

Extratos Vegetais de Espécies de Plantas do Cerrado Sul-Matogrossense com Potencial de Bioherbicida e Bioinseticida

Plants Extract from Cerrado Sul-Matogrossense with Bioherbicide and Bioinsecticide Potential

Cristiano Pereira da Silva^a; Thiago Gomes Ricci^b; Ana Lúcia de Arruda^a; Frida Maciel Pagliosa^a;
Maria Lígia Rodrigues Macedo^{c*}

^aUnigran, Curso de Biomedicina. MS, Brasil.

^bUniversidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Química. MS, Brasil.

^cUniversidade Federal de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade. MS, Brasil.

*E-mail: cpsilva.cetec@gmail.com

Resumo

Estudos recentes têm revelado os efeitos positivos de algumas espécies de plantas do cerrado sul-matogrossense na inibição do crescimento populacional de linhagem ou espécies bacterianas. Objetivo deste trabalho foi verificar a composição química e os efeitos antimicrobianos dos extratos etanólicos de duas espécies de plantas comuns no cerrado sul-matogrossense. Os testes e análise experimental foram conduzidos nos laboratórios Multidisciplinares do Centro Universitário Anhanguera de Campo Grande, com testes de bioautografia e meios de culturas. Dentre os resultados obtidos, os testes fitoquímicos indicaram a presença de flavonoides, taninos, saponinas, terpenos e derivados cinâmicos nas espécies *Synadenium carinatum* e *Polygonum acre*. Na avaliação da atividade antimicrobiana por meio dos métodos bioautografias, as duas espécies apresentaram atividade antimicrobiana positiva, diminuindo o crescimento populacional de bactérias no meio de cultura contendo os extratos destas plantas, prospectando estudos futuros na identificação de substâncias inibidoras da divisão celular de bactérias.

Palavra-chave: Plantas. Alelopatia. Inflamatórios. Naturais.

Abstrat

*Recent studies have shown the positive effects of some species from southern Mato Grosso cerrado plants in the inhibition of strain population or bacterial species growth. The objective of this study was to determine the chemical composition and the antimicrobial effects of ethanol extracts of two species from common plants in Mato Grosso do Sul cerrado. The tests and experimental analysis were carried out in the laboratory Multidisciplinary University Center Anhanguera Campo Grande, with bioautography tests and cultures media. Among the results obtained, phytochemical tests indicated the presence of flavonoids, tannins, saponins, terpenes and cinnamic derivatives in species *carinatum* *Synadenium* and *Polygonum acre*. In the evaluation of antimicrobial activity using the methods bioautographies, the two species had positive antimicrobial activity, reducing the bacteria population growth in culture medium containing extracts of these plants, prospecting for future studies on the identification of substances that inhibit bacteria's cell division.*

Keyword: Plant. Allelopathy. Inflammatory. Natural.

1 Introdução

Um dos principais problemas da agricultura, no mundo, refere-se ao controle de pragas e doenças. Antes das facilidades na aquisição de agrotóxicos para o controle dos problemas fitossanitários, os agricultores preparavam e utilizavam produtos naturais obtidos a partir de materiais disponíveis em suas próprias propriedades. Com a popularização do uso dos agrotóxicos, aqueles produtos foram quase que totalmente abandonados e, atualmente, muitos deles são chamados de alternativos (ALMEIDA; RODRIGUES, 1985; SOUZA; EVANGELISTA JUNIOR, 2009).

No entanto, o conhecimento dos efeitos indesejáveis do uso de inseticidas químicos, associados à preocupação dos consumidores quanto à qualidade dos alimentos, têm incentivado estudos sobre novas técnicas de controle e manejo de inseto-pragas (TAVARES *et al.*, 2009), incluindo-se a utilização de produtos naturais, que sejam menos agressivos ao ambiente, sendo que muitos são utilizados pelos agricultores há décadas, como os inseticidas de origem vegetal.

Souza Filho *et al.* (2006) em seus estudos comentam sobre os efeitos dos impactos dos herbicidas e inseticidas sintéticos nos sistemas agrícolas convencionais, embora seja considerado um método de controle eficaz para um número considerável de espécies de plantas daninhas ou inseto-praga estes têm sido questionados nos dias atuais.

Bessa, Terrones e Santos (2010) também destacam os efeitos impactantes dos compostos sintéticos utilizados na agricultura convencional, despertando estudos que demonstram os danos bioacumulativos no meio ambiente, com estudos de monitoramentos, da avaliação da persistência destes produtos e da utilização no meio ambiente.

Dentre os pesticidas empregados na agricultura destacam-se os herbicidas e inseticidas de última geração, correspondendo a maior parcela comercializada mundialmente (UETA; SHUHAMA; CERDEIRA, 2001). Os herbicidas são substâncias químicas que agem eliminando ou, no mínimo, dificultando o desenvolvimento de espécies daninhas que comprometem a produtividade das diferentes culturas de

interesse comercial (ROMAN *et al.*, 2007). Já os inseticidas atuam na diminuição ou erradicação de insetos-pragas agrícolas, que interferem na produção agrícola.

Segundo Almeida *et al.* (2006), se destacam os problemas destes produtos, citando que apresentam alto potencial de deslocamento no perfil do solo (lixiviação), com elevada persistência no solo, baixa a moderada solubilidade em água e adsorção moderada à matéria orgânica presente nos colóides do solo. Assim, uma vez chegando ao solo, os compostos sintéticos ficam sujeitos a processos físicos, químicos e biológicos que influenciarão sua atividade e determinarão sua permanência ou não no local de sua aplicação. Algumas moléculas requerem a incorporação ao solo, a fim de reduzir as perdas por volatilização e fotodecomposição. Os herbicidas e inseticidas sofrem a ação de micro-organismos presentes no solo, se não forem absorvidos pelas plantas, podem ficar fortemente adsorvidos à matéria orgânica presente na fração coloidal do solo, ser carregados pela água das chuvas e/ou irrigação ou, ainda, sofrer lixiviação, chegando ao lençol freático (ROMAN *et al.*, 2007).

Estudando a adsorção no solo por inúmeros inseticidas e pesticidas Almeida *et al.* (2006) e Moura, Franco e Matallo (2008) observaram que porcentagens de herbicidas adsorvidas [ametrina (ex. Gesapax 500 Ciba Geigy, dentre outros) e prometrina (ex. Gesagard 500 SC, dentre outros)] (72,2 a 95,1%) se aderem no solo com os maiores teores de argila (59,8%) e carbono orgânico (10,2%), em comparação com aqueles que apresentaram maior fração de areias (até 95%) e baixa porcentagem de carbono orgânico (de 0,5 a 2,7%), sendo prejudicial devido aos efeitos biocumulativos.

A busca de herbicidas e inseticidas naturais, que não apresentem os inconvenientes dos produtos sintéticos, são questões fundamentais nos estudos interdisciplinares na atualidade. Realizando um levantamento de trabalhos nesta temática foram desenvolvidos nos últimos anos alguns trabalhos, que evidenciam os efeitos de algumas espécies vegetais com potencial alelopático (BORGES; LOPES; SILVA, 1993; LISANWORK; MICHELSEN, 1993; GONZÁLES; SOUTO; REIGOSA, 1995; RIZVI *et al.*, 1999; SOUZA FILHO; ALVES, 2000), potencial de herbicidas naturais (BAGHESTANI *et al.*, 1999; BARBOSA; PIVELLO; MEIRELLES, 2008; BESSA; TERRONES; SANTOS, 2010; COSTA *et al.*, 1999; MANO, 2006) e inseticidas naturais (; NASCIMENTO *et al.*, 2011; SILVA; SANTOS, 2010).

Visto tamanha importância do estudo, ainda são poucos os trabalhos e evidências pesquisados pela ciência. Estudos que visam descobrir quais são as espécies de plantas que apresentam efeitos de controle biológicos, podem ser de grande importância para a comunidade científica e para as indústrias de biotecnologias, pois estes estudos possibilitam a determinação das espécies de plantas com tais propriedades, a identificação dos compostos químicos, os quais poderão servir como base para a produção de herbicidas e inseticidas

mais específicos e menos prejudiciais ao ambiente, quando comparados àqueles em uso atualmente na agricultura.

Os fundamentos científicos que norteiam a busca de espécies de plantas que interferem no ciclo de vida de plantas daninhas e insetos (pragas agrícolas) são definidas como alelopátia, sendo a interferência positiva ou negativa promovida por uma espécie vegetal, quando esta sintetiza e disponibiliza nas vias metabólicas secundárias, que possuem a capacidade de influenciar, direta ou indiretamente, no estabelecimento de outros organismos (FERREIRA, 2004).

O avanço dessa linha de pesquisa deve-se a três principais fatores: os efeitos alelopáticos são a chave para o entendimento de distintas relações ecológicas como em alguns casos de sucessão ecológica (FERREIRA, 2004) e de invasão biológica (PERDOMO; MAGALHÃES, 2007), por exemplo, pelo fato de que o isolamento e identificação de aleloquímicos possibilitam a descoberta de herbicidas naturais (CORNES, 2005; HAIG; PRATLEY; HILDEBRAND, 2005). Os inseticidas naturais, dentre os quais pode ser destacado o uso de produtos alternativos, como pós, extratos botânicos e óleos essenciais de origem vegetal, podem ser utilizados tanto no manejo integrado de pragas em cultivos comerciais, como também, na agricultura biológica.

Esses compostos devem ser utilizados como um método de controle eficaz, para redução dos custos, preservação do ambiente e dos alimentos da contaminação química, tornando-se prática adequada para agricultura sustentável (SOUZA; EVANGELISTA, 2009). Segundo os mesmos autores, a diversidade da flora brasileira apresenta um imenso potencial para a produção de compostos secundários.

Nascimento *et al.* (2011) estimaram que 16% das 500 mil espécies de plantas que existem no mundo encontram-se no Brasil. Contudo, a pesquisa de substâncias ativas derivadas de plantas no Brasil ainda é muito incipiente. Até o início da década de 1980, estimou-se que menos de 1% das espécies da flora brasileira eram conhecidas quanto aos seus constituintes químicos e, mesmo considerando ter havido incrementos significativos a partir desse percentual nas últimas duas décadas, ainda há, evidentemente, uma grande lacuna de conhecimento a ser preenchida.

Atualmente, existe um mercado promissor para os bioinseticidas e inseticidas naturais. A produção de compostos químicos naturais representa 7,5% do mercado de produtos químicos, farmacêuticos, veterinários e de proteção de plantas. Nesse sentido, desenvolver ensaios, isolar, caracterizar e, finalmente, sintetizar ou biossintetizar compostos de interesse no controle de insetos torna-se um desafio constante (MACHADO; SILVA; OLIVEIRA, 2007).

O desenvolvimento de herbicidas e inseticidas naturais mediante estudos com compostos secundários de plantas é o caminho a seguir. Portanto, estudos se estendem desde a identificação (feita no campo) de plantas, as quais apresentem atividades inibitórias, até o desenvolvimento de metodologias

análíticas eficientes de extração, de caracterização e de identificação dos compostos secundários responsáveis pela inibição. Além das etapas citadas acima, é necessário, também, um intenso estudo determinando o modo ou mecanismo de ação dessas substâncias, no controle do desenvolvimento e na ação alelopática.

O objetivo desta revisão de literatura é promover a discussão sobre as vantagens do uso de bio-herbicidas e bioinseticidas nos sistemas de produção vegetal, proporcionando a divulgação de resultados obtidos nos últimos anos.

2 Desenvolvimento

2.1 Ação herbicida e inseticida de extratos vegetais

Inúmeras substâncias químicas sintetizadas no metabolismo secundário das plantas atuam, em grande maioria, como inseticidas e herbicidas naturais, repelindo ou matando os insetos e impedindo a germinação de outras espécies suscetíveis aos compostos volatilizados pelas plantas. As plantas são constituídas por inúmeros grupos de substâncias, dentre outras, de terpenoides, que podem conter até cem ou mais compostos orgânicos (BARBOSA; PIVELLO; MEIRELLES, 2008).

Os terpenos encontrados com maior frequência nos óleos essenciais são os monoterpenos, sesquiterpenos e com menor frequência os diterpenos. Seus constituintes terpênicos podem apresentar diversas funções orgânicas, como álcoois, cetonas, éteres, ésteres e aldeídos. Os terpenos possuem, também, diversas funções nas plantas atuando como fitoalexinas, repelentes de insetos, agentes de atração polínica, agentes de defesa contra herbívoros, feromônios, inseticidas ou repelentes, hormônios vegetais, moléculas de sinalização e aleloquímicos.

Assim, testando os efeitos alelopáticos de *Hydrocotyle bonariensis* LAM (Araliaceae) isolaram diferentes óleos essenciais e testaram seus efeitos na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e cebola (*Allium cepa* L.). Em relação ao processo germinativo, foi verificado que todas as concentrações do óleo volátil de *Hydrocotyle bonariensis* reduziram, significativamente, a porcentagem de germinação em *Lactuca sativa* (alface) e *Allium cepa* (cebola), sendo as reduções de 54% em *Lactuca sativa* e 34% em *Allium cepa*, em relação ao controle, para a maior concentração ensaiada (1%).

Segundo Malheiros e Peres (2001), a atividade alelopática raramente é resultado de uma única substância, sendo mais comum um conjunto de substâncias apresentando tal atividade. O entendimento das inter-relações complica-se pelo fato de um mesmo composto influenciar várias funções biológicas e a mesma função poder ser influenciada por mais de um composto. Por exemplo, monoterpenos como α -pineno e limoneno inibem o ciclo de nitrogênio e os ácidos ferúlico e γ -cumárico influenciam a germinação de *Brassica napus* L. pela redução da mobilização lipídica.

Periotto, Perez e Lima (2004) em estudos com extratos de *Andira humilis* Mart. ex Benth sobre *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. comparando-se o crescimento da raiz e da parte aérea (hipocótilo/coleótilo), observaram que os efeitos alelopáticos foram mais evidentes no crescimento da raiz do que no da parte aérea. Segundo os mesmos autores, este fenômeno pode ter ocorrido devido à absorção e, conseqüentemente, a concentração de fitotoxinas nos tecidos radiculares ser favorecida pelo contato físico da raiz com o papel filtro. Desta forma, a bioatividade dos compostos voláteis está condicionada à capacidade de absorção, translocação e mecanismo de ação dos seus compostos potencialmente alelopáticos

Barbosa, Pivello e Meirelles (2008), trabalhando com germinação, inibição de raiz e parte aérea, de sementes de *Panicum Maximum* usando extrato de *Curatella americana* L. extrato das folhas mostraram conter metabólitos secundários com maior poder inibitório do que o extrato de caule na germinação de sementes de *P. maximum*. Estes resultados evidenciam a presença de compostos químicos com potencial herbicida no extrato de folha de *Curatella americana* L. (lixreira), já o extrato diclorometanólico da folha da lixeira apresentou um elevado potencial fitotóxico, em concentrações semelhantes às utilizadas pelos herbicidas comerciais.

Bessa, Terrones e Santos (2010) avaliando a capacidade fitotóxica e identificação de metabólitos secundários da raiz de *Cenchrus echinatus* L. evidenciaram que o extrato de raiz apresentou atividade inibitória na espécie de *Panicum maximum* L. com os melhores resultados nas maiores concentrações (100 e 200mg/L do extrato de *Cenchrus echinatus* L.). Segundo os autores o modo de ação pode estar associado a ação direta em que o aleloquímico liga-se às membranas da planta receptora ou penetra nas células, interferindo diretamente no seu metabolismo.

Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) e *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) estão entre as pragas de maior importância para a cultura de milho, por provocarem perdas quantitativas e qualitativas. *Sitophilus zeamais* é encontrado em todas as regiões quentes e tropicais do mundo e é uma praga primária de milho armazenado, podendo infestar os grãos no campo, antes do armazenamento. *Spodoptera frugiperda* ou lagarta-do-cartucho do milho ocorre em todo o ciclo do milho e, por isto, pode causar perdas de até 38,7% na produção e redução da qualidade do produto final, por ser voraz e de difícil controle em campo (GOTT et al., 2010).

Nascimento et al. (2011) trabalhando com inseticidas naturais notaram que para a ação da atividade tóxica por contato dos extratos sobre *S. zeamais*, os extratos de *Bidens sulphureae*, *Vernonia* sp e *P. hoffmannseggiana* (folhas) foram os mais eficientes, causando na concentração de 0,5%, 36%, 25% e 21% de mortalidade dos adultos de *S. zeamais*, respectivamente, após trinta dias de contato. Os extratos de *Memora nodosa*, *Vochysia ruffa*, *P. capitata* (caule), *Senna*

silvestris e *P. hoffmannseggiana* (caule) tiveram porcentagens de mortalidade menores que 10%.

Grainge e Ahmed (1988) estudaram espécies de plantas do gênero *Trichilia*, e verificaram que estas apresentam efeito inseticida em espécies de insetos do gênero Lepidóptera, diferenciado os efeitos e a concentração nas estruturas dos vegetais (folhas e caule) sobre os insetos. Segundo os mesmos autores, a raiz e o córtex de *Trichilia roka* apresentam atividade inseticida, o que se deve provavelmente à presença de sendamina e 7-acetiltriquilina, substâncias que, segundo Klocke e Waller (1987), inibem a alimentação e o crescimento dos insetos. Já Xie *et al.* (1994) testaram diferentes estruturas vegetais de nove espécies de *Trichilia* sobre lepidópteros, observando que o extrato de córtex foi mais eficiente que os extratos de folha, madeira, exocarpo e semente.

A variação no efeito de uma planta inseticida em função da estrutura vegetal utilizada para o preparo do extrato se deve ao fato de os compostos fitoinseticidas não estarem distribuídos uniformemente por toda a planta. Em *A. indica*, por exemplo, segundo Balandrin, Mark-Lee e Klocke (1988), de um total de 25 componentes voláteis até então identificados, cerca de 75% estavam presentes nas sementes, enquanto os demais estavam em outras partes vegetais.

Vendramini e Scampini (1997), comparando o efeito de diversos extratos de *M. azedarach* sobre lagartas de quarto instar de *S. frugiperda*, verificaram que o extrato de caule (ramos) foi deterrente, enquanto os extratos de folhas e de frutos foram fagoestimulantes, resultado que permite inferir que há variações nos componentes químicos presentes nas estruturas vegetais dessa planta. Estes autores, entretanto, avaliando a fase imatura do inseto, constataram que os extratos dessas três estruturas vegetais (incorporados em dieta artificial) reduziram drasticamente a viabilidade larval, verificando maior bioatividade com os extratos de ramos e folhas, os quais, dependendo da concentração, provocaram 100% de mortalidade nessa fase.

Souza e Vendramim (2001), trabalhando com mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B, criada em tomateiro, avaliaram a atividade inseticida de extratos aquosos (na concentração de 3% p/v) de ramos, folhas, frutos verdes e frutos maduros de *Melia azedarach* L. e de ramos, folhas e córtex de *Trichilia pallida* Swartz, ambas Meliaceae, perceberam que os frutos verdes de *Melia azedarach* foram estrutura vegetal mais efetiva, seguindo-se as folhas e os frutos maduros. Para *Trichilia pallida*, os ramos foram os mais efetivos, vindo a seguir as folhas.

Medeiros e Boiça Junior (2005), estudando o efeito alelopático de extratos aquosos de *Senna obtusifolia*, causaram inibição na germinabilidade e redução da velocidade de germinação de sementes de *Lycopersicon esculentum*, ocasionando assim efeitos alelopáticos em ensaios laboratoriais. Os extratos de folha foram os que mais demonstraram eficiência na inibição da germinabilidade e redução da velocidade de germinação, sendo que o extrato de

folha a 100% foi o que apresentou maior eficiência em tais efeitos. Segundo os testes fitoquímicos, nos extratos de Folhas e Caules, foi identificada a presença de taninos flobafênicos, esteroides e saponinas. Nos testes nos extratos de raízes, identificou-se a presença de fenóis, flavononóis, triterpenoides e saponinas.

Estudos comparativos entre a ação de herbicidas sintéticos e de substâncias químicas isoladas a partir de plantas mostram haver alguma semelhança entre sítios e mecanismos de ação. Um exemplo de tal fato pôde ser observado entre: cineol e o herbicida cinmetilin. Os compostos secundários 1,8 cineol e seu análogo 1,4 cineol têm suas atividades fitotóxicas estudadas desde a década de 1960, sendo capazes de inibir o crescimento de muitas plantas daninhas. O herbicida comercial cinmetilin, um composto análogo ao cineol (2-benzil éter substituído) é intensamente utilizado no controle de plantas daninhas monocotiledôneas. Ambos os compostos (tanto o natural quanto o sintético) apresentam o mesmo mecanismo de ação, causando inibição da síntese da enzima asparagina (ROMAGNI *et al.*, 2000).

Entretanto, muitos outros sítios moleculares de ação e ou mecanismo de ação, os quais vêm sendo observados, em certos compostos naturais, não foram observados nos herbicidas disponíveis no mercado. Tal constatação é de extrema importância, uma vez que a resistência de plantas daninhas a herbicidas ocorre, quando se utiliza um mesmo herbicida por muito tempo, ou herbicidas diferentes, porém com o mesmo mecanismo de ação. Dessa forma, se faz necessária a descoberta de compostos com diferentes sítios de ação, quando comparados aos herbicidas tradicionais.

Rizvi *et al.* (1980) um dos trabalhos pioneiros no estudo específico para herbicidas naturais sintetizados por plantas, mencionam que pesticidas obtidos a partir de plantas são facilmente degradados, além de serem mais sistêmicos, isto é: a ação desse herbicida ocorre através da absorção pelas raízes da planta. Duke *et al.*, (2000) relatam que produtos fitotóxicos naturais apresentam maiores massas molares e estruturas mais complexas que compostos obtidos sinteticamente; observa-se uma maior proporção de átomos de oxigênio e nitrogênio e a ausência de átomos da família dos halogênios (flúor, cloro etc.) os quais são bastante comuns nos compostos utilizados, tradicionalmente, como agroquímicos na agricultura.

Durante as últimas décadas, o uso sistemático dos agentes herbicidas e inseticidas na agricultura tem permitido incrementar a produtividade das culturas. Porém, estima-se que de 8 a 15% das culturas perdem-se como resultado das infestações por plantas daninhas, apesar da aplicação contínua de herbicidas. Estas perdas tendem a aumentar até mais de 50% na ausência desses tratamentos. A importância do controle de plantas daninhas e insetos-pragas é tão grande que, atualmente, os herbicidas e inseticidas se constituem em um componente essencial nos países desenvolvidos.

No entanto, o uso indiscriminado destes dois produtos, nos últimos anos, tem induzido o surgimento de um alto número

de espécies de plantas e insetos resistentes. Além disso, estes produtos têm ocasionado danos ecológicos severos e problemas de toxicidade para um grande número seres vivos. O uso indiscriminado de herbicidas e inseticidas sintéticos tem provocado um aumento na resistência de plantas daninhas, resistências em insetos-pragas, na poluição ambiental e nos potenciais danos à saúde daqueles que entram em contato com estes produtos.

As plantas daninhas e os insetos (pragas agrícolas) sempre foram alvo de preocupação para produtividade agrícola. Além da redução da produtividade, as plantas daninhas e as pragas agrícolas dificultam o desenvolvimento das plantas, da floração e da frutificação, atrapalham a colheita e reduzem a qualidade do produto. O sucesso no manejo de plantas daninhas e na diminuição populacional de insetos-pragas depende do conhecimento e do uso integrado dos diferentes métodos de controle, como preventivo, cultural, mecânico, biológico e químico.

Dessa forma, pesquisas que visam avaliar os efeitos das herbicidas e inseticidas, de substâncias químicas sintetizadas por plantas, tornam-se importantes, pois certas substâncias são capazes de inibir o crescimento de algumas plantas sem prejudicar outras, diminuir o crescimento populacional dos insetos-pragas e os danos nas diferentes culturas. Esses produtos são conhecidos como herbicidas e inseticidas seletivos.

As substâncias produzidas por plantas através de metabolismo secundário podem apresentar atividades biológicas diversas. A necessidade de novas moléculas para o desenvolvimento de inseticidas eficientes, específicos e menos tóxicos tem estimulado o interesse em pesquisas das fontes vegetais.

As substâncias químicas liberadas por uma planta herbicida ou inseticida irão afetar o crescimento, o desenvolvimento normal e até inibir o surgimento de novos insetos e plantas, resultado dos produtos oriundos do metabolismo secundário (EINHELIG, 2000). Segundo o mesmo autor, no passado, as substâncias do metabolismo secundário das plantas foram definidas como resíduos do metabolismo celular, os quais eram armazenados em vacúolos evitando, assim, sua autotoxidez. Atualmente, acredita-se que os produtos secundários sejam biossintetizados na célula vegetal com finalidades específicas, obedecendo estritamente seu código genético e que fatores ambientais só modulem sua produção.

2.2 Composição química dos extratos vegetais

Entre os agentes químicos, sintetizados no metabolismo secundário de diversas espécies de plantas, apresentam efeitos alelopáticos, sendo que atualmente são conhecidos mais de trezentos compostos secundários com diferentes estruturas químicas. Sabe-se que uma mesma planta é capaz de produzir diversos aleloquímicos e que entre estes se desencadeiam diversas interações.

Vários compostos orgânicos conhecidos já foram identificados como agentes alelopáticos (RICE, 1974). Segundo esse mesmo autor, classificam-se os compostos aleloquímicos em 14 categorias, sendo elas: ácido cinâmico e seus derivados, cumarinas, fenóis simples, derivados do ácido benzóico e ácido gálico, flavonoides, taninos condensados e hidrolisados, terpenóides e esteroides, ácidos orgânicos solúveis em água, lactonas simples insaturadas, ácidos graxos de cadeia longa, naftoquinonas, antraquinonas e quinonas, aminoácidos e polipéptidos, alcalóides e cianoidrinas, glicosídeos, purinas e nucleosídeos.

Muitos compostos são volatilizados ou liberados pela exudação das raízes, sendo lixiviados para o solo a partir de plantas vivas ou mediante resíduos em decomposição. Alguns compostos que chegam ao ambiente atuam, diretamente, na inibição de germinação ou crescimento das espécies receptoras, porém outros apresentam propriedades alelopáticas apenas após transformações químicas proporcionadas pelos micro-organismos presentes no solo, demonstrando com isso que a atividade biológica pode ser potencializada por seus produtos de degradação.

Ácidos fenólicos e flavonoides estão amplamente distribuídos nos tecidos vegetais e, frequentemente, são associados a fenômenos alelopáticos. A maior parte dos estudos realizados tem tido como objetivo estabelecer os mecanismos de ação dessas duas classes de compostos. Ácidos fenólicos são mencionados como responsáveis pela redução de absorção de micro e macronutrientes em diversas espécies. Ácido ferúlico pode atuar na inibição da absorção de fosfato, enquanto que ácido clorogênico pode alterar o balanço de nutrientes nas plantas. Os flavonoides naringenina, genisteína e camferol também interferem diretamente na absorção de minerais essenciais ao desenvolvimento da planta (EINHELIG, 2000; RICE, 1974).

As poliaminas alteram a permeabilidade da membrana celular. Tais alterações influenciam diretamente a taxa de hidratação e liberação de enzimas, alterando, dessa forma o processo germinativo das sementes (DAVIES, 1994; MATILLA, 1996). A água é o fator iniciante da germinação e está envolvida direta e indiretamente em todas as demais etapas do metabolismo germinativo (MIRANDA *et al.*, 2012). Sua participação é decisiva nas reações enzimáticas, solubilização e transporte de metabólitos, como reagente na digestão hidrolítica de tecidos de reserva das sementes. Muitos compostos tais como ácidos fenólicos, alcalóides, flavonoides e poliaminas alteram a capacidade de absorção de água das sementes bem como seu potencial osmótico (GUALTIERI; PEREZ, 2001; DAVIES, 1994; EINHELIG, 2000; BOTELHO; MIRANDA *et al.*, 2012).

Portanto, para cada espécie de planta daninha poderá existir um herbicida e um inseticida específico que, em pequena dose, serão capazes de controlar e influenciar no desenvolvimento de plantios com pouca incidência de plantas

daninhas, insetos-pragas e ambiente menos contaminados. As consequências do uso excessivo de herbicidas e inseticidas sintéticos têm provocado a grande necessidade de investigar herbicidas mais eficientes e de atividade específica.

A descoberta de novas moléculas químicas a partir de extratos de espécies nativas, com atividade herbicida parece ser a recente tendência no controle de ecossistemas agrícolas. Atualmente, inúmeras pesquisas têm direcionado seus objetivos na proteção do meio ambiente contra as agressões de herbicidas, de fungicidas e de inseticidas sintéticos comerciais, resultando em maior produtividade de culturas economicamente importantes (REIGOSA; PEDRO, 2002).

As plantas têm seu próprio mecanismo de defesa e os aleloquímicos são, de fato, herbicidas e inseticidas naturais. Os aleloquímicos isolados de plantas são uma fonte em potencial para modelos de novos tipos estruturais e manejo agrícola sustentável menos agressivo ao meio ambiente. Estes compostos naturais podem ser mais específicos com novos modos de ação e de maior potencial que aqueles usados atualmente na agricultura.

Assim, o uso de aleloquímicos como herbicidas e inseticidas, naturais ou modificados, é uma das técnicas, envolvendo alelopatia, que tem sido sugeridas para eliminar plantas daninhas e controlar a infestação de pragas agrícolas (BAGHESTANI, *et al.*, 1999; COSTA *et al.*, 1999).

Um importante aspecto na pesquisa em alelopatia é a identificação de compostos aleloquímicos envolvidos nas interações planta-planta e seus possíveis mecanismos de ação. Estes compostos incluem, além dos descritos anteriormente, antocianinas, catequinas, chalconas, cumarinas, flavonas, flavonóis, flavononas, quinonas, resinas, saponinas, taninos e xantonas (FERREIRA *et al.*, 2000; ZIMDHAL, 1999).

A determinação do modo de ação de um herbicida é um estudo complexo de química, bioquímica e fisiologia de plantas. Os métodos mais apropriados de extração são aqueles que se aproximam mais à forma como a planta elimina esses aleloquímicos. Se os bioensaios mostram alguma atividade de determinado extrato, o mesmo é fracionado, geralmente, por técnicas cromatográficas com o objetivo de isolar os componentes ativos.

Justificativas do estudo, segundo Bessa, Terrones e Santos (2010), explicitam que o extrato bruto pode ter em alguns casos maior efeito, quando comparado com seus respectivos compostos componentes isolados. Esta propriedade é conhecida como sinergismo e se deve conhecer a pureza e a concentração do composto ativo a ser usado, o que não será possível ao utilizar diretamente como extrato bruto, e a concentração do princípio ativo nas plantas é pequena (geralmente 0,1- 2,0% na planta, em outros casos menores que 0,01%).

Os compostos naturais ou metabólitos secundários são compostos químicos de estrutura relativamente complexa, que cumprem funções específicas em cada ser vivo, tais como proteção contra as pragas, pigmentação de folhas e flores para

favorecer a polinização, etc. De acordo com Barbosa, Pivello e Meirelles (2008), as principais classes de Metabólitos Secundários são:

- ✓ Alcalóides: Compostos nitrogenados farmacologicamente ativos encontrados nas angiospermas. Ex: Quinina (sal).
- ✓ Cumarinas: Lactonas do ácido oihdróxicinâmico. São amplamente distribuídas nos vegetais, mas podem ser encontradas em fungos e bactérias. Suas propriedades farmacológicas e aplicações terapêuticas dependem de seus padrões de substituição. Ex: Umbeliferona.
- ✓ Flavonoides: São biossintetizados a partir de fenilpropanoides. Possuem 15C no núcleo fundamental e constituem uma classe importante de polifenóis, abundantes nos metabólitos secundários das plantas. Ex: Quercetina.
- ✓ Taninos: substâncias fenólicas solúveis em água, que formam complexos insolúveis com alcaloides, gelatina e outras proteínas. São responsáveis pela adstringência de frutos e/ou produtos. Taninos mais proteínas são a base de propriedades, tais como: controle de insetos, fungos e bactérias. Ex: Ácido elágico.
- ✓ Triterpenos e/ou esteroides: Os triterpenos (30C) originam-se da ciclização do esqualeno e podem ser triterpenos comuns, esteroides e saponinas, por exemplo. Os esteroides (27C) podem ser metabólitos dos triterpenos. As saponinas possuem uma parte com característica lipofílica (triterpeno ou esteroide) e outra hidrofílica, que determina a propriedade de redução da tensão superficial da água e sua ação detergente e emulsificante. Ex: Panaxatriol.
- ✓ Derivados antracênicos livres – quinonas: são compostos orgânicos que podem ser considerados como produtos da oxidação de fenóis. Ex: Naftoquinona.
- ✓ Ácidos orgânicos solúveis em água, álcoois de cadeia linear, aldeídos alifáticos e cetonas; exemplos: ácido cítrico e acético; metanol e acetaldeído.
- ✓ Lactonas insaturadas simples: Várias lactonas simples são fortes inibidoras da germinação de sementes; exemplos: cumarinas (psoraleno e umbeliferona).
- ✓ Ácidos graxos de cadeia longa e poliácetilenos: esteárico, mirístico.
- ✓ Naftoquinonas, antraquinonas e quinonas complexas, apenas uma quinona foi identificada como tóxica para outras plantas. É a juglona e este composto é liberado pelas folhas e frutos da Black walnut trees. Exemplos: juglona, tetraciclina
- ✓ Fenóis simples, ácidos benzóicos e derivados: ácido gálico, vanílico e hidroquinona.
- ✓ Ácido cinâmico e derivados.

2.3 Metabólicos secundários das plantas

O metabólito secundário produzido pelas plantas atua de várias formas, sendo evidenciados na expressão de genes dominantes, que garantem a resistência na presença dos compostos químicos, na ineficiência da atividade fotossintética, nas alterações dos sítios de ligações nas mitocôndrias, na ineficiência enzimática e na conjugação de aminoácidos e proteínas, inativando suas funções.

No Brasil, Vargas, Borém e Silva (2001) determinaram que a resistência aos inibidores de ALS em *Euphorbia heterophylla* é codificada por um gene dominante nuclear com dominância completa. Quando a resistência depende de um único gene (monogênica) a possibilidade de desenvolvimento é maior e mais rápida que a dependente de mais de um gene

(poligênica).

Schonfeld *et al.* (1987) relatam a atividade fotossintética menos eficiente em plantas daninhas, após o uso de herbicidas naturais, resultante de alterações nos sítios de ação nas membranas dos cloroplastos, sendo considerada a razão da inibição dos fotossistemas I e II. Christoffoleti (1997) descreve a existência de evidências que as plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ALS não são, necessariamente, menos produtivos que os biótipos suscetíveis da mesma espécie.

Para a ineficiência da enzima ACCase, Wiederholt e Stoltenberg (1996) trabalhando com biótipos resistentes de *Digitaria sanguinalis*, comparados aos similares suscetíveis, verificaram ausência de diferenças no desenvolvimento de plantas tratadas com inibidores do metabolismo secundários.

No que concerne à defesa contra herbívoros, as plantas desenvolveram dois tipos de defesa, a direta e a indireta. Na defesa direta estão envolvidas substâncias como sílica, metabólitos secundários, enzimas e proteínas, além de órgãos como tricomas e espinhos que afetam diretamente a performance do inseto (Wiederholt & Stoltenberg, 1996).

Na defesa indireta estão envolvidas substâncias emitidas pela planta, que atraem parasitas e predadores do inseto fitófago. Terpenos e fenilpropanoides voláteis sintetizados por espécies vegetais podem ter, dependendo do inseto em análise, propriedades atrativas (alimentação, polinização) e/ou deterrentes e inseticidas (WIEDERHOLT; STOLTENBERG, 1996).

Algumas pesquisas têm utilizado extratos (sólidos) e óleos essenciais (aquoso) de várias espécies de plantas, com intuito de determinar quais as melhores espécies para o manejo e o controle da formiga-cortadeira, como controle alternativo da espécie em estudo a *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae), em que foram testados os extratos e os óleos de algumas espécies, as quais, apresentaram resultados satisfatórios e promissores, tais como: *Ricinus communis* L., *Carapa guianensis* Aubl., *Elaeis guineensis* Jacq., *Sesamum indicum* L., *Anacardium occidentale* L., *Azadirachta indica* Juss. e *Rauia* sp. (FREITAS, 2010).

Segundo Jung *et al.* (2013), dos óleos vegetais que apresentaram resultados promissores para o controle da formiga cortadeira, tendo seus estudos destacado que as espécies correspondentes à família Myrtaceae são as que possuem a melhor ação inseticida, o que torna a pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) uma planta potencial no controle alternativo de *Atta laevigata*. Também são descritos princípios ativos nas folhas do cinamomo (*Melia azedarach* L.), como saponinas e alcaloides neurotóxicos, o que revela o possível potencial da espécie no controle da formiga cortadeira.

Jung *et al.* (2013), estudando o efeito inseticida de extratos e do óleo da folha de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) em relação às diferentes concentrações avaliadas, verificaram que todos os extratos na concentração 10% já causaram mortalidade significativa em soldados de *Atta laevigata*,

quando comparados com suas respectivas testemunhas. Nas demais concentrações (1,25%, 2,5% e 5%), apenas o óleo essencial causou mortalidade significativa (84,4%, 94,1% e 100%, respectivamente). Segundo os mesmos autores, o efeito obtido nos diferentes métodos de extração (pastoso), verificou-se que, nas concentrações de extratos utilizadas (1,25%, 2,5% e 5%), o óleo essencial apresentou maior potencial inseticida, quando comparado aos extratos.

Vale a pena ressaltar que o fato dos óleos terem maiores eficiências no controle de *Atta laevigata*, provavelmente, está relacionado ao elevado número de substâncias associadas ao óleo essencial de *Eugenia uniflora*, os quais foram descritos por Brun & Mossi (2010) 15 compostos, sendo estes: Ocimeno; β -Elemeno; β -cariofileno; Elemeno; Transcariofileno; Bicyclogermacreno; Curzereno; Cadineno; Germacreno B; Espatuleno; Selina-1,3,7(11)-trien-8-ona; Atractilona; Furanodiona; Germacrona, e Oxidoseлина-1,3,7(11)-trien-8-ona.

Torres *et al.* (2001), em estudo com extratos aquosos de folhas de *E. uniflora* 10% sobre larvas da traça das crucíferas (*Plutella xylostella* L.) (Lepidoptera: Plutellidae), obtiveram 60% de mortalidade. Também, Machado, Silva e Oliveira (2007) avaliaram o extrato aquoso de *E. uniflora* sobre a vaquinha, *Diabrotica speciosa* Germar (Coleoptera: Chrysomelidae), e verificaram mortalidade significativa.

Coitinho (2009) estudando o óleo essencial de *Eugenia uniflora* verificou o efeito inseticida em diferentes espécies de insetos-pragas, comprovando repelência de 88,5% e mortalidade de 100% no gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) sendo considerado promissor para o manejo integrado dessa praga, principalmente, para sistemas alternativos de produção.

A presença de flavonoides e taninos foi identificada em extratos hidroalcoólicos de *Eugenia uniflora* (AURICCHIO *et al.*, 2007; FIUZA *et al.*, 2008), em que os autores destacam que teores de fenóis, taninos e flavonoides totais foram encontrados em amostras do pó das folhas de *Eugenia uniflora* com concentrações de 9,22%, 5,08% e 0,53%. Segundo Cavalcante, Moreira e Vasconcelos (2006), os taninos são considerados redutores digestivos e de crescimento, ocasionando redução na taxa de sobrevivência de insetos, uma vez que inativam enzimas digestivas, comprometendo a digestão.

Dequech *et al.* (2008) verificaram que o uso de extrato da planta *Melia azedarach* no controle das larvas de *Microtheca ochroloma* Stal (Coleoptera: Chrysomelidae) também apresentou atividade inseticida, sendo que, no quinto dia, os ramos e as folhas de cinamomo causaram mortalidade de 98% e 100%, respectivamente.

A família Meliaceae é uma das mais importantes no grupo de plantas inseticidas, em virtude do número de espécies com atividade inseticida e da eficiência dos seus extratos, especialmente sobre insetos mastigadores, como os representantes das ordens Lepidoptera e Coleoptera (ROEL;

VENDRAMINI; FRIGUETTO, 2000), para os quais já foram constatados efeitos, como inibição e/ou redução do consumo alimentar, atraso no desenvolvimento, deformações, esterilidade e mortalidade de insetos (COSTA; CONTINI; MELO, 2004).

Matias *et al.*, (2002) destacam que as duas espécies de maior destaque envolvem o cinamomo (*Melia azedarach*), que apresenta compostos limonoides também presentes no nim (*Azadirachta indica* Juss.), espécie de origem asiática de uso difundido mundialmente com vistas ao controle de insetos. O nim possui, em suas folhas e frutos, a azadiractina, o terpenoide mais eficiente no controle de pragas, agindo como repelente, fagoderrente, regulador de crescimento e inseticida. Até 1995, aproximadamente 400 espécies de insetos foram descritas como suscetíveis à ação do nim (SOGLIA *et al.*, 2006).

Os óleos derivados de produtos naturais que possuem os maiores potenciais como repelentes de insetos são os de citronela, cravo, verbena, cedro, lavanda, pinho, canela, alecrim, manjeriço, pimenta, pimenta da Jamaica, dentre outras espécies ainda em estudo. Os extratos metanólico e hexânico do *S. aromaticum* apresentaram repelência contra o gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*) em grãos de arroz e o eugenol tem efeito contra a forma adulta do *S. zeamais* (LUCCA, 2009).

Outra substância também encontrada em *Syzygium aromaticum*, muito usada devido a sua repelência e eficácia contra insetos, comparada ao DEET, é a picaridina ou 2-(2-hidroxi-1-piperidinocarboxilato de 1-metilpropila, sendo que o uso foi recentemente aprovado no Brasil e nos Estados Unidos (AFFONSO *et al.*, 2012). Já a picaridina age promovendo uma forte excitação do sistema nervoso central do inseto e um bloqueio da circulação de sódio nas células nervosas através da inibição do trifosfato de adenosina, da acetilcolinesterase e do receptor ácido α -amino butírico (GABA), provocando uma paralisia no inseto (RIBAS; CARRENO, 2010).

Affonso *et al.* (2012) destacam a espécie cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) como um inseticida natural eficaz, destacando o eugenol, um fenilpropanoide muito utilizado na odontologia. Sua atividade inseticida também foi relatada contra pragas de grãos armazenados. Simões *et al.* (2007) observaram que este óleo de cravo-da-índia causou 80% de mortalidade das lagartas de desfolhadora (*Thyrinteina arnobia*) a 5,0%, e 100% de mortalidade na concentração de 10,0% do óleo essencial.

Bernard (2011) testando a ação de diferentes óleos de diferentes espécies de plantas, verificou uma alta mortalidade dos insetos com o óleo essencial de pimenta-longa (*Piper hispidinervum*), que causou 80% de mortalidade na concentração de 1,0%, e 100% de mortalidade nas concentrações mais altas (5,0 e 10,0%). Seu óleo essencial é composto por 90% do fenilpropanoide safrol, que apresenta atividade inseticida contra inúmeros insetos, tais como:

Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera: Curculionidae), *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) (ESTRELA *et al.*, 2006; FAZOLIN *et al.*, 2007).

Em estudos realizados em relação a composição química do gênero *Piper*, indicam que seis amidas alcaloides isoladas especificamente da espécie *Piper guineense* Schum apresentaram atividade antialimentar para larvas de quinto instar de *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae), tendo as amidas mais ativas a piperina e β e α -Diidropiperina. Em testes para avaliar a atividade de amidas sintéticas análogas à piperina sobre a lagarta-do-cartucho foram observadas, além da mortalidade das lagartas, anomalias morfológicas, prolongamento dos instares e redução do peso das larvas (ESTRELA *et al.*, 2005).

Já Musetti (1991) constatou toxicidade dos extratos acetônico e metanólico de frutos secos de *Piper nigrum* para adultos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), oferecendo proteção superior a 95% nas concentrações mais elevadas (12,5; 25 e 50%) e provocando efeito fago-inibidor. O extrato acetônico mostrou-se mais eficaz, proporcionando 100% de proteção já na dosagem de 25% e apresentando-se repelente contra os insetos.

Trabalhos realizados por Oliveira Junior (2000) e Bernad (2011), investigando a bioatividade de diversos pós vegetais nas concentrações de 0; 1,5 e 2,5% e três períodos de armazenamento de grãos de *Phaseolus vulgaris* L. sobre *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae), destacaram a reduções na postura de ovos viáveis e emergência de adultos. No entanto, aos dois e quatro meses de armazenamento, somente a pimenta-do-reino causou redução da postura e emergência.

Almeida *et al.* (2006) avaliaram a atividade inseticida de extratos vegetais contra *C. maculatus* em feijão *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Os resultados demonstraram que os extratos da pimenta-do-reino e do nim foram os mais eficientes, tendo o extrato da pimenta alcançado um melhor desempenho em relação ao do nim, provocando 100% de mortalidade logo a partir do segundo tempo de exposição, enquanto que o nim causou essa mortalidade somente nos dois últimos tempos.

Almeida *et al.* (2006) utilizaram frutos secos da pimenta-do-reino para extração em percolador com solvente álcool etílico nas concentrações (30%, 50% e 70%) sobre o gorgulho-do-feijão-caupi e causaram mortalidade acima de 90%. No entanto, em termos de valores absolutos, o extrato formulado com 70% de álcool foi o mais eficiente, matando todos os insetos a partir de 10 minutos de exposição.

Fazolin *et al.* (2000) investigaram o efeito inseticida dos extratos de 15 espécies vegetais, sendo que oito apresentaram efeito significativo sobre *Cerotoma tingomarianus* (Coleoptera: Crysomelidae), dentre elas a pimenta-do-reino a 1%. O extrato da pimenta-do-reino na dose de 5% (p/v) com óleo mineral (0,5% v/v) apresentou uma eficiência de 71%

no controle dos adultos de *Cerotoma arcuata* (Coleoptera: Crysmelidae) em folhas de soja.

Seis anos depois, Fazolin *et al.* (2007) destacam o potencial inseticida de *Piper hispidinervum*, relatando que o óleo essencial desta espécie é rico em safrol, componente químico aromático empregado como matéria-prima na manufatura de heliotropina, importante fixador de fragrâncias, e butóxido de piperonila, agente sinérgico natural de inseticidas. Costa, Contini e Melo (2004) consideraram satisfatório o controle da desfolha e a produtividade obtida com a utilização de extratos alcoólicos de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* comparados com o inseticida sintético carbaryl, no controle de *C. tingomarianus* na cultura da soja.

3 Conclusão

De acordo com o estudo conclui-se que são inúmeras as substâncias químicas sintetizadas no metabolismo secundário das plantas, podendo ser estas utilizadas no controle biológico de inseto-pragas e plantas daninhas, atuando como inseticidas e herbicidas naturais, possibilitando a expansão de produtos agroecológicos menos agressivos ao meio ambiente.

Referências

ALMEIDA, S.F.; RODRIGUES, N. B. Guia de herbicidas, contribuição para o uso adequado em plantio direto convencional. IAPAR, 1985.

ALMEIDA, S.D.B. *et al.* Sorção de Triazinas em Solos Tropicais e pré seleção para recomendação de uso na região de Ubatuba. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE FÍSICA Y QUÍMICA AMBIENTAL, 4. 2006. São Paulo. *Anais...* São Paulo, v.2. p.17-24. 2006.

AURICCHIO, M.T. *et al.* Atividades Antimicrobiana e Antioxidante e Toxicidade de *Eugenia uniflora*. *Latin Am. J. Pharm.*, v.26, n.1, p.76-81. 2007.

AFFONSO, R.S. *et al.* Aspectos Químicos e Biológicos do Óleo Essencial de Cravo da Índia. *Rev. Virtual Química*. v.4, n.2, p. 146-161, 2012.

BALANDRIN, M.F.S.; MARK-LEE, J.A. KLOCKE. Biologically active volatile organosulfur compounds from seeds of the neem tree, *Azadirachta indica* (Meliaceae). *J. Agr. Food Chem.*, v.36, p.1048-1054, 1988.

BARBOSA, E.G.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T. Allelopathic Evidence in *Brachiaria decumbens* and its Potential to Invade the Brazilian Cerrados. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, v.5, p.825-831. 2008.

BAGHESTANI, A. *et al.* Determination of Allelochemicals in spring cereal cultivars of different competitiveness. *Weed Sci.*, v.47, p.498-507, 1999.

BESSA, T.; TERRONES, M.G.H.; SANTOS, D.Q. Avaliação fitotóxica e identificação de metabólitos secundários da raiz de *Cenchrus echinatus*. *Rev. Floresta Amb.*, v.17, p.52-55, 2010.

BERNARD, C. B. *et al.* Insecticidal defenses of Piperaceae from the neotropics. *J. Chem. Ecol.*, v.21, n.6, p.801-814, 2011.

BORGES, E.E.L.; LOPES, E.S.; SILVA, G.F. Avaliação de substâncias alelopáticas em vegetação de uma floresta secundária. *Rev. Árvore*, v.17, n.1, p.69-84, 1993.

BOTELHO, B.A.; GUALTIERI, S.C.J.; PEREZ, A. *Estresse*

hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafistula. *Sci. Agrícola*, v.58, n.1, p.43, 2001.

COSTA, A.V. *et al.* Synthesis and Herbicidal Activity of 2 α ,4 α -Dimethyl-8-oxabicyclo[3.2.1]oct-6-en-3-one Derivatives. *J. Agric. Food Chem.*, v.47, n.11, p.4807-48114, 1999.

COSTA, R.B.; CONTINI, A.Z.; MELO, E.S.P. Sistema reprodutivo de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg e *Vochysia haenkiana* (Spreng.) Mart. em fragmento de cerrado na Chapada dos Guimarães – MT. *Ciênc. Rural*, v.33, n.2, p.34-42 2004.

CORNES, D. C: a very successful maize herbicide inspired by allelochemistry. In: FOURTH WORLD CONGRESS ON ALLELOPATHY. 2005.

COITINHO RLBC. *Atividade Inseticida de óleos essenciais sobre Sitophilus zeamais Mots. (Coleoptera: Curculionidae)*. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco; 2009.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS. *Anais...* EMBRAPA, p.75-94. 1997.

DAVIES, P.J. *Plant hormones in plant growth and development*. Nijhoff Publishers, New York, p.768, 1994.

DEQUECH STB, SAUSEN CD, LIMA CG, EGEWARTH R. Efeito de extratos de plantas com atividade inseticida no controle de *Microtheca ochroloma* Stal (Col.: Chrysomelidae), em laboratório. *Biotemas*. v.21, n.1, p.41-46. 2008.

EINHELIG, F.A. *Allelopathy: a natural protection, allelochemicals*. In: MANDAVA, B.N. *Handbook of natural pesticides methods*. Florida: CRC, 2000.

ESTRELA, J.L.V. *et al.* Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.41, n.2, p.217-222, 2006.

FAZOLIN, M. *et al.* Efeito deterrente de extratos vegetais sobre *Cerotoma tingomarianus* Bechyné em plantas de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Academia Cearense de Ciências, p. 59. 2000.

FERREIRA, A. G. *Interferência: competição e alelopatia*. São Paulo: Artimed, 2004.

FERREIRA, M.C.; SOUZA, J.R.P.; FARIA, T.J. Allelopathy of plant extracts on germination and initial growth of beggartick (*Bidens pilosa* L.) and lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Ciênc. Agrotec.*, v.31, n.4, p.1054-1060, 2007.

FIUZA, T.S. *et al.* Caracterização farmacognóstica das folhas de *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae). *Rev. Eletr. Farm.*, v.5, n.2, p.1-11, 2008.

FREITAS, T.G. Toxicidade de extratos de *Rauia* sp. (Rutaceae) para operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2010.

GONZÁLES, L.; SOUTO, X. C.; REIGOSA, M. J. Allelopathic effects of *Acacia melanoxylon* R. Br. Phylloides during their decomposition. *For. Ecol. Manag.*, v.77, p.53-63, 1995.

GOTT, R.M. *et al.* Avaliação do efeito residual repelente do óleo essencial de *Curcuma longa* sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, p. 23-28, 2010.

GRAINGE, M.S. *AHMED. Handbook of plants with pest-control properties*. New York, John Wiley, 1988.

HAIG, T.; PRATLEY, J.; HILDEBRAND, S. Using allelopathy to search for new natural herbicides from plants. In: CONGRESSO ON ALLELOPATHY. 2005.

- KLOCKE, J.A.; WALLER, G.R. Natural plant compounds useful in insect control. Allelochemicals, role in agriculture and forestry. Washington: American Chem. Soc., 1987.
- LISANWORK, N.; MICHELSEN, A. Allelopathy in agroforestry systems: the effects of leaf extracts of *Cupressus lusitania* and *Eucalyptus* spp. on four ethiopian crops. *Agrofor. Syst.*, v.21, n.1, p.63-74, 1993.
- LUCCA, P.S. Os extratos metanólico e hexânico do *S. aromaticum* na repelência do gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*) Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2009.
- MALHEIROS, A.; PERES, M.T.L.P. Em *Alelopatia: interações químicas entre espécies*. YUNES, R.A.; CALIXTO, J.B. Chapecó: Moderna, 2001.
- MANO, A.R.O. Efeito Alelopático do extrato aquoso de sementes de camarú (Amburana cearensis S.) sobre a germinação de sementes, desenvolvimento e crescimento de plântulas de alface, picão-preto e carrapicho. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2006.
- MACHADO, L.A.; SILVA, V.B.; OLIVEIRA, M.M. Uso de extratos vegetais no controle de pragas em horticultura. *Biológico*, v. 69, n. 2, p.103-106, 2007.
- MATIAS, R. et al. *Melia azedarach*, uso popular x estudos químicos e farmacológicos: breve revisão. *Ensaíos Ciênc.*, v.6, n.1, p.91-121, 2002.
- MATILLA, A.J. Polyamines and seed germination. *Seed Sci. Res.*, v.6, p.81, 1996.
- MEDEIROS, C.A.M.; BOIÇA JUNIOR, A.L. Efeitos da aplicação de extratos aquosos em couve na alimentação de lagarta de *Ascia monuste orseis*. *Bragantia*, v.64, n.4, p.633-641, 2005.
- MIRANDA, C.C. et al. Germinação de sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) Spig. com diferentes substratos em condições laboratoriais. *Floresta Amb.*, v.19, n.1, p.26-31, 2012.
- MOURA, M.A.M.; FRANCO, D.A.S.; MATALLO, M.B. Impacto de herbicidas sobre os recursos hídrico. *Rev. Tecnol. Inov. Agrop.*, v.1, p.141-150, 2008.
- MUSETTI, L. Avaliação de efeitos de extratos de *Piper nigrum* L. sobre adultos de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera, Curculionidae). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1991.
- NASCIMENTO, N.M.G. et al. Efeito inseticida de extratos de plantas do Cerrado sobre *Spodoptera frugiperda* e *Sitophilus zeamais*. *Planta Daninha*, v.11, n.3, p.435-441, 2011.
- OLIVEIRA JUNIOR, R.S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J. *Plantas daninhas e seu manejo*. Guaíba: Guaíba Agropecuária, 2000. p.291-314.
- PERIOTTO, F.; PEREZ, S.C.J.G.A.; LIMA, M.I.S.; Monoterpeno quiral limoneno o principal componente do óleo volátil de *H. bonariensis* *Acta Bot. Bras.*, v.18, n.3, p.45-56, 2004
- PERDOMO, M.; MAGALHÃES L.M.S. Ação alelopática da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*) em laboratório. *Rev. Floresta Amb.*, v.14, p.52-55, 2007.
- REIGOSA, M.; PEDRO, L.N. *Allelopathy from molecules to ecosystems*. USA: Science Publishers, 2002.
- RIBAS, J.; CARRENO A.M. Picaridina promovendo uma forte excitação do sistema nervoso central de diferentes espécies de insetos. *An. Bras. Dermatol.*, v.85, p.33. 2010.
- RIZVI, D.J.H. et al. Allelopathy interaction in agroforestry systems. *Crit. Rev. Plant Sci.*, v.18, n.6, p.773-796, 1999.
- RICE, E.L. Allelopathy. New York: Academic, 1974.
- ROMAN, E.E. et al. *Como funcionam os herbicidas da biologia à aplicação*. São Paulo: Berthier, 2007.
- ROEL, A.R.; VENDRAMINI, R.T.S.; FRIGHETTO, N. Atividade tóxica de extratos orgânicos de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *An. Soc. Entomol. Bras.*, v.29, p.799-804, 2001.
- SILVA, J.R.B.; SANTOS, A.F. Efeito alelopático de extratos aquosos de *Senna obtusifolia* (L.) H. Irwin e Barneby. *Rev. Floresta Amb.*, v.17, n.2, p.90-97, 2010.
- SIMÕES, C.M. et al. Efeitos do cravo da Índia no controle de insetos. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Porto Alegre: UFRGS, 2007.
- SOGLIA, M.C. et al. *Usos e aplicações do NIM (Azadirachta indica)*. *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical; Boletim Técnico*, 2006.
- SOUZA FILHO, A.P.S.; ALVES, S.M. Potencial alelopático de plantas de acapu (*Vouacapoua americana*): efeitos sobre plantas daninhas de pastagens. *Planta Daninha*, v.18, n.3, p.435-441, 2000.
- SOUZA, A.P.; VENDRAMIM, J.D. Efeito translinar, sistêmico e de contato de extrato aquoso de sementes de Nim sobre *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B em tomateiro. *Neotrop. Entomol.*, v.31, n.1, p.83-87, 2001.
- SOUZA FILHO, A.P.S. et al. Allelopathic Potential of *Myrcia guianensis*. *Planta Daninha*, v.24, n.4, p.649-656, 2006.
- SCHONFELD, M.; YAACOBY, T.; MICHAEL, O.; RUBIM, B. Triazine resistance without reduced vigour in *Phalaris paradoxa*. *Plant Physiol.*, v.83, p.329-333, 1987.
- TAVARES, W.S. et al. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). *Industrial Crops Products*, v.31, p.384-388, 2009.
- TORRES, A.L. et al. Efeitos de extratos aquosos de *Azadirachta indica*, *Melia Azedarach* e *Aspidosperma pyrifolium* no desenvolvimento e oviposição de *Plutella xylostella*. *Bragantia*, v.65, n.3, p.447-457, 2001.
- UETA, J.; SHUHAMA, I.K.; CERDEIRA, A.L. Biodegradação de herbicidas e biorremediação: microrganismos degradadores de atrazina provenientes de solos da Região do Aquífero Guarani. *Rev. Plantio Direto*, v.24, p.25-30, 2001.
- VARGAS, L.; BORÉM, A.; SILVA, A.A. Herança da resistência aos herbicidas inibidores da ALS em biótipos da planta daninha *Euphorbia heterophylla*. *Planta Daninha*, v.19, n.3, p.331-336, 2001.
- VENDRAMIM, J. D.; SCAMPINI, P. J. Efeito do extrato aquoso de *Melia azedarach* sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em dois genótipos de milho. *Rev. Agricultura*, v.72, n.2, p.158-170, 1997.
- WIEDERHOLT, R.J.; STOLTENBERG, D.E. Similar fitness between large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) accessions resistant or susceptible to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors. *Weed Technol.*, v.10, n.1, p.42-49, 1996.
- XIE, Y.S. et al. Biological activity of extracts of *Trichilia* species and the limonoid hirtin against lepidopteran larvae. *Biochem. Syst. Ecol.*, v.22, p.129-136, 1994.
- ZIMDHAL, R. L. *Fundamentals of weed science*. New York: Academic Press, 1999.