



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

VIVIANE DUTRA

**EFEITO DE INSETICIDAS BOTÂNICOS SOBRE
Hypothenemus hampei (FERRARI, 1867) (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) E FOTODEGRADAÇÃO DOS
ROTENOIDES DE SEMENTES DE *Tephrosia vogelii* Hook f.**

Londrina
2016

VIVIANE DUTRA

**EFEITO DE INSETICIDAS BOTÂNICOS SOBRE
Hypothenemus hampei (FERRARI, 1867) (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) E FOTODEGRADAÇÃO DOS
ROTENOIDES DE SEMENTES DE *Tephrosia vogelii* Hook f.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura

Londrina
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Dutra, Viviane.

EFEITO DE INSETICIDAS BOTÂNICOS SOBRE HYPOTHENEMUS HAMPEI (FERRARI, 1867) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E FOTODEGRADAÇÃO DOS ROTENOIDES DE SEMENTES DE TEPHROSIA VOGELII HOOK f. / Viviane Dutra. - Londrina, 2016.
75 f. : il.

Orientador: Maurício Ursi Ventura.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia , 2016.
Inclui bibliografia.

1. Broca-do-café - Tese. 2. Rotenoides - Tese. 3. Fotodegradação - Tese. 4. Controle alternativo - Tese. I. Ursi Ventura, Maurício . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia . III. Título.

VIVIANE DUTRA

EFEITO DE INSETICIDAS BOTÂNICOS SOBRE *Hypothenemus hampei* (FERRARI, 1867) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E FOTODEGRADAÇÃO DOS ROTENOIDES DE SEMENTES DE *Tephosia vogelii* Hook f.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura
Universidade Estadual de Londrina -UEL

Prof. Dr. Gustavo A. de Freitas Fregonezi
Centro Universitário Filadélfia – UNIFIL

Prof. Dr. César Cornélio Andrei
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Amarildo Pasini
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dra. Patrícia Helena Santoro
Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR

Londrina, 29 de março de 2016.

DEDICATÓRIA

A Deus pela saúde e disposição para superar todos os obstáculos e desafios.

À minha mãe Lucilene, que pacientemente me ouviu e aconselhou; ao Maurício Moscardi, por estar sempre ao meu lado, e aos meus irmãos Rafael e Júlio, a todos que mesmo diante de todas as dificuldades jamais deixaram de acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por possibilitar um novo aprendizado a cada dia de minha vida. ELE que é fonte de inspiração em todos os momentos.

Aos meus familiares, em especial a minha mãe Lucilene e aos meus irmãos Rafael e Júlio, minha avó Maria, Tio Jorge e Tia Rosa, e também, ao Tio Hermes Fadel (*in memoriam*) por todo apoio, compreensão e por sempre acreditarem no meu potencial.

Ao meu amor Maurício Lara Moscardi por toda paciência, ajuda e compreensão, por todos os dias ao meu lado e por todo o amor.

Ao meu orientador professor Dr. Mauricio Ursi Ventura não só pela orientação nos vários trabalhos, mas, pela compreensão e paciência, até pelos “puxões de orelha”, sobretudo, pela amizade nestes muitos anos de convivência.

Ao Professor Dr. César Cornélio Andrei, pelas sugestões e conselhos durante o curso, pela paciência e amizade.

Ao Professor Dr. Francisco de Assis Marques e ao MSc. Thiago Alexandre da Silva, do Departamento de Química da UFPR, pela ajuda para conclusão deste trabalho.

A minha banca, Dr. Gustavo Fregonezi, Dr. Amarildo Pasini e Dra. Patrícia Santoro, por aceitarem o convite para participar desde momento.

À coordenação do Curso de Pós-graduação em Agronomia e aos professores do Departamento de Agronomia.

Às minhas amigas de todas as horas Mônica Kuraoka, Rose Bertolucci, Carolina Marcucci, Thais Tutida, Aline Pissinati e Cristhiane Gonzaga por inúmeras vezes terem me apoiado, pela amizade e companheirismo; com certeza a presença de vocês foi imprescindível para a conclusão desta etapa e essencial nas horas de descontração, descanso e alegria.

Aos meus amigos do laboratório de Entomologia que também me auxiliaram diretamente e indiretamente para conclusão desse trabalho e pela companhia nas horas de diversão; em especial, Mateus Gimenez Carvalho e

Fernando Hata.

Ao técnico agrícola, biólogo e grande amigo Davi César Tramontina pela constante ajuda e todos os momentos divertidos, o laboratório de Entomologia tem mais alegria com você.

A todos os amigos que torceram por mim.

Aos funcionários do Departamento e da Pós-graduação em Agronomia. À Universidade Estadual de Londrina, pela minha formação, afinal foram muito anos em suas dependências!

AULA DE VOO

*“O conhecimento
caminha lento feito lagarta.
Primeiro não sabe que sabe
e voraz contenta-se com cotidiano orvalho
deixado nas folhas vividas das manhãs.*

*Depois pensa que sabe
e se fecha em si mesmo:
faz muralhas,
cava trincheiras,
ergue barricadas.*

*Defendendo o que pensa saber
levanta certeza na forma de muro,
orgulha-se de seu casulo.*

*Até que maduro
explode em voos
rindo do tempo que imagina saber
ou guardava preso o que sabia.*

*Voa alto sua ousadia
reconhecendo o suor dos séculos
no orvalho de cada dia.*

*Mas o voo mais belo
descobre um dia não ser eterno.
É tempo de acasalar:
voltar à terra com seus ovos
à espera de novas e prosaicas lagartas.*

*O conhecimento é assim:
ri de si mesmo
E de suas certezas.
É meta de forma
metamorfose
movimento
fluir do tempo
que tanto cria como arrasa*

*a nos mostrar que para o voo
é preciso tanto o casulo
como a asa.”*

Mauro Iasi

DUTRA, Viviane. **Efeito de inseticidas botânicos sobre *hypotheremus hampei* (ferrari, 1867) (coleoptera: curculionidae) e fotodegradação dos rotenoides de sementes de *Tephrosia vogelii* Hook f.** 2016. 75f. (Tese de doutorado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

RESUMO

O método de controle mais utilizado no controle de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae) é o químico, sendo que o inseticida mais utilizado foi o Endosulfan. A agricultura orgânica e a crescente busca por alimentos sem contaminantes não permitem a utilização de produtos sintéticos, sendo assim a busca por métodos alternativos de controle é essencial para atender as necessidades desses agricultores. O objetivo do trabalho é avaliar o efeito inseticida de compostos naturais presentes no extrato de *Tephrosia vogelii*, óleo bruto das sementes de *Gossypium hirsutum* L. e óleo bruto das sementes de *Ricinus communis* L. sobre *Hypothenemus hampei* e; o comportamento dos rotenoides presentes no extrato de sementes de *Tephrosia vogelii* quando expostos a radiação solar. Foi testado o efeito de aplicação tópica, superfície contaminada e ingestão para o controle da broca-do-café. O extrato de *T. vogelii* apresentou melhor resultado pela via de aplicação por contato. Os óleos de *R. communis* e *G. hirsutum* provocaram mortalidade por ação de ingestão. O comportamento dos rotenoides tefrosina e deguelina, isolados e inseridos no extrato bruto de semente de *T. vogelii* foram submetidas à exposição à luz por diferentes tempos. Os rotenoides puros tefrosina e deguelina sofreram degradação quando expostos à luz, porém não houve degradação no extrato bruto das sementes de *T. vogelii*. A utilização do extrato oleoso de *T. vogelii* e dos óleos de *R. communis* e *G. hirsutum* ocasionou efeito inseticida sobre *H. hampei*. Rotenoides puros sofrem degradação quando expostos à luz. A tefrosina presente no extrato bruto das sementes de *T. vogelii* não sofreu degradação devido à composição química do extrato.

Palavras-chave: Controle alternativo. Rotenoides. Gossipol. Ricina. Fotoprotetores.

DUTRA, Viviane. **Effect of botanical insecticides on *hypothenemus hampei* (ferrari, 1867) (coleoptera: curculionidae) and photodegradation of rotenoids of *tephrosia vogelii* hook f. seeds.** 2016. 75p. (Phd Thesis) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

ABSTRACT

The control method most used for controlling *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae) is chemical, and the most used insecticide was Endosulfan. Organic agriculture and the growing search for food without contaminants do not allow the use of synthetics, so the search for alternative control methods is essential to meet the needs of these farmers. The objective is to evaluate the effect of insecticide of natural compounds present in crude extract of *Tephrosia vogelii* seeds, crude oil from *Gossypium hirsutum* L. seeds and crude oil from *Ricinus communis* L. seeds on *Hypothenemus hampei* and; the behavior of rotenoids present in crude extract of *Tephrosia vogelii* seeds, when exposed to sunlight. The effect of topical application, contaminated surface and ingestion for controlling the coffee berry borer was tested. *T. vogelii* extract showed better results for the contact application means. The oils of *R. communis* and *G. hirsutum* caused mortality by intake. The behavior of tephrosin and deguelin rotenoids isolated and inserted in the crude extract of *T. vogelii* seed were subjected to exposure to light for different times. Tephrosin and deguelin pure rotenoids suffered degradation when exposed to light, but there was no degradation in the crude extract of *T. vogelii* seeds. The use of oily extract of *T. vogelii* and oils of *R. communis* and *G. hirsutum* caused insecticidal effect on coffee berry borer. Pure rotenoids suffer degradation when exposed to light. The tephrosin present in the crude extract of *T. vogelii* seeds did not suffer degradation, due to the chemical composition of the extract.

Keywords: Alternative control. Rotenoids. Gossypol. Ricin. Photoprotectors.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
1.1 Objetivo	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 A BROCA-DO-CAFÉ (<i>Hypothenemus hampei</i>)	7
2.2 INSETICIDAS DE ORIGEM BOTÂNICA	18
2.2.1 <i>Tephrosia</i> sp Rotenoides.....	23
2.2.2 Óleo de algodão <i>Gossypium hirsutum</i> L e Gossipol	28
2.2.3 Óleo de mamona <i>Ricinus communis</i> L. e Ricina	30
REFERÊNCIAS.....	33
3. ARTIGO A: EXTRATO DE <i>TEPHROSIA VOGELII</i>, <i>GOSSYPIUM HIRSUTUM</i> E <i>RICINUS COMMUNIS</i> NO CONTROLE DA BROCA-DO-CAFÉ	44
3.1 RESUMO.....	44
3.2 ABSTRACT	44
3.3 INTRODUÇÃO.....	45
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	47
3.5 RESULTADOS	49
3.6 DISCUSSÃO	55
3.7 CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS.....	59
4. Artigo B: Comportamento de rotenoides isolados e em extrato bruto de sementes de <i>Tephrosia vogelii</i> expostos à radiação solar	63
4.1 RESUMO.....	63
4.2 ABSTRACT	63
4.3 INTRODUÇÃO.....	64
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	65
4.4.1 Obtenção do extrato	65
4.4.2 Testes de degradação – exposição à luz	66

4.5	RESULTADOS	67
4.6	DISCUSSÃO	71
4.7	CONCLUSÃO	72
	REFERÊNCIAS.....	73
5.	CONCLUSÃO GERAL	75

1 INTRODUÇÃO

O café, segunda commodity mais comercializada no mundo, movimentava bilhões de dólares anualmente, sendo que uma das principais dificuldades encontradas pelos cafeicultores é o controle de pragas. A broca-do-café - *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae) é considerada a principal praga. Este besouro causa prejuízos quantitativos, como perda de peso dos grãos e queda de frutos, e qualitativos, como a redução da qualidade do café, alteração no tipo e, às vezes, da bebida. No Brasil, a forma de controle da broca-do-café mais utilizada é o controle químico. O inseticida endossulfan foi, até pouco tempo atrás, o principal produto com eficiência no controle do inseto-praga. Porém, em vários países produtores, inclusive no Brasil, seu uso é proibido.

Devido aos grandes males causados pela utilização em larga escala de inseticidas sintéticos, existe a necessidade de desenvolver novas tecnologias a fim de minimizar esta utilização. Além disso, há crescente interesse por produtos orgânicos, livres de agrotóxicos, bem como a conscientização de produtores e consumidores, levando-os a atitudes ecologicamente corretas. Todos estes aspectos impulsionam a busca por produtos alternativos que não agridam o ambiente.

Desse modo, como alternativas aos tais insumos, os inseticidas botânicos voltaram a ser de grande interesse. Algumas plantas tem demonstrado efeitos tóxicos sobre insetos-praga que atacam diversas culturas, incluindo a broca-do-café. Os rotenoides agem como inseticida de contato inibindo a respiração celular, interferindo no transporte de elétrons. Estes compostos estão presentes em várias plantas, principalmente nos gêneros *Derris*, *Tephrosia* e *Lonchocarpus*. O óleo bruto de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), constituído por uma mistura de triacilgliceróis, também é utilizado como alternativa aos inseticidas sintéticos. O gossipol, principal sesquiterpeno do algodoeiro, é antinutritivo e tóxico, conferindo resistência às plantas contra muitos patógenos e insetos-praga, além de agir na assimilação do alimento pelos insetos. Mais recentemente, o óleo de mamona (*Ricinus communis* L.) vem sendo utilizado no controle de insetos, pois este possui efeito inseticida e

insetistática. Esta ação tóxica é devido à presença de alcaloides como a ricina (óleo de rícino), que agem impedindo a síntese proteica e inibindo o processo de digestibilidade nos insetos.

Apesar de haver informações sobre grande número de plantas com atividade inseticida, ainda falta o adequado desenvolvimento de produtos que possam ser disponibilizados comercialmente. Devido à volatilidade e fotodegradação dos óleos essenciais, o efeito de proteção se dissipa relativamente rápido. Assim, as hipóteses deste trabalho são: rotenoides degradam-se na incidência de luz solar; a adição de extratos naturais podem reduzir os efeitos da radiação artificial ou radiação solar, além de causar efeitos sinérgicos em alguns casos.

1.1 Objetivo

O objetivo do trabalho é avaliar o efeito inseticida de rotenoides presentes no extrato de *Tephrosia vogelli* Hook f., óleo bruto das sementes de *Gossypium hirsutum* L. e óleo bruto das sementes de *Ricinus communis* L. sobre *Hypothenemus hampei*; e o comportamento dos rotenoides de maior concentração presentes no extrato de sementes de *Tephrosia vogelli* quando expostos a radiação solar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A BROCA-DO-CAFÉ (*Hypothenemus hampei*)

O café (*Coffea*), gênero da família das Rubiáceas, possui duas espécies com grande importância econômica: *Coffea arábica*

(aproximadamente 70% da produção mundial) e *Coffea canephora* (aproximadamente 30% da produção mundial) (CLARKE; MACRAE, 1985; MATIELLO et al., 2002; RENA e MAESTRINI, 1986). A cadeia produtiva do café apresenta grande importância não só a países produtores, mas também a países importadores, processadores e consumidores (CUNHA, 2006; LOUREIRO; LOTADE, 2005).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, com estimativa de produção de 50 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado na safra de 2014 (CONAB, 2014), sendo que entre agosto/2012 e junho/2013 foram exportadas 28 milhões de sacas (ICO, 2014).

A broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae), foi introduzida no Brasil e é considerada praga-chave da cultura do cafeeiro, atacando frutos de café em qualquer estágio de maturação, de verdes até maduros (cerejas) ou secos (SOUZA; REIS, 1993). O dano por adultos dessa praga é caracterizado pela perfuração dos frutos e pelas galerias nas sementes, onde colocam seus ovos. Ao eclodirem, as larvas se alimentam da semente, o que contribui para o aumento dos danos. As perdas quantitativas, ou dano direto na produção, decorrem da queda dos frutos imaturos atacados pela broca-do-café, da destruição das sementes e pelas sementes que se quebram no beneficiamento por estarem brocadas. Por outro lado, as perdas qualitativas, ou dano indireto, decorrem de sementes brocadas que mesmo quando não se quebram no beneficiamento, contribuem para a depreciação na qualidade da bebida (BATISTA, 1986).

A broca-do-café possui desenvolvimento holometábolo, apresentando os estádios de ovo, larva, pupa e adulto. Essa espécie possui hábito endofítico, permanecendo a maior parte do seu ciclo de vida no interior do fruto de café (BERGAMIN, 1943; MATHIEU et al., 2001). Além disso, o ciclo desse inseto é multivoltino com sobreposição de gerações, o que resulta na presença de indivíduos de diferentes idades e estádios de desenvolvimento dentro do mesmo fruto (MATHIEU et al., 2001). Durante todo o período de desenvolvimento de frutos, podem ocorrer entre três e quatro gerações da broca nas condições climáticas brasileiras (BERGAMIN, 1943; CURE et al., 1998).

H. hampei pode apresentar de sete a oito gerações durante o ano (BERGAMIN, 1943). No entanto, coletas realizadas durante o período de maturação dos frutos do cafeeiro, indicam a ocorrência de não mais que 3-4 gerações (CURE *et al.*, 1998). Um aspecto pouco estudado da biologia da broca-do-café é seu comportamento reprodutivo no período de entressafra, que seria aquele entre colheita até a formação dos frutos novos da safra seguinte. A continuidade e o ritmo da reprodução da broca-do-café nessa fase que vai determinar o tamanho da população infestante da safra seguinte, e as perdas consequentes provocadas na produção.

O adulto de *H. hampei* é um pequeno besouro de coloração preta luzidia, de corpo cilíndrico, ligeiramente recurvado na região posterior e coberto por cerdas filiformes. O pronoto apresenta forma semicircular e superfície lisa. Visto dorsalmente, o pronoto recobre completamente a cabeça, é inclinado na região posterior e contém uma grande quantidade de asperezas simétricas em espiral, as quais apresentam cerdas grandes, cilíndricas e filiformes. Os élitros possuem superfície lisa e brilhante, apresentando 11 interestrias e 10 estrias dispostas longitudinalmente (BERGAMIN, 1943; CONSTANTINO *et al.*, 2011). Há um par de espiráculos no mesotórax, localizados ventrolateralmente na membrana intersegmental entre o protórax e o mesotórax; esses espiráculos contêm um grande número de cerdas em sua abertura, provavelmente envolvidas com a redução de perda de água e retenção de material particulado (VEGA *et al.* 2015a).

As mandíbulas são estruturas fortemente esclerotizadas, articuladas dorsolateralmente, situadas na região anterior da cabeça e possuem forma triangular; na região ventral das mandíbulas são observados três incisivos desenvolvidos para cortar e na região dorsal um molar amplo que facilita a trituração do material alimentar. A antena é do tipo genículo-capitada, apresentando flagelo composto por oito flagelômeros fundidos entre si, sendo que os quatro primeiros e o pedicelo formam o funículo e os quatro remanescentes na região distal formam uma clava ovalada, que apresenta uma série de cerdas ao longo das suturas que unem os flagelômeros. A tíbia é recoberta por cerdas e possui na região anterior uma série de seis a sete espinhos; a presença de espinhos na tíbia auxilia em atividades como a abertura das galerias nos frutos de café. Em posição ventral, é possível

observar cinco esternitos bem diferenciados no abdômen, além de diversas cerdas (BERGAMIN, 1943; CONSTANTINO et al., 2011).

O adulto recém-emergido apresenta uma coloração amarelo-palha e tem consistência muito frágil, permanecendo na câmara em que emergiu dentro do fruto ao lado da exúvia pupal por três ou quatro dias. Após esse período, o corpo já está esclerotizado e a cutícula completamente melanizada e tem início a atividade sexual. As fêmeas são maiores do que os machos, apresentando comprimento médio de 1,65 mm e asas membranosas bem desenvolvidas e funcionais. Os machos, por sua vez, são diminutos, apresentando comprimento médio de 1,18 mm e asas membranosas vestigiais, sendo incapazes de voar (BERGAMIN, 1943; CONSTANTINO et al., 2011).

Os olhos compostos de fêmeas apresentam em média de 115 (CONSTANTINO et al., 2011) a 127,5 omatídeos (VEGA et al., 2014). Os machos, por sua vez, apresentam em média somente 19,1 omatídeos (VEGA et al., 2014). Um espinho pode ser observado na parte basal das asas membranosas de machos, embora essa estrutura não esteja presente em todos os machos. As fêmeas, por sua vez, não apresentam esse espinho. Embora a importância biológica desse espinho permaneça desconhecida, acredita-se que ele possua uma função estridulatória na comunicação acústica da espécie (VEGA et al., 2015b). Os machos vivem em média 40 dias, entretanto sua longevidade pode variar de 78 a 103 dias, enquanto as fêmeas vivem em média 156,6 dias (BERGAMIN, 1943).

Os ovos apresentam forma elíptica ou levemente ovóide, são branco-hialinos e brilhantes, com dimensão média dos eixos maior e menor de 0,599 mm e 0,314 mm, respectivamente. Normalmente não há posturas em frutos secos, mas quando isso ocorre, os ovos são mais compridos do que os normais, fazendo com que apresentem forma cilindroide, com cutícula leitosa e brilhante (BERGAMIN, 1943; CONSTANTINO et al., 2011).

As larvas apresentam coloração branco-creme, são do tipo curculioniforme, ápodas, possuem cerdas esparsas, não muito alongadas e dirigidas para trás, além de mandíbulas bem desenvolvidas. As larvas recém-eclodidas apresentam cápsula cefálica pouco mais larga do que o resto do corpo, de coloração amarelo-palha e bem distinta do resto do corpo, com bordos levemente recurvados; o corpo é mais largo na região do tórax,

afilando-se para a extremidade posterior e possui comprimento médio de 0,79 mm e largura média da cápsula cefálica de 0,24 mm. Quando completamente desenvolvidas, as larvas atingem comprimento médio de 2,12 mm; nessa etapa, a larva prepara a câmara pupal, isolada do resto da galeria onde se desenvolveu, expele todo o conteúdo do tubo digestivo e se transforma em pré-pupa. As larvas que originam fêmeas passam por dois ínstares e as que originam machos passam por apenas um (BERGAMIN, 1943; CONSTANTINO et al., 2011; GÓMEZ et al., 2015).

As pré-pupas apresentam cápsula cefálica semelhante às das larvas, coloração branco-leitosa e comprimento médio de 2,05 mm para as fêmeas e de 1,4 mm para os machos. O estágio de pré-pupa compõe parte do segundo ínstar larval (dado existente para fêmeas), uma vez que não ocorre ecdise entre essas duas fases (BERGAMIN, 1943; GÓMEZ et al., 2015). As pupas são do tipo exarada e possuem coloração branca entre os três ou quatro primeiros dias, havendo uma mudança gradual de coloração após esse período; todos os apêndices, inclusive os olhos, tornam-se castanho-claros. Na cabeça, que é encoberta pelo pronoto, notam-se livres e distintas as antenas e as peças bucais. No tórax, na parte tergal, são vistos os élitros, com sua aparência sulcada. Na parte ventral, encontram-se as pernas do inseto bem arranjadas. No último segmento abdominal das pupas, tanto masculinas quanto femininas, notam-se dois cercos afilados, recurvados e pontiagudos, absolutamente ausentes nas larvas e nos adultos. O comprimento das pupas é variável entre os sexos, sendo em média 1,84 mm para as fêmeas e 1,35 mm para os machos. Normalmente, a pupa permanece imóvel na câmara construída no endosperma da semente, porém, quando molestada, executa movimentos em todos os sentidos, com a parte posterior do abdômen (BERGAMIN, 1943; CONSTANTINO et al., 2011).

Segundo Sousa e Reis (1993), os danos em decorrência do ataque são: perda de peso das sementes, devido à destruição pelas larvas, perda da qualidade, pela depreciação do café na classificação por tipo, queda de frutos novos perfurados, apodrecimento de sementes em frutos brocados que apresentam maturação forçada, inviabilidade de produção de sementes de café, pois os frutos brocados são descartados e perda de mercado externo, pois os países importadores de café não aceitam rigorosamente nenhum café

brocado. A infestação da broca nos frutos não altera diretamente a qualidade da bebida do café, as alterações na qualidade da bebida do café poderão ocorrer devido à penetração de microrganismos nas galerias constituídas pelas fêmeas nos frutos.

Cantor, Benassi e Fanton (2001) relacionaram diversos estudos feitos por vários autores sobre o ciclo biológico da broca, apresentando grandes variações entre os resultados. A duração do ciclo de vida de *H. hampei* é influenciada principalmente pela temperatura. A faixa de tolerância térmica de *H. hampei* situa-se entre 20 e 30 °C, de modo que o ciclo (ovo a adulto) só se completa dentro desse intervalo. A duração média do ciclo do inseto varia de 23,3 a 53,7 dias, nas temperaturas médias de 30 e 20 °C, respectivamente, A duração média do ciclo a temperatura média de 25 °C é de 26,6 dias. O período de incubação dos ovos é de 5,3 dias; a duração das larvas de primeiro e segundo ínstares é de 2,8 e 5,8 dias, respectivamente, totalizando 8,6 dias; as fases de pré-pupa e pupa têm duração de 6 e 6,3 dias, respectivamente. Todos esses dados são valores médios obtidos à temperatura média de 25 °C (JARAMILLO et al., 2009b).

H. hampei é uma espécie que se reproduz sob condições de competição local por cópula. Nesse sistema, os machos são menores em tamanho e em número de indivíduos e apresentam asas atrofiadas, sendo obrigados a acasalarem com suas irmãs (BORSA; KJELLBERG, 1996). Em espécies que apresentam acasalamentos entre irmãos, a haplodiploidia funcional é tida como o modo de determinação sexual, mas no caso de *H. hampei* ocorre a pseudoarrenotoquia (BORSA; KJELLBERG, 1996). Nesse caso, tanto os machos quanto as fêmeas são diploides (BORSA; KJELLBERG, 1996) e se desenvolvem a partir de ovos fertilizados, sendo que dos ovos não fertilizados não eclodem larvas (BERGAMIN, 1943; CONSTANTINO et al., 2011). A proporção sexual fêmea:macho em uma população é de 10:1 (BERGAMIN, 1943). Em outra linha de pesquisa, foi proposto que essa proporção provavelmente é regulada pela bactéria simbiote *Wolbachia* (VEGA et al., 2002).

Os primeiros indivíduos a emergir em uma prole em geral são os machos, que completam antes o seu desenvolvimento para que as fêmeas, logo que se tornem sexualmente maduras, possam ser fecundadas. Portanto, a

única função do macho é fecundar um determinado número de fêmeas, podendo um único macho acasalar com cerca de 30 fêmeas, permanecendo durante toda a sua vida no interior do fruto de café em que nasceu (BERGAMIN, 1943; LE PELLEY, 1973). A atividade sexual de *H. hampei* ocorre poucas horas após a emergência dos adultos, de modo que as cópulas ocorrem em qualquer horário do dia. Embora em menor frequência, 60% dos casais com menos de um dia de idade realizam a primeira cópula dentro das primeiras 24 horas, chegando a 100% dos casais nas demais idades. A maior atividade sexual é encontrada em casais mais maduros, entre dois e quatro dias de idade. Isso sugere que tanto os machos quanto as fêmeas levam menos de dois dias para atingir a maturidade sexual. Durante esse período, a esclerotização dos órgãos sexuais ocorre em ambos os sexos (SILVA et al., 2012). A sequência de acasalamento de *H. hampei* está detalhadamente descrita em Silva et al. (2012).

As fêmeas de *H. hampei* que abandonam o fruto em que se desenvolveram para realizar a oviposição em outro fruto são denominadas fêmeas colonizadoras (MATHIEU et al., 2001). Esse comportamento de abandono é estimulado por fatores abióticos, tais como temperatura, umidade relativa do ar (BAKER; BARRERA; RIVAS, 1992), intensidade luminosa (MATHIEU; BRUN; FRÉROT, 1997) e o estágio fisiológico da fêmea (MATHIEU et al., 2001; SILVA; COSTA; BENTO, 2014). O estágio fisiológico da fêmea exerce influência preponderante sobre o comportamento de abandono. Somente fêmeas acasaladas abandonam os frutos em que se desenvolveram, enquanto as fêmeas virgens nunca exibem esse comportamento (MATHIEU; BRUN; FRÉROT, 1997; MATHIEU et al., 2001; SILVA; COSTA; BENTO, 2014). Após a cópula, ocorre uma inversão do fototropismo do inseto, de modo que fêmeas virgens fototrópicas negativas tornam-se fototrópicas positivas (GIORDANENGO, 1992; SILVA; COSTA; BENTO, 2014). Entretanto, fêmeas acasaladas que iniciam a oviposição no próprio fruto em que se desenvolveram perdem o comportamento de abandono, não sendo consideradas fêmeas colonizadoras (MATHIEU; BRUN; FRÉROT, 1997; MATHIEU et al., 2001). Após o início da oviposição, a musculatura alar das fêmeas degenera impedindo, dessa forma, que uma mesma fêmea colonize mais de um fruto (TICHELER, 1961; LÓPEZ-GUILLÉN et al., 2011).

No momento em que abandonam o fruto, as fêmeas colonizadoras apresentam em média 15 dias de idade, são capazes de voar e colocar ovos viáveis (SILVA; COSTA; BENTO, 2014). Na natureza, esse é um processo crítico, pois apenas fêmeas de *H. hampei* são responsáveis pela colonização de frutos de café, somado ao fato de que não ocorre partenogênese nessa espécie (BERGAMIN, 1943; CONSTANTINO et al., 2011). Entretanto, fêmeas acasaladas só abandonam o fruto após a completa melanização da cutícula. Durante o período compreendido entre o acasalamento e o abandono do fruto não ocorre apenas a melanização da cutícula, mas também o desenvolvimento da musculatura alar, uma vez que fêmeas de 3-5 dias de idade possuem músculos alares pouco desenvolvidos e são incapazes de voar (LÓPEZ-GUILLÉN et al., 2011; SILVA; COSTA; BENTO, 2014).

A alimentação a partir do endosperma de café pode ser crítica durante o período de pré-abandono. Pelo fato de *H. hampei* se tratar de uma espécie sinovigênica, as fêmeas precisam se alimentar do endosperma de café para sustentar a produção de ovos (GIORDANENGO, 1992). O pico da atividade de abandono de fêmeas colonizadoras ocorre durante o período de maior intensidade luminosa do dia, entre as 14 e 16 horas (SILVA; COSTA; BENTO, 2014), coincidindo também com o período de maior atividade de voo do inseto na cultura de cafeeiro (BORBÓN, 2007).

As fêmeas pós-copuladas de *H. hampei* podem ovipositar no fruto nativo e permanecer durante toda a vida juntamente à sua progênie ou tornar-se colonizadoras, abandonando o fruto em busca de outro para ovipositar (MATHIEU; BRUN; FRÉROT, 1997; MATHIEU et al., 2001; SILVA; COSTA; BENTO, 2014). Nesse último caso, as fêmeas voam em busca de frutos de café, orientadas por semioquímicos produzidos pelos mesmos (GIORDANENGO; BRUN; FRÉROT, 1993).

Geralmente, cada fruto de café é colonizado por uma única fêmea (VEGA et al., 2009), entretanto infestações múltiplas também podem ser observadas em lavouras de cafeeiro. O conteúdo de matéria seca do endosperma da semente é o fator crucial relacionado ao início e à velocidade de penetração da fêmea no fruto de café. Sementes com menos de 20% de matéria seca são abandonadas após a perfuração inicial ou a fêmea aguarda

em um túnel construído no epicarpo até que o endosperma acumule conteúdo suficiente de matéria seca para o desenvolvimento de sua progênie (BORGEMEISTER; BAKER, 2006). O tempo de penetração até que a fêmea atinja o endosperma da semente é variável de acordo com o estágio de desenvolvimento do fruto, mas em condições ótimas, dura cerca de oito horas (DAMON, 2000). Após encontrar um fruto em condições adequadas, a fêmea colonizadora abre um orifício preferencialmente na região da coroa do fruto, a partir do qual começa a construir uma galeria até atingir o endosperma de uma das sementes. No interior da semente, a fêmea abre uma galeria, transformando-a em uma câmara, na qual realiza a oviposição (BERGAMIN, 1943; COSTA; FARIA, 2001). Em condições ótimas de temperatura e umidade, a fêmea é capaz de colocar dois a três ovos por dia, sendo a oviposição regular até 15 ou 20 dias após seu início, diminuindo de intensidade após esse período (BERGAMIN, 1943). Uma fêmea é capaz de colocar entre 31 e 119 ovos ao longo de sua vida em um único fruto de café em estágio adequado de maturação (DAMON, 2000), ou 74,1 ovos em média (BERGAMIN, 1943), entretanto já foram relatados até 300 ovos em um único fruto de café (JARAMILLO et al., 2009a).

Segundo Krug (1941), a presença de grãos vermelhos indica cafés de pior qualidade e esta coloração é devida a infecção dos grãos por fungos do gênero *Fusarium*. A presença de *Fusarium* nos grãos está altamente relacionada com o ataque de frutos pela broca, *Hypothenemus hampei*, indicando que esta praga abre uma porta de entrada para o fungo, (CHALFOUN; SOUSA; CARVALHO, 1984). Além de *Fusarium*, outros fungos saprófitas dos gêneros *Penicillium*, *Aspergillus* e *Candida* podem infectar grãos de café com danos de *H. hampei*.

Há indicações de que a broca conseguiria atravessar o período de entressafra do café abrigada em frutos remanescentes na planta após a colheita ou, ainda, e preferencialmente, nos frutos caídos ao solo, que não são retirados da lavoura quando o produtor não adota a prática do repasse (BAKER; BARRERA; RIVAS, 1992). Suspeita-se que nesse período, a broca-do-café entraria em estado de diapausa reprodutiva (BAKER, 1999).

O controle da broca-do-café tem sido objeto de esforços visando aumentar a eficiência do controle dessa praga por inimigos naturais,

notadamente após a detecção da resistência da broca ao endosulfan (Figura 1), o inseticida mais utilizado no controle químico dessa praga (BRUN et al., 1989), até a proibição na sua utilização em 2013.

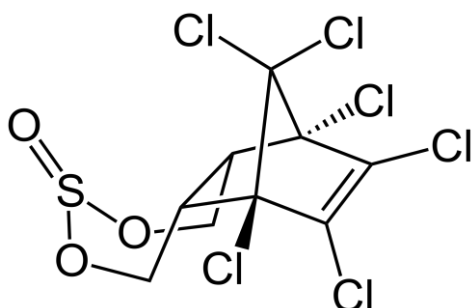


Figura 1. Estrutura química do endosulfan.

Outro inseticida utilizado para controle da broca-do-café é o clorpirifós, porém segundo literatura, este possui menor eficiência no controle do inseto praga, quando comparado ao inseticida endosulfan. Pesquisas vem sendo desenvolvidas com outros inseticidas químicos sintéticos, como por exemplo as substâncias novaluron (Figura 2), thiamethoxam (Figura 3), abamectina (Figura 4) e chlorantraniliprole (Figura 5), substância do grupo das diamidas nitrílicas.

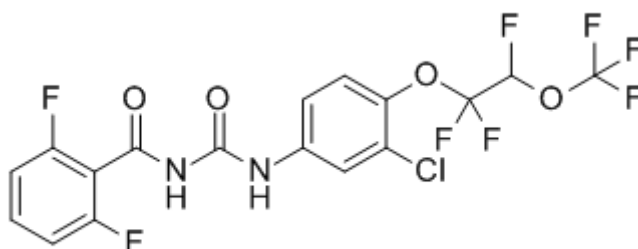


Figura 2. Estrutura química do novaluron.

conhecido como vespa-de-Uganda, *Prorops nasuta* Waterston, 1923 (Hymenoptera: Bethylidae), entre as décadas de 1920 e 1940. No entanto, o advento dos inseticidas organoclorados, de menores custos e maior eficiência no controle da broca-do-café, levou ao abandono do controle biológico. Em 1989, outro parasitóide da broca-do-café, *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, 1961 (Hymenoptera: Bethylidae) foi introduzido no Brasil, como parte de um programa de controle biológico da broca-do-café no Estado do Espírito Santo (BENASSI, 1989). Foi descrito no Togo, África, um terceiro parasitóide da broca-do-café, *Phymastichus coffea* LaSalle, 1990 (Hymenoptera: Eulophidae) que ataca os adultos da broca que, ao contrário dos demais, que atacam os estágios imaturos. *P. coffea* é o agente com maior potencial para exercer controle efetivo da broca-do-café (FELDHEDGE, 1992).

A importância econômica do café para o Brasil e o constante crescimento da cafeicultura orgânica, requer maiores esforços e investimentos em pesquisa, para se reduzir a dependência e substituir o uso de agrotóxicos. Além disso, novos conhecimentos que contribuam para a diminuição do emprego e uso mais racional de produtos químicos no controle da broca-do-café representam uma necessidade dos produtores de café.

2.2 INSETICIDAS DE ORIGEM BOTÂNICA

Em decorrência da crescente demanda da produção de alimentos, novas tecnologias na agricultura foram exigidas para o aumento da produtividade (AGUIAR-MENEZES, 2005). Assim, desde a década de 60, com a Revolução Verde, os sistemas de produção caracterizam-se pela monocultura, que demanda alto aporte de insumos externos, especialmente fertilizantes químicos sintéticos e agrotóxicos.

Apesar da utilização de inseticidas químicos sintéticos, terem diminuído a perda de produções de alimentos, a falta de conhecimento ou acompanhamento técnico adequado, desencadeou uma série de malefícios ao meio ambiente e ao homem. Desse modo, como alternativas aos tais insumos, os inseticidas botânicos voltaram a ser de grande interesse.

Os inseticidas botânicos são obtidos de plantas que possuem, através de um processo evolutivo, metabólitos secundários sintetizados para a própria defesa da planta contra insetos. São utilizados o próprio material vegetal moído até ser reduzido a pó, ou seus produtos derivados por extração aquosa ou com solventes orgânicos (WIESBROOK, 2004). Os princípios ativos provenientes de plantas inseticidas mais utilizados foram a nicotina extraída do fumo *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae), a piretrina, obtida do crisântemo *Chrysanthemum cinerariaefolium* VIS (Asteraceae), a rotenona, retirada de *Derris* spp. (Fabaceae) e *Lonchocarpus* spp. (Fabaceae), a sabadila e outros alcalóides extraídos de *Schoenocaulon officinale* A. GRAY (Melanthiaceae) e a rianodina extraída de *Ryania speciosa* VAHL. (Flacourtiaceae) (LAGUNES; RODRÍGUEZ, 1992). As plantas inseticidas mais promissoras encontram-se nas famílias Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Annonaceae, Labiatae e Canellaceae (JACOBSON, 1989; MIANA et al., 1996; ESCALONA et al., 2001; FERNANDES; RIBEIRO; AGUIAR-MENEZES, 2005).

As principais vantagens dos inseticidas botânicos são a rápida degradação e ação, baixa toxicidade aos mamíferos, seletividade e impacto mínimo às plantas (WIESBROOK, 2004). As desvantagens, segundo o mesmo autor, seriam a própria degradação rápida, que necessita mais frequência de aplicação; a toxicidade de alguns inseticidas (por exemplo, rotenona e nicotina) e o custo elevado e a falta de informações sobre sua correta utilização. São características importantes o amplo espectro de atuação, a baixa toxicidade ao homem, ao ambiente e baixo custo aos produtores (SAITO; LUCCHINI, 1998). As controvérsias encontradas devem-se à generalização, pois muitos fatores deveriam ser considerados, como por exemplo, qual o inseticida botânico em questão.

As características indesejáveis dos inseticidas botânicos podem ser contornadas utilizando-se estratégias adequadas para atenuá-los: a aplicação somente na área infestada e não em área total; o horário de aplicação no momento de menor atividade de inimigos naturais; formulações que permitam maior persistência e o emprego de adjuvantes. O uso de espalhante adesivo (30 mL/100L da calda) ou de óleo de soja (352 mL/100 L da calda) podem melhorar a eficiência do extrato de neem para o controle de

lagartas de *Spodoptera frugiperda* J. E. SMITH (Noctuidae) (VIANA et al., 2006).

Algumas substâncias ou compostos de plantas podem atuar de várias formas sobre o inseto. Estudos tem demonstrado que os metabolitos secundários de plantas com efeitos inseticidas podem agir como inibidores da alimentação de insetos ou de formação da quitina; inibidores de crescimento, desenvolvimento e reprodução, ou mesmo, interferir na diapausa ou no comportamento de insetos. As substâncias de origem botânica podem apresentar diferentes modos de ação sobre os insetos (KATHRINA; ANTONIO, 2004). Substâncias secundárias podem causar morte por intoxicação; repelente: não permitem a aproximação do inseto para alimentação e/ou oviposição; e antialimentar: quando não permite que o inseto inicie a alimentação. Podem, também, agir no sistema neuroendócrino (interferindo nos processo de ecdise e/ou metamorfose), sendo denominados de reguladores de crescimento, ou interferir no metabolismo respiratório das células, desordenando a síntese de ATP. Outro modo de ação dos inseticidas botânicos seria por contato através do tegumento ou quimiorreceptores do inseto, afetando o sistema nervoso central e causando a morte; ou por ingestão, afetando o sistema de digestão, a biosíntese dos hormônios da ecdise ou formação da camada de quitina da cutícula do inseto.

Apesar de haver informações sobre grande número de plantas com atividade inseticida, fungicida e nematicida, ainda falta o desenvolvimento de produtos que possam ser disponibilizados comercialmente (VASANTHARAJ, 2008).

Apesar das vantagens declaradas, como a ação e degradação rápidas, toxicidade baixa a moderada para mamíferos, maior seletividade e baixa fitotoxicidade, os inseticidas botânicos apresentam algumas limitações. Eventualmente faz-se necessária, a inclusão de composto sinergista para incrementar a eficiência. Também tem baixa persistência. O material vegetal para preparo pode ser escasso e necessita ser cultivado, o que onera seus custos. Os compostos também necessitam ser padronizados e submetidos ao controle de qualidade. Os custos frequentemente são mais altos do que inseticidade sintéticos. Dificuldades de registro também dificultam sua adoção. Além disso, a falta de dados relacionados à fitotoxicidade, à persistência e aos

efeitos sobre organismos benéficos e as dificuldades relacionadas ao isolamento de princípios ativos e a concentração em diferentes partes vegetais, também são algumas barreiras a serem rompidas o que justifica que mais estudos nesta área sejam conduzidos (ISMAN, 2000; MENEZES, 2005).

Os princípios ativos dos inseticidas botânicos são normalmente compostos por um complexo conjunto de substâncias. Para registro de produto inseticida no órgão competente é necessária a identificação de todas as substâncias ativas e a realização de testes toxicológicos. Portanto, torna-se difícil e custoso o registro de produtos preparados a partir de plantas (MENEZES, 2005).

Irulandi et al. (2008) relatam diferenças entre a atividade inseticida apresentada por extratos botânicos contra a broca do café, *Hypothenemus hampei*, em estudos laboratoriais e estudos no campo. O extrato de Nim, por exemplo, apresentou maior atividade inseticida quando testado em laboratório do que quando testado nas plantações. Segundo os autores os resultados discrepantes podem ser explicados pela ação solar sobre os extratos levando a fotodegradação.

Atualmente, o uso de produtos químicos sintéticos para o controle de artrópodes suscita várias preocupações relacionadas ao ambiente e à saúde humana e animal. Uma alternativa é a utilização de produtos naturais eficientes e ecologicamente corretos. Entre os produtos naturais, extratos de plantas e seus óleos, pertencentes a várias espécies têm sido extensivamente testados para avaliar as propriedades repelentes como valioso recurso natural. No entanto, devido à volatilidade e degradação o efeito de proteção se dissipa relativamente rápido. O desenvolvimento de formulações capazes de manter os ingredientes ativos no alvo por mais tempo certamente ampliará a utilização destas plantas no controle de insetos (NERIO et al., 2009).

O desenvolvimento de novas formulações oferece meios atraentes para a melhoria da eficácia de pesticidas e seletividade. Em alguns casos, um adjuvante pode reduzir a dose efetiva de pesticidas em até dez vezes (GREEN, 2000), o que obviamente representa um progresso importante, quando se leva em conta o impacto ambiental. Desenvolvimento de pesticidas mais seguro ao ambiente utilizando adjuvantes biológicos baseado em

produtos vegetais (LEBO, 1995) ou resíduos de produtos vegetais (RICKAERT et al., 2008) tem despertado maiores interesses. A volatilização de campo, escorrimento, fotodegradação, e degradação térmica do pesticida competem com o seu transporte para o alvo biológico, o que limita a eficácia do pesticida. Considerando que a volatilização e escorrimento são estimados e controlados por ajustes de formulação (KATAGI, 2008), muitas vezes a fotodegradação é negligenciada. Embora tenha sido observado cerca de 30 anos atrás, que uma proporção significativa de pesticidas não são estáveis à luz solar sobre as culturas após a aplicação do campo (RABSON, 1973), poucos estudos sobre fotodegradação foram realizados (ANGIONI et al., 2005; CABONI et al., 2006).

A utilização protetores solares, na forma de adjuvantes, para superar a fotodegradação tem também apresentado limitações até o momento (MINELLO et al., 2005). Alguns são fitotóxicos, enquanto outros são perigosos para o ambiente (WAKEFIELD et al., 2005). Alternativas, tais como o uso de substâncias organofílicas (SI et al., 2004), podem reduzir a biodisponibilidade de pesticidas. Como as plantas usam a produção de pigmentos para se protegerem do efeito prejudicial da luz solar, foi proposto o uso destes pigmentos como uma nova classe de agente fotoprotetores para as formulações fitossanitárias (HALLE; RICHARD; LEDOIGT, 2008).

A formulação de um produto fitossanitário pode ser estabilizada por adição de certos aditivos que protegem os inseticidas de radiação artificial ou radiação solar. Esse aditivos podem ser triglicéridos derivados de óleos vegetais e compostos naturais de plantas, tais como ácido tânico e hidroquinona (JOVETIC et al., 1994).

Alguns desses aditivos que possuem ação protetora de radiação podem, também, apresentar efeito sinérgico, quando utilizados em formulações de inseticidas botânicos. Os sinergistas são usados com objetivo de diminuir a quantidade de ingrediente ativo, aumentando sua eficácia. Tem sido sugerido que os óleos vegetais podem atuar como agentes sinérgicos na formulação de bio-pesticidas, como é o caso do óleo de algodão, para qual é atribuído efeito sinérgico, quando misturado com piretrinas naturais, aumentando o controle do gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*) e melhorando a fotoestabilização da piretrina (WAYINKA et al., 2009).

A utilização de produtos das indústrias cosméticas e alimentícias na formulação de bio-inseticidas também se apresenta como alternativa na estabilização dos biocompostos.

O óleo de buriti é muito rico em ácido oleico, um tipo de ácido graxo mono insaturado, que é considerado a fonte natural mais rica em betacaroteno (30 mg/100 gr de polpa). O betacaroteno é um dos mais poderosos antioxidantes, devido a sua capacidade de absorver radiações na faixa de luz visível e ultravioleta, o que o torna um eficiente filtro solar. O óleo também vem sendo pesquisado pela Universidade de Brasília, como um componente de polímeros, o que gerou um produto que absorve a radiação solar e funciona como foto protetor (SHANLEY; MEDINA, 2005).

A Vitamina E é considerado como uma substância antioxidante, que, por definição, é uma substância capaz de inibir a oxidação ou, então, qualquer substância que, mesmo presente em baixa concentração, comparada ao seu substrato oxidável, diminui ou inibe a oxidação daquele substrato. Os antioxidantes que bloqueiam a propagação da cadeia radicalar e interrompem a seqüência de auto-oxidação em cadeia, reagindo com os radicais livres, para produzirem produtos estáveis (JORDÃO Jr et al., 1998; SHAMI; MOREIRA, 2004), sendo assim, se utilizados nas formulações de bio-inseticidas, podem, fornecer estabilidade aos biocompostos.

2.2.1 *Tephrosia* sp. – Rotenoides

O gênero *Tephrosia*, família Leguminosae, Papilionoideae (Fabaceae), possui aproximadamente 350 espécies, distribuídas em regiões tropicais e subtropicais, encontradas na América do Sul, África, Índia e Austrália (QUEIROZ, 2012). São plantas arbustivas, com inflorescência e vagens achatadas. Uma grande variedade de metabólitos secundários é produzida por plantas da família Fabaceae, tais como alcalóides, aminoácidos não proteicos, aminas, fenilpropanóides, flavonóides, isoflavonóides, antraquinonas, di-, sesqui- e tri-terpenos. Espécies deste gênero apresentam

capacidade biogenética para produzir substâncias com grande diversidade estrutural, incluindo os isoflavonoides rotenoides. Em contraste com outras classes de flavonoides, os isoflavonoides têm um determinado limite de distribuição taxonômica e sua ocorrência é exclusiva da família Fabaceae (SCHIJLEN et al., 2004; SIMÕES et al., 2004). Estes metabólitos secundários apresentam uma diversidade estrutural importante, como as isoflavonas, isoflavenos e aril-3-cumarinas; e também estruturas cíclicas como os pterocarpanos, cumestano, cumaronocromonas, sendo que alguns possuem um carbono extra no exoesqueleto básico (rotenóides).

Os rotenoides têm atividade inseticida e ictiotóxica, além de uso veterinário (DZENDA et. al, 2008, McDAVID; LESSEPS, 1995, STEVEN et al, 2012). As espécies do gênero *Tephrosia* são, ainda, consideradas citotóxicas, antialimentares, acaricidas (MORRIS, 1999) e moluscicidas (AFT Database, 2004). A espécie *T. purpurea* mostrou ação antileishmanial em *Leishmania donovani* (SHARMA et al., 2003). Como medicinal pode ser utilizada como abortiva, indutora de vômitos, bactericida, purgativa e na cura de doenças de pele, esquistossomose, micoses e infecções parasíticas; a cocção das folhas pode ser utilizada em tratamento de sarnas e sífilis (AFT Database, 2004). A espécie *T. vogelii* também é utilizada como cobertura vegetal, em virtude da formação de nódulos nas raízes para fixar nitrogênio atmosférico, através da associação com bactérias do gênero *Rizhobium* (AFT Database, 2004).

Nas leguminosas dos gêneros *Derris* e *Tefrosia*, o princípio ativo mais importante é a rotenona. Entretanto, são encontrados outros flavonoides de estruturas semelhantes, englobados pela designação geral de rotenoides. São insolúveis em água, e provavelmente, as saponinas que os acompanham promovem sua suspensão no meio, ajudando a exercer a sua função tóxica (RAZZINI; MORS, 1995).

Os principais roteniodes do gênero *Tephrosia*, encontrados nas folhas e ramos tenros, são: tefrosina (Figura 6), rotenona (Figura 7), deguelina (Figura 8) e atoxicarol (Figura 9). A tefrosina mostrou ser o princípio tóxico mais potente sobre os peixes (Schvartsman, 1992). Segundo Irvine e Freyre (1959), os rotenoides estão presentes nas folhas de *T. vogelii* (0,65-4,25% de matéria seca), ramos (0,4-0,9%), raiz (0,30-0,45%) e sementes (0,9-1,4). Os rotenoides

encontrados nessa espécie são: deguelina, rotenona e tefrosina (LAMBERT et al., 1993, KOONA; DORN, 2005).

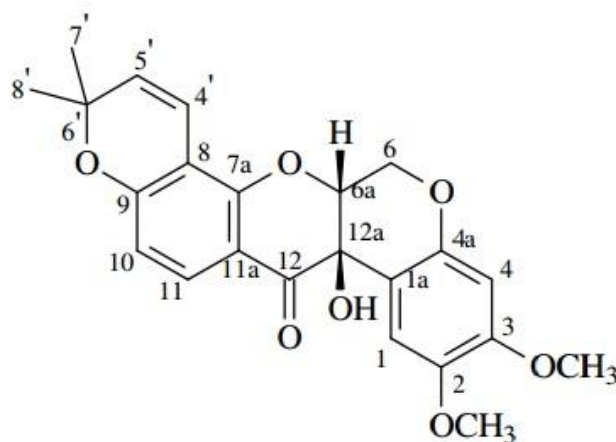


Figura 6. Estrutura química da tefrosina.

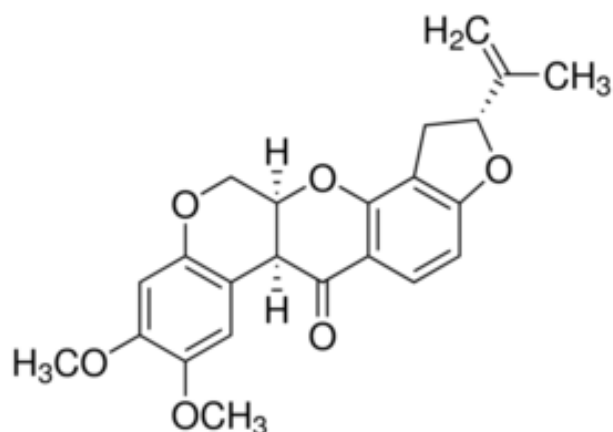


Figura 7. Estrutura química da rotenona.

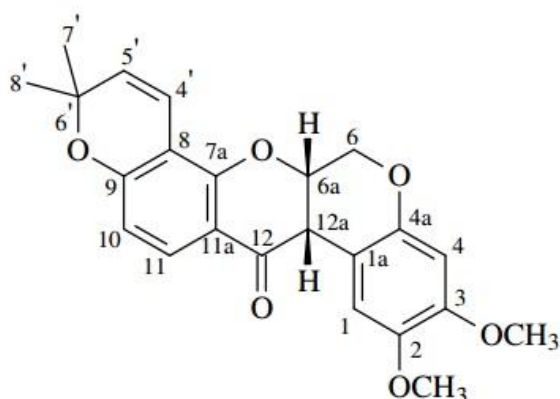


Figura 8. Estrutura química da deguelina.

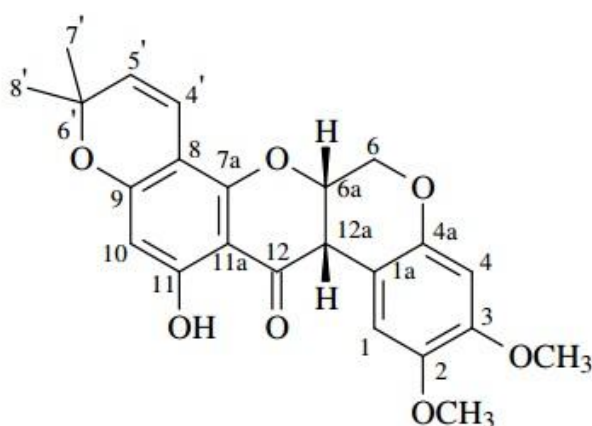


Figura 9. Estrutura química do otoxicarol.

Rotenoides são inseticidas de contato que agem inibindo a respiração celular. De acordo com Ling (2003), a rotenona é um pesticida relativamente seguro para agricultura. A agência de proteção ambiental dos Estados Unidos, EPA (Environmental Protection Agency), classifica a rotenona como classe I (extremamente tóxico) ou III (medianamente tóxico), dependendo da formulação do produto. Não há registro de morte de humanos com o uso de rotenona, sendo a sua inalação mais tóxica que a ingestão.

Os rotenoides são instáveis à luz, ar e calor e desse modo, não são persistentes no ambiente e se degradam rapidamente em condições naturais (LING, 2003). A mistura de material inerte (caulim, argila ou gesso) ao pó de timbó pode retardar a fotodegradação dos rotenoides (RANGEL, 1946). Segundo este autor, a utilização da rotenona na forma de extrato líquido possui

menor eficiência do que a de pó das raízes de timbó, quando aplicado sobre lagartas, pois o mesmo seria mais aderente à cutícula da lagarta. Estudos realizados no campo, em oliveiras, constataram que a meia-vida do resíduo de rotenona foi de apenas de quatro dias (CABRAS et al., 2002), sendo atribuída somente à fotodegradação, excluindo-se os mecanismos de evaporação, termodegradação e co-destilação, que são mecanismos que podem afetar a persistência dos resíduos de inseticidas. Nos frutos *in-natura* os resíduos de rotenona foram superiores aos encontrados após o processamento dos frutos em azeite. Os autores discutiram a hipótese de o inseticida penetrar na cutícula protegendo a rotenona da degradação dos raios solares, pois segundo Riederer e Schreiber (1995) a rotenona aplicada sobre os frutos rapidamente se propaga dentro da cera epicuticular e na cutícula.

Os rotenoides agem na respiração celular, diretamente no transporte de elétrons da mitocôndria (HOLLINGWORTH, 2001), posteriormente, a produção de ATP é reduzida e irá diminuir a atividade celular, provocando paralisia e mortalidade (PERRY et al., 1998). Em estudo com *T. vogelli* sobre *Crocidolomia pavonana* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae), os insetos tratados com o extrato ficaram escurecidos, devido à morte de células e tecidos (ABIZAR; PRIJONO, 2010).

Estudos com o pó de folhas de *T. candida* e de *T. vogelli* mostraram que esses repeliram o moleque-da-bananeira, *Cosmooilites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) (WALANGULULU; LITUCHA; MUSASA, 1993), sendo que os pós das espécies de *Tephrosia* não exerceram efeito inseticida sobre os coleópteros. Segundo Ogendo et al. (2003), o pó de *T. vogelli* apresentou efeito inseticida e de repelência em adultos de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (1885) (Coleoptera: Curculionidae) sobre grãos de milho armazenado. A espécie *T. purpurea* provocou repelência em *Tribolium castaneum* (Herbst., 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) (PUGAZHVENDAN et al., 2009) e toxicidade em larvas da traça-do-arroz, *Corcyra cephalonica* (St.) (Lepidoptera: Pyralidae) 24 horas após a aplicação do extrato (JADHAV, 2009).

O estudo fitoquímico de *T. toxicaria* permitiu o isolamento e a identificação das flavanonas (iso-obovatina e obovatina) e dos rotenoides (6a,12a-desidro- -toxicarol, 6a,12a-desidro- -toxicarol e -toxicarol). Dentre os extratos das raízes testados com larvas de *Aedes aegypti*, verificou-se que as

frações hexano e clorofórmio apresentaram alto potencial larvicida, estimando CL50 = 23,99 ppm e CL50 = 13,80 ppm respectivamente (VASCONCELOS et al., 2009).

Extratos, usando hexano, acetona e etanol como extratores, de folhas de *T. vogelli* foram testados nos besouros *Acanthoscelides obtectus* (SAY.), *Callosobruschus maculatus* F. e *Callosobruschus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae). Os extratos de acetona e etanol foram ineficazes para as espécies de *Callosobruschus* e para *A. obtectus* o efeito foi pouco expressivo. Porém, o extrato de hexano foi eficiente para o controle das três espécies, resultando em mortalidade de adultos e redução do número de ovos (KOONA; DORN, 2005). Koon, Dorothy e Koon (2007), trabalhando com os mesmos extratos, porém com *S. zeamais*, também observaram melhores efeitos do extrato de hexano. A atividade do extrato hexânico de baixa polaridade é coerente com a apolaridade dos rotenoides.

2.2.2 Óleo de algodão *Gossypium hirsutum* L e Gossipol

O algodoeiro (*Gossypium* sp L.) pertence a família Malvaceae, tem como centro de origem a Índia, embora existam outras espécies originadas em outros recantos. No continente americano é originário do México e Peru. É uma planta muito sensível à temperatura e resistente à seca, porém necessita de água durante todo o ciclo, principalmente no período de floração (EMBRAPA, 2003). Atualmente, o algodão é produzido por mais de 60 países, nos cinco continentes, e liderados por cinco países, China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil, os quais despontam como os principais produtores da fibra (ABRAPA, 2014).

Esta cultura, que é considerada a mais importante das fibras têxteis, naturais ou artificiais, é também a planta de maior aproveitamento e que oferece os mais variados produtos de utilidade (PASSOS, 1977). Além das

fibras, as sementes possuem grande destaque, as quais são utilizadas como fonte de óleo que, após refinado, é destinado à alimentação humana e fabricação de margarina e sabões. O resíduo de sua extração produz a farinha desengordurada ou torta, rica em proteína, usada na alimentação animal e, em alguns países, como suplemento protéico na alimentação humana (ALMEIDA; BORA; BARBOSA, 2006).

O óleo da semente de algodão é líquido, inodoro e tem sabor suave. Além das finalidades já descritas, pode também ser empregado em cosméticos, emulsão e óleos para uso farmacêutico. É constituído por uma mistura de triacilgliceróis derivado dos ácidos linoléico, palmítico, oléico, esteárico e mirístico (SALGADO et al., 2003). Este óleo também é utilizado como alternativa aos inseticidas sintéticos. Um exemplo disso é a utilização deste óleo em coqueiro. Para reduzir os danos provocados por insetos-praga e ácaros associados à queda de frutos do coqueiro, como ácaro-da-necrose-dos-frutos *Aceria guerreronis* Keifer (Prostigmata: Eriophyidae), traça-dos-frutos *Atheloca subrufella* (Hulst.) (Lepidoptera: Phycitidae), *Hyalospila ptychis* (Dyar) (Lepdoptera: Phycitidae) e o gorgulho-dos-frutos *Parisoschoenus obesulus* Casey (Coleoptera: Curculionidae), utiliza-se óleo de algodão (1,5%) adicionado a detergente neutro (1%). Essa combinação proporciona uma produtividade superior a 260 frutos/planta/ano em pomares a partir do terceiro ano de produção, assemelhando-se à produção obtida utilizando-se agrotóxico, tendo ainda como vantagem a redução dos custos de controle superior a 70% (CHAGAS et al., 2005).

Este efeito inseticida se dá por uma série de aldeídos-terpenos presentes em plantas de algodoeiro, como o gossipol, heliocidas e hemigossipolone (CALHOUN et al., 1994; LARA, 1991; LUKEFAHR; RHYNE, 1960; LUKEFAHR; MARTIN; MEYER, 1965; WILSON; WILSON, 1976). O gossipol (Figura 10), principal sesquiterpeno do algodoeiro, é antinutritivo e tóxico ao homem e alguns animais, conferindo resistência às plantas contra muitos patógenos e insetos-praga (CARVALHO, 1996; McAUSLANE; ALBORN, 1998; SHAVER; LUKEFAHR, 1969), por ser um inibidor de proteinases, afetando o trato gastro intestinal dos insetos (MEISNER et al., 1978; PANIZZI, 1991).

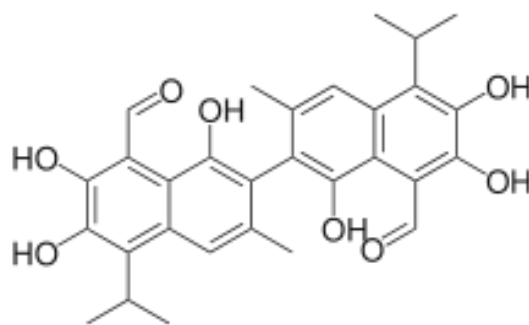


Figura 10. Estrutura química do gossipol

Na literatura encontram-se resultados nos quais o gossipol reduziu a assimilação do alimento pelas lagartas de *Heliothis zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), afetou o desenvolvimento de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) e inibiu a alimentação de *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae) (BERENBAUM, 1978; MEISNER, 1978; MONTANDON, 1986).

2.2.3 Óleo de mamona *Ricinus communis* L. e Ricina

A mamona, *Ricinus communis* L., tem o seu centro de diversidade localizado na Etiópia e no leste da África, existindo centros secundários de diversidade. O gênero *Ricinus* pertence à família Euphorbiaceae. É uma oleaginosa de destacada importância no Brasil e no mundo. Apesar de ocorrer em todo o Brasil e ser adaptada a diversas condições climáticas, tolerando inclusive a escassez de água, é exigente em calor e luminosidade, além de não suportar excesso de umidade (EMBRAPA, 2007; GONÇALVES et al., 2005).

Seu óleo é uma matéria prima de aplicações únicas na indústria química devido às características de sua molécula que lhe fazem o único óleo vegetal naturalmente hidroxilado, além de uma composição com predominância de um único ácido graxo, ricinoléico, o qual lhe confere as

propriedades químicas atípicas (COSTA, 2006). Devido às suas propriedades físico-químicas (não ataca a borracha, metais ou plásticos; baixo ponto de solidificação; resistência ao escoamento e viscosidade elevada), este óleo e seus derivados tem inúmeras aplicações, que incluem o uso medicinal, cosmético e fitossanitário, fabricação de plásticos e lubrificantes (EMBRAPA, 2007).

A mamona é conhecida popularmente por seu efeito tóxico. Esta apresenta uma grande variedade de substâncias, sendo o óleo de rícino (ricina) e a ricinina os principais componentes tóxicos (ROTHER et al., 2009; RAMOS-LÓPEZ et al., 2010). A ricina, encontrada em maior quantidade nas sementes de *R. communis*, é uma toxalbumina, glicoproteína, extremamente tóxico, que quando ingerido causa problemas no trato digestivo, de forma que os sintomas de intoxicação se manifestem poucas horas após a ingestão (FILHO SAVY, 2005). Podem atuar sobre os insetos, impedindo a síntese proteica e inibindo o processo de digestibilidade (LORD et al., 2003; PANTOJA-UCEDA et al., 2003).

A mortalidade dos insetos pela ação do óleo de mamona provavelmente ocorre em decorrência da toxina ricinina, composta por duas subunidades: uma se liga à enzima alfa-amilase, o que impede a digestão e a absorção do amido (OLSNES; KOZLOV, 2001), e a outra se liga aos ribossomos, o que inibe a síntese proteica, causando morte por inanição (LORD et al., 1994).

A utilização do óleo ou extrato de mamona para o controle de insetos tem sido amplamente estudada. A atividade inseticida ou insetistática da mamona foi relatada sobre *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae), *Culex pipiens*, *Aedes caspius*, *Culiseta longiareolata* e *Anopheles maculipennis* (Diptera: Culicidae), *Acromyrmex lundii* (Himenoptera: Formicidae) e *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) (UPASANI et al., 2003; AOUINTY et al., 2006; CAFFARINI et al., 2008; MUSHOBOZY et al., 2009).

Lins-Jr et al. (2007) avaliaram várias alternativas, entre eles o óleo de mamona (1 e 2%), para controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh.) (Coleoptera: Curculionidae). Observaram que na maior concentração o óleo apresenta eficácia no controle da praga.

O efeito do óleo de mamona também foi testado sobre *Callosobruchus maculatus* (F.) e *Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal) em grão-de-bico armazenado, onde proporcionou proteção dos grãos ao ataque dos insetos por até 150 dias (PACHECO et al., 1995). O óleo extraído de suas sementes pode causar até 90% de mortalidade em larvas de *Diaphania nitidalis* Cramer (Lep.: Crambidae), após 72 horas de avaliação (LIMA, 2009).

O óleo de mamona também causou efeito tóxico tanto por ingestão quanto por contato para larvas de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) (RONDELLI et al., 2011). Resultados semelhantes foram encontrados sobre *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), onde dependendo da concentração, o óleo de mamona atua tanto por contato como por ingestão (BESTETE et al., 2011).

Sobre a broca-do-café, a utilização do óleo de mamona foi testada em três vias de aplicação, contato, ingestão e a combinação de contato e ingestão. Observou-se mortalidade dos insetos por ação de contato e ingestão, porém a combinação das duas vias foi a forma mais efetiva no controle do inseto (CELESTINO, 2011).

REFERÊNCIAS

ABIZAR, M.; PRIJONO, D.. Aktivitas insektisida ekstrak daun dan biji *Tephrosia vogelii* J.D. Hooker (Leguminosae) dan ekstrak buah *Piper cubeba* L. (Piperaceae) terhadap larva *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Crambidae). **Journal Hama Penyakit Tumbuhan Tropica**, v. 10, p. 1-12, 2010.

ABRAPA – Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. 2014. Disponível em < <http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Mundo.aspx>>, acesso em: 02 set 2014.

AGUIAR-MENEZES, E. L. **Inseticidas Botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 205).

AFT DATABASE. **AgroForestryTree Database: a tree species reference and selection guide**. World Agroforestry Centre, 2004. Disponível em: <<http://www.worldagroforestry.org>>. Acesso em: 13 janeiro 2014.

ALMEIDA, E. C.; BORA, P. S.; BARBOSA, E. C. A. Composição em ácidos graxos extraídos do óleo de duas variedades de algodão colorido (*Gossypium hirsutum* L.). **I Jornada Nacional da Agroindústria**, Bananeiras, 2006.

ANGIONI, A.; DEDOLA, F.; MINELLI, E., V; BARRA, A.; CABRAS, P.; CABONI, P. Residues and half-life times of pyrethrins on peaches after field treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53, p. 4059–4063. 2005.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Agrotóxicos e Toxicologia**. 2011 Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/home/agrotoxicotoxicologia>. Acesso em 28 de julho de 2014.

AQUINTY, B.; OUTARA, S.; MELLOUKI, F.; MAHARI, S. Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**. v. 10, n. 2, p. 67-71, 2006.

BAKER, P. La Broca del Cafe en Colombia. Chinchiná, Colombia, **Cenicafé**, 1999. 154 p.

BAKER, P. S.; BARRERA, J. F.; RIVAS, A. Life-history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. **Journal of Applied Ecology**, v. 29, p. 656-662, 1992.

BATISTA, M. Efeitos de diferentes índices de infestação pela broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae) no peso e na classificação do café pelo tipo e pela bebida. 1986. 67p. **Dissertação de Mestrado** – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 1986.

BENASSI, V.L.R.M. **A broca-do-café**. Vitória: EMCAPA, 63p. (Documentos, 57). 1989.

BERGAMIN, J. Contribuição para o conhecimento da biologia da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Col. Ipidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 14, p. 31-72, 1943.

BERENBAUM, M. Toxicity of a furanocoumarin to armyworms: a case of biosynthetic escape from insect herbivores. **Science**, v.201, p.532-534, 1978.

BESTETE, L. R.; PRATISSOLI, D.; TEBALDI DE QUEIROZ, V.; CELESTINO, F.; N.; MACHADO, L. C. Toxicidade de óleo de mamona a *Helicoverpa zea* e a *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.8, p.791-797, 2011.

BORBÓN, O. M. Eficacia de las trampas de vasos para el monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) en Costa Rica y Nicaragua. In: HOHMANN, C. L. (Org.). **Manejo da broca-do-café: workshop internacional**. Londrina: IAPAR, 2007. p. 113-135.

BORSA, P.; KJELLBERG, F. Experimental evidence for pseudo-arrhenotoky in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Heredity**, London, v. 76, p. 130- 135, 1996.

BRUN, L. O.; MARCILLAUD, C.; GAUDICHON, V.; SUCKLING, D. Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. **Journal of Economic Entomology**, v.82, p. 1311-1316, 1989.

BURTON, G. W.; INGOLD, K. U. Autoxidation of biological molecules. 1. Antioxidant activity of vitamin E and related chain-breaking phenolic antioxidants in vitro. **Journal of the American Chemical Society**, v. 103, p. 6472 – 6477, 1981.

CABONI, P.; SARAI, G.; ANGIONI, A.; GARCIA, A. J.; LAI, F.; DEDOLA, F.; CABRAS, P. Residues and persistence of neem formulations on strawberry after field treatment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54, p. 10026–10032. 2006.

CABRAS, P.; CABONI, P.; CABRAS, M.; ANGIONI, A.; RUSSO, M. Rotenone residues on olives and in olive oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2576-2580, 2002.

CAFFARINI, P.; CARRIZO, P.; PELICANO, A.; ROGGGERO, P.; PACHECO, J. Effects of acetic and water extracts of *Ricinus communis*, *Melia azedarach* and *Trichillia glauca* on black common cutting ant (*Acromyrmex lundii*). **IDESIA**. v. 26, n. 1, p. 59-64, 2008.

CALHOUN, D. S.; JONES, J. E.; CALDWELL, W. D.; BURRIS, E.; LEONARD, B. R.; MOORE, S. H.; AGUILLARD, W. Registration of La. 850082 FN and La.

850075 FHG, two cotton germplasm lines resistant to multiple insect pests. **Crop Science**, v.34, p. 316-317, 1994.

CANTOR, F.; BENASSI, V. L. R. M.; FANTON, C. J. Broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Eds.). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 99-103.

CARVALHO, P. P. **Manual do algodoeiro**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1996. 282p.

CELESTINO, F. N. Potencial do óleo de mamona e associação com *Beauveria bassiana* (Bals.) vuillemin visando o manejo da broca-do-café. **Dissertação** (Mestrado). 2011. Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. 69p.

CHAGAS, M. C. M.; BARRETO, M. F. P.; SOBRINHO, J. F. S.; ESPÍNOLA-SOBRINHO, E. Utilização de produtos alternativos aos químicos no controle de pragas associadas à queda de frutos do coqueiro (*Cocos nucifera* L.). **EMPARN** – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

CHALFOUN, S.M; SOUZA, J.C. de; CARVALHO, V.D. de. Relação entre a incidência da broca, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae) e microrganismos em grãos de café. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS**, 11, 1984. Londrina. Resumos. Rio de Janeiro, IBC, p. 149-150, 1984.

CLARKE, R.J.; MACRAE, R. **Coffee Agronomy**. Barking: Elsevier, 334p, 1985.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Safra café**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_17_09_29_46_bol_etim_cafe_-_original_normalizado.pdf>. Acesso em 01 de setembro de 2014.

CONSTANTINO, L. M.; NAVARRO, L.; BERRIO, A.; ACEVEDO, F. R.; RUBIO, D.; BENAVIDES, P. Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Revista Colombiana de Entomologia**, Bogotá, v. 37, n. 2, p. 173-182, 2011.

COSTA, T.L. Propriedades físicas e fisico-químicas do óleo de duas cultivares de mamona. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola** – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2006. 113 f.

CUNHA, L.F. Lavoura gourmet. **Globo Rural**, Porto Alegre, v.244, p. 54-58, 2006.m

CURE, J. R.; SANTOS, R. H. S.; MORAES, J. C.; VILELA, E. F.; GUTIERREZ, A. P. Fenologia e dinâmica populacional da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) relacionadas às fases de desenvolvimento do fruto. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27(3), p. 325-335, 1998.

DAMON, A. A. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomologica Research**, Farnham Royal, v. 90, n. 6, p. 453-465, 2000.

EMBRAPA Algodão. **Cultura do Algodão no Cerrado**. Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica. Jan 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/index.htm>>. Acesso em: 02 set 2014.

EMBRAPA Clima Temperado. **Sistema de produção de mamona**. Sistemas de Produção, 11. Versão eletrônica. Nov. 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/SistemaProducaoMamona/index.htm>>. Acesso em: 27 de agosto de 2014.

ESCALONA, M.H.; FIALLO, V.R.F.; HERNÁNDEZ, M.M.A.; PACHECO, R.A.; AJA, E.T.P. **Plaguicidas naturales de origem botánico**. 2ed. Habana: INIFAT, 2001.

FELDHEGE, M. R. Rearing techniques and aspects of biology of *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae), a recently described endoparasitoid of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Café Cacao Thé**, v. 36, p. 45-54, 1992.

FERNANDES, M.C.A.; RIBEIRO, R.L.D.; AGUIAR-MENEZES, E.L. Manejo Agroecológico de fitoparasitas. In: AQUINO, A.M de; ASSIS, R.L. (Ed). **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Técnica, cap. 13. p.273-322, 2005.

FIEGE, H.; VOGES, H. W.; HAMAMOTO, T.; UMEMURA, S.; IWATA, T.; MIKI, H.; FUJITA, Y.; BUYSCH, H. J.; GARBE, D.; PAULUS, W. **Phenol Derivatives** Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim, 2002.

FILHO SAVY, A. **Cultura de mamoneira**. Disponível em: <<http://iac.sp.gov.br/Tecnologias/Mamona/Mamona.htm>> 2005. Acesso em: 19 jul. 2014.

GIORDANENGO, P.; BRUN, L. O.; FRÉROT, B. Evidence for allelochemical attraction of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, by coffee berries. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 19, n. 4, p. 763-769, 1993.

GÓMEZ, J.; CHÁVEZ, B. Y.; CASTILLO, A.; VALLE, F. J.; VEGA, F. E. The coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae): how many instars are there? **Annals of the Entomological Society of America**, Maryland, v. 108, n. 3, p. 311-315, 2015.

GONCALVES, N.P.; FARIA, M.A.V.de R.; SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D. Cultura da mamoneira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.28-32, 2005.

GREEN, J. Adjuvant outlook for pesticides. **Pestic. Outlook**, 11, p. 196–199. 2000.

HALLE, A. ter.; RICHARD, C.; LEDOIGT, G. **Phytosanitary formulations containing plant extracts as photoprotectants for pesticides**. 2008.

HOLLINGWORTH, R.M.. Inhibitors and uncouplers of mitochondrial oxidative phosphorylation. Di dalam: Krieger R, Doull J, Ecobichon D, Gammon D, Hodgson, editor. **Handbook of Pesticide Toxicology**. Volume 2. San Diego, Academic Press, p.1169-1227. 2001.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – ICO. **Statistics**. Disponível em: <<http://dev.ico.org/prices/m1a.htm>> Acesso em 01 de setembro de 2014.

IRULANDI, S. et al. Effect of botanical insecticides on coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Biopesticides*, v.1, n.1, p.70-3, 2008.

IRVINE, J. E.; FREYRE, R. H. Occurrence of rotenoids in some species of the genus *Tephrosia*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 7 p. 106-107, 1959.

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Prot** 19: p. 603–608. 2000.

JACOBSON, M. Botanical pesticides (past, present and future). In: ANARSON, J.T.; PHILOGENE, B.J.R.; MORAND, P. (Ed). *Insecticides of plant origin*. Washington: **Annual of Chemistry Society**, p. 213, 1989.

JADHAV, S. Relative toxicity of certain plant extracts against *Corcyra cephalonica* under laboratory conditions. **Journal of Applied Biosciences**, v. 35, n. 1, p. 89-90, 2009.

JARAMILLO, J.; CHABI-OLAYE, A.; POEHLING, H. -M.; KAMONJO, C.; BORGEMEISTER, C. Development of an improved laboratory production technique for the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, using fresh coffee berries. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 130, n. 3, p. 275-281, 2009a.

JARAMILLO, J.; CHABI-OLAYE, A.; KAMONJO, C.; JARAMILLO, A.; VEGA, F. E.; POEHLONG, H. -M.; BORGEMEISTER, C. Thermal tolerance of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*: predications of climate change impact on a tropical insect pest. **Plos One**, San Francisco, v. 4, n. 8, p. 1-11, 2009b.

JORDÃO JÚNIOR, A. A.; CHIARELLO, P. G.; BERNARDES, M. S. M.; VANNUCCHI, H. Peroxidação lipídica e etanol: papel da glutatona reduzida e da vitamina E. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 31, p. 434- 449, 1998.

JOVETIC, S. Natural pyrethrins and biotechnological alternatives. *Biotechnology and Development Monitor*, v.21, p.12-13, 1994.

KATAGI, T. Surfactant effects on environmental behavior of pesticides. *Rev. Environ. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 194, 71–177, 2008.

KATRINA, G.A.; ANTONIO, L.O.J. Controle biológico de insetos mediante extractos botânicos. In: CARBALL, M.; GUAHARY, F. (Ed). **Control biológico de plantas agrícolas**. Managua: CATIE 53, p.137-160, 2004.

KOONA, P.; DORN, S. Extracts from *Tephrosia vogelii* for the protection of stored legume seeds against damage by three bruchid species. **Annals of Applied Biology**, v. 147, n. 1, p. 43-48, 2005.

KOONA, P.; DOROTHY, M.; KOONA, E. S. Hexane extracts from *Tephrosia vogelii* Hook. f. protect stored maize against the weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Entomological Science**, v. 10, n. 2, p. 107-111, 2007.

KRUG, A.P. **A origem da variação de bebidas dos nossos cafés**. Sociedade Rural Brasileira. Campinas, p. 371-393. 1941.

LAGUNES T., A.; C. RODRÍGUEZ H. **Los extractos acuosos vegetales con actividad insecticida: el combate de la conchuela del frijol**. Texcoco: USAIDCONACYT- SME-CP, 57p. 1992.

LAMBERT, N.; TROUSLOT, M.; NEF-CAMPA, C.; CHRESTIN, H. Production of rotenoids by heterotrophic and photomixotrophic cell cultures of *Tephrosia vogelii*. **Phytochemistry**, v. 34, n. 6, p. 1515-1520, 1993.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.

LEBO, S. E. **Method for producing improved biological pesticides**. WO 1995033378, 1995.

LE PELLEY, R. H. **Las plagas del café**. Barcelona: Labor, 1973. p. 139-170.

LIMA, V.L.S. Manejo fitossanitário para broca das cucurbitáceas *Diaphania nitidalis* Cramer (Lep.: Crambidae). 2009. 56p. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.

LING, N. Rotenone – a review of its toxicity and use for fisheries management. Wellington: Department of Conservation. **Science of Conservation**, n. 211. Disponível em: <<http://www.doc.govt.nz/upload/documents/science-and-technical/SFC211.pdf>>. Acesso em 20 de novembro 2011.

LINS-JR, J.C.; NASCIMENTO, M. de L.; MENEZES, A.M.S.de; RODRIGUES, Í.J.S.; LIMA, E.S. de A.; DIAS, T.K.R.; DIAS, P.C.; CARDOSO, U.P.; SÃO JOSÉ, A.R. Controle alternativo do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.987-990, out. 2007.

LÓPEZ-GUILLÉN, G.; CARRASCO, J. V.; CRUZ-LÓPEZ, L.; BARRERA, J. F.;

MALO, E. A.; ROJAS, J. C. Morphology and structural changes in flight muscles of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) females. **Environmental Entomology**, Maryland, v. 40, n. 2, p. 441-448, 2011.

LORD, M. J.; ROBERTS, L. M.; ROBERTUS, J. D. Ricin: structure, mode of action, and some current applications. **The FABASE Journal**, v.8, p. 201- 208, 1994

LORD, M. J.; JOLLIFFE, N. A.; MARSDEN, C. J.; PATEMAN, C. S.; SMITH, D. C.; SPOONER, R. A.; WATSON, P. D.; ROBERTS, L. M. Ricin: mechanisms of cytotoxicity. **Toxicological Reviews**, v.22, p.53-64, 2003.

LOUREIRO, L.M.; LOTADE, J. Do fair trade and eco-labels in coffee wake up the consumer conscience? **Ecological Economics**. Amsterdam, v.53, p.129-138, 2005.

LUKEFAHR, M. J.; RHYNE, C. L. Effects of nectariless cottons on populations of three lepidopterous insects. **Journal of Economic Entomology**, v.53, n.2, p. 242-244, 1960.

LUKEFAHR, M. J.; MARTIN, D. F.; MEYER, J. R. Plant resistance to five Lepidoptera attacking cotton. **Journal of Economic Entomology**, v.58, n.3, p. 516-518, 1965.

MATHIEU, F.; MALOSSE, C.; CAIN, A. -H.; FRÉROT, B. Comparative headspace analysis of fresh red coffee berries from different cultivated varieties of coffee trees. **Journal of High Resolution Chromatography**, Weinheim, v. 19, n. 5, p. 298-300, 1996.

MATHIEU, F.; BRUN, L. O.; FRÉROT, B. Factors related to native host abandonment by the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Col., Scolytidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 121, n. 3, p. 175-180, 1997.

MATHIEU, F.; MALOSSE, C.; FRÉROT, B. Identification of the volatile components released by fresh coffee berries at different stages of ripeness. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, n. 3, p. 1106-1110, 1998.

MATHIEU, F.; GAUDICHON, V.; BRUN, L. O.; FRÉROT, B. Effect of physiological status on olfactory and visual responses of female *Hypothenemus hampei* during host plant colonization. **Physiological Entomology**, Oxford, v. 26, n. 3, p. 189-193, 2001.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, R.S.; FERNANDES, D.R. **Cultura de Café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 387p. 2002.

McAUSLANE, H. J.; ALBORN, H. T. Systemic induction of allelochemicals in glanded and glandless isogenic cotton by *Spodoptera exigua* feeding. **Journal of Chemical Ecology**, v.24, n.2, p. 399-416, 1998.

MEISNER, J.; ISHAAYA, I.; ASCHER, K. R. S.; ZUR, M. Gossypol inhibits protease and amylase activity of *Spodoptera littoralis* larvae. **Annals of the Entomological Society of America**, v.71, n.1, p. 5-8, 1978.

MENEZES, E.L.A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica, Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58p

MIANA, G.A.; RAHMAN, A.U.; IQBAL, C.M.J.; JILANI, G.; BIBI, H. **Pesticides nature: present and future perspectives**. In: Copping, L.G. (Ed). Crop protection agents from nature: natural products and analogues. Cambridge: RSC, p. 241-253, 1996.

MINELLO, E. V.; LAI, F.; ZONCHELLO, M. T.; MELIS, M.; RUSSO, M.; CABRAS, P. Effect of sunscreen and antioxidant on the stability of pyrethrin formulations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53, p. 8302–8305. 2005.

MONTANDON, R.; WILLIAMS, H. J.; STERLING, W. L.; STIPANOVIC, R.D.; VINSON, S. B. Comparison of the development of *Alabama argillacea* (Hübner) and *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) fed glanded and glandless cotton leaves. **Environmental Entomology**, v.15, p.128-131, 1986.

MORRIS, J. B. Legume genetic resources with novel “value added” industrial and pharmaceutical use. In: Janick, J. (ed), **Perspectives on new crops and new uses**. ASHS Press, Alexandria, VA. p. 197-201, 1999.

MUSHOBOZY, D. M. K.; NGANILEVANU, G.; RUHEZA, S.; SWELLA, G. B. Plant oils as common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed protectants against infestations by the Mexican bean weevil *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). **Journal of Plant Protection Research**. v.49, n.1, p. 35-39, 2009.

NERIO, L.S. et al. Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). **Journal of Stored Products Research**, v.45, p.212-4, 2009.

OGENDO, J. O.; BELMAIN, S. R.; DENG, A. L.; WALKER, D. J. Comparison of Toxic and Repellent Effects of *Lantana Camara* L. with *Tephrosia vogelii* Hook and a Synthetic Pesticide Against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in Stored Maize Grain. **Insect Science and Its Application**, v. 23, n. 2, p. 127-135, 2003.

OLSNES, S.; KOZLOV, J. Ricin. **Toxicon**, v.39, p.1723-1728, 2001.

PACHECO, I.A.; CASTRO, M.F.P.P.M. de; PAULA, D.C. de; LOURENÇÃO, A.L.; BOLONHEZI, S.; BARBIERI, M.K. Efficacy of soybean and castor oils in

the control of *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal) in stored chick-peas (*Cicer arietinum* L.). **Journal of Stored Products Research** v.31, n.3, p.221-228, 1995.

PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. 359p.

PANTOJA-UCEDA, D.; BRUIX, M.; GIMÉNEZ GALLEGO, G.; RICO, M.; SANTORO, J. Solution structure of RicC3, a S2 albumin storage protein from *Ricinus communis*. **Biochemistry**, v.42, p.13839-13847, 2003.

PASSOS, S. M. de G. **Algodão**. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1977. 423p.

PERRY, A.S., YAMAMOTO, I., ISHAAYA, I. AND PERRY, R.Y. Insecticides in agriculture and environment: Retrospects and Prospects, **Springer-Verlag**, Berlin. Hlm 1-251. 1998.

PUGAZHVENDAN, S. R.; ELUMALAI, K.; RONALD ROSS, P.; SOUNDARARAJAN, M. Repellent activity of chosen plant species against *Tribolium castaneum*. **World Journal of Zoology**, v. 4, n. 3, p. 188-190, 2009.

QUEIROZ, R. T. **Revisão taxonômica das espécies do gênero Tephrosia Pers. (Leguminosae, Papilionoideae, Millettieae) ocorrentes na América do Sul**. TESE, 2012. Universidade Estadual de Campinas.

RAMOS-LOPEZ, M.A.; PÉREZ G.S.; RODRIGUEZ-HERNANDEZ, C.; GUEVARA-FEFER, P.; ZAVALA-SANCHEZ, M.A. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **African Journal of Biotechnology**, v.9, p.1359-1365, 2010.

RANGEL, B. S. **Plantas inseticidas do Brasil**. Boletim do Ministério da Agricultura, 35, 1946, 34 p.

RABSON, R.; PLIMMER, J. R. Photoalteration of pesticides. **Science**, 180, p. 1204–1205. 1973.

RENA, A.B.; MAESTRINI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; YAMADA, T. (Ed.) **Cultura do cafeeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, p.13-85, 1986.

RONDELLI, V.M.; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R.A.; MARQUES, E.J.; STURM, G.M.; TIBURCIO, M.O. Associação do óleo de mamona com *Beauveria bassiana* no controle da traça-das-crucíferas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.212-214, 2011.

ROTHER, D. C.; SOUZA, T. F.; MALASPINA, O.; BUENO, O. C.; SILVA, M. F.DAS G. F. DA; VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J. B. Suscetibilidade de operárias e larvas de abelhas sociais em relação à ricinina. **Iheringia, Sér. Zool.**, Porto Alegre, v. 99 n.1, p. 61-65, 2009.

RIEDERER M.; SCHREIBER L. Waxes: the transport barriers of plant cuticles. In: Hamilton RJ, ed. Waxes: chemistry, molecular biology and functions. West Ferry, Dundee, Scotland: **The Oily Press**, 1995, p.130–156.

RYCKAERT, B.; SPANOGHE, P.; HEREMANS, B.; HAESAERT, G.; STEURBAUT, W. Possibilities to use tank-mix adjuvants for better fungicide spreading on triticale ears. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 56, p. 8041–8044. 2008.

SAITO, M. L.; LUCCHINI, F. **Substâncias obtidas de plantas e a procura por praguicidas eficientes e seguros**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. 46p. (Embrapa-CNPMA, Série Documentos, 12).

SALGADO, A. P. S. P.; SCHMIDT, P. A.; FRAGA, A. C.; CASTRO, D. P. de; SILVA, V. de F.; VILELA, F. J.; AGUIAR, P. M.; CASTRO-NETO, P. Rendimento de óleos fixos de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum*) e sua caracterização química. **IV Congresso Brasileiro do Algodão**, Goiânia, 2003. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/290.pdf> Acesso em: 02 set 2014.

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 2, 2004.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. CIFOR, IMAZON, Editora Supercores, Belém, 2005, p. 300.

SHARMA, P.; RASTOGI, S.; BHATNAGAR, S. SRIVASTAVA, J. K.; DUBE, A.; GURU, P. Y.; KULSHRESTHA, D. K.; MEHROTRA, B. N.; DHAWAN, B. H. Antileishmanial action of *Tephrosia purpurea* Linn, extract and its fractions against experimental visceral leishmaniasis. **Drug Development Research**, v.60, n. 4, p. 285-293, 2003.

SHAVER, T. N.; LUKEFAHR, M. J. Effect of flavonoid pigments and gossypol on growth and development of the bollworm, tobacco budworm, and pink bollworm. **Journal of Economic Entomology**, v.62, n.3, p. 643-646, 1969.

SI, Y.; ZHOU, J.; CHEN, H.; ZHOU, D. Photostabilization of the herbicide bensulfuron-methyl by using organoclays. **Chemosphere**, 54, p. 943–950, 2004.

SILVA, W. D.; MASCARIN, G. M.; ROMAGNOLI, E. M.; BENTO, J. M. S. Mating behaviour of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 25, n. 4, p. 408-417, 2012.

SILVA, W. D.; COSTA, C. M.; BENTO, J. M. S. How old are colonizing *Hypothenemus hampei* (Ferrari) females when they leave the native coffee fruit? **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 27, n. 6, p. 729-735, 2014.

SINHA, B.; NATU, A. A.; NANAVATI, D. D. Prenylated flavonoids from *Tephrosia purpurea* seeds. **Phytochemistry**, 1982.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R. **Broca-do-café - Histórico, Reconhecimento, Biologia, Prejuízos, Monitoramento e Controle**. EPAMIG, Belo Horizonte, Boletim Técnico 40. 31 p. 1993.

UPASANI, S. M.; KOTKAR, H. M.; MENDKI, P. S.; MAHESHWARI, V. L. Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids. **Pest Manage.** v. 59, p. 1349-1354. 2003.

VASANTHARAJ, D.B. Biotechnological approaches in IPM and their impact on environment. **Journal of Biopesticides**, v.1, n.1, p.1-5, 2008.

VIANA, P. A.; PRATES, H. T.; RIBEIRO, P. E. A. Uso do extrato aquoso de extrato de folhas de nim para o controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Circular Técnica, 88**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 5p. 2006.

VILLALOBOS, M. J. P. & ROBLEDO, A. 1998. Screening for anti-insect activity in Mediterranean plants. *Industrial Crops and Products*, 8: 183- 194.

WAKEFIELD, G.; PARK, B. G.; LIPSCOMP, S.; HOLLAND, E. **Surface-doped particles of TiO₂ or ZnO and their use**. 2005.

WALANGULULU, M; LITUCHA, B. M.; MUSASA, M. Potential for the control of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* Germar with plants reputed to have an insecticidal effect. **Infomusa**, v. 2, n. 1, p. 9, 1993.

WANYIKA, H.N.; KARERU, P.G.; KERIKO, J.M.; GACHANJA, A.N.; KENJI, G.M.; MUKIIRA, N.J. Contact toxicity of some fixed plant oils and stabilized natural pyrethrum extracts against adult maize weevils (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v.3, n.2, p. 66-69, 2009.

WIESBROOK, M. L. Natural indeed: Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides?, **Illinois Pesticide Review**, v. 17, n. 3, 2004.

WILSON, R. L.; WILSON, F. D. Nectariless and glabrous cottons: effect on pink bollworm in Arizona. **Journal of Economic Entomology**, v.69, n.5, p. 623-624, 1976.

3 ARTIGO A. EXTRATO DE *TEPHROSIA VOGELII*, *GOSSYPIUM HIRSUTUM* E *RICINUS COMMUNIS* NO CONTROLE DA BROCA-DO-CAFÉ

3.1 RESUMO

Um dos principais agentes limitantes da produção cafeeira tem sido a broca-do-café, *Hypothenemus hampei*. Uma alternativa para o manejo da praga é a utilização de inseticidas botânicos, os quais são extraídos de plantas que possuem metabolitos secundários com efeitos sobre os insetos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos óleos das sementes de *R. communis*, *G. hirsutum* e do extrato sem óleo das sementes de *T. vogelii* sobre a broca-do-café e fornecer maiores informações para o manejo da praga. Ensaio com aplicação tópica, exposição à superfície contaminada e ingestão foram realizados com o objetivo de verificar a ação inseticida dos óleos e extrato sobre adultos da broca-do-café. A utilização do extrato oleoso de *T. vogelii* e dos óleos de *R. communis* e *G. hirsutum* ocasionou efeito inseticida sobre *H. hampei*, sendo que o extrato de *T. vogelii* apresentou melhor resultado pela via de aplicação por contato. Os óleos de *R. communis* e *G. hirsutum* provocaram mortalidade por ingestão.

Palavras chave: inseticidas botânicos, metabolitos secundários, rotenoides, gossipol, ricina

3.2 ABSTRACT

One of the main limiting agents of coffee production has been the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. A alternative for the management of the pest is the use of botanical insecticides, which are extracted from plants that have secondary metabolites with effects on insects. The aim of this study was to evaluate the effects of the oils of *R. communis*, *G. hirsutum*

and *T. vogelii* seeds on the coffee berry borer and provide more information for the management of the pest. Topical application, exposure to contaminated surface and intake assays were performed in order to verify the insecticidal activity of oils and extract on of the coffee berry borer adults. The use of the oily extract of *T. vogelii* and oils from *R. communis* and *G. hirsutum* caused insecticidal effect on coffee berry borer, and *T. vogelii* extract showed better results by topical application. The oils of *R. communis* and *G. hirsutum* caused death by intake.

Key words: botanical insecticides, secondary metabolites, carotenoids, gossypol, ricin

3.3 INTRODUÇÃO

A cultura do café (*Coffea arabica* L.) apresenta grande importância econômica e social para o Brasil, que atualmente lidera a produção mundial com 43,0 milhões de sacas produzidas na safra 2015/2016 (CONAB, 2016). Dos cafeicultores brasileiros, 70% são classificados como pequenos produtores, o que exige foco em trabalhos no desenvolvimento na agricultura familiar (BENASSI, 2007).

Um dos principais agentes limitantes da produção tem sido a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1876). Este besouro ataca os frutos nos diferentes estágios de maturação, interferindo na produtividade e a qualidade do produto (REIS, 2002). Com a retirada do principio ativo endossulfan do mercado brasileiro, por ser considerando de grande risco a saúde humana e ao meio ambiente, o controle da broca-do-café passou a ser um grande problema para os cafeicultores.

Uma alternativa a este tipo de controle são as espécies vegetais que apresentam metabólitos com ação contra os insetos (SAITO, 2004). Estes compostos tem como vantagens a rápida degradação sob condições ambientais, redução no impacto sobre organismos benéficos e, geralmente, baixa toxicidade a mamíferos (WIESBROOK, 2004). Além disso,

são acessíveis a pequenos produtores devido ao seu baixo custo e facilidade na preparação dos extratos (OLIVEIRA, 1997).

Como exemplo, a espécie da família Meliaceae, *Azadirachta indica* A. Juss., conhecida como nim, possui ativos com comprovada ação inseticida, sendo que um dos mais promissores é a azadiractina (VALLADARES et al., 1997). O uso de óleos vegetais e extratos de algumas espécies de plantas vêm se mostrando promissor no controle de insetos praga.

Os óleos de mamona (*Ricinus communis* L), e algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e plantas do gênero *Tephrosia* vêm sendo estudadas por possuir ação inseticida. As sementes de mamona contêm ricinina, um alcaloide extremamente tóxico para animais e seres humanos. As sementes causam problemas gastro-intestinais e as folhas podem causar problemas neuro-musculares quando ingeridas (FILHO SAVY, 2005) e, devido a este efeito tóxico, o óleo de mamona tem sido testado para controle de pragas em diversas culturas (PACHECO et al., 1995; LINS-JR et al., 2007).

O óleo das sementes de algodão é considerado como alternativa para o controle químico de pragas. É constituído de uma mistura de triacilglicéris (SALGADO et al., 2003) e apresenta também em sua composição o gossipol, um composto fenólico antinutritivo, que dá resistência às plantas contra vários patógenos e insetos-praga (MACEDO et al., 2007).

Extratos de *Tephrosia vogelii* Hook f., também tem sido testados para o controle de insetos. Esta planta possui compostos bioativos que são considerados citotóxicos, antialimentares e acaricidas. Seus principais compostos ativos são a tefrosina, deguelina e a rotenona. Estes rotenoides tem ação de contato e agem inibindo a respiração celular, interferindo no transporte de elétrons (LAMBERT et al., 1993; KATHRINA; ANTONIO, 2004; KOONA; DORN, 2005).

De maneira geral, os produtos naturais extraídos de plantas constituem-se em fonte de substâncias bioativas compatíveis com programas de manejo integrado de pragas (MIP) (TORRES et al., 2006). Assim, avaliou-se a mortalidade da broca-do-cafeeiro tratados com óleos das sementes de *R. communis*, *G. hirsutum* e do extrato sem óleo das sementes de *T. vogelii* através de exposição tópica e de superfície (contato) e por ingestão.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de laboratório com adultos de *H. hampei* obtidos da criação do IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná. Durante os ensaios os insetos foram alimentados com frutos maduros de café.

O extrato de sementes de *T. vogelii* foi obtido a partir de sementes secas e trituradas até a obtenção de um pó, o qual foi misturado com hexano-etanol (9:1) em aparelho de Soxhlet. Após a primeira etapa de extração, metanol foi adicionado ao Soxhlet como solvente extrator, para retirada de todo material possível das sementes. Finalizando o processo no Soxhlet, o produto resultante foi evaporado para retirar o solvente fornecendo apenas o extrato bruto. Este extrato foi incorporado a 30 g de sílica gel para formar a pastilha de aplicação. Em um funil de separação foram adicionadas 15g de sílica em hexano 100% para que esta funcionasse como um pré-filtro do material na pastilha.

Seguiu-se a eluição exaustiva em hexano 100%, que retirou todo o material oleoso da semente. A fração hexânica foi evaporada e reservada. O segundo eluente foi o diclorometano - metanol (CH_2Cl_2 -MeOH) (95:5), também aplicado de forma exaustiva. Este eluente com polaridade pouco acima do CH_2Cl_2 100% suficiente para retirar todos os rotenóides, além de outros constituintes presentes nas sementes. Por fim, o sistema ainda foi eluído exaustivamente com metanol (MeOH 100%), para a completa retirada de constituintes orgânicos do extrato.

Para o ensaio de exposição por aplicação tópica, os insetos foram pulverizados com diferentes concentrações dos óleos e extrato inseticidas (0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e; 5,0%) e água destilada como controle, utilizando um aerógrafo (Passehe – 147493) acoplado a um compressor/aspirador Fanem – Diapump® (Modelo: 089 – Cal) regulado para a pressão de 10 BAR para pulverização. Os tubos de vidro (8,4 cm de altura x

2,4 cm de largura) vedados com filme plástico foram mantidos em ambiente climatizado (25 ± 2 °C, $70\% \pm 10\%$ UR). Em cada um dos tubos foi colocado uma tira de papel filtro para absorção da umidade. Utilizou-se 20 insetos por tubo, em delineamento inteiramente casualizado com 12 repetições. Os ensaios foram conduzidos durante cinco dias, registrando-se os insetos mortos com um (1DAA) e cinco (5DAA) dias após a aplicação. Na avaliação da mortalidade, foram considerados vivos todos os insetos que moviam qualquer parte do corpo quando tocados por um pincel.

No teste de mortalidade por exposição à superfície contaminada, foram utilizadas as mesmas soluções do ensaio com aplicação tópica. Folhas de café foram pulverizadas com 1,0 mL dos extratos vegetais e colocadas ainda úmidas em placas de Petri de 9,0 cm de diâmetro contendo um filete de papel filtro para enxugar o excesso de umidade. Em seguida, trinta brocas foram liberadas no interior das placas, as quais foram vedadas com filme plástico e conduzidas até a câmara climatizada (25 ± 1 °C), avaliando-se a mortalidade dos insetos durante as 48 horas seguintes. Foram utilizadas seis repetições por tratamento.

Visando avaliar o efeito de ingestão, frutos maduros de café sadio foram imersos na calda formulada nos bioensaios anteriores, por um minuto; utilizando-se água destilada como controle. Em placas de vidro (9,0 cm de diâmetro) foram colocados dez frutos de café tratados com solução de extrato. Cada placa constituiu uma repetição, com três repetições por tratamento. Em seguida, 30 brocas adultas foram liberadas no centro de cada placa. Os ensaios foram conduzidos durante cinco dias, registrando-se os insetos mortos com um (1DAA), e cinco (5DAA) dias após a aplicação.

Os dados obtidos, por não atenderem aos pré requisitos de normalidade e homocedasticidade, foram submetidos a testes não-paramétricos. Desse modo, realizou-se análise de variância pelo teste de Kruskal-Wallis e comparação das médias pelo teste de Student-Newman-Keuls, com $p < 0,05$. Além de análise de variância e comparação de médias, para o experimento com aplicação tópica, os dados foram submetidos à análise de Probit para determinação da CL_{50} .

3.5 RESULTADOS

Nas duas avaliações (1 e 5 DAA) após a aplicação tópica dos óleos e extrato vegetal, a mortalidade foi afetada pelas concentrações utilizadas (Tabelas 1, 2 e 3). Na primeira avaliação, de maneira geral, extratos de *T. vogelli* causaram mortalidade em doses relativamente menores; com óleo de algodão verificaram-se resultados intermediários e, com óleo de mamona, maiores doses foram necessárias para causar mortalidade (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Mortalidade acumulada (% \pm Erro Padrão) de adultos de *Hypothenemus hampei* um dia após a aplicação tópica (1DAA) de óleo de algodão, óleo de mamona e extrato sem óleo de sementes de *Tephrosia vogelii* em diferentes concentrações.

Concentração (%)	Algodão	Mamona	<i>Tephrosia vogelii</i>
	Mortalidade (%)		
0	0,83 (\pm 0,39) c	0,83 (\pm 0,39) c	1,25 (\pm 0,45) d
0,01	1,25 (\pm 0,45) c	1,25 (\pm 0,45) c	9,59 (\pm 1,16) cd
0,05	3,75 (\pm 0,75) bc	5,00 (\pm 1,34) c	21,25 (\pm 1,86) c
0,1	1,25 (\pm 0,45) c	16,25 (\pm 6,10) c	29,17 (\pm 2,65) c
0,5	15,42 (\pm 3,84) b	2,91 (\pm 0,90) c	23,75 (\pm 2,95) c
1	15,00 (\pm 2,92) b	18,34 (\pm 6,70) bc	65,41 (\pm 5,57) b
2	21,67 (\pm 3,91) b	10,00 (\pm 3,13) bc	77,08 (\pm 3,77) ab
3	29,60 (\pm 6,35) b	14,67 (\pm 3,63) bc	88,75 (\pm 1,95) ab
4	45,83 (\pm 7,80) ab	27,50 (\pm 4,58) a	93,75 (\pm 1,65) ab
5	72,50 (\pm 5,35) a	38,33 (\pm 4,90) a	97,50 (\pm 0,79) a

* Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$).

Tabela 2. Mortalidade acumulada (% \pm Erro Padrão) de adultos de *Hypothenemus hampei* cinco dias após a aplicação tópica (5DAA) de óleo de algodão, óleo de mamona e extrato sem óleo de sementes de *Tephrosia vogelii* em diferentes concentrações.

Concentração (%)	Algodão	Mamona	<i>Tephrosia vogelii</i>
	Mortalidade (%)		
0	4,58 (\pm 0,90) d	4,58 (\pm 0,90) d	5,83 (\pm 1,19) d
0,01	5,84 (\pm 1,19) d	11,67 (\pm 3,45) cd	18,75 (\pm 1,35) cd
0,05	7,91 (\pm 1,37) d	20,84 (\pm 3,45) c	26,25 (\pm 1,91) cd
0,1	12,08 (\pm 2,81) cd	21,25 (\pm 3,41) bc	33,34 (\pm 2,80) c
0,5	28,75 (\pm 4,02) bc	22,50 (\pm 3,00) bc	40,83 (\pm 2,65) c
1	36,25 (\pm 4,51) b	27,08 (\pm 5,03) bc	80,00 (\pm 2,98) b
2	40,00 (\pm 4,53) b	32,08 (\pm 6,34) bc	87,03 (\pm 3,31) ab
3	40,84 (\pm 6,46) b	39,17 (\pm 5,62) ab	90,84 (\pm 1,99) ab
4	52,50 (\pm 7,24) ab	40,42 (\pm 4,52) ab	93,75 (\pm 1,13) ab
5	80,50 (\pm 4,10) a	70,84 (\pm 4,96) a	98,34 (\pm 0,65) a

* Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$).

As concentrações letais medianas (CL_{50}), calculadas a partir das médias de mortalidade dos insetos nas concentrações testadas, foram de 2,812 μ L/mL para o óleo de algodão e 0,450 μ L/mL para o extrato de *T. vogelii*, com intervalo de confiança de 95%. A toxicidade aguda do óleo de algodão e do extrato de *T. vogelii* sobre adultos de *H. hampei* está demonstrada na Tabela 3. Para o óleo de mamona não foi possível a obtenção da CL_{50} , pois os dados não se ajustaram ao modelo.

Tabela 3. Toxicidade aguda do óleo de algodão e do extrato sem óleo das sementes de *T. vogelii* para adultos de *Hypothenemus hampei* (Concentração Letal Mediana – CL₅₀).

Tratamento	CL50 (µL/mL)	Intervalo de Confiança (95%)	
		Inferior	Superior
Algodão	2,812	1,292	7,007
<i>Tephrosia vogelii</i>	0,450	0,022	0,924

Um dia após a exposição às folhas tratadas, nos tratamentos com óleo de algodão e, principalmente, em extratos de *T. vogelii*, houve maior mortalidade nas maiores concentrações do que na ausência dos tratamentos (0%) (Tabela 4). Naqueles tratados com óleo de mamona, não verificou-se diferença significativa em relação ao tratamento de concentração 0%.

Com dois dias após o contato com as folhas contaminadas, em concentrações a partir de 2%, nos tratamentos com óleo de algodão e extratos de *T. vogelii*, verificou-se mortalidade maior do que no tratamento com 0% (Tabela 5). Para o tratamento com óleo de mamona, mortalidade diferente do tratamento 0%, foram observadas a partir de concentrações de 3%.

Tabela 4. Mortalidade acumulada (% \pm Erro Padrão) de adultos de *Hypothenemus hampei* um dia após a exposição a folhas pulverizadas com óleo de algodão, óleo de mamona e extrato sem óleo de sementes de *Tephrosia vogelii* em diferentes concentrações.

Concentração (%)	Algodão	Mamona	<i>Tephrosia vogelii</i>
	Mortalidade (%)		
0	0,56 (\pm 0,40) bc	0,56 (\pm 0,40) a	0,56 (\pm 0,40) c
0,01	2,23 (\pm 1,63) bc	2,23 (\pm 0,81) a	1,67 (\pm 1,22) c
0,05	1,67 (\pm 1,22) bc	0,56 (\pm 0,40) a	3,89 (\pm 1,60) bc
0,1	5,00 (\pm 2,25) abc	1,12 (\pm 0,51) a	6,12 (\pm 1,72) bc
0,5	10,00 (\pm 5,01) abc	3,89 (\pm 1,47) a	9,44 (\pm 3,18) bc
1	10,00 (\pm 2,68) ab	5,00 (\pm 2,34) a	12,77 (\pm 6,04) bc
2	5,00 (\pm 1,04) ab	3,34 (\pm 1,09) a	25,00 (\pm 6,37) b
3	7,23 (\pm 2,13) ab	3,89 (\pm 1,83) a	11,12 (\pm 4,88) bc
4	16,67 (\pm 4,09) a	0,56 (\pm 0,40) a	14,45 (\pm 3,38) ab
5	17,23 (\pm 7,35) a	5,00 (\pm 1,51) a	35,56 (\pm 3,14) a

* Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$).

Tabela 5. Mortalidade acumulada (% \pm Erro Padrão) de adultos de *Hypothenemus hampei* dois dias após a exposição a folhas pulverizadas com óleo de algodão, óleo de mamona e extrato sem óleo de sementes de *Tephrosia vogelii* em diferentes concentrações.

Concentração (%)	Algodão	Mamona	<i>Tephrosia vogelii</i>
% Mortalidade			
0	1,67 (\pm 0,83) c	1,67 (\pm 0,83) bc	1,67 (\pm 0,83) d
0,01	3,34(\pm 2,00) c	2,23 (\pm 0,81) c	2,23 (\pm 1,63) d
0,05	4,45 (\pm 1,89) abc	2,78 (\pm 1,16) bc	7,23 (\pm 1,47) cd
0,1	8,34 (\pm 2,58) abc	4,45 (\pm 0,81) abc	7,78 (\pm 1,50) bcd
0,5	11,87 (\pm 6,22) abc	6,11 (\pm 1,83) abc	16,12 (\pm 2,92) abc
1	11,87 (\pm 2,58) abc	6,11 (\pm 2,13) abc	15,56 (\pm 5,60) abcd
2	12,23 (\pm 1,75) ab	6,11 (\pm 1,47) abc	30,56 (\pm 7,27) ab
3	16,67 (\pm 3,09) ab	8,34 (\pm 0,83) a	17,78 (\pm 5,46) abc
4	18,89 (\pm 4,03) ab	7,78 (\pm 1,63) ab	20,56 (\pm 2,31) ab
5	19,45 (\pm 7,67) a	10,56 (\pm 0,98) a	42,78 (\pm 3,65) a

* Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$).

Após os insetos se alimentarem com os frutos tratados foi observado que nos tratamentos com óleo de mamona e extrato de *T. vogellii* ocorreu diferença em relação ao tratamento com 0% de concentração (Tabela 6).

Cinco dias após a ingestão, nos tratamentos com os óleos de mamona e algodão e também com extrato de *T. vogellii* foram verificadas diferenças entre as maiores concentrações e a concentração 0% (Tabela 7).

Tabela 6. Mortalidade acumulada (% \pm Erro Padrão) de adultos de *Hypothenemus hampei* um dia após a ingestão de frutos tratados com óleo de Algodão, óleo de Mamona e extratos de sementes de *Tephrosia vogelii* em diferentes concentrações

Concentração (%)	Algodão	Mamona	<i>Tephrosia vogelii</i>
	Mortalidade (%)		
0	5,56 (\pm 1,52) a	5,56 (\pm 1,52) b	5,56 (\pm 1,52) bc
0,01	11,12 (\pm 1,52) a	8,89 (\pm 3,05) b	8,89 (\pm 2,08)b
0,05	22,23 (\pm 4,61) a	8,89 (\pm 2,88) bc	13,34 (\pm 0) ab
0,1	7,79 (\pm 1,52) a	42,23 (\pm 7,50) ab	7,79 (\pm 1,52) b
0,5	3,34 (\pm 1,00) a	13,34 (\pm 1,00) ab	3,34 (\pm 1,00) bc
1	26,67 (\pm 7,00) a	12,23 (\pm 1,52) ab	24,45 (\pm 0,57) ab
2	6,67 (\pm 1,00) a	17,78 (\pm 3,51) ab	11,12 (\pm 0,57) ab
3	28,69 (\pm 2,08) a	16,67 (\pm 6,64) ab	6,67 (\pm 1,00) bc
4	15,57(\pm 2,08) a	56,67 (\pm 10,81) a	21,12 (\pm 3,05) ab
5	33,34 (\pm 6,55) a	48,89 (\pm 9,29) ab	30,00 (\pm 3,60) a

* Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$).

Tabela 7. Mortalidade acumulada (% \pm Erro Padrão) de adultos de *Hypothenemus hampei* cinco dias após a ingestão de frutos tratados com óleo de Algodão, óleo de Mamona e extratos de sementes de *Tephrosia vogelii* em diferentes concentrações.

Concentração (%)	Algodão	Mamona	<i>Tephrosia vogelii</i>
	Mortalidade (%)		
0	5,56 (\pm 1,52) b	5,56 (\pm 1,52) bc	5,56 (\pm 1,52) cd
0,01	21,11 (\pm 1,52) b	40,00 (\pm 9,53) ab	23,34 (\pm 1,73)ab
0,05	40,00 (\pm 6,24) ab	17,78 (\pm 3,78) b	26,67 (\pm 2,64) ab
0,1	22,23 (\pm 3,78) b	63,34 (\pm 9,53) ab	18,89 (\pm 2,08) bc
0,5	14,45 (\pm 1,52) b	21,12 (\pm 1,15) b	14,45 (\pm 1,52) bc
1	36,67 (\pm 7,21)a	30,00 (\pm 5,29) ab	35,56 (\pm 1,15) ab
2	22,23 (\pm 4,04) ab	32,23 (\pm 4,50) ab	25,56 (\pm 2,08) ab
3	45,56 (\pm 1,52) b	25,56 (\pm 3,05) ab	17,78 (\pm 3,51) bc
4	38,89(\pm 1,52) ab	68,89 (\pm 8,62) a	28,89 (\pm 2,08) ab
5	55,56 (\pm 6,02) a	72,23 (\pm 8,02) a	52,23 (\pm 2,30) a

* Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$).

3.6 DISCUSSÃO

Apesar da atividade inseticida dos rotenoides presentes em *T. vogelii* ser maior nas primeiras 24 horas após a aplicação, observou-se que os insetos continuaram a morrer, apresentando um acréscimo aos 5DAA, assim

como também ocorreu nos tratamentos onde se utilizou óleo de algodão e óleo de mamona (Tabelas 1, 2, 4, 5, 6 e 7).

A mortalidade observada nos bioensaios onde se utilizou extratos de *T. vogelii* pode ser atribuída ao efeito tóxico que os rotenoides, biocomposto presente nessas plantas, exercem sobre algumas espécies de insetos (LAMBERT et al., 1993, KOONA; DORN, 2005). Os principais rotenoides presentes são a rotenona, a tephrosina e a deguelina (KOONA; DORN, 2005), sendo a atribuída estes compostos a ação de inseticida de contato, que age inibindo a respiração celular (DEGLI ESPOSTI et al., 1994). Os rotenoides, na respiração celular, agem diretamente no transporte de elétrons da mitocôndria (HOLLINGWORTH, 2001). Em seguida, a produção de ATP é reduzida e irá diminuir a atividade celular, provocando paralisia e mortalidade (PERRY et al., 1998). As espécies pertencentes aos gêneros *Derris*, *Lonchocarpus* e *Tephrosia* possuem rotenóides e são citadas na literatura com atividades sobre insetos e peixes.

A alta mortalidade de adultos de *H. hampei* submetidos ao tratamento tópico com extrato de *T. vogelii* se deve a rápida ação das moléculas ativas presentes neste extrato. É importante ressaltar que a velocidade com que o extrato provoca mortalidade pode ser de grande relevância, uma vez que, em condições de campo, o contato do inseto com o extrato pode ser relativamente rápido. Em estudo realizado por Jadhav (2009), a espécie *T. purpurea* apresentou toxicidade em larvas da traça-do-arroz, *Corcyra cephalonica* (STANTON, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae), 24 horas após a aplicação. Essa rápida ação também foi relatada por Lina et al. (2013) que, avaliando o efeito do extrato de *T. vogelii* sobre larvas de *C. pavonana*, onde observaram que a mortalidade se iniciou no primeiro dia após o tratamento, assim como observado neste estudo. Devido ao biocomposto presente no extrato ter ação de contato, no ensaio onde se ofereceu frutos contaminados, o índice de mortalidade por ingestão foi menor que nos demais ensaios.

O efeito inseticida dos extratos obtidos das plantas do gênero *Tephrosia* é citado por diversos autores. Segundo Ogendo et al. (2003), o pó

de *T. vogelli* apresentou efeito inseticida e de repelência em adultos de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (1885) (Coleoptera: Curculionidae) sobre grãos de milho armazenado. Koon, Dorothy e Koon (2007), usando hexano, acetona e etanol como extratores, avaliaram extrato de folhas de *T. vogelli* com *S. zeamais* e observaram melhores efeitos do extrato de hexano, assim como foi observado neste trabalho, onde o extrato de *T. vogelli* em aplicação tópica causou elevada mortalidade em adultos de *H. hampei*.

Pode-se observar, nos tratamentos nos quais se realizou a aplicação tópica dos óleos de algodão e de mamona, que a mortalidade foi aparentemente menor do que o extrato de *T. vogelli*. Porém, quando os insetos se alimentaram dos frutos tratados com os óleos de algodão e mamona também ocorreu mortalidade (33,34% para 48,89, respectivamente) em níveis aparentemente similares aos observados para *T. vogelli* nas primeiras 24 horas. Cinco dias após a ingestão a mortalidade nos tratamentos com óleo de mamona e óleo de algodão foi de 72,23% e 55,56%, respectivamente.

Sugere-se que a mortalidade dos insetos tratados com óleo de algodão possa ser atribuída ao fato das plantas de algodão apresentarem aldeídos-terpenos, que proporcionam resistência a diversos grupos de insetos. Entre essas substâncias destaca-se o gossipol, um sesquiterpeno aromático, encontrados nas amêndoas das sementes (BELL, 1967; CARVALHO, 1996; SHAVER, 1969), de onde é retirado o óleo. O gossipol é antinutritivo e tóxico, conferindo resistência às plantas contra muitos patógenos e insetos-praga (CARVALHO, 1996; McAUSLANE, 1998; SHAVER, 1969). Isso se dá por estes sesquiterpenos atuarem como inibidores de proteinases, e isto pode alterar a preferência por determinado tipo de alimento, pois afeta o trato intestinal dos insetos (MEISNER, 1978; PANIZZI, 1991).

Há relatos da ação do gossipol no desenvolvimento de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) (MONTANDON, 1986) e sobre larvas de *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae), onde de acordo com Meisner (1978), a atividade da proteinase e da amilase presentes no gossipol inibiu a alimentação dos insetos. Portanto, a utilização do óleo de algodão como agente de controle de *H. hampei* pode ser

promissor, pois, como foi observado neste estudo, o mesmo causou mortalidade por contato e por ingestão.

O efeito inseticida observado para a broca também foi reportado previamente em outros estudos, por exemplo, sobre *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae) (UPASANI et al., 2003); *Culex pipiens*, *Aedes caspius*, *Culiseta longiareolata* e *Anopheles maculipennis* (Diptera: Culicidae) (AQUINTY et al., 2006); *Acromyrmex lundii* (Himenoptera: Formicidae) (CAFFARINI et al., 2008) e *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) (MUSHOBOZY et al., 2009).

A toxicidade observada pode ser devida a uma grande variedade de substâncias, como o óleo de rícino (ricina) e a ricinina, sendo os principais componentes tóxicos (ROTHER et al., 2009; RAMOS-LÓPEZ et al., 2010). A ricina, encontrada em maior quantidade nas sementes de *R. communis*, é uma toxalbumina, glicoproteína, extremamente tóxico, que quando ingerido causa problemas no trato digestivo, de forma que os sintomas de intoxicação se manifestem poucas horas após a ingestão (FILHO SAVY, 2005), fato este observado neste trabalho, onde nas primeiras 24 horas após se alimentarem com os frutos tratados com o óleo os adultos de *H. hampei* morreram.

Como ocorreu neste trabalho para a broca-do-café (Tabelas 1 a 7), Bestete et al. (2011) relataram que o óleo de mamona sobre *Helicoverpa zea* atua tanto por contato como por ingestão, dependendo da concentração utilizada. Rondelli et al. (2011) também observaram a ação de contato e ingestão do óleo de mamona sobre a traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae).

Analisando os resultados obtidos neste trabalho, devido aos diferentes modos de ação dos óleos e extrato utilizados, a associação dos mesmos poderia ser tornar uma estratégia de controle para adultos de *H. hampei*, pois a combinação da ação de contato com o efeito de ingestão poderia proporcionar uma maior efetividade no controle dos insetos. Futuros estudos poderão ser realizados visando verificar eventuais efeitos aditivos ou mesmo sinérgicos da utilização conjunta destes compostos.

3.7 CONCLUSÃO

A utilização do extrato oleoso de *T. vogelii* e dos óleos de *R. communis* e *G. hirsutum* mostrou atividade inseticida sobre *H. hampei*,

O extrato de *T. vogelii* causou mortalidade por ingestão e principalmente por contato.

Os óleos de *R. communis* e *G. hirsutum* provocaram mortalidade principalmente por ação de ingestão em adultos de *H. hampei*.

REFERÊNCIAS

AOUINTY, B.; OUTARA, S.; MELLOUKI, F.; MAHARI, S. Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**. v. 10, n. 2, p. 67-71, 2006.

BELL, A.A. Formation of gossypol in infected or chemically irritated tissues of *Gossypium* species. **Phytopathology**, v.57, p.759-764, 1967.

BENASSI, V.L.R.M. **A broca-do-café**. Vitória: EMCAPA, 63 p. (Documentos, 57). 1989.

BESTETE, L. R.; PRATISSOLI, D.; TEBALDI DE QUEIROZ, V.; CELESTINO, F.; N.; MACHADO, L. C. Toxicidade de óleo de mamona a *Helicoverpa zea* e a *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.8, p.791-797, 2011.

CAFFARINI, P.; CARRIZO, P.; PELICANO, A.; ROGGGERO, P.; PACHECO, J. Effects of acetonic and water extracts of *Ricinus communis*, *Melia azedarach* and *Trichillia glauca* on black common cutting ant (*Acromyrmex lundí*). **IDESIA**. v. 26, n. 1, p. 59-64, 2008.

CARVALHO, P.P. **Manual do algodoeiro**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1996. 282p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Safra café. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/2015.pdf>. Acesso em 08 de fevereiro de 2016.

FILHO SAVY, A. **Cultura de mamoneira**. Disponível em: <<http://iac.sp.gov.br/Tecnologias/Mamona/Mamona.htm>> 2005. Acesso em: 19 julho de 2015.

HOLLINGWORTH, R.M.. Inhibitors and uncouplers of mitochondrial oxidative phosphorylation. Di dalam: Krieger R, Doull J, Ecobichon D, Gammon D, Hodgson, editor. **Handbook of Pesticide Toxicology**. Volume 2. San Diego, Academic Press, p.1169-1227. 2001.

JADHAV, S. Relative Toxicity of Certain Plant Extracts Against *Corcyra Cephalonica* Under Laboratory Conditions. **J. Appl. Biosci.**, v. 35, n.1, p. 89-90, June, 2009

KATRINA, G.A.; ANTONIO, L.O.J. Controle biológico de insectos mediante extractos botânicos. In: CARBALL, M.; GUAHARY, F. (Ed). **Control biológico de plantas agrícolas**. Managua: CATIE 53, p.137-160, 2004.

KOONA, P.; DORN, S. Extracts from *Tephrosia vogelii* for the protection of stored legume seeds against damage by three bruchid species. **Annals of Applied Biology**, v. 147, n. 1, p. 43-48, 2005.

KOONA, P.; DOROTHY, M.; KOONA, E. S. Hexane extracts from *Tephrosia vogelii* Hook. f. protect stored maize against the weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Entomological Science**, v. 10, n. 2, p. 107-111, 2007.

LAMBERT, N.; TROUSLOT, M.; NEF-CAMPA, C.; CHRESTIN, H. Production of rotenoids by heterotrophic and photomixotrophic cell cultures of *Tephrosia vogelii*. **Phytochemistry**, v. 34, n. 6, p. 1515-1520, 1993.

LINA, E. C.; DADANG; MANUWOTO, S.; SYAHBIRIN, G.; PRIJONO, D. Synergistic action of mixed extracts of *Br ucea javanica* (Simaroubaceae), *Piper aduncum* (Piperaceae), and *Tephrosia vogelii* (Leguminosae) against cabbage head caterpillar, *Crocidolomia pavonana*. *Journal of Biopesticides*, v. 6, n. 1, p. 77- 83, 2013.

LING, N. Rotenone – a review of its toxicity and use for fisheries management. Wellington: Departament of Conservation. **Science of Conservation**, n. 211. Disponível em: <<http://www.doc.govt.nz/upload/documents/science-and-technical/SFC211.pdf>>. Acesso em 20 de novembro 2013.

LINS-JR, J.C.; NASCIMENTO, M. de L.; MENEZES, A.M.S.de; RODRIGUES, Í.J.S.; LIMA, E.S. de A.; DIAS, T.K.R.; DIAS, P.C.; CARDOSO, U.P.; SÃO JOSÉ, A.R. Controle alternativo do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis*

(Coleoptera: Curculionidae). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.987-990, out. 2007.

MACEDO, L.P.M.; CUNHA, U.S. da; VENDRAMIM, J.D. Gossipol: fator de resistencia a insetos-praga. **Campo Digital**, Campo Mourão, v.2, n.1, p.34-42, 2007.

MEISNER, J.; ISHAAYA, I.; ASCHER, K. R. S.; ZURB, M. Gossypol inhibits protease and amylase activity of *Spodoptera littoralis* larvae. **Annals of the Entomological Society of America**, v.71, n.1, p.5-8, 1978.

McAUSLANE, H.J.; ALBORN, H.T. Systemic induction of allelochemicals in glanded and glandless isogenic cotton by *Spodoptera exigua* feeding. **Journal of Chemical Ecology**, v.24, n.2, 399-416, 1998.

MEISNER, J.; ISHAAYA, I.; ASCHER, K. R. S.; ZURB, M. Gossypol inhibits protease and amylase activity of *Spodoptera littoralis* larvae. **Annals of the Entomological Society of America**, v.71, n.1, p.5-8, 1978.

MONTANDON, R.; WILLIAMS, H. J.; STERLING, W. L.; STIPANOVIC, R.D.; VINSON, S. B. Comparison of the development of *Alabama argillacea* (Hübner) and *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) fed glanded and glandless cotton leaves. **Environmental Entomology**, v.15, p.128-131, 1986.

MUSHOBOZY, D. M. K.; NGANILEVANU, G.; RUHEZA, S.; SWELLA, G. B. Plant oils as common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed protectants against infestations by the Mexican bean weevil *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). **J. Plant Prot. Res.** v.49, n.1, p. 35-39, 2009.

OGENDO, J. O.; BELMAIN, S. R.; DENG, A. L.; WALKER, D. J. Comparison of toxic and repellent effects of *Lantana Camara* L. with *Tephrosia vogelii* Hook and a synthetic pesticide against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in stored maize grain. **Insect Science and Its Application**, v. 23, n. 2, p. 127-135, 2003.

OLIVEIRA, J.V. Controle de pragas de grãos armazenados com substâncias de origem vegetal, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., Salvador, 1997. **Resumos...** Salvador: SBE,, p.10, 1997.

PACHECO, I.A.; CASTRO, M.F.P.P.M. de; PAULA, D.C. de; LOURENÇÃO, A.L.; BOLONHEZI, S.; BARBIERI, M.K. Efficacy of soybean and castor oils in the control of *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal) in stored chick-peas (*Cicer arietinum* L.). **Journal of Stored Products Research** v.31, n.3, p.221-228, 1995.

PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. 359p.

PERRY, A.S., YAMAMOTO, I., ISHAAYA, I. AND PERRY, R.Y. Insecticides in agriculture and environment: Retrospects and Prospects, **Springer-Verlag**, Berlin. Hlm 1-251. 1998.

RAMOS-LOPEZ, M.A.; PÉREZ G.S.; RODRIGUEZ-HERNANDEZ, C.; GUEVARA-FEFER, P.; ZAVALA-SANCHEZ, M.A. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **African Journal of Biotechnology**, v.9, p.1359-1365, 2010.

REIS, P.R. Prejuízo certo. **Revista Cultivar**, Pelotas, abr., p. 10-13, 2002.

RONDELLI, V.M.; PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R.A.; MARQUES, E.J.; STURM, G.M.; TIBURCIO, M.O. Associação do óleo de mamona com *Beauveria bassiana* no controle da traça-das-crucíferas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.212-214, 2011.

ROTHER, D. C.; SOUZA, T. F.; MALASPINA, O.; BUENO, O. C.; SILVA, M. F.DAS G. F. DA; VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J. B. Suscetibilidade de operárias e larvas de abelhas sociais em relação à ricinina. **Iheringia**, Sér. Zool., Porto Alegre, v. 99 n.1, p. 61-65, 2009.

SALGADO, A.P.S.P.; SCHMIDT, P.A.; FRAGA, A.C.; CASTRO, D.P. de; SILVA, V.de F.; VILELA, F.J.; AGUIAR, P.M.; CASTRO-NETO, P. Rendimento de oleos fixos de sementes de algodao (*Gossypium hirsutum*) e sua caracterizacao quimica. **IV Congresso Brasileiro do Algodão**, Goiania, 2003. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/290.pdf> Acesso em: 14 jan 2016.

SHAVER, T.N.; LUKEFAHR, M.J. Effect of flavonoid pigments and gossypol on growth and development of the bollworm, tobacco budworm, and pink bollworm. **Journal of Economic Entomology**, v.62, n.3, p.643-646, 1969.

TORRES, A.; JÚNIOR, A.L.B.; MEDEIROS, C.A.M.; B ARROS, R. Efeito 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, 2006.

UPASANI, S. M.; KOTKAR, H. M.; MENDKI, P. S.; MAHESHWARI, V. L. Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids. **Pest Manage.** v. 59, p. 1349-1354. 2003.

VALLADARES, G.; DEFAGO, M.T.; PALACIOS, S. Laboratory evaluation of *Melia azedarach* (Meliaceae) extracts against the Elm Leaf Beetle (Coleoptera:Chrysomelidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 90, n. 3, p. 747-750, 1997.

WIESBROOK, M. L. Natural indeed: Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides?, **Illinois Pesticide Review**, v. 17, n. 3, 2004.

4 Artigo B: Comportamento de rotenoides isolados e em extrato bruto de sementes de *Tephrosia vogelii* expostos à radiação solar

4.1 RESUMO

Inseticidas derivados de plantas são cada vez mais utilizados por serem naturais e não causarem prejuízos ao homem e ao meio ambiente. Entre as plantas utilizadas como inseticidas encontra-se a *Tephrosia vogelii*, rica em rotenoides, os quais têm atividade inseticida e uso veterinário. Sabe-se que os rotenoides tem baixa persistência no ambiente e são instáveis à luz. Deste modo, este estudo avaliou o comportamento dos rotenoides tefrosina e deguelina, isolados e inseridos no extrato bruto de semente de *T. vogelii*, quando expostos a luz. As amostras com rotenoides isolados e extrato bruto foram submetidas à exposição à luz por diferentes tempos. Posteriormente, estas amostras foram submetidas à análise de espectrometria de massas, que foram realizadas em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas. Os rotenoides puros tephrosina e deguelina sofreram degradação constante quando expostos à luz. No extrato bruto das sementes de *T. vogelii* não ocorreu degradação de tephrosina, devido à presença de substâncias protetores presente no extrato.

Palavras – chave cromatografia, inseticidas botânicos, degradação, fotoprotetores

4.2 ABSTRACT

Insecticides derived from plants are increasingly being used by natural and do not cause harm to humans and the environment. Among the plants used as insecticides is *Tephrosia vogelii*, rich in rotenoids, which have insecticidal activity and veterinary use. It is known that rotenoids has low

persistence in the environment and are unstable to light. Thus, this study evaluated the behavior of tephrosin and deguelin rotenoids, isolated and inserted in the crude extract of *Tephrosia vogelii* seed, when exposed to light. Samples with rotenoids isolates and crude extract were subjected to exposure to light for different times. Subsequently, these samples were submitted to analysis of mass spectrometry, which were performed by gas chromatography coupled to mass spectrometry. Tephrosin and deguelin pure rotenoids suffered constant degradation when exposed to light. In the crude extract of *T. vogelii* seeds, the degradation of tephrosin did not occur, due to the presence of protective substances present in the extract.

Key words: chromatography, botanical insecticides, degradation, photoprotectors

4.3 INTRODUÇÃO

Recentemente, a discussão sobre os perigos do uso incorreto de inseticidas químicos sintéticos vem levando agricultores a reconsiderar o uso de produtos naturais para o controle de pragas. Produtos derivados de plantas são cada vez mais utilizados para combater pragas de culturas, porque eles são naturais e são, frequentemente, considerados seguros para o ambiente (KUMAR et al., 2000). Deste modo, pesquisas têm sido realizadas buscando esclarecer a bioatividade, métodos de aplicação, custo-benefício e utilização sustentável dos inseticidas botânicos (OGENDO et al, 2003; YALLAPPA et al, 2012).

Dentre estas plantas destacam-se as do gênero *Tephrosia*, pertencente à família Leguminosae, Papilionoideae (Fabaceae), e produz uma grande quantidade de metabólitos secundários, tais como alcalóides, aminoácidos não proteicos, aminas, fenilpropanóides, flavonóides,

isoflavonóides, antraquinonas, di-, sesqui- e tri-terpenos. Entre esses metabolitos secundários, podemos destacar a produção de rotenoides, os quais têm atividade inseticida e ictiotóxica, além de uso veterinário (DZENDA et al, 2008, McDAVID; LESSEPS, 1995, STEVEN et al, 2012).

Tephrosia vogelii, uma das principais plantas deste gênero, é nativa da África Ocidental, mas é encontrada na Índia, Ásia e outras regiões tropicais (DALZIEL, 1937; LAMBERT et al., 1993). É uma planta arbustiva usada como uma planta de pousio para melhorar a fertilidade do solo e para reduzir a erosão, especialmente em áreas mais elevadas. Além disso, esta planta é utilizada no controle de insetos, sendo uma fonte importante de rotenóides, principalmente rotenona, deguelina e tefrosina (KOONA et al, 2005).

É de conhecimento que os rotenoides têm baixa persistência no meio ambiente quando em substâncias puras, sendo de baixa toxicidade para os organismos não-alvo, incluindo seres humanos, portanto uma grande vantagem quando comparado aos inseticidas químicos sintéticos. Porém, tomando como exemplo a rotenona, quando exposta aos raios ultravioleta ou irradiação solar, a sua atividade inseticida diminui, devido à degradação (CHEN; XU; LIU, 2009), tendo seu uso limitado na agricultura, onde o inseticida deve persistir tempo suficiente para causar a morte do inseto.

Desde modo, este estudo avaliou o comportamento dos rotenoides tefrosina e deguelina, isolados e inseridos no extrato bruto de semente de *Tephrosia vogelii*, quando expostos a luz.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Obtenção do extrato

O extrato de sementes de *T. vogelii* foi obtido a partir de sementes secas e trituradas até a obtenção de um pó, o qual foi misturado com hexano-etanol (9:1) em aparelho de Soxhlet. Após a primeira etapa de extração, metanol foi adicionado ao Soxhlet como solvente extrator, para retirada de todo material possível das sementes. Finalizando o processo no Soxhlet, o produto resultante foi evaporado para retirar o solvente, fornecendo apenas o extrato bruto. Este extrato foi incorporado a 30 g de sílica gel para formar a pastilha de aplicação. Em um funil de separação foram adicionadas 15 g de sílica em hexano 100% para que esta funcionasse como um pré-filtro do material na pastilha. Seguiu-se a eluição exaustiva em hexano 100%, que retirou todo o material oleoso da semente. A fração hexânica foi evaporada e reservada.

4.4.2 Testes de degradação – exposição à luz

Para a preparação dos rotenoides puros, pesou-se 25 mg de cada rotenoide puro (tefrosina e deguelina) e então estes foram solubilizados em 15 mL de diclorometano (CH_2Cl_2). A solução foi dividida em cinco frascos de vidro, previamente pesados em balança analítica (precisão de 0,0001 g) e em cada frasco foi colocado 3 mL da solução.

Para a preparação do extrato bruto, pesou-se 500 mg do extrato bruto de sementes de *T. vogelii* e então este foi solubilizado e processado seguindo a metodologia utilizada para os rotenoides puros.

As amostras foram armazenadas ao abrigo da luz para que ocorresse a evaporação do solvente. Após a evaporação foram novamente pesadas, determinando assim, com exatidão, a quantidade de rotenoide presente em cada amostra.

Estas amostras foram submetidas à radiação solar e temperatura ambiente por 0, 12, 24, 36 e 48 h. Após a exposição, as amostras foram solubilizadas em 1 mL de diclorometano para serem injetadas no cromatógrafo.

As análises de espectrometria de massas foram realizadas em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas Shimadzu® CG-EM – QP 2010 Plus equipado com coluna capilar Rtx-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). Injetor em modo split a 300 °C, interface e fonte de íons a 300 °C. A janela de massas analisada foi entre m/z 40 e m/z 410, utilizando He como gás de arraste 1,2 mL/min. Rampa de injeção para análise com temperatura do injetor em 300° C, pressão da coluna de 72,6 Kpa, iniciando-se com temperatura de 60° C por 4 minutos elevando-se para 300 °C a uma razão de 10 °C.min⁻¹, mantido por 5 minutos.

4.5 RESULTADOS

A degradação dos rotenoides puros, tefrosina (Figura 1) e deguelina (Figura 2), pode ser observada nos diferentes tempos de exposição à luz na. Nas Figuras 1 e 2 são apresentados a comparação entre a massa (%) de rotenoide remanescente na amostra e porcentagem de degradação. Observa-se ainda, na Figura 3, a curva de concentração dos rotenoides com o passar das horas.

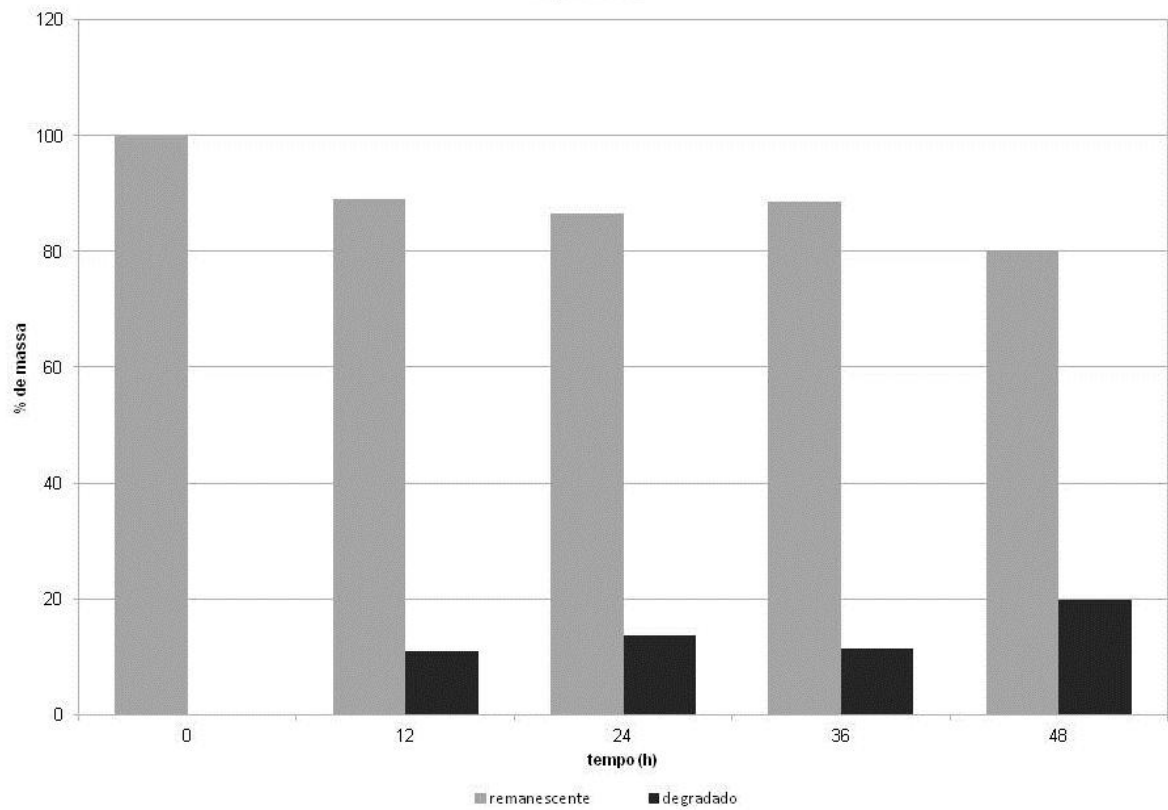


Figura 1. Degradação da tefrosina em diferentes tempos de exposição à luz.

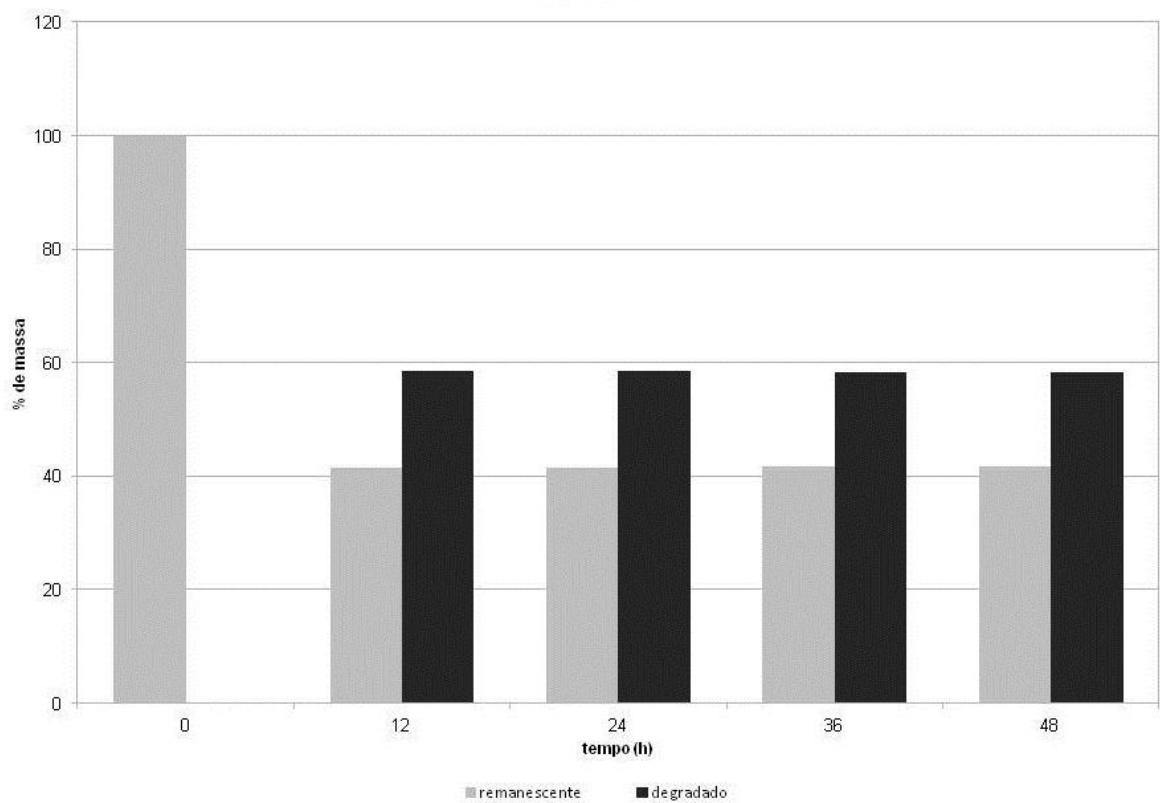


Figura 2. Degradação de deguelina nos diferentes tempos de exposição à luz.

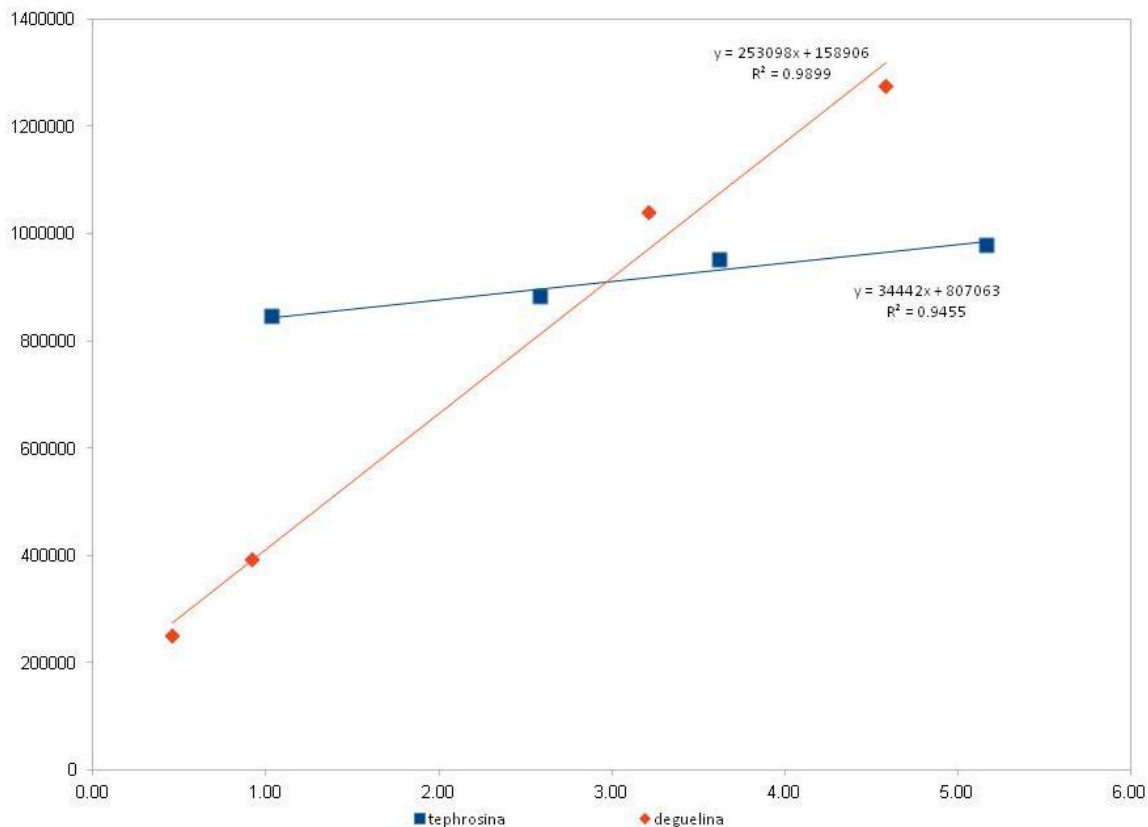


Figura 3. Curva de concentração dos rotenoides Tephrosina e Deguelina nos diferentes tempos de exposição à luz.

Nas análises do extrato bruto das sementes de *T. vogelii*, os resultados obtidos diferiram dos resultados encontrados nas substâncias puras. No extrato, houve pouca degradação da tefrosina (Figura 4), sendo que a deguelina presente no extrato apresentou um pequeno pico no cromatograma, o que mostra que houve degradação da mesma com o passar do tempo (Figura 5).

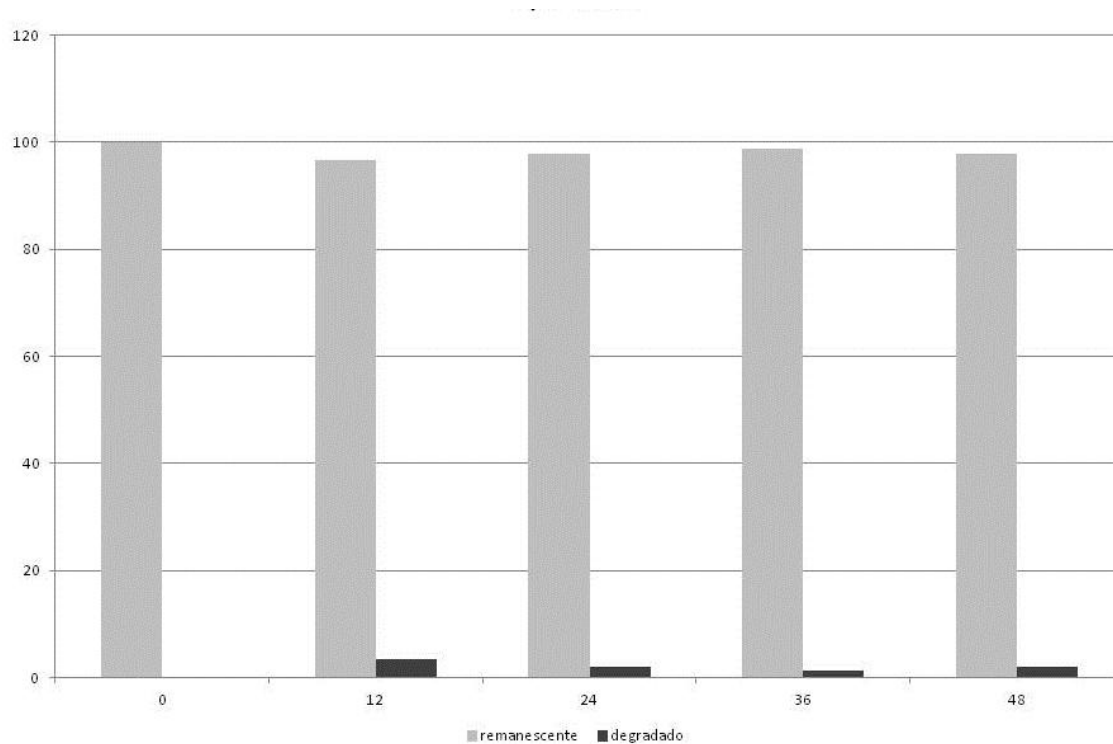


Figura 4. Degradação de tefrosina no extrato bruto de sementes de *Tephrosia vogelii* após os diferentes tempos de exposição à luz.

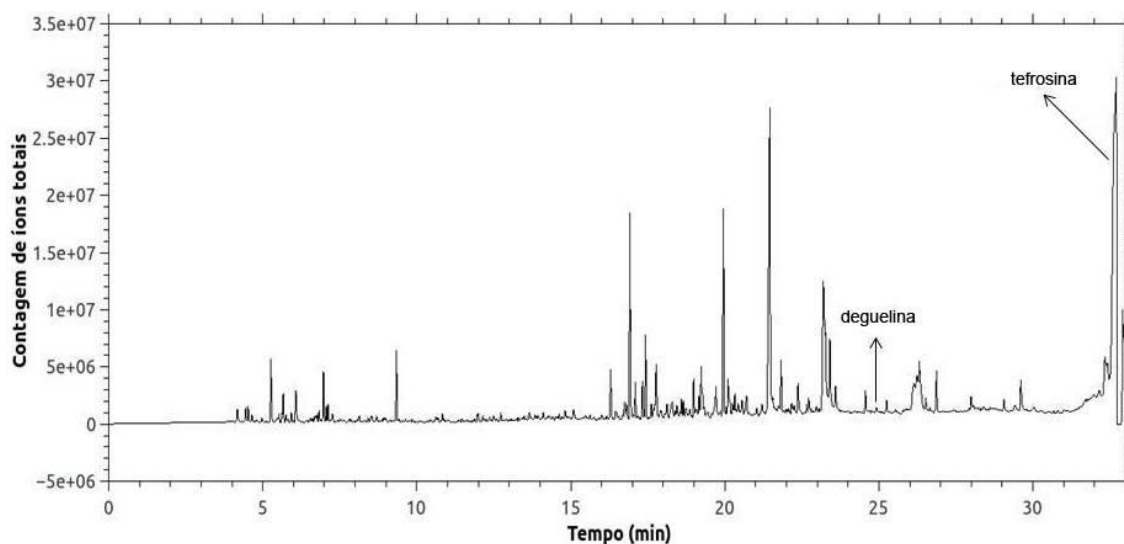


Figura 5. Cromatograma do extrato bruto de sementes de *Tephrosia vogelii*, indicando os picos de deguelina e tefrosina, após a exposição à luz.

4.6 DISCUSSÃO

Os rotenoides são instáveis à luz, ar e calor e, desse modo, não são persistente no ambiente e se degrada rapidamente em condições naturais (LING, 2013). Estes dados são corroborados com os resultados obtidos na análise de degradação dos rotenoides puros, onde foi observado a gradativa redução dos teores, com o passar das horas de radiação solar. Porém, é importante ressaltar que a degradação da deguelina foi maior do que o do rotenoide tephrosina, no mesmo intervalo de tempo.

A degradação de rotenoides, como rotenona e deguelina em raízes secas e trituradas de *Deguelia rufescens*, foi relatado por Albuquerque et al. (2011), onde após 72 horas ocorreu a redução na concentração, sendo 16% para rotenona e 29% para deguelina e, em 96 horas, a degradação foi de 26 e 43%, respectivamente. O comportamento da deguelina é muito semelhante ao da rotenona (NTALLI; MENKISSOGLU-SPIROUD, 2011). A degradação do rotenoide deguelina é mais rápido que de outros rotenoides, neste trabalho a avaliação da estabilidade da deguelina não foi possível devido a sua baixa concentração no extrato (Figura 5).

A estabilização de rotenoides vem sendo estuda, visando aumentar o tempo de vida desta substância no campo. Para este fim, diversas substâncias tem sido utilizadas, em sua maioria conservantes alimentícios ou da indústria cosmética, como a vitamina E ou óleo de buriti, utilizados comumente em protetores solar. Em estudo realizado visando a redução da degradação da rotenona, diferentes substâncias fotoprotetoras, como vitamina C e antioxidantes, foram adicionadas a solução contendo o rotenoide, sendo que algumas dessas substâncias tiveram efeito de protetor, proporcionando proteção de até 70% para a biomolécula (CHEN; XU; LIU, 2009).

A análise do comportamento dos rotenoides no extrato bruto das sementes de *T. vogelii* mostrou um comportamento diferente do encontrado na literatura, sendo que a tefrosina não apresentou degradação após a exposição à luz, ou seja, a composição do extrato das sementes é quimicamente diferente da composição dos extratos de raízes e folhas, sendo

que, nas sementes a principal diferença quanto ao restante da planta é o alto teor de triglicerídeos.

Como o extrato das sementes é rico em triglicerídeos, há a possibilidade destes compostos exercerem a ação protetora dos rotenoides, por isso a degradação de tephrosina no extrato bruto foi reduzida. Assim, a utilização do extrato das sementes é mais vantajosa, pois apresenta maior estabilidade devido a sua composição química natural e, os rotenoides, geralmente, são extraídos das raízes de plantas do gênero *Derris* sp. ou *Tephrosia* sp., sendo as raízes secas e posteriormente passando por extração com solventes. Outro fator relevante é que, para a obtenção destes extratos da raiz, a planta precisa ser destruída, e na utilização do extrato de sementes não.

Outros estudos estão sendo realizados para comprovação da atividade protetora que os componentes naturais do extrato das sementes apresentam sobre os rotenoides, sendo que, se comprovado está ação, a utilização do extrato de sementes de *T. vogelii* em campo passa a ser uma alternativa no controle de insetos.

4.7 CONCLUSÃO

Os rotenoides puros, tefrosina e deguelina, são fotodegradados, apresentando diminuição da concentração com o passar das horas.

No extrato bruto das sementes de *T. vogelii* foi observada grande resistência à fotodegradação induzida para a tefrosina, permitindo assim a suposição da presença de substâncias fotoprotetoras no extrato bruto.

A utilização de rotenoides presentes nas sementes de *T. vogelii* apresentou vantagens não apenas pela estabilidade observada como pela disponibilidade de material vegetal abundante e sem comprometer a integridade da planta.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. C. G.; MONTEIRO, S. C. R.; SANTOS, A. C. M.; COSTA, D. R. M da.; SILVA, M. N.; ARRUDA, M. S. P.; ARRUDA, A. C. Estudo da fotodegradação de Rotenóides nas raízes de *Deguelia rufescens* var. urucu. **Sociedade Brasileira de Química**, 2011.

CHEN, X. J.; XU, H. H.; YANG, W.; LIU, S. Z. Research on the effect of photoprotectants on photostabilization of rotenone. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology** v. 95, p. 93–100, 2009.

DALZIEL J. M. The useful plants of West Tropical Africa. **The Crown Agents for the Colonies**, London. p. 52-560, 1937.

DZENDA, T.; AYO, J.O.; ADELAIYE, A.B.; ADAUDI, A.O. Ethnomedical and veterinary uses of *Tephrosia vogelii* Hook F (Fabaceae): a review. **Australian Journal of Medical Herbalism**, v. 2, n. 20, p. 71-80, 2008.

KOONA, P.; DORN, S. Extracts from *Tephrosia vogelii* for the protection of stored legume seeds against damage by three bruchid species. **Annals of Applied Biology**, v. 147, n. 1, p. 43-48, 2005.

KUMAR, A.; DUNKEL, F. V.; BROUGHTON, M. J.; SRIHARAN, S. The effect of root extract Of Mexican marigold, *Tagetes minuta* (Asterales: Asteraceae) on Non target aquatic Macro invertebrates. **Environmental Entomology** n. 29, v. 2, p. 140-149, 2000.

LAMBERT, N.; TROUSLOT, M.; NEF-CAMPA, C.; CHRESTIN, H. Production of rotenoids by heterotrophic and photomixotrophic cell cultures of *Tephrosia vogelii*. **Phytochemistry**, v. 34, n. 6, p. 1515-1520, 1993.

LING, N. Rotenone – a review of its toxicity and use for fisheries management. Wellington: Departament of Conservation. **Science of Conservation**, n. 211. Disponível em: <<http://www.doc.govt.nz/upload/documents/science-and-technical/SFC211.pdf>>. Acesso em 20 de janiero 2016.

MCDAVID, A.; LESSEPS, R.S.J. Effects of *Tephrosia vogelii* leaf extracts on several crop pests. Natural Plants Products as Pesticides. First National Symposium in Zambia. 2nd-5th. 1994. **Proceedings...** Lutsaka. 1995.

NTALLI, N. G.; MENKISSOGLU-SPIROUDI, U. Pesticides of Botanical Origin: A Promising Tool in Plant Protection. In: **Pesticides - Formulations, Effects, Fate**, Margarita Stoytcheva, InTech, 2011, 808p.

OGENDO, J. O.; BELMAIN, S. R.; DENG, A. L.; WALKER, D. J. Comparison of toxic and repellent effects of *Lantana camara* L. With *Tephrosia vogelii* Hook on a synthetic pesticide against *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera:

Curculionidae) in stored maize grain. **Insect Science Applied**, v. 23, n. 2, p. 127-135, 2003.

RANGEL, B. S. **Plantas inseticidas do Brasil**. Boletim do Ministério da Agricultura, 35, 1946, 34 p.

STEVEN R. B.; BARBARA A. A.; SEPHEN P. N.; JOHN F. K.; PHILIP C. S. Highly variable insect control efficacy of *Tephrosia vogelli*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 10055-10063, 2012.

YALLAPA, R.; NANDAGOPAL, B.; THIMMAPPA, S. Botanicals as Grain Protectants. **A Journal of Entomology**. p. 2012:2012, 2012.

5 CONCLUSÃO GERAL

A utilização do extrato oleoso de *T. vogelii* e dos óleos de *R. communis* e *G. hirsutum* ocasionou efeito inseticida sobre *H. hampei*,

Os rotenoides isolados (tefrosina e deguelina) são degradados quando expostos à luz, no entanto a tefrosina presente no extrato bruto das sementes de *T. vogelii* não sofreu degradação devido a composição química do extrato.

A utilização das sementes de *T. vogelii* como inseticida é promissora, devido a estabilidade do extrato e não destruição da planta para sua retirada.