proporcionar momentos leves e me fazer feliz mesmo nos piores momentos.

À minha amiga, Florine, que caminhou lado a lado comigo nessa jornada muitas vezes chorando comigo, enlouquecendo comigo e dividindo a carga da vida acadêmica. Nossa amizade vai além da academia, é para a vida.

Ao meu amigo e pastor, Raimundo Melônio, por todos os conselhos, palavras acolhedoras em momentos difíceis, pelo apoio, amizade, e por sempre me incentivar a nunca desistir, por sempre me fazer acreditar na minha força e por todas as orações.

À tia e pastora, Telma, por todas as doces palavras, pela sua paciência e bondade que me inspiram. Pelas conversas e conselhos sábios e por sempre me incentivar a continuar firme nessa jornada e a ir em busca dos meus sonhos.

À minha querida orientadora, Dra. Ilisandra Zanandrea, por toda orientação, pelas oportunidades que me proporcionou, por acreditar no meu potencial, pelos conselhos, pelos projetos e por me apresentar a Fisiologia e Anatomia Vegetal que fez com que eu me apaixonasse. Por sua dedicação, amor no ensino e pela amizade.

Ao meu amigo, Henrique, por ter acreditado no meu potencial, pelo incentivo, por correr comigo atrás de toda a documentação para a realização da minha matrícula. Pela companhia nos estudos, por muitas vezes abdicar do seu computador para que eu fizesse uso, por tudo que passamos juntos e pela amizade.

À minha eterna vizinha, dona Neide, que me ajudou em muitos momentos e por todos os conselhos e incentivo.

Aos meus tios e tias, Lucilene, Vicente, Lúcia e Elizabeth pelo apoio e incentivo durante essa caminhada e por acreditarem em mim.

À minha tia, Clenilce, pelo incentivo, por me acalmar e por dividir comigo as frustrações e vitórias da vida acadêmica.

Aos meus irmãos, João Vitor e Bianca, por acreditarem em mim, pela alegria, carinho, amor e pelo orgulho com que sempre falam de mim.

À toda minha família, que é muita gente, e que todos de forma direta ou indireta contribuíram para concretização desse sonho.

À uma das minhas famílias, a Igreja Batista Vida Plena, todos os irmãos que me incentivaram, me apoiaram e sempre oraram por mim.

Aos meus amigos parceiros de luta que sempre vão morar no meu coração, minha chará Amanda que esteve comigo em todos os momentos, obrigada por toda a parceria amiga e loucuras que passamos juntas. Karina que sempre me deu forças com palavras e sempre esteve do meu lado sofrendo junto comigo. Nagela, por sempre está junto comigo, que é a paciência

em pessoa, e que sempre falava: calma amiga, vai dá tudo certo, e no final sempre dava mesmo. Lukas, nosso menino de ouro, aquela pessoa que está ali para ti ajudar não importa o momento, você é um exemplo de humildade, inteligência e solidariedade amigo. Carol, que é aquela pessoa medrosa, mas ao mesmo tempo uma das pessoas mais prestativas que conheço, por todas as caronas e por estar em todos os momentos partilhando essa montanha russa que é a academia. Nurzia, que é a alegria e a gaiatice em pessoa, por todos os momentos caminhados ao meu lado e por partilhar as labutas dessa vida comigo. Joyce, a nossa mascotinha, tão meiga e as vezes tão reservada e ao mesmo tempo tão prestativa, aprendi muito contigo amiga. Raíza, que eu digo que também faz parte da fisiologia e que dividiu tantos momentos importantes comigo. Lule, que chegou depois, mas que viveu tanta coisa do meu lado e dividiu tantos momentos dessa jornada comigo.

Á meu amigo e técnico, Enielson, que dedicou tanto do seu tempo durante árduos momentos de montagem de experimento e em tantas etapas muitas vezes estressantes e angustiantes desse trabalho, por partilhar todo conhecimento e por toda paciência que teve comigo em todos esses momentos.

Á minha coorientadora, Monique, pela partilha, paciência, e ajuda durante esse trabalho.

À meu amigo, Alex, que conheci durante essa caminhada e que se tornou um amigo para toda a vida. Por todos os momentos compartilhados ao meu lado, momentos divertidos, momentos de estresse, momentos de provas, trabalhos e tantos outros que passamos juntos.

À todos do meu eterno LFAV, Cícero, Juliana, Alana, Priscya, Wesley, Pedro, Davi, Renata, Gabriel, Marina, Samara, Juliano, e outros já mencionados aqui, do laboratório de fisiologia e anatomia vegetal que me ajudaram durante os experimentos e que viveram tantos momentos especiais e alguns até difíceis comigo. Onde pude aprender muitas coisas com cada um que faz parte desse lindo laboratório e que vou levar sempre comigo.

Á todos meus amigos da universidade, da minha turma de outras turmas e até de outros cursos. Amigos que fizeram toda a diferença e que compartilharam muitos momentos importantes ao meu lado, são muitos por isso não vou menciona-los aqui.

À todos os meus amigos de escola, de infância, de igreja, de vizinhança dentre outros. Amigos que de alguma forma me ajudaram na realização desse sonho, não vou menciona-los pois são muitos, mas todos estão guardados no meu coração.

Ao curso de Ciências Biológicas, professores, que dedicam do seu tempo e que compartilharam conhecimento e vivência comigo. Pela contribuição de cada um para minha formação, aprendi muito com cada um.

À coordenação da biologia, na pessoa da Dona Linair e Wilma, que prontamente sempre atendia nossas petições, tirando nossas dúvidas e nos auxiliando.

À professora Mariana, por toda a orientação e partilha de conhecimento durante o tempo que fiz parte do Programa de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), aprendi muito com você e com o programa, foi fundamental para meu amadurecimento enquanto docente.

Ao coordenador de estágio, Wanderson, e pelos supervisores técnicos, Marilene e Márcio, como também os supervisores docentes, Prof. Alessandro e Carlos, por todas as suas orientações, reuniões, paciência e partilha. Processo fundamental para meu amadurecimento enquanto docente.

À Universidade Federal do Maranhão, por me proporcionar essa oportunidade, pelo aprendizado, pela formação, pelo ótimo ensino e por me acolher durante todos esses anos.

À todos, que contribuíram direta e indiretamente para que eu chegasse até aqui e para a realização desse trabalho e desse sonho.

“Entrega teu caminho ao
Senhor, confia n’ele e o mais
Ele fará! ”

Salmos 37:05

RESUMO GERAL

Platonia insignis Mart. (Bacuri) é uma espécie considerada, na agroindústria, com um grande potencial socioeconômico por seus frutos serem apreciados no mercado e pela possibilidade de serem aproveitados para consumo in natura (fruta fresca) e na produção de polpa, sorvetes e derivados. Pertencente à família Clusiaceae têm grande aceitação nas áreas de ocorrência natural da espécie, principalmente no Estado do Pará e Maranhão. Em termos percentuais, a maior parte do bacuri é representada pelo epicarpo e mesocarpo, popularmente denominado de casca, sendo as sementes o segundo componente. Esta árvore pode alcançar de 15 a 25 metros de altura e 1,5 metro de diâmetro, ou 4 metros de circunferência. A espécie *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth pertence à família Bignoniaceae, conhecida vulgarmente como amarelinho, ipê-mirim ou ipêzinho-de-jardim, é uma árvore ornamental de cinco a sete metros de altura, nativa das américas e Antilhas. É adequada para o plantio em parques e jardins e também uma espécie subspontânea em algumas regiões do país, onde é considerada planta daninha de pastagem. Dispersada mundialmente, a planta já era registrada como invasora em ilhas da América Central, Indonésia e Polinésia e recentemente na África do Sul e Austrália. Definida como a interferência (direta ou indireta) provocada pela liberação, no ambiente, de substâncias naturais oriundas do metabolismo secundário e que afetam o desenvolvimento de outras plantas, a alelopatia, é uma forma de interação bioquímica entre vegetais ou microrganismos podendo ser de forma maléfica ou benéfica. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi averiguar a composição química e os potenciais efeitos alelopáticos de de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) e Ipê de jardim (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth.) na germinação de sementes de *Allium cepa*. As principais classes de metabólitos encontrados nos extratos foram os ácidos fenólicos e os flavonoides. Na avaliação alelopática foi possível perceber uma atividade alelopática para os extratos de ipê. Enquanto que os extratos de bacuri não apresentaram atividade alelopática significativa.

Palavras-chave: Atividade alelopática. Metabólitos secundário. Composição química.

ABSTRACT

Platonia insignis Mart. (Bacuri) is a species considered, in the agro-industry, with a great socioeconomic potential because its fruits are appreciated in the market and can be used for consumption in natura (fresh fruit) and in the production of pulp, ice cream and derivatives. They belong to the Clusiaceae family and are widely accepted in the areas of natural occurrence of the species, mainly in the State of Pará and Maranhão. In percentage terms, most of the bacuri is represented by the epicarp and mesocarp, popularly known as bark, with the seeds being the second component. This tree can reach a height of 15 to 25 metres and a diameter of 1.5 metres, or 4 metres in circumference. The species *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth belongs to the family Bignoniaceae, commonly known as yellow, ipê-mirim or ipêzinho-de-jardim, it is an ornamental tree five to seven metres high, native to the Americas and the Antilles. It is suitable for planting in parks and gardens and also a spontaneous species in some regions of the country, where it is considered a pasture weed. Scattered worldwide, the plant was already registered as an invader on islands in Central America, Indonesia and Polynesia and recently in South Africa and Australia. Defined as the interference (direct or indirect) caused by the release into the environment of natural substances derived from secondary metabolism and affecting the development of other plants, allelopathy is a form of biochemical interaction between plants or microorganisms that can be harmful or beneficial. In view of this, the objective of this work was to investigate the chemical composition and potential allelopathic effects of Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) and Ipê de jardim (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth.) on the germination of *Allium cepa* seeds. The main classes of metabolites found in the extracts were phenolic acids and flavonoids. In the allelopathic evaluation it was possible to perceive an allelopathic activity for the ipê extracts. While bacuri extracts did not show significant allelopathic activity.

Keywords: Allelopathic activity. Secondary metabolites. Chemical composition.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Alelopatia de extratos vegetais	14
2.2. Metabolismo secundário e compostos químicos.....	16
2.3. <i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. Ex Kunth (Ipê de jardim)	17
2.4. <i>Platonia insignis</i> Mart. (BACURI).....	18
2.5. Organismo teste <i>Allium cepa</i> L.	19
3. REFERÊNCIAS	20
4. ARTIGO.....	26
4.1. INTRODUÇÃO	28
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.2.1. Obtenção dos extratos de plantas	30
4.2.2. Perfil fitoquímico dos extratos - Cromatografia por HPLC-PDA.....	31
4.2.3. Análise alelopática dos extratos	31
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.3.1. Cromatografia por HPLC-PDA dos extratos.....	32
4.3.2. Alelopatia dos extratos Vegetais	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
6. NORMAS DA REVISTA	50

1. INTRODUÇÃO GERAL

A alelopatia é definida pela International Allelopathy Society (IAS) como a influência de metabolitos secundários produzidos não apenas por plantas, mas também por algas, bactérias e fungos, que assim influenciam no desenvolvimento e o crescimento de outros organismos (REIGOSA et al., 2013). A alelopatia pode ser considerada um mecanismo ecológico que influencia na sucessão vegetal primária e secundária, na formação de comunidades, na dominância vegetal, na gestão e produtividade de culturas (CHOU, 1999).

Essa interação alelopática ocorre pela liberação de aleloquímicos por processos de lixiviação de partes das plantas, volatilização e exsudação das raízes, atividade microbiana e decomposição de resíduos secos (CHEEMA & WAHID, 2013). Estes processos possibilitam ao vegetal interferir no metabolismo de outras plantas próximas, como forma de obter maior chance de acesso à luz, água e nutrientes e, conseqüentemente, há maior adaptabilidade evolutiva e estabelecimento nas comunidades vegetais (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Pesquisas voltadas para a atividade alelopática podem ser iniciadas através da produção de extratos, a fim de se investigar os potenciais efeitos que uma planta exerce sobre a outra. Os extratos vegetais podem aumentar a produção de plantas, estimular o desenvolvimento, e podem ser eficazes no controle de doenças, como já destacado por diversos pesquisadores (BAKKALI, 2008; RIZZO et al., 2010; NORRIE, 2008; STIRK et al., 2003). Porém, os extratos vegetais em sua maioria apresentam efeitos alelopáticos que podem interferir auxiliando ou inibindo o cultivo das plantas, devido à diversidade de metabólitos produzidos pelos vegetais (GUIDOTTI et al., 2013).

O primeiro conhecimento sobre metabolismo secundário vegetal se deu na metade do século XIX, quando Julius Sachs publicou em seu livro a diferenciação do metabolismo primário ao secundário, dizendo que existiam compostos provenientes do metabolismo vegetal que não possuíam a utilidade de formar novas células, sendo então considerados produtos de importância desconhecida, sendo tratados por muito tempo como produtos desperdiçados pela planta (waste products), compostos provenientes do metabolismo primário que eram formados sem propósito para o vegetal. As pesquisas com metabólitos secundários só ganharam força no século XX, quando químicos começaram a isolar compostos e associá-los aos tecidos vegetais em que foram encontrados, bem como separá-los em classes (terpenóides, alcalóides, flavonóides, entre outros) e quantificar o composto presente. Friedrich Wilhelm Sertürner (1950) deu início às pesquisas de produtos naturais isolando a morfina a partir do ópio,

considerando-a inicialmente um sonífero (*principium somniferum*), a qual foi totalmente elucidada (HARTMANN, 2007; WINK, 2003).

Um determinado metabólito secundário pode ter diferentes efeitos, prejudiciais ou benéficos, dependendo do seu tipo, grupo funcional, propriedade química e concentração no meio que está atuando (BARBOSA et al., 2005; GOLDFARB et al., 2009). A realização de experimentos com organismos-teste permite avaliar a substância quanto à sua atividade alelopática, citotóxica e mutagênica. Sistemas testes vegetais, realizados com células meristemáticas de raízes de plantas, têm sido amplamente empregados na investigação de potencial alelopático, na detecção de citotoxicidade/mutagenicidade de extratos vegetais (TEIXEIRA et al., 2003; FACHINETTO et al., 2007).

Dentre as espécies usadas para estes tipos de experimentos estão a *Lactuca sativa* L. (Alface) e *Allium cepa* L. (Cebola), que são amplamente citadas na literatura como organismos-teste em bioensaios vegetais (OLIVEIRA, et al., 2014; MA et al. 2015; MORAES et al., 2015; TANG et al., 2016; ZHAO; YUAN; ZHANG, 2016). Ambas possuem características vantajosas que possibilitam e facilitam a utilização para essa finalidade como germinação rápida e uniforme, crescimento linear em ampla faixa de variação de pH, baixa sensibilidade aos potenciais osmóticos, facilidade de manuseio e acesso, zona meristemática radicular com grande número de células em divisão, número e tamanho cromossômico que facilitam análises citogenéticas, além de alto grau de sensibilidade aos toxicantes (RICE, 1984; GRIPPA et al., 2010; CUCHIARA, 2012; SIMÕES et al., 2013).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi averiguar a composição química e os potenciais efeitos alelopáticos de extratos de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) e Ipê de jardim (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth.) na germinação de sementes de *Allium cepa* L.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Alelopatia de extratos vegetais

A alelopatia é definida como o efeito inibitório ou benéfico, direto ou indireto, de uma planta sobre outra, via produção de compostos químicos que são liberados no ambiente. Esse fenômeno ocorre em comunidades naturais de plantas e pode, também, interferir no crescimento das culturas agrícolas (SOUZA et al., 2006), uma vez que em contato com o solo, as substâncias alelopáticas podem combinar-se de várias maneiras e interferir no metabolismo de outros organismos. Muitas substâncias apontadas como alelopáticas estão também relacionadas com funções de proteção ou defesa das plantas contra o ataque de microrganismos e insetos (PIÑA-RODRIGUES; LOPES, 2001). Por esses motivos as plantas alelopáticas tem sido muito

pesquisada como fonte de substâncias inovadoras e eficientes com potencial de uso, em larga escala, na agricultura, tanto para o controle de pragas agrícolas de importância econômica, como, também, no controle de plantas daninhas (SOUZA FILHO et al., 2009). Para alguns autores, como Harborne e Almeida,

A alelopatia é um fenômeno extremamente complexo por ser um componente de interferência, caracterizada pela introdução de novos fatores, os compostos químicos, no meio ambiente, o que a distingue da competição, que se dá pela retirada ou redução de fatores do ambiente (apud PERIOTO, 2003).

A alelopatia também pode ser definida como um processo pelo qual produtos do metabolismo secundário de um determinado vegetal são liberados, impedindo a germinação e o desenvolvimento de outras plantas relativamente próximas (SOARES, 2000).

A percepção da existência da alelopatia ocorreu desde o início da agricultura em que o primeiro registro acerca da fitotoxicidade de uma planta sobre o desenvolvimento de outra ocorreu em 300 a.C, na obra de Theophrastus intitulada *Enquiry into plants*, quando este propôs que *Cicer arietinum* exauria o solo onde se encontrava, limitando o surgimento de outras espécies no local (ALIZADEH, 2011; RIZVI, 2012; REIGOSA et al., 2013). Em 1 d.C, Plínio aventou a teoria de que os problemas na agricultura de sua cidade seriam provocados por outras plantas ali existentes (GATTI, 2003).

Segundo Almeida (1991), os efeitos alelopáticos podem ser avaliados por meio da extração de partes do vegetal com água, sendo o extrato aquoso utilizado como meio de embebição em bioensaios de germinação de sementes. Desta forma, é possível observar os efeitos dos compostos alelopáticos sobre as espécies cultivadas, os quais é expresso por inibição ou estímulo da germinação e do crescimento de plântulas (VYVYAN, 2002).

A presença de aleloquímicos capazes de influenciar o crescimento e o desenvolvimento de florestas parece estar espalhada por todos os tipos de ecossistemas (BLANCO, 2009). Ferreira; Aqüila (2000), assim como Rodrigues (2002) consideram que os aleloquímicos, são substâncias químicas vegetais que atuam nessa interação, podem ter origem no metabolismo primário, mas, em sua maioria, são provenientes do metabolismo secundário, com destaque as saponinas, os taninos e os flavonóides, que apresentam solubilidade em água.

Os sintomas de alelopatia, além da morte de sementes, são o crescimento reduzido, o amarelecimento de folhas e, nos casos mais extremos, o secamento de galhos e a morte da planta. Olofsdotter (1999) afirma que a alelopatia é a influência direta dos produtos químicos liberados de uma planta no desenvolvimento e no crescimento de outra planta, ainda assim os

mecanismos com que os aleloquímicos impactam o desenvolvimento e o crescimento, de plantas alvejadas permanecem obscuros (ALTIERI, 2002).

O efeito da hormese ocorre quando uma substância tóxica, em doses muito menores que aquela que apresenta toxicidade, estimula o desenvolvimento da planta. Algumas pesquisas demonstraram que certos compostos podem atuar como promotores de crescimento (YAMADA et al., 1995; YOKOTANI-TOMITA et al., 1998).

O efeito hormese é observado em todos os grupos de organismos como bactérias e fungos, plantas superiores e animais (CALABRESE, 2005), contudo, os efeitos dos aleloquímicos podem variar conforme o órgão da planta onde eles atuam (AQUILA et al., 1999), sendo capazes de causar inibições em um órgão e pequeno incremento em outro, podendo ser um reflexo da fisiologia distinta desses órgãos.

2.2. Metabolismo secundário e compostos químicos

Metabólitos secundários são substâncias produzidas em pequenas quantidades, e, em contraste com os primários, nem sempre estão envolvidos em funções vitais do vegetal ou mesmo presente em todos eles. Além disto, são conhecidos por serem sintetizados em tipos celulares especializados e em distintos estágios de desenvolvimento, tornando seu isolamento e purificação mais trabalhosos. Estes constituintes químicos são extremamente diversos. Cada família, gênero, e espécie produz uma categoria química característica ou uma mistura delas, e elas, por vezes, podem ser utilizadas como caracteres taxonômicos na classificação das plantas (BELL et al. 1980; WAKSMUNDZKA-HAJNOS; SHERMA; KOWALSKA, 2008).

São produzidos por todas as plantas em vários níveis de concentração, diversidade e composição (REIGOSA et al., 2013), podendo ser específicos às espécies ou grupo vegetal (SIMÕES et al., 2017); sua síntese irá variar em relação ao órgão produtor, estágio do ciclo de vida, estações do ano, estado nutricional, estresse biótico e abiótico (LARCHER, 2006; ALBUQUERQUE et al., 2011; SIMÕES et al., 2017) e presença de patógenos, competidores e predadores (INDERJIT, 2011; MEINERS et al., 2012). Segundo Hierro e Callaway (2003), a disponibilidade de recursos é um dos fatores determinantes para a produção desses compostos.

Dentre as diversas substâncias químicas com propriedades alelopáticas, destacam-se compostos pertencentes aos grupos dos ácidos fenólicos, cumarina, saponinas, glicosídeos, terpenos, alcaloides, esteroides e flavonoides (SIMÕES et al., 2017). Na maioria dos casos, esses compostos não causam nenhum efeito sobre a planta-alvo, pois são liberados sozinhos e em baixas concentrações (SOUZA et al., 2006). Whittaker (apud GATTI, 2003) defende que,

nas células vegetais, os aleloquímicos ficam isolados nos vacúolos, a fim de evitar sua própria autotoxicidade; somente quando estão em grande quantidade e/ ou em interação com vários aleloquímicos é que a alelopatia se estabelece.

A abrangente atuação dos metabólitos secundários dos vegetais mostra a necessidade e a importância do conhecimento sobre esses compostos. Entender a sua atuação pode levar a inúmeras possibilidades de estudos que direcionem a busca pela solução de importantes problemas enfrentados atualmente como a resistência microbiana às drogas sintéticas ou os prejuízos causados pelo uso desordenado de pesticidas (BEZERRA, 2008)

2.3. *Tecoma stans* (L.) Juss. Ex Kunth (Ipê de jardim)

A espécie *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth (Bignoniaceae), conhecida vulgarmente como amarelinho, ipê-mirim ou ipêzinho-de-jardim, é uma árvore ornamental de cinco a sete metros de altura, nativa das Américas e Antilhas. É adequada para o plantio em parques e jardins e é também uma espécie subspontânea em algumas regiões do país, onde é considerada planta daninha de pastagem (LORENZI et al., 2003). No Brasil, foi introduzida para fins ornamentais, mas se tornou uma espécie invasora de áreas degradadas e pastagens na região sul (ZILLER; ZENNI; GRAF NETO, 2004).



Figura1: Planta ipê de jardim (*Tecoma stans*)

Trazida para o Brasil como ornamental por volta de 1871 (KRANZ; PASSINI, 1997), atualmente é considerada um dos maiores problemas ambientais no norte do Paraná e na Região da Serra Gaúcha, apresentando numerosas, e por vezes, extensas áreas invadidas (BREDOW et al., 2004).

Segundo Gentry (1992) e Marchiori (1995), *T. stans* possui a seguinte classificação botânica: Reino Plantae, Subreino Tracheobionta, Classe Magnoliatae, Subclasse Asteridae, Superordem Lamianae, Ordem Scrophulariales, Família Bignoniaceae, Tribo Tecomae, Gênero

Tecoma, Espécie *stans*, Variedades *stans*, *angustata* e *velutina*.

A família Bignoniaceae possui 600 gêneros de ampla distribuição nas regiões tropicais de todo o mundo, especialmente freqüentes nos trópicos americanos, são plantas lenhosas, arbustivas ou arbóreas e também trepadeiras (GENTRY, 1992). O gênero *Tecoma* possui 209 espécies catalogadas com 203 espécies nativas, cinco cultivadas e uma naturalizada, 11 subespécies e sete variedades na zona neotropical. A tribo Tecomae é exclusiva do novo mundo, exceto pelo gênero *Catalpa* spp. que ocorre na África (GENTRY, 1992).

T. stans é uma árvore com normalmente 10 metros de altura, podendo alcançar os 15 metros e 25cm de DAP. Possui ramos eretos, subcilíndricos, finamente estriados, lenticelados com textura glabra ou finamente escamosa. As plantas jovens possuem raiz pivotante, as raízes secundárias são horizontais, paralelas à superfície do solo as quais acumulam grande quantidade de reservas nutritivas e água e ainda possuem capacidade de emitir brotações, (PELTON, 1964; GENTRY, 1992; KRANZ; PASSINI, 1996 e 1997 e RENÓ, 2002.)

Introduzida no Paraná a partir da década de 70, hoje se acredita que ocupe como invasora, mais de 80 mil hectares em mais de 120 municípios, pois sua velocidade de expansão e os locais de ocorrência ainda são pouco estudados e conhecidos (KRANZ; PASSINI, 1997; KRANZ, 2000 e BREDOW et al., 2004).

Segundo Arpelt (2000) baixos níveis de estresse tendem a favorecer as espécies invasoras porque elas são mais hábeis que as nativas em tirar vantagens de uma alta disponibilidade de recursos. Poucos trabalhos sobre o assunto referem-se à disponibilidade de nutrientes no solo.

2.4. *Platonia insignis* Mart. (BACURI)

A família botânica Clusiaceae, subfamília Clusioideae e ao gênero *Platonia*, que é um monotipo, engloba aproximadamente 1000 espécies subordinadas a 47 gêneros, dispersos em regiões tropicais, subtropicais e temperadas no mundo. Em nove desses gêneros, cerca de 90 espécies são de plantas envolvendo árvores, arbustos, lianas e ervas de interesse econômico pela produção de frutos comestíveis, madeiras nobres, derivados químicos de interesse farmacêutico e industrial (BRUMMIT, 1992; JOLY, 1993; YAACOB e TINDALL, 1995; BARROSO et al., 2002).



Figura 2: Planta Bacuri (*Platonia insignis*)

No Brasil, entre as espécies frutíferas nativas da Amazônia Brasileira, são descritas cinco representantes dessa família, sendo o bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.) a mais importante, do ponto de vista econômico. As outras pertencem ao gênero *Rheediae* são conhecidas como ‘bacuri-mirim’ (*R. gardneriana* Miers. ex. Pl. et. Tr.), ‘bacuripari liso’ (*R. brasiliensis* (Mart.) Pl.et.Tr.), ‘bacurizinho’ (*R. acuminata* (R. et. P.) Pl. et. Tr.) e ‘bacuripari’ (*R. macrophylla* (Mart.) Pl. et. Tr.), essas espécies detêm nomenclatura vulgar em referência à espécie mais conhecida ‘bacurizeiro’ (*Platonia insignis* Mart.), todas possuem porte e frutos menores, de qualidade inferior que o bacurizeiro (LIMA, 2007).

Bacuri é o nome popular dado à *Platonia insignis*. O nome genérico “*Platonia*” é uma homenagem ao filósofo grego Platão e “*insignis*” o nome da espécie, significa notável, insigne, importante, grande, aquele que é notório, em alusão ao porte do fruto (YAMAGUCHI, 2014).

O bacurizeiro é uma espécie arbórea de porte médio a grande com aproveitamento frutífero, madeireiro e energético, com centro de origem na Amazônia Oriental. Ocorrem espontaneamente, em todos os estados da Região Norte e no Mato Grosso, Maranhão e Piauí. Sendo encontrado também nas Guianas, Peru, Bolívia, Colômbia e Equador (MENEZES, 2012).

As principais classes de compostos encontrados na família Clusiaceae são xantonas, cumarinas, biflavonoides e benzofenonas, produzidos pelas plantas principalmente como mecanismo de defesa. As benzofenonas das plantas da família Clusiaceae possuem propriedades incluindo anti-inflamatórios, antimicrobianos, e efeitos citotóxicos (ACUÑA et al., 2009).

1.1. Organismo teste *Allium cepa* L.

A Cebola (*Allium cepa* L.) é uma monocotiledônea da família Alliaceae, e é uma das espécies mais cultivadas dessa família, devido essencialmente ao volume e valor econômico de seus bulbos, os quais possuem também ação medicinal como atividade antioxidante, antiinflamatória, antitumoral, antiviral e cardiovascular (CASTELLANE et al., 1990;

LORENZI; MATOS, 2002). É uma espécie originária da Ásia Central, principalmente do noroeste da Índia e do Afeganistão (ACOSTA et al., 1993). De acordo com Garcia (1990), a Cebola foi introduzida no Brasil no Estado do Rio Grande do Sul no século XVIII, sendo as primeiras produções das cultivares Baia Periforme e Crioula (WAMSER et al., 2014).

Quanto às diferentes cultivares, Boiteux e Melo (2004) citam que os grupos são classificados como populações geneticamente heterogêneas como “Baia Periforme”, “Pêra” e “Crioula”, mantidas em coleções de germoplasmas por produtores. As cultivares brasileiras geralmente possuem bulbos globulares e alongados, película amarela, marrom, vermelha ou arroxeadada. As cultivares híbridas, possuem efeitos benéficos da heterose e alto padrão genético, tais como maior uniformidade de bulbificação, maior capacidade de adaptação por tolerar maior diversidade de plantio e maior produtividade em relação às cultivares de polinização livre, por isso, são as preferidas dos produtores médios e de grandes portes.

O teste de *Allium* tem recebido muita atenção por estar sendo usado em avaliação de poluentes presentes em solo e água (FISKESJÖ, 1985).

De acordo com Cuchiara et al. (2012) e Gripa et al. (2010), o teste com *Allium cepa* L. é recomendado para uma rápida avaliação da genotoxicidade de efluentes devido sua elevada sensibilidade, baixo custo, disponibilidade durante o ano todo, cinética de proliferação e crescimento rápido das raízes, alta tolerância a diferentes condições de cultivo, facilidade de manipulação e grande número de células em divisão com número de cromossomos reduzido ($2n=16$) e tamanho grande que são facilmente corados e observados (KURÁS, 2006). Os testes utilizando *A. cepa* são autorizados e validados pelo Programa Internacional de 21 Segurança Química e pelo Programa das Nações Unidas (GROVER; SATWINDERJEET, 1999).

O teste com *A. cepa*, combinado com análises químicas, pode ser usado para se conseguir dados com bases científicas para regulamentação das descargas de substâncias potencialmente perigosas, lançadas no ambiente (NIELSEN e RANK, 1994). Também mostrou ser sensível nas análises de hidrocarbonetos do petróleo, representando um eficiente modelo para detectar tais contaminações (LEME e MARIN-MORALES, 2008).

2. REFERÊNCIAS

- ACOSTA, A.; GAVIOLA, J.C.; GALMARINI, C. **Manual de production de semillas hortícolas: cebolla**. José Crnko, Mendoza. 1993.
- ACUÑA, U. M.; JANCOVSKI, N.; KENNELLY, E. J. **Polyisoprenylated benzophenones from Clusiaceae: potential drugs and lead compounds**. *Curr Top MedChem* 9: 1560-1580, 2009.
- ALBUQUERQUE, M. B. et al. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. **Agron. Sustain. Dev.**, n. 31, p. 379–395, 2011.
- ALIZADEH, O. **Exploitation of allelopathy in agriculture**. *Advances in Environmental Biology*, v. 5, n. 7, p. 1559-1562, 2011.
- Almeida, F.S. (1991) - **Controle de plantas daninhas no plantio direto**. Londrina: IAPAR, 1991. 34 p.
- ALPERT, P.; BONE, E.; HOLZAPFEL, C. **Invasiveness, invisibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants**. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*. 3/1, p.52-66; 2000.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 592 p.
- AQUÍLA, M. E. A.; UNGARETTI, J. A. C.; MICHELIN, A. **Preliminary observation on allelopathic activity in *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC**. *Acta Horticulturae*, v. 502, p. 383-388, 1999.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. **Biological effects of essential oils – A review**. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, p. 446-475, 2008. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article>. Acesso em 27 de agosto de 2019.
- BARBOSA, L. C. A.; MALTHA, C. R. A.; DEMUNER, A. J.; GANEM, F. R. **Síntese de novas fitotoxinas derivadas do 8-oxabicyclo[3.2.1]oct-6-en-3-ona**. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 444-450, 2005.
- BARROSO, G. M. et al. **Sistemática de angiospermas no Brasil**. Viçosa, MG: UFV, v. 1. 2. ed., 2002. 309 p.
- BELL, E. A.; CHARLWOOD, B.V. **Secondary plant products, in Encyclopedia Plant Physiology**. New York: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, v. 8, 1980.
- BEZERRA, D. A. C. **Estudo fitoquímico, bromatológico e microbiológico de *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret e *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-Árido). Patos, PB: Universidade Federal de Campina Grande, p. 62, 2008.
- BLANCO, J. A. **The representation of allelopathy in ecosystem-level forest models** **Department of Forest Sciences**, Faculty of Forestry, The University of British Columbia, Canadá 2009 (65–77).
- BOITEUX, L. S; MELO, P. C. T. **Sistema de Produção de Cebola (*Allium cepa* L)**. EMBRAPA, 2004. Disponível em: Acesso em: 23 fev. 2016.
- BREDOW, E. A.; PEDROSA-MACEDO, J. H.; VITORINO M. D. Amarelinho *Tecoma stans* (L.) JUSS. EX. KUNTH (BIGNONIACEAE) – **Uma ornamental multiuso ou uma plástica invasora**. In: PEDROSA-MACEDO, J. H.; BREDOW, E. A. (Eds.). **Princípios e rudimentos do controle biológico de plantas: coletânea**. Curitiba, 2004. p. 51-105.

- BRUMMIT, R. K. **Vascular plant families and genera**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. 804 p.
- CALABRESE, E. J. Paradigm lost, paradigm found: **The reemergence of hormesis as a fundamental dose response model in the toxicological sciences**. Environ. Pollution, Geneva, n. 138, p. 378-411, 2005.
- CASTELLANE, P. D.; NICOLSI, W. M.; HASEGAWA, M. **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal, FCAV/Funep, 1990. 261p.
- Cheema, Z.A. & Wahid, A.F.M. (2013) - *Allelopathy: Currents trends and future applications*. Berlin, Spring, 513 p.
- Chou, C.H. (1999) - **Methodologies for allelopathic research: from fields to laboratory**. In: Macias, F.A.; Galindo, J.C.G.; Molinillo, J.M.G. & Cutler, H.G. (Eds.) - *Advances in allelopathy*. Cadiz, Serv. Pub. Univ. Cadiz, vol. 1, p. 3-24.
- CUCHIARA, C.C.; BORGES, C.S.; BOBROWKI, V.L.; **Sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador da citogenotoxicidade de cursos d'água**. Tecnologia & Ciência Agropecuária, v.6, n.1, p.33-38, João Pessoa, mar. 2012.
- CUCHIARA, C.C.; BORGES, C.S.; BOBROWKI, V.L.; Sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador da citogenotoxicidade de cursos d'água. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.6, n.1, p.33-38, João Pessoa, mar. 2012.
- Fachinetto, J. M. et al. Efeito anti-proliferativo das infusões de *Achyrocline satureioides* DC(Asteraceae) sobre o ciclo celular de *Allium cepa*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v.17, n.1, p.49-54, jan./mar. 2007.
- FERREIRA, A. G.; AQUILA, M.E.A.; Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Paulo. v. 12, n. 1, p. 175- 204. 2000.
- G. Fiskesjö. **The Allium test as a standard in environmental monitoring**, Hereditas 102 (1985) 99-112.
- GARCIA, A. **Versão preliminar de um Programa Estadual de Produção e Comercialização de Bulbos e Sementes de Cebola**. EMBRAPA/IPAGRO/MARA/EMATER. 68p, 1990. (Publicação avulsa).
- GATTI, A.B. **Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Ktze e *ocotea odorífera* (VELL) Rohwer**. Dissertação (PósGraduação em Ecologia de Recursos Naturais), São Carlos, 2003.
- GATTI, A.B. **Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Ktze e *ocotea odorífera* (VELL) Rohwer**. Dissertação (PósGraduação em Ecologia de Recursos Naturais), São Carlos, 2003.
- GENTRY, A. H. Bignoniaceae – Part II (Tribe Tecomae) with a study of the wood anatomy of Tecomae. **Flora Neotropica**, New York, v. 25, n. 2, p. 371, 1992.
- GOLDFARB, M.; PIMENTEL, L. W.; PIMENTEL, N. W. **Alelopatia: relações nos agroecossistemas**. Tecnologia & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 23-28, 2009.
- GRIPPA, G.A. et al. Estudo geneotóxico do surfactante Tween 80 em *Allium cepa*. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 23, n. 1-2, p. 11-16, 2010.
- GROVER, I.S.; SATWINDERJEET, K. Genotoxicity of wastewater samples from sewage and industrial effluents detected by the *Allium* root anaphase aberration and micronucleus assays. **Mutation Research**, v. 426, p. 183-188, 1999.
- GUIDOTTI, B.B.; GOMES, B.R.; SIQUEIRA-SOARES, R.C.; SOARES, A.R.; FERRARESE-FILHO, O. **The effects of dopamine on root growth and enzyme activity in**

- soybean seedlings.** *Plant Signaling & Behavior*. v.8, n. 9, p.: 1-7, 2013. Disponível em: DOI: 10.4161/psb.25477.
- HARTMANN, T. **From waste products to ecochemicals:** Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*, v. 68, p. 2831-2846, 2007.
- HIERRO, J.L; CALLAWAY, R.M. Allelopathy and exotic plant invasion. **Plant and Soil**, n. 256, p. 29–39, 2003.
- INDERJIT, et al. The ecosystem and evolutionary contexts of allelopathy. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 26, n. 12, p. 655-662, 2011.
- JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal.** São Paulo: Editora Nacional, 11 ed., v. 4, 1993. 777 p.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431 p.
- KRANZ, W. M. **O amarelinho (*Tecoma stans*) no Paraná.** In: Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas, 22., 2000, Foz do Iguaçu, PR. **Resumos...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p. 351-351.
- KRANZ, W. M.; PASSINI, T. **Amarelinho – Biologia e controle.** Informe da Pesquisa, Londrina, n. 121, maio, 1997.
- KRANZ, W. M.; PASSINI, T. **Fenologia de *Tecoma stans* (L.) Kunth como subsídio para seu controle.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 11., 1996, São Carlos. Resumos... São Carlos, 1996. p. 103-104.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos: Rima Editora, 2006.
- LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. Chromosome aberration and micronucleus frequencies in *Allium cepa* cells exposed to petroleum polluted water: a case study. **Mutation Research**, Leiden, v. 650, n. 1, p. 80-86, 2008.
- LIMA, C. M. (Org.). **Bacuri: Agrobiodiversidade.** 1. ed. São Luis, 2007. 200p.
- LORENZI E MATOS. **Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas.** Nova Odessa: Plantarum, 2002, 512 p.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil:** madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003.
- MA, Z. et al. Toxic and non- toxic strains of *Microcystis aeruginosa* induce temperature dependente allelopathy toward growth and photosynthesis of *Chlorella vulgaris*. **Harmful Algae**, v. 48, p. 21-29, 2015.
- MARCHIORI, J. N. C. **Elementos de dendrologia.** Sta. Maria: UFSM, 1995. 163 p.
- MEINERS, S.J. et al. Developing an ecological context for allelopathy. **Plant Ecol**, n. 213, p. 1221–1227, 2012.
- MENEZES, A.J.E.A. et al. **Do extrativismo à domesticação:** o caso do bacurizeiro no nordeste paraense e na ilha de Marajó. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 66p. (Documentos, 379).
- MORAES, R.M. et al. Effects of copper on physiological and cytological aspects in *Lactuca sativa* L. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 115-121, 2015.
- MORAES, R.M. et al. Effects of copper on physiological and cytological aspects in *Lactuca sativa* L. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 115-121, 2015.
- NIELSEN, M. H.; RANK, J. **Screening of toxicity and genotoxicity in wastewater by the use of the *Allium* test.** *Hereditas*, New Jersey, v. 121, n. 3, p. 249-254, 1994.

Norrie, J. (2008) - *Advances in the use of Ascophyllum nodosum seaweed extracts for crop production. Laboratory and Field Research*. [cit. 2012-11-13]. <http://www.fluidfertilizer.com/> .

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

OLOFSDOTTER, M.; WANG, D. & NAVAREZ, D. Allelopathic rice for weed control. In: MACIAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.; MOLINILLO, J. M. G. & CUTLER, H.G. (Eds.) **Recent advances in allelopathy**. Cadiz, Serv. Pub. Univ. Cadiz, 1999. v. 1, p. 383- 390.

PELTON, J. A survey of the ecology of *Tecoma stans*. **Butler University Botanical Study**, Indianapolis, v.14, n. 2, p. 53-88, 1964.

PERIOTO, F. **Efeito alelopático de *Andira humilis* Mart. Ex Benth. E de *Anacardium humile* Mart. Na germinação e no crescimento de *L. sativa* L. e de *R. sativus* L.** Dissertação (Mestrado em Ecologia de Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; LOPES, B. M. Potencial alelopático de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.) Sandw. Floresta e Ambiente. V. 8, n.1, p.130 - 136, 2001.

Quinzani-Jordão. **Ciclo celular em merístemos. La formación de intercambios entre cromátidas hermanas**, Tese (Doutorado em Genética), Universidade de Complutense, Madrid, 1987, pp. 1 -276.

REIGOSA, M et al. Allelopathic research in Brazil. **Acta Bot. Bras.**, v. 27, n. 4, p. 629-646, 2013.

Reigosa, M.; Gomes, A.S.; Ferreira, A.G. & Borghetti, F. (2013) - Allelopathic research in Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, vol. 27, n. 4, p. 629-646. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062013000400001>.

RENÓ, L. R. **Anatomia da raiz e fenologia de *Tecoma stans* (L.) Kunth (Bignoniaceae)**. Maringá, PR. 36 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.

RICE, E.L.; **Alelopathy**. 2. Ed, New York: Academic Press, 1984.

RIZVI, S. J. **Allelopathy: basic and applied aspects**. Springer Science & Business Media, 2012.

RIZZO, P.V.; MENTEN, J.F.M.; RACANICCI, A.M.C.; TRALDI, A.B.; SILVA, C.S.; PEREIRA, P.W.Z. Extratos vegetais em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.801-807, 2010.

RODRIGUES, K.C.S. **Verificação da atividade alelopática de *Myrciaria cuspidata* Berg. (Camboim)**. Porto Alegre, 78p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002.

SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SIMÕES, M.S. et al. **Padronização de bioensaios para detecção de compostos alelopáticos e toxicantes ambientais utilizando alface**. Biotemas, v. 26, n.3, p. 29-36, 2013.

SOARES, G.L.G. **Inibição da germinação e do crescimento radicular de alface (cv. Grand Rapids) por extratos aquosos de cinco espécies de *Gleicheniaceae***. Floresta e Ambiente, v. 7, p. 190-197, 2000.

- SOUZA FILHO, A. P. da S. et al. **Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium* C. DC. e *Pogostemon heyneanus* Benth sobre plantas daninhas.** *Acta amazônica*, vol. 39, n. 2, p. 389- 396, 2009.
- SOUZA, L.S. et al. **Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas.** *Planta Daninha*, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, v. 24, n. 4, p. 657-668, 2006.
- Stirk, W.A.; Novak, O.; Strnad, M. e Van Staden, J. (2003) - **Cytokinins in macroalgae.** *Plant Growth Regulation*, vol. 41, n. 1, p. 13-24. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1027376507197>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2004) -**Fisiologia vegetal**. 3 ed. São Paulo, Artmed, 643 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- TANG, X. et al. Cadmium uptake in above-ground parts of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 125, p. 102-106, 2016.
- TANG, X. et al. Cadmium uptake in above-ground parts of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 125, p. 102-106, 2016.
- Vyvyan, J.R. (2002) - Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. **Tetrahedron**, vol. 58, n. 9, p. 1631-1646.
- WAKSMUNDZKA-HAJNOS, M.; SHERMA, J.; KOWALSKA, T. Thin layer chromatography in phitochemistry. **Chromatographic Science Series**. v. 99; 2008.
- WINK, M. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, v. 64, p. 3-19, 2003.
- YAACOB, O.; TINDALL, H. D. Mangoste encultivation. Rome: FAO, 1995. 100 p. **Plant Production and Protection Paper**, 129.
- YAMADA, K.; ANAI, T. & HASEGAWA, K. Lepidimoide, an allelopathic substance in the exudates from germinated seeds. **Phytochemistry** 39(5): 1031-1032. 1995.
- YAMAGUCHI, K. K. L. et al. Química e Farmacologia do Bacuri (*Platonia insignis*). **Scientia Amazonia**, v. 3, n.2, 39-46, 2014.
- YOKOTANI-TOMITA, K.; GOTO, N.; KOSEMURA, S.; YAMAMURA, S. & HASEGAWA, K. Growth-promoting allelopathic. Substance exuded from germinating *Arabidopsis thaliana* seeds. **Phytochemistry** 47(1): 1-2. 1998.
- ZHAO, Y.; YUAN, S.; ZHANG, T. The stationary distribution and ergodicity of a stochastic phytoplankton allelopathy model under regime switching. **Commun Nonlinear Sci Numer Simulat**, v. 37, p. 131–142, 2016.
- ZILLER, R. S.; ZENNI, R. D.; GRAF NETO, J. Invasões biológicas: introdução, impactos e espécies exóticas invasoras no Brasil. In: PEDROSA-MACEDO, J. H.; BREDOW, E. A. **Princípios e rudimentos do controle biológico de plantas**: coletânea. Curitiba: [s.n.], 2004. p. 17-41.

ARTIGO

Fitoquímica e Alelopatia de extratos de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) e Ipê de jardim (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth.) na germinação de sementes de *Allium cepa* L.

A ser submetido à Revista South African journal of Botany

A. C. A. Silva ^{1*}, M. Barcelos ², I. Zanandrea ³,

Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Cidade Universitária Dom Delgado, Avenida dos Portugueses, 1966, São Luís, Maranhão, Brasil

Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Fernando Ferrari, 514, Vitória, Espírito Santo, Brasil

* Autor correspondente.

E-mail: amandacris1@hotmail.com (A. C. A. Silva)

RESUMO

A espécie *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth (Bignoniaceae), conhecida vulgarmente como amarelinho, ipê-mirim ou ipêzinho-de-jardim, é uma árvore ornamental de cinco a sete metros de altura, nativa das Américas e Antilhas. É adequada para o plantio em parques e jardins e é também uma espécie subspontânea em algumas regiões do país, onde é considerada planta daninha de pastagem e no Brasil, foi introduzida para fins ornamentais. A segunda espécie, o bacuri é uma espécie arbórea de porte médio a grande com aproveitamento frutífero, madeireiro e energético, com centro de origem na Amazônia Oriental. Ocorrem espontaneamente, em todos os estados da Região Norte e no Mato Grosso, Maranhão e Piauí. As principais classes de compostos encontrados na família Clusiaceae são xantonas, cumarinas, biflavonoides e benzofenonas, produzidos pelas plantas principalmente como mecanismo de defesa. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo averiguar a composição química e os potenciais efeitos alelopáticos de extratos aquoso e etanólico de *Platonia insignis* Mart. e *Tecoma stans* (L.) Juss. ex. Kunth na germinação de sementes de *Allium cepa* L. Para obtenção dos extratos o material foi desinsfestado e seco em estufa a 60°C por 48 horas e, posteriormente, submetido à moagem para obtenção do pó. O material preparado foi utilizado na obtenção do extrato aquoso adicionando 40g do material triturado em 300 ml de água destilada, obtendo um extrato bruto. Para análise do potencial alelopático dos extratos, foram utilizadas as concentrações de 100% (extrato bruto), 50%, 25%, 12,5%, 6% e zero. As sementes foram colocadas em placas de Petri, forradas com dois discos de papel de germinação embebido com três mililitros do devido tratamento, e colocadas para germinar. As classes químicas predominantes encontradas nos extratos foram os ácidos fenólicos e flavonoides. Os dois tipos de extratos de ipê apresentaram grande atividade alelopática, principalmente para o extrato etanólico, onde as sementes só germinaram na maior concentração, não sendo possível avaliar nos demais tratamentos. Em concentrações menores, o extrato aquoso de bacuri e ipê estimularam a germinação das sementes de cebola, enquanto que nas maiores concentrações houve uma redução desta variável. No extrato etanólico de ipê foi observado na avaliação do CRM o não desenvolvimento das raízes a partir da concentração de 6% quando comparadas ao controle. O TMG aumentou em todas as concentrações do extrato aquoso de ipê de jardim testadas. O IVG aumenta de acordo com o aumento das concentrações para os extratos aquosos de bacuri e ipê.

Palavras-chave: Compostos secundários. Crescimento. Desenvolvimento.

ABSTRACT

In the secondary metabolism of plants are present several chemical substances that act as alleochemicals, active ingredient of medicines and even as mutagenic agents. When these substances are released in sufficient quantities, they can cause alleleopathic effects that can be observed in the germination of seeds, in the inhibition or diminution of the development of plants or even in the development of plants. In view of this, the present study aimed to investigate the chemical composition and potential alleleopathic effects of aqueous and ethanolic extracts of *Platonia insignis* Mart. and *Tecoma stans* (L.) Juss. e.g. Kunth on the germination of *Allium cepa* L. seeds. The predominant chemical classes found in the extracts were phenolic acids and flavonoids. The two types of ipê extracts showed great alleleopathic activity, mainly for the ethanolic extract, where the seeds only germinated in the highest concentration, not being possible to evaluate in the other treatments. In lower concentrations,

the aqueous extract of bacuri and ipê stimulated the germination of onion seeds, while in higher concentrations there was a reduction in this variable. In the ethanolic extract of ipê, it was observed in the evaluation of CABG that the roots did not develop at a concentration of 6% when compared to the control. TMG increased in all concentrations of ipê aqueous garden extract tested. The IVG increases according to the increased concentrations for the aqueous extracts of bacuri and ipê.

Keywords: Extracts. Germination. Alelopathy.

1. INTRODUÇÃO

A alelopatia é a interação entre organismos mediada pela liberação de compostos químicos no ambiente é denominada alelopatia (Bittencourt et al.,2018), e pode caracterizar as interações mediadas por biomoléculas existentes entre planta-planta, planta-microrganismos e microrganismo-planta (Mecina, 2014).

Nesse fenômeno no qual um vegetal produz metabólitos secundários, chamados aleloquímicos, que influenciam a germinação, crescimento, sobrevivência, desenvolvimento e reprodução de outro (Souza, 2007; Cheng & Cheng, 2015). Esses efeitos podem ser benéficos ou prejudiciais, além de ser uma estratégia ecológica de competição, reconhecida como um importante mecanismo que influencia a interação entre as plantas, a sucessão, a formação de comunidades vegetais, assim como a produtividade e manejo de culturas (Negi et al., 2016, Halimshah et al., 2016; Hossain et al., 2016), tornando-se um processo importante na compreensão das interações vegetais em ambientes naturais e agroecossistemas (FRITZ et al., 2007).

Tais efeitos são mediados por substâncias pertencentes a diversas categorias de compostos químicos (ALVES et al., 2004), entre eles fenóis, terpenos, alcaloides, taninos, cumarinas, esteroides, flavonoides, poliacetilenos, ácidos graxos e peptídeos (WANDSCHEER & PASTORINI, 2008).

Extratos vegetais são misturas complexas constituídas por diversas classes de substâncias químicas de origem natural, que contém em sua composição diferentes grupos funcionais (Atanasov, 2015).

A utilização de substâncias, como por exemplo, extrato de plantas que possuem potencial aleloquímico, são opções de substituição de herbicidas e inseticidas sintéticos, podendo atuar também no combate de plantas daninhas (Teixeira et al., 2015). Isso se dá através

da escolha de espécies que permitam a diminuição nos custos de produção e uso de agrotóxicos, amenizando os impactos que os mesmos causam no ambiente, praticando uma agricultura mais sustentável (Goldfarb et al., 2009).

A espécie vegetal *Tecoma stans* (L.) Juss. ex. Kunth (ipê de jardim) é uma planta exótica no Brasil que inicialmente foi cultivada para fins ornamentais que se tornou uma importante planta daninha de porte arbustivo em pastagens (Biondi et al., 2008; Silva et al., 2008; Cipriani et al., 2014). Bacuri é o nome popular dado à *Platonia insignis*, uma espécie arbórea de porte médio a grande com aproveitamento frutífero, madeireiro e energético, com centro de origem na Amazônia Oriental. Ocorre espontaneamente, em todos os estados da Região Norte e no Mato Grosso, Maranhão e Piauí, sendo encontrado também nas Guianas, Peru, Bolívia, Colômbia e Equador (Menezes, 2012). Há um interesse crescente sobre efeitos alelopáticos de plantas como *Platonia insignis* e *Tecoma stans*, na intenção de comprovar seus efeitos biológicos.

Assim, estudos experimentais com alelopatia contribuem para o entendimento sobre a dinâmica entre as espécies vegetais e elaboração de estratégias alternativas de produção e manejo de culturas (Souza-Filho et al., 2010). Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi averiguar a composição química e os potenciais efeitos alelopáticos de extratos aquoso e etanólico de *Platonia insignis* Mart. e *Tecoma stans* (L.) Juss. ex. Kunth na germinação de sementes de *Allium cepa* L.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos extratos de plantas

As plantas foram levadas para o Herbário do Maranhão e identificadas como *Platonia insignis* Mart (tombo 11.589) e *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth (tombo 11.590).

Foram utilizados extratos etanólico 95% e aquoso. Para o preparo dos extratos foram coletadas folhas, no Campus Dom Delgado, Universidade Federal do Maranhão. O material foi lavado em água corrente e seco em temperatura ambiente por quatro horas, sobre papel absorvente. Em seguida, foi conduzida a secagem em estufa a 60°C por 48 horas e, posteriormente, submetido à moagem para obtenção do pó em moinho tipo Harley. O material

preparado foi utilizado na obtenção do extrato aquoso adicionando 40g do material triturado em 300 ml de água destilada, obtendo um extrato bruto, o qual permaneceu em infusão em temperatura ambiente, e no escuro, por 72 horas. Após este tempo o extrato foi filtrado, em papel filtro, e mantido em geladeira por sete dias, preservado da luz.

Para obtenção do extrato etanólico 95%, após o processo de secagem e obtenção do pó foi realizada a maceração utilizando etanol 95%, por 72 horas. O solvente foi filtrado e seu volume reduzido em um rotaevaporador sob pressão reduzida e obtido o extrato bruto etanólico. A determinação do peso seco deste extrato foi feita pelo método gravimétrico (Farmacopéia Brasileira, 1988).

2.2 Perfil fitoquímico dos extratos - Cromatografia por HPLC-PDA

Para obtenção do perfil das amostras foi utilizada a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Os extratos secos foram diluídos a 10 mg/mL em solvente HPLC. Posteriormente, alíquotas de 20 µL foram injetadas diretamente no HPLC-PDA com detecção a 254 nm. Utilizou-se um sistema HPLC modelo Shimadzu (Shimadzu Corp., Kyoto, Japan), consistindo de um módulo de distribuição de solvente com uma bomba de pistão de duplo, detector UV-VIS (SPA-10A). A coluna utilizada foi Luna 5 µm C18 100 A (150 µm x 4.6 µm). Os solventes de eluição utilizados foram A (ácido acético 2% em água) e B (metanol). As amostras foram eluídas de acordo com o seguinte gradiente: 5% a 100% de B em 50 min. O fluxo foi de 1 mL / min. A temperatura da coluna foi de 20 ° C e o volume de injeção da amostra foi de 20 µL. Os dados foram coletados e processados utilizando o software LC Solution (Shimadzu).

2.3 Análise alelopática dos extratos

Para análise do potencial alelopático dos extratos, foram utilizadas cinco concentrações dos extratos: 100% (extrato bruto), 50%, 25%, 12,5%, 6% e zero (controle negativo, somente com água destilada).

As sementes foram colocadas em placas de Petri, forradas com dois discos de papel de germinação embebido com três mililitros do devido tratamento, e colocadas para germinar em local com temperatura ambiente e fotoperíodo de 12h.

As variáveis analisadas foram: porcentagem de germinação de sementes (%), velocidade média de germinação (VMG), índice de germinação (IG%), tempo médio de germinação (TMG), índice de alelopatia (IA %), crescimento radicular médio (CRM) e índice de velocidade de crescimento de raiz (IVCR). Após a protrusão da raiz, as placas foram fotografadas, por quatro dias, e analisadas em software Image J.

A Germinação (G) foi calculada pela fórmula $G = (N/100) \times 100$, em que: N = número de sementes germinadas ao final do teste. Unidade: %. O Índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado pela fórmula $IVG = \sum (n_i / t_i)$, em que: n_i = número de sementes que germinaram no tempo 'i'; t_i = tempo após instalação do experimento. Unidade: adimensional. O Tempo médio de germinação (TMG) foi calculado pela fórmula $TMG = (\sum n_i t_i) / \sum n_i$, em que: n_i = número de sementes germinadas por dia; t_i = tempo de incubação; $i = 1 \rightarrow 63$ dias. Unidade: dias. A Velocidade média de germinação (VMG) foi calculada pela fórmula $VMG = 1/t$ em que: t = tempo médio de germinação. Unidade: dias^{-1} . O Índice de Velocidade de Crescimento da Raiz (IVCR): foicalculado pela fórmula $\sum (c_i/t_i)$ em que c_i = tamanho médio das radículas no tempo i; t_i = tempo após instalação do teste; $i = 1-6$. O Crescimento Radicular Médio (CRM) = $(\sum C_{mi}) / t$ em que c_{mi} = comp. Médio no dia i; t = tempo total do experimento; $i = 1-6$.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento, sendo a unidade experimental constituída por uma placa contendo 20 sementes. Todos os dados foram submetidos a uma análise e variância multivariada (MANOVA), utilizando o programa Statistic.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cromatografia por HPLC-PDA dos extratos

Após avaliação por HPLC-PDA do extrato, foi observado grande complexidade e diversidade na composição química da matriz, avaliada pelo grande número de picos eluídos ao longo da corrida cromatográfica (Figura 1). Com o auxílio do detector de arranjo de fotodiodos (PAD) acoplado ao sistema HPLC, é possível processar os dados cromatográficos e

obter os cromatogramas em comprimentos de onda seletivos para uma determinada classe de metabólito secundário. Os cromatogramas obtidos por HPLC-PDA mostram compostos com características relacionadas à presença de fenólicos, sendo a principal delas, os flavonoides e ácidos fenólicos. A verificação da presença de flavonoides foi constatada pela presença de espectros com bandas características dessas classes nos extratos. Para o extrato de Bacuri, foram predominantes flavonoides agliconas podendo ser observado ao final da corrida pela presença de picos entre 20 e 30 minutos e em pequena quantidade os ácidos fenólicos caracterizados por pequenos picos no início da corrida entre 0 e 20 minutos (Figura 1).

Não houve diferença na composição dos dois tipos de extratos de Bacuri (aquoso e etanólico), havendo apenas uma diferença apenas quantitativa no extrato etanólico a presença dessa classe de flavonoides foi maior quando comparado com o extrato aquoso. Esses resultados corroboram com dados descritos na literatura por DOVICHÍ; LAJOLO,(2011), que mostram os compostos fenólicos em abundância no extrato do bacuri, os flavonoides, compostos bioativos, presente na dieta dos seres humanos, provenientes de fonte vegetal exibem inúmeras propriedades biológicas, bem como a capacidade de modular numerosas enzimas, ação anti-inflamatória, promoção da vasodilatação, ação hormonal (especificamente as isoflavonas) e significativa atividade antioxidante.

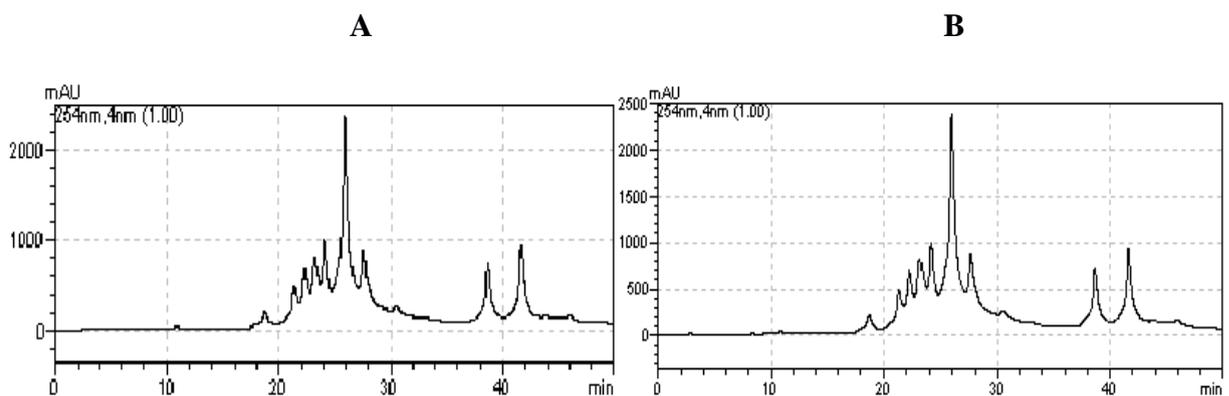


Figura 3: Perfil cromatográfico dos extratos de *Platonia insignis* Mart. (254nm), etanólico (A) e aquoso (B), respectivamente.

Para os extratos de Ipê predominam os flavonoides glicosilados e os ácidos fenólicos. Para o extrato de ipê etanólico é possível evidenciar que no início da corrida há presença em menor quantidade de ácidos fenólicos, já entre 10 e 20 minutos uma maior quantidade de

flavonoides glicosilados. Já no extrato aquoso de ipê podemos observar uma maior presença de ácidos fenólicos no início da corrida e uma menor quantidade de flavonoides glicosilados entre 10 e 20 minutos, como pode ser observado na figura 2. Estes resultados corroboram com os estudos de CIPRIANI, (2006), onde afirma que as espécies vegetais da família Bignoniaceae são de grande relevância por possuírem diversos grupos de metabólitos secundários com potencial medicinal e/ou farmacológico importante, são eles: terpenoides, quinonas, iridoides, alcaloides, derivados aromáticos especiais (lignanais, derivados do ácido cinâmico, do ácido benzóico e de acetofenona) e flavonoides.

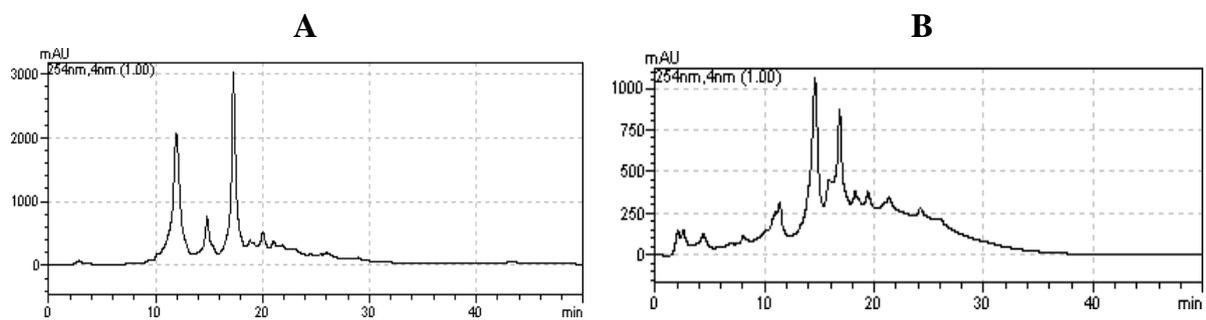


Figura 4: Perfil cromatográfico dos extratos de *Tecoma stans* L. (254nm), etanólico (A) e aquoso (B), respectivamente.

Os compostos fenólicos presentes de forma geral no extrato como: Taninos condensados, Catequinas, Flavononóis, estão bastante distribuídos no reino vegetal, são constituídos por pelo menos um anel aromático cujo hidrogênio é substituído por uma hidroxila e estão associados a diversas atividades biológicas (Simões et al., 2004). Estes podem se apresentar como agliconas, glicosídeos ou fazer parte de outros compostos químicos, como as flavolignanais (Kumar e Pandey 2013).

Os flavonoides são subdivididos nas principais classes: flavonas, flavonóis, chalconas, auronas, flavanonas, flavanas, antocianidinas, leucoantocianidinas, proantocianidinas, isoflavonas e neoflanonoides (Dornas et al., 2007). De forma geral, são moléculas de baixo peso molecular caracterizados por apresentarem dois núcleos fenólicos ligados por uma cadeia de três carbonos. A estrutura básica dos flavonoides consiste num núcleo flavano, constituído de quinze átomos de carbono arranjados em três anéis (C6-C3-C6), sendo dois anéis fenólicos substituídos (A e B) e um pirano (cadeia heterocíclica C) acoplado ao anel A (Figura 2) (Cunha

et al., 2005).

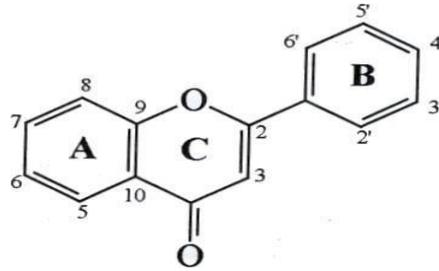


Figura 5: Estrutura básica dos flavonoides

Os flavonoides são reconhecidos por apresentarem no geral, duas bandas de absorção referentes aos dois sistemas aromáticos encontrados em agliconas; a Banda II, com máximos na faixa espectral de 240-290 nm, atribuída ao anel A e a Banda I, com máximos na faixa espectral de 300-390 nm, atribuída ao anel B. A Banda I é associada à absorção do Anel B, que possui o sistema cinamoil com maior extensão da conjugação eletrônica. A banda II é atribuída ao Anel A, que envolve a absorção do sistema benzoil de menor conjugação.

3.2 Alelopatia dos extratos Vegetais

Quando testado o extrato aquoso de *T. stans*, houve efeito alelopático na concentração de 100% (IA = 72%). No extrato etanólico houve efeito alelopático em todas as concentrações testadas, sendo que esse índice foi de 93,75% com 6% do extrato, e em concentrações acima desta o índice de alelopatia foi de 100% ((Tabela 1), impedindo completamente a germinação das sementes de cebola.

Foi verificado que os extratos aquosos e etanólico de *Platonia insignis* Mart quando testados em *Allium cepa*, não apresentaram atividade alelopática, pois não houve em nenhuma das concentrações o índice de alelopatia (%IA) maior que 50% (Tabela 1). Esse índice de alelopatia, quando apresenta resultados superiores a 50% são apontados como resultado significativo para o efeito alelopático, refletindo no comprometimento da capacidade de germinação das sementes (Balsalobre et. al., 2006).

Tabela 1: Índice de Alelopatia para as sementes de *Allium cepa* L. submetidas ao tratamento com diferentes concentrações de extratos aquoso e etanólico de folhas de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) e Ipê de jardim (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex. Kunth).

	Concentrações	Extrato aquoso Ipê de jardim	Extrato etanólico Ipê de jardim	Extrato aquoso Bacuri	Extrato etanólico Bacuri
	Controle	-	-	-	-
Índice de Alelopatia (%)	6%	-48	93,75	-34,48	5,41
	12,50%	-12	100	27,59	37,84
	25%	-12	100	3,45	5,41
	50%	32	100	37,93	24,32
	100%	72	100	44,83	2,7

A concentração de 6% de extrato aquoso de ipê de jardim (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth) estimulou a germinação das sementes de cebola, ficando 20% maior que o controle. Quando testadas as concentrações de 50% e 100% de extrato, observou-se uma redução de 34% e 50% na germinação, quando comparadas ao controle (Figura 6). Com o extrato etanólico de ipê de jardim, houve germinação das sementes de *A. cepa* somente quando utilizado a 6%, permitindo um IVG 48% menor que o controle. Concentrações acima de 6% fizeram com que a germinabilidade das sementes fosse nula.

Quanto ao índice de germinação, no extrato aquoso de Bacuri foi evidenciado que a concentração de 6% estimula a germinação, ficando 17% maior que o controle (Figura 6). Já nas maiores concentrações (50% e 100%) houve redução da germinação, chegando a 30% e 26,67% de sementes germinadas, respectivamente. Com a utilização do extrato etanólico de Bacuri, foi evidenciada uma redução no índice de germinação das sementes somente nas concentrações de 12,5% e 50%.

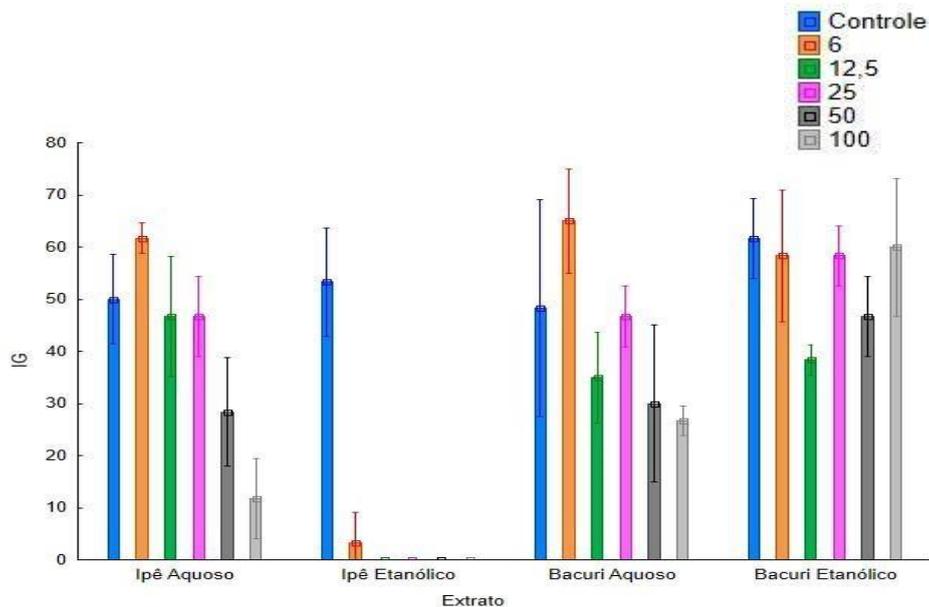


Figura 6: Índice de germinação-IG (%) em diferentes concentrações de extratos vegetais aquoso e etanólico de *Platonia insignis* e *Tecoma stans* testado em sementes de *Allium cepa*.

Os compostos secundários podem inibir a germinação e o desenvolvimento de outras plantas, mas esses efeitos dependem da concentração em que são utilizados. Dependendo do tipo de composto secundário, propriedade química, grupo funcional e concentração no meio onde atua, podem ocorrer diferenças na sua forma de ação, sendo os seus efeitos, prejudiciais ou benéficos (Barbosa et al., 2005; Goldfarb et al., 2009). O favorecimento, ou inibição da germinação e demais eventos fisiológicos, são decorrentes da ação de aleloquímicos oriundos do metabolismo secundário vegetal, tais como os esteroides, fenóis, terpenos, alcaloides, taninos, cumarinas e flavonoides (Aumonde et al., 2015).

Em ensaios feitos por Silva et al. (2014) foi observado um aumento da atividade biológica com o aumento das concentrações, assim demonstrando uma atividade dose dependente como verificado nos trabalhos realizados por Jinhu et al. (2012) e Tigre et al. (2012).

O tempo médio de germinação (TMG) das sementes com extrato aquoso de ipê de jardim aumentou, havendo uma resposta dose-dependente (Figura 6). Já o extrato etanólico não alterou o TMG a 6%, mantendo-se semelhante ao controle, destacando que nas demais concentrações não houve germinação. Quando utilizado o extrato aquoso de bacuri observou-se que as sementes também demoraram mais para germinar, enquanto que não houve diferença no TMG quando utilizado extrato etanólico de bacuri.

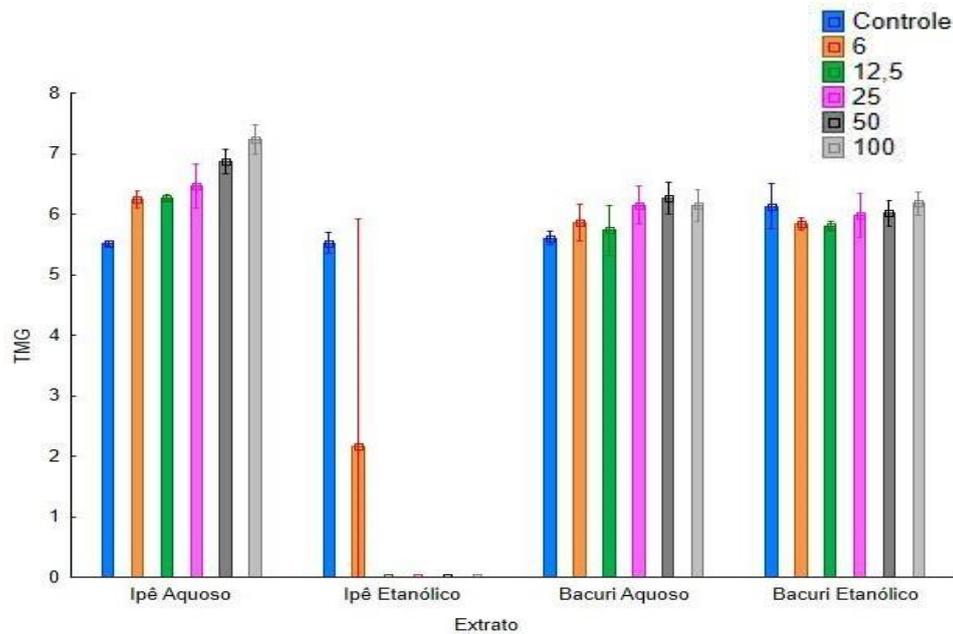


Figura 7: Tempo Médio de Germinação (TMG) em diferentes concentrações de extratos vegetais aquoso e etanólico de *Platonía insignis* e *Tecoma stans* testado em sementes de *Allium cepa*.

O tempo de germinação é um fator crucial para a sobrevivência das plântulas, refletindo sobre o crescimento e desempenho nos estágios subsequentes do desenvolvimento (Fenner, 2000).

A Velocidade Média de Germinação diminuiu com adição do extrato aquoso de ipê, em todas as concentrações testadas (Figura 8), diminuindo também com extrato etanólico a 6%, ou seja, ambos extratos fizeram com que as sementes germinassem mais lentamente. Não houve diferença para a VGM quando testados os dois tipos de extratos de bacuri.

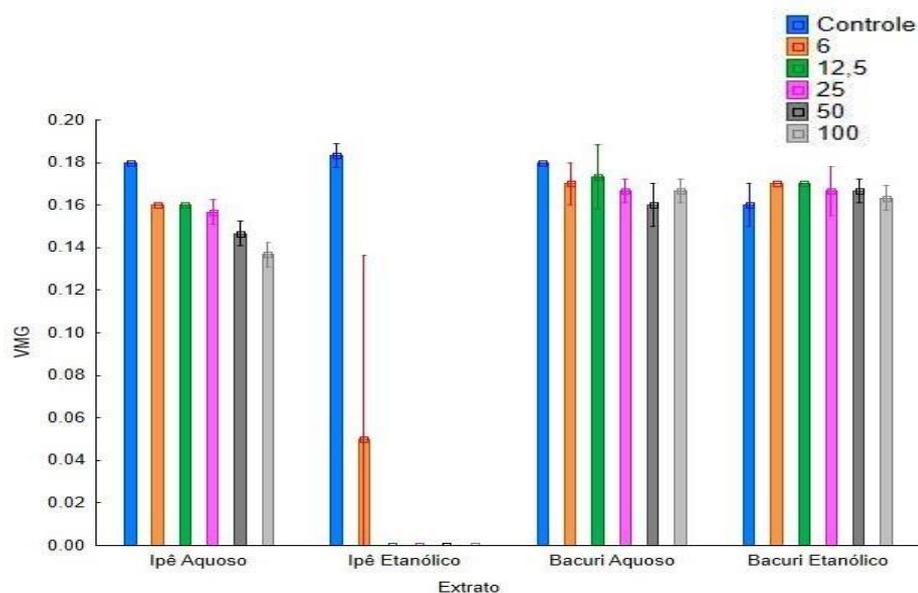


Figura 8: Velocidade Média de Germinação (VMG) em diferentes concentrações de extratos vegetais aquoso e etanólico de *Platonía insignis* e *Tecoma stans* testado em sementes de *Allium cepa*.

Um comportamento bem notável do efeito do extrato aquoso de ipê na germinação de cebola é observado no Índice de Velocidade de Germinação, a velocidade vai diminuindo de acordo com o aumento da concentração chegando a 73,1% e 91,5% de redução da velocidade nas maiores concentrações de 50% e 100% respectivamente (Figura 9). Para o extrato etanólico de ipê podemos observar o não desenvolvimento das raízes a partir da concentração de 6% quando comparadas ao controle.

Para o Índice de Velocidade de Germinação no extrato aquoso de bacuri, é possível observar que na menor concentração (6%) não há diferença em relação ao controle. Em concentrações acima de 6% há uma diminuição desta variável, evidenciando que o extrato proporciona um retardo na germinação (Figura 9). De acordo com Ferreira e Borghetti (2004) a velocidade de germinação é um bom índice para avaliar a ocupação de uma espécie em um determinado ambiente, pois a germinação rápida é característica de espécies cuja estratégia é de se estabelecer no ambiente o mais rápido possível aproveitando condições ambientais favoráveis.

Para o extrato etanólico de bacuri, não houve diferença entre os tratamentos testados (Figura 9). Efeito no IVG, pode ser um indicativo de que a presença de aleloquímicos nos extratos e como ácidos fenólicos e flavonoides para este trabalho, inibem a velocidade de desenvolvimento e translocação de componentes nutritivos do endosperma para o embrião (Azambuja et al., 2010).

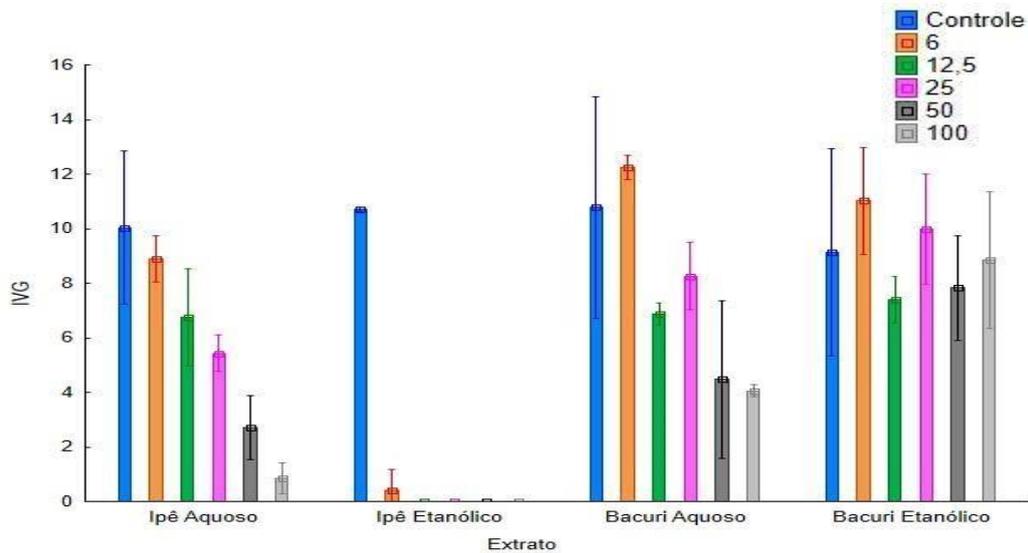


Figura 9: Índice de Velocidade de Germinação (VMG) em diferentes concentrações de extratos vegetais aquoso e etanólico de *Platonia insignis* e *Tecoma stans* testado em sementes de *Allium cepa*.

De maneira geral, houve redução no índice de velocidade de crescimento radicular (IVCR) das sementes com a utilização dos extratos aquoso e etanólico, tanto de ipê de jardim quanto de bacuri (Figura 10). Foi possível observar uma alteração de comportamento entre as concentrações estudadas, destacando a concentrações de 6% de extrato de ipê aquoso, em que o crescimento radicular foi muito menor que o controle, e na concentração de 100% houve um princípio de germinação, mas não foi possível mensurar o crescimento radicular, já que as raízes ficaram com menos de 1mm até quatro dias após o início do experimento. Para o extrato etanólico de ipê o padrão da variável IVCR foi o mesmo, onde observamos o não desenvolvimento das raízes a partir da concentração de 6% quando comparadas ao controle.

Para o extrato de Bacuri aquoso, foi possível observar que em baixas e altas concentrações houve um menor índice de velocidade do crescimento radicular, e na concentração de 25% não houve diferença estatisticamente comparado ao controle (Figura 10). Já no extrato etanólico de Bacuri, em concentrações menores há uma maior redução do IVCR, enquanto que nas demais concentrações não há diferença em relação ao controle. (Figura 10).

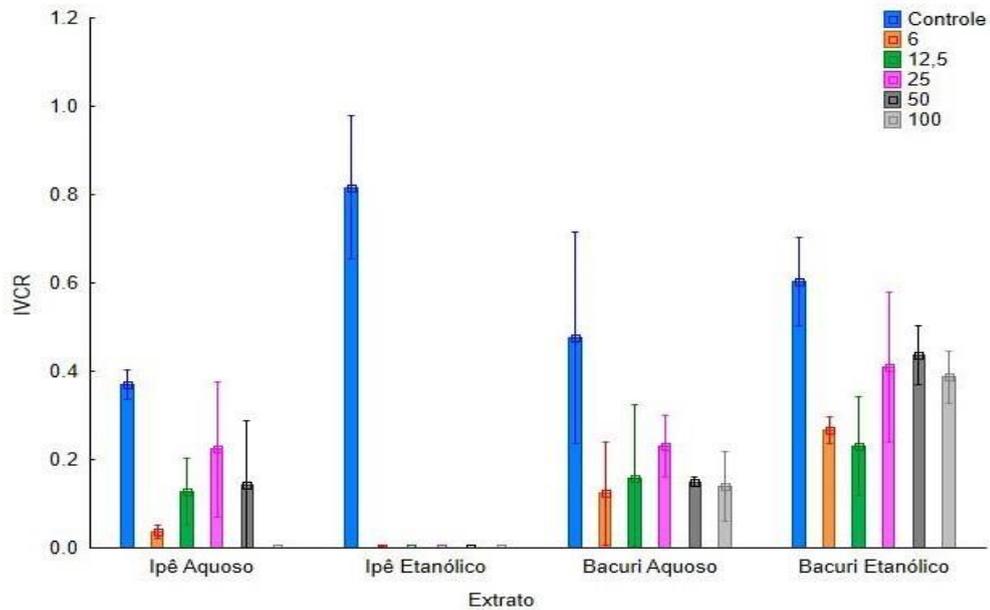


Figura 10: Índice de Velocidade do Crescimento Radicular (IVCR) em diferentes concentrações de extratos vegetais aquoso e etanólico de *Platonía insignis* e *Tecoma stans* testado em sementes de *Allium cepa*.

Para o extrato aquoso de ipê foi possível observar alteração de comportamento para o crescimento radicular médio (CRM) entre as concentrações estudadas, destacando a concentração de 6% de extrato, em que o crescimento radicular foi menor que o controle, e 100% de extrato, onde houve um princípio de germinação, mas não foi observado crescimento radicular, ou as raízes ficaram com menos de 1mm até quatro dias após o início do experimento (Figura 11). Já no extrato etanólico foi observado o não desenvolvimento das raízes a partir da concentração de 6% quando comparadas ao controle. Quando utilizado extrato de bacuri, observa-se, de maneira geral, menor crescimento radicular, quando comparado ao controle.

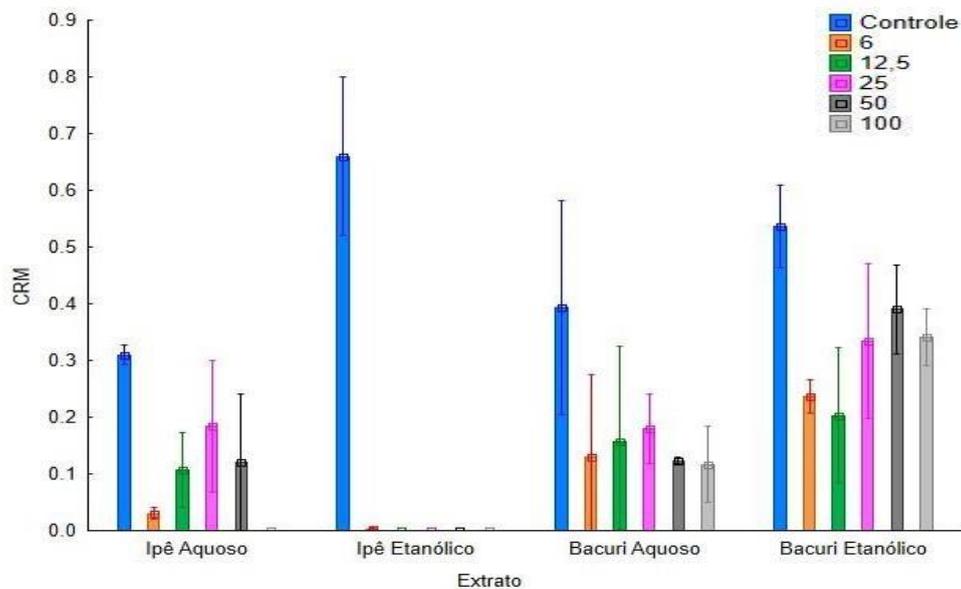


Figura 11: Crescimento Radicular Médio (CRM) em diferentes concentrações de extratos vegetais aquoso e etanólico de *Platonia insignis* e *Tecoma stans* testado em sementes de *Allium cepa*.

Carvalho et al. (2014) verificaram que o extrato aquoso de aveia preta teve efeito benéfico sobre o crescimento da parte aérea de plântulas de alface, porém, negativo sobre o crescimento de raízes de plântula; os autores atribuem esse resultado a utilização pelas plântulas da reserva nutricional das sementes havendo a translocação desses componentes nutritivos para o hipocótilo. O efeito alelopático sobre as raízes geralmente é decorrente do seu contato com o extrato utilizado, e possivelmente a presença de aleloquímicos esteja inibindo ou reduzindo as atividades metabólicas e alterando a fisiologia da emissão radicular (Chung et al., 2001). Além disso, o crescimento da raiz é mais sensível aos efeitos fitotóxicos dos compostos em baixas concentrações quando comparado a germinação ou o crescimento do hipocótilo (Pereira et al., 2008). Concentrações moderadas causam atraso na germinação das sementes e concentrações altas podem inibir a germinação e o desenvolvimento da radícula (Chou, 2004).

A atividade alelopática das espécies, principalmente as cultivadas, pode ser uma estratégia para seu estabelecimento inicial, retardando o crescimento inicial de outras plantas potencialmente competidoras (Piña-Rodrigues; Lopes, 2001). Muitas dessas espécies com potencial alelopático são cultivadas em hortas junto às hortaliças e, muitas vezes, em cultivos

Espécies invasoras também podem ser favorecidas pela produção de sementes pequenas e em grande quantidade, rápido crescimento e maturação e intolerância à sombra (Fontes, 1999; Válio; Scarpa, 2001). Há uma série de fatores que pode contribuir para essa dominância, incluindo-se a alelopatia (Maraschin-Silva; Áquila, 2005).

Cabe ressaltar que o poder inibitório dos extratos de plantas sobre outras plantas, verificada por meio de ensaios de laboratório, não indica necessariamente a ocorrência de efeitos alelopáticos sob condições de campo, pois esses produtos são muito diversos e alguns só atuam quando em presença de outros, em combinações e proporções específicas (Brustolin; Cortez, 2000), assim, bioensaios a campo devem ser conduzidos com essas espécies para testar o efeito alelopático sobre as mesmas espécies.

Metabólitos secundários, com atuação alelopática, podem apresentar mecanismos de ação indiretos e diretos. Os efeitos indiretos incluem alterações nas propriedades e estado nutricional do solo, bem como nas populações e/ou atividades de microrganismo. Já os efeitos diretos, que são mais estudados, incluem alterações no metabolismo vegetal, podendo afetar as características citológicas, os fitormônios, as membranas, a germinação, a absorção mineral, a respiração, a atividade enzimática, a divisão celular, entre outros (Rice, 1984; Maraschin-Silva; Áquila, 2005). Os extratos utilizados neste estudo apresentaram efeito indireto, pois alteraram o metabolismo, impedindo ou diminuindo a germinação das sementes. As respostas fisiológicas e morfológicas das sementes ou das plântulas à exposição a compostos alelopáticos são manifestações secundárias decorrentes de alterações moleculares e celulares, cujos mecanismos ainda permanecem obscuros (Barbosa et al., 2008; Wandscheer e Pastorini, 2008).

A presença de compostos do metabolismo vegetal nos extratos pode levar à redução ou inibição da germinação e crescimento inicial do sistema radicular, mas não se pode afirmar que a presença destes compostos realmente ocasiona efeito alelopático, visto a necessidade de testar as substâncias do metabolismo secundário em ensaios mais específicos, onde podem mostrar efeitos isoladamente, ou podem interagir sinergicamente ou antagonicamente com outras

substâncias.

2. Considerações finais

Ambos os extratos de Ipê (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth) influenciam significativamente na germinação de *Allium cepa*.

O extrato aquoso de *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth, exerce atividade alelopática principalmente em concentrações maiores em que houve um índice de alelopatia maior que 50%.

Os dois tipos de extratos de Bacuri (*Platonia insigis* Mart.) não apresentaram atividade alelopática, pois não houve em nenhuma das concentrações índice de alelopatia maior que 50%.

O efeito alelopático para o extrato aquoso de ipê de jardim (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth) proporcionou um estímulo as raízes submetidas, havendo um aumento da germinação em menores concentrações.

No extrato etanólico 95% de ipê houve uma maior atividade alelopática quando comparada ao extrato aquoso

As classes de metabólitos encontrados nos extratos como ácidos fenólicos e flavonoides é possível concluir que são aleloquímicos causadores da atividade alelopática, sendo mais acentuada no extrato etanólico onde há uma maior presença de flavonoide

4. REFERÊNCIAS

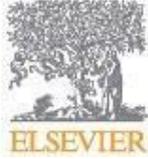
- Altemimi, A. et al. Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts. *Plants*, v. 6, n. 42, p. 1-23, 2017.
- Alves, R.R.N. et al. Utilização e comércio de plantas medicinais em Campina Grande. *Revista Eletrônica de Farmácia, Goiânia/GO*, v. 4, n. 2, p. 75-98, 2007.
- Anese, S. et al. Phytotoxic activity of different plant parts of *Drimys brasiliensis* miers on germination and seedling development. Atividade fitotóxica de diferentes partes de *Drimys brasiliensis* miers na germinação e desenvolvimento de plântulas. In: *Bioscience Journal*, v. 31, n. 3, 2015. ISSN 1981-3163.
- Atanasov, A. G. et al. Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: A review. *Biotechnology Advances*, v. 33, n. 8, p. 1582–1614, 2015.
- Aumonde, T. Z. et al. Desempenho fisiológico e metabolismo antioxidativo de plântulas de arroz-vermelho sob ação do extrato de *Philodendron bipinnatifidum* Schott. *Iheringia. Série Botânica*, v. 70, n. 1, p. 47-56, 2015. ISSN 2446-8231.
- Azambuja, N. et al. Potencial alelopático de *Plectranthus barbatus* Andrews na germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. e de *Bidens pilosa* L. *Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages*, v.9, n.1, p. 66-73, 2010.
- Balsalobre, L. C. et al. Ação alelopática do arilo das sementes de *Passiflora edulis* Sims e *Passiflora alata* Dryand. In: 19ª RAIB, v.68, suplemento 2, 2006.
- Barbosa, L. C. A. et al. Síntese de novas fitotoxinas derivadas do 8-oxabicyclo[3.2.1]oct-6-en-3-ona. *Química Nova, São Paulo*, v. 28, n. 3, p. 444-450, 2005.
- Biondi, D. et al. Influência do diâmetro de estacas no enraizamento de *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. *Ciências Agrárias*, v.29, n.2, p.277-282, 2008.
- Bittencourt, H.V.H. et al, S.D.et al. Chemical ecology of *Eragrostis plana* helps understanding of the species invasiveness in an agroecosystem community. *Crop e Pasture Science* 69, 1050-1060, 2018.
- Brustolin, A.; Cortez, D. A. G. Avaliação da atividade moluscicida da *Gymnema sylvestre* R. BR. *Acta Scientiarum, Londrina*, v. 22, n. 2, p. 605-608, 2000.
- Carvalho, W.P. et al. Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. *Bioscience Journal*, v.30, n.3, p. 1-11, 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13910>.
- 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, p. 1-16, 2015.
- Chou, S. U. Allelopathic and autotoxic effects of alfafa plant and soil extracts. *Korean Journal of Crop Science, Seoul*, v. 49, n. 1, p. 7-11, 2004.
- Chung, I. M. et al. Assesment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oriza sativa* L.) cultivars. *Crop Protection, Pullman*, v. 20, n. 10, p. 921-928, 2001.
- Cipriani, A. F. et al. Avaliação da Fitotoxidez de *Tecoma stans* (L.) Kunth. *Floresta e Ambiente*, v. 21, n. 01, p. 01- 07, 2014.
- Ciprinani, A. F. Aspectos quimiotaxonômicos da família Bignoniaceae. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Rio de Janeiro. UFRJ/Museu Nacional. 2006.
- Cuchiara, C.C. et al.; Sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador da citogenotoxicidade de cursos d'água. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v.6, n.1, p.33-38, João Pessoa, mar. 2012.

- Cunha, A. P.; Salgueiro, L.; Roque, O. R.; Farmacognosia e fitoquímica, Capítulo 22, 1ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, 2005.
- Dornas, W.C. et al.; Flavonóides: potencial terapêutico no estresse oxidativo. Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada. Vol. 28, No.3, Pp. 241- 249, 2007.
- Dovich, S. S.; Lajolo, F. M. Flavonoids and their relationship to diseases of the Central Nervous System. Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr. = J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 36, n.2, p 2, p. 123-135, ago. 2011. Disponível em: <<http://www.revistanutrire.org.br/files/v36n2/v36n2a09.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- Fachinetto, J. M. et al. Efeito anti-proliferativo das infusões de *Achyrocline satureioides* DC (Asteraceae) sobre o ciclo celular de *Allium cepa*. Revista Brasileira de Farmacognosia, João Pessoa, v.17, n.1, p.49-54, jan./mar. 2007.
- Farmacopéia Brasileira. 3. ed. São Paulo: Atheneu,1988.
- Fenner, M. (2000) - *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford: CABI Publishing. p. 237-260.
- Ferreira, A.G.; Borghetti, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.
- Folha de São Paulo. Mercado Aberto: Farmacêuticas investem R\$ 332 mil em fitoterápicos, 2015.
- Fontes, M. A. L. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. Scientia Florestalis, Piracicaba, v. 55, p. 79- 87, 1999.
- Goldfarb, M. et al. Alelopatia: relações nos agroecossistemas. Tecnologia & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 23-28, 2009.
- Grippa, G.A. et al. Estudo geneotóxico do surfactante Tween 80 em *Allium cepa*. Revista Brasileira de Toxicologia, v. 23, n. 1-2, p. 11-16, 2010.
- Gusman, G. S et al. Alelopatia de espécies vegetais com importância farmacêutica. Revista Biotemas, 37-48, 2012.
- Halimshah, S. et al. Allelopathic potential of the leaf and seed of *Pueraria javanica* Benth. On the germination and growth of three selected weed species. Sains Malaysiana, v. 45, n. 4, p. 517-521, 2016.
- Hossain, M. et al. Allelopathic effects of *Mikania cordata* on forest and agricultural crops in Bangladesh. Journal of forestry research, v. 27, n. 1, p. 155-159, 2016. ISSN 1007-662X.
- Jinhu, M. et al. 2012. Inhibitory effects of leachate from *Eupatorium adenophorum* on germination and growth of *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium glaucum*. Acta Ecol Sin. 32, 50–56.
- Kumar S., Pandey A.K. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. Sci World J. 2013;2013:162750. doi: 10.1155/2013/162750. 2013.
- Ma, Z. et al. Toxic and non- toxic strains of *Microcystis aeruginosa* induce temperature dependente allelopathy toward growth and photosynthesis of *Chlorella vulgaris*. Harmful Algae, v. 48, p. 21-29, 2015.
- Magalhães, D.P.; Ferrão Filho, A.S. A ecotoxicologia como ferramenta no

- biomonitoramentode ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, v. 3, n. 12, p. 355-381, 2008.
- Maraschin-Silva, F.; Áquila, M. E. A. Potencial alelopático de *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. Iheringia: Série Botânica, Porto Alegre, v. 60, n. 1, p. 91-98, 2005.
- Mecina, G.F. Investigação das atividades alelopática, fitotóxica e antioxidante de extratos e frações de *Tridax procumbens* L. (ASTERACEAE) e *Ouratea spectabilis* (MART. EX. ENGL.) ENGL. (OCHNACEAE). Dissertação (Mestrado em Biociências) Universidade Estadual de São Paulo, UNESP, São Paulo, 2014.
- Menezes, A.J.E.A. et al. Do extrativismo à domesticação: o caso do bacurizeiro no nordeste paraense e na ilha de Marajó. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 66p. (Documentos, 379).
- Moraes, R.M. et al. Effects of copper on physiological and cytological aspects in *Lactuca sativa* L. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 115-121, 2015.
- Negi, A. et al. Allelopathic Effect of Leaves of Invasive tree *Broussonetia papyrifera* against some crop plants. *Annals of Plant Sciences*, v. 5, n. 01, p. 1261-1264, 2016. ISSN 2287-688X.
- Oliveira, A.K.M. et al. Análise fitoquímica e potencial alelopático das cascas de *Pouteria ramiflora* na germinação de alface. *Horticultura Brasileira*, v. 32, p. 41-47, 2014.
- Oliveira, L. G. et al. Atividade alelopática de extrato acetato-etílico de folhas de *Solanum cernuum* Vell. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 3, p. 538-543, 2013.
- Piña-Rodrigues, F. C. M.; Lopes, B. M. Potencial alelopático de *Mimosa caesalpinaefolia* Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.) Sandw. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 8, n. 1, p. 130-136, 2001.
- Rice, E.L.; Alelopathy. 2. Ed, New York: Academic Press, 1984.
- Santos Júnior R. Q. et al. Estudo histológico da cicatrização de feridas cutâneas utilizando a banha de bacuri (*Platonia insignis* Mart.). *ConScientiae Saúde*. 9(4): 575-581, 2010. Disponível em: Acesso em: 10 jan. 2020.
- Silva, J.A. et al. Análise da infestação do amarelinho (*Tecoma stans*) na zona rural do município de Bandeirantes – PR. *Ciências Agrárias*, v.29, n.1, p.83-92, 2008.
- Silva, R.M.G. et al. 2014. Phytotoxicity of ethanolic extract of turnip leaves (*Raphanus sativus* L.). *Biosci. J.* 30, 3, 891-902.
- Simões, C.M.O. et al. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 5. Ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFSC, 2004. 1102p.
- Simões, M.S. et al. Padronização de bioensaios para detecção de compostos alelopáticos e toxicantes ambientais utilizando alface. *Biotemas*, v. 26, n.3, p. 29-36, 2013.
- Souza Filho, A. P. S. et al. Metodologias empregadas em estudos de avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório-Revisão crítica. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 689-697, 2010.
- Souza Sam; Cattelan Lv; Vargas Dp; Piana Cfb; Bobrowski Vl; Rocha Bhg. 2007. Efeito de extratos aquosos de plantas medicinais nativas do Rio Grande do Sul sobre a germinação de sementes de alface. *Publ. UEPG Ci. Biol. Saúde* 11: 29-38.

- Tang, X. et al. Cadmium uptake in above-ground parts of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 125, p. 102-106, 2016.
- Teixeira, A. M. S. et al. Effect of thermal treatments on the potassium and sodium availability in phonolite rock powder. *International Journal of Mineral Processing*, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.minpro.2015.07.002>.
- Teixeira, R. de O. et al. Assessment of two medicinal plants, *Psidium guajava* L. and *Achillea millefolium* L., in in vitro and in vivo assays. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v.26, n.4, p.551-555, 2003.
- Tigre, R.C. et al. 2012. Allelopathic and bioherbicidal potential of *Cladonia verticillaris* on the germination and growth of *Lactuca sativa*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 84, 125–132.
- Válio, I. F.; Scarpa, F. M. Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 697-701, 2001.
- Wandscheer, A. C. D.; Pastorini, L. H. Interferência alelopática de *Raphanus raphanistrum* L. sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. e *Solanum lycopersicon* L. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 949-953, 2008.
- Yamaguchi, K. K. L. et al. Química e Farmacologia do Bacuri (*Platonia insignis*). *Scientia Amazonia*, v. 3, n.2, 39-46, 2014. Disponível em: Acesso em: 20 dez. 2019.
- Zhao, Y. et al. The stationary distribution and ergodicity of a stochastic phytoplankton allelopathy model under regime switching. *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat*, v. 37, p. 131–142, 2016.

APÊNDICE: NORMAS DA REVISTA



SOUTH AFRICAN JOURNAL OF BOTANY

An International Interdisciplinary Journal for Plant Sciences

INTRODUCTION

Official Journal of the South African Association of Botanists (<http://www.sabotany.com>)

The *South African Journal of Botany* publishes original papers that deal with the classification, biodiversity, morphology, physiology, molecular biology, ecology, biotechnology, ethnobotany and other botanically related aspects of plants

Types of Paper

Reviews, Short-Reviews, Research Papers and Technical Notes will be considered.

Reviews: Review articles will be by Editor-in-Chief invitation only, but suggestions for Review topics may be forwarded to the Editor-in-Chief for consideration.

Short-Reviews: are reviews updating the scientific community on important advances in the plant sciences. They are not longer than 6 printed pages with no more than 40 references.

Research Papers: should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere.

Technical Notes: these will not exceed two printed pages and include only one table or one figure.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information pages on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright- holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Crossref Similarity Check.

Preprints

Please note that preprints can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's sharing policy. Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior

publication (see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information).

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. More information.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of user license.

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information.

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

Open access

Please visit our Open Access page from the Journal Homepage for more information.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific

English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's Author Services.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Submit your article

Please submit your article via <https://www.evis.com/profile/api/navigate/SAJB>.

Referees

A highly qualified Editorial Board, in collaboration with dedicated referees, ensures peer-reviewing of all manuscripts and the maintenance of international scientific standards. All submitted papers are refereed by a member of the Editorial Board and at least two independent referees. The Editor-in-Chief may, however, decide not to submit a manuscript for review if it is judged to be of poor quality, failing to meet the standards of SAJB with respect to science, language expression, presentation and/ or required style

PREPARATION

Peer review

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. More information on types of peer review.

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in *single-column format, double line spacing, 12 pitch font size and contain page and line numbering*. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <https://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your wordprocessor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered

1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Any species or infraspecific taxon studied is to be referenced against appropriate literature used to identify the material concerned. Give full scientific name(s) of plant(s) used, as well as cultivar (cv.) or variety (var.) where applicable. All growth conditions should be properly described. Sufficient detail of the techniques used should be provided to allow easy repetition.

Results

Results should be clear and concise. Do not include material appropriate to the Discussion.

Discussion

This should highlight the significance of the results and place them in the context of other work. Do not be over-speculative or reiterate the results. If desired the Results and Discussion sections may be amalgamated.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower- case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: example Highlights.

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose

of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself. It must not exceed 5% of the manuscript.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.
- Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired colorvision.

A detailed guide on electronic artwork is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in

the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/south-african-journal-of-botany>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by "et al." and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first chronologically, then alphabetically. Examples: "(Allan and Jones, 1995; Bown 1995; Allan, 1996a, 1996b, 1999;). Kramer et al. (2000) have recently shown. "

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication (journal names in full, not abbreviated):

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2000. The art of writing a scientific article. *Journal of Science Communication* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 1979. *The Elements of Style*, third ed. Macmillan, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 1999. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp.281–304.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the research data page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the database linking page.

For supported data repositories a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the Mendeley Data for journals page.

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into one or multiple data articles, a new kind of article that houses and describes your data. Data articles ensure that your data is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. You are encouraged to submit your article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed and published in the open access data journal, *Data in Brief*. Please note an open access fee of 600 USD is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the Data in Brief website. Please use this template to write your Data in Brief.

MethodsX

You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple MethodsX articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their

work. MethodsX, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their MethodsX article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will automatically be transferred over to MethodsX where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in MethodsX. Full details can be found on the MethodsX website. Please use this template to prepare your MethodsX article.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the Data Statement page.

Submission checklist

It is hoped that this list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal's Editor for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One Author designated as corresponding Author:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes) Further considerations

• Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"

• Manuscript should have numbered pages, and line numbering throughout the text and preferably continuous not starting at 1 on each page.

• References are in the correct format for this journal

• All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and viceversa

• Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)

• Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print

• If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at service.elsevier.com.