

TOXICIDADE DO ÓLEO DE MAMONA À BROCA-DO-CAFÉ [*Hypothenemus hampei* (FERRARI) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE)]

Flávio Neves Celestino¹, Dirceu Pratissoli², Lorena Contarini Machado³, Adilson Vidal Costa⁴, Hugo José Gonçalves dos Santos Junior⁵, Fernando Domingo Zinger⁶

(Recebido: 01 de setembro 2014; aceito: 09 de dezembro de 2014)

RESUMO: O óleo extraído da semente da mamoneira tem demonstrado ser muito promissor ao controle de insetos-praga. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a eficiência do óleo de duas cultivares de mamona, sob duas formas de aplicação e em sete concentrações para o controle de *Hypothenemus hampei* (Ferrari). O óleo obtido das cultivares de mamona, IAC 80 e Paraguaçu, foram utilizadas nas concentrações de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% (v/v) e o controle (0,0%), em aplicação direta e indireta sobre a broca-do-café. As cultivares de mamona não apresentaram diferença significativa quanto à mortalidade de *H. hampei*. A aplicação direta do óleo de mamona sobre a broca-do-café provocou maior mortalidade que a aplicação indireta, exceto para a concentração de 0,5% (v/v). O óleo de mamona na concentração de 3,0% (v/v) causou 34,21 e 63,20% de mortalidade para as aplicações indireta e direta, respectivamente. A mortalidade provocada pela aplicação indireta e direta sobre a broca-do-café aumentou em função do aumento da concentração do óleo de mamona. A aplicação direta do óleo de mamona sobre a broca-do-café apresentou CL₅₀ de 2,05% (v/v).

Termos para indexação: *Coffea* spp., inseticida botânico, *Ricinus communis*, cultivares de mamona, formas de aplicação.

TOXICITY OF CASTOR OIL TO COFFEE BERRY BORER [*Hypothenemus hampei* (FERRARI) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE)]

ABSTRACT: The oil extracted from the seed of the castor bean has shown to be very promising in the control various pests. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the two cultivars of castor beneath two forms of application and in seven concentrations for the control of *Hypothenemus hampei* (Ferrari). The oil obtained from the castor bean cultivars, IAC 80 and Paraguaçu, in the concentrations of 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 and 3.0% (v/v) and control (0.0%), in direct and indirect application on the coffee berry borer were used. The cultivars of castor no significant difference in mortality of *H. hampei*. The direct application of castor oil on the coffee berry borer caused higher mortality than indirect application, except for the concentration of 0.5% (v/v). Castor oil concentration of 3.0% (v/v) showed 34.21 and 63.20% mortality for indirect and direct application, respectively. Mortality caused by indirect and direct application on the coffee berry borer increases with increasing concentration of castor oil. The way of applying direct from castor oil on the coffee berry borer showed LC₅₀ of 2.05% (v/v).

Index terms: *Coffea* spp., Botanical insecticide, *Ricinus communis*, Cultivars of castor, Forms of application.

1 INTRODUÇÃO

Os danos causados pela broca-do-café [*Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)] vem sendo um dos principais obstáculos à cafeicultura mundial (MESSING, 2012). Devido aos danos quantitativos (perda de peso) e qualitativos (contaminação por microrganismos) provocados por essa praga, os prejuízos econômicos à cultura chegam a afetar a economia de mais de 25 milhões de pequenos agricultores no mundo (FAIRTRADE FOUNDATION, 2012).

Atualmente o número de ingredientes ativos disponíveis no mercado para o controle da broca-do-café é pequeno. O endossulfan, o principal

ingrediente ativo utilizado pelos agricultores para o controle de *H. hampei*, foi retirado do mercado em 2013 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2010). Desde então as empresas tem corrido contra o tempo para disponibilizar no mercado novos ingredientes ativos, nesse contexto, alternativas de controle são uma necessidade imediata. A utilização de derivados de plantas tais como extratos e óleos, pode ser uma alternativa para o manejo de *H. hampei*, visto que, estes são biodegradáveis e têm poucos efeitos sobre organismos não-alvo (DAYAN; CANTRELL; DUKE, 2009; ZORZETTI et al., 2012). Vários óleos vegetais, como os de amendoim (*Arachis hypogaea*), mamona (*Ricinus communis* L.),

¹Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/INCAPER - Centro Regional Desenvolvimento Rural Centro Norte - Cx. P. 62 29.915-140 Linhares - ES - fncelestino@yahoo.com.br

^{2,3,5}Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Departamento de Produção Vegetal/DPV - Cx. P. 16 - 29.500-000 - Alegre - ES dirceu.pratissoli@gmail.com, lorenarini@hotmail.com, hugo.goncalves@ufes.br

⁴Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Departamento de Química e Física/DQF - Cx. P. 16 - 29.500-000 - Alegre - ES avcosta@hotmail.com

⁶Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina/IFSC - Rua Heitor Villa-Lobos, 222 - São Francisco 88.506-400 - Lages - SC - zingerfernando@yahoo.com.br

algodão (*Gossypium* spp.), soja [*Glycine max* (L.) Merrill], nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) e milho (*Zea mays* L.), entre outros, foram utilizados com sucesso no manejo de pragas (DEPIERI; MARTINEZ, 2010; SINGH; KHARE; SINGH, 2012).

O óleo extraído da semente da mamoneira tem se mostrado muito promissor ao controle de pragas. Em *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) o óleo de mamona a 3% (v/v) provocou uma mortalidade de 44,0% das larvas (BESTETE et al., 2011). Para *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) o óleo de mamona a 2% (v/v) causou uma mortalidade de 44,4% das larvas (RONDELLI et al., 2011). O óleo de mamona também foi eficiente no controle de pragas de grãos armazenados, como *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) e *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) (MUSHOBOZY et al., 2009; RATNASEKERA; RAJAPAKSE, 2009). Com relação ao controle da broca-do-café, o extrato aquoso de folha verde de mamona reduziu o número de indivíduos por amostras analisadas (PÉREZ et al., 2012). No entanto, não há relatos quando se trata da utilização do óleo de mamona para o controle de *H. hampei*.

Apesar da reconhecida toxicidade de alguns derivados de plantas a insetos, estas podem apresentar variações na composição, decorrentes de fatores ambientais e genéticos (FRANKS; WHEELER; GOODNIGHT, 2012; MOORE et al., 2014). Diferença genéticas a nível de grupo, espécies e até mesmo dentro da própria espécie podem interferir na quantidade dos metabólitos secundários, e consequentemente, na ação inseticida (MIRESMAILLI; ISMAN, 2014; TAIZ; ZEIGER, 2013). Além da quantidade de compostos, a forma de aplicação é outro fator que pode interferir na mortalidade da broca-do-café, pois esta praga passa a maior parte do ciclo de vida dentro do grão de café, sendo atingida diretamente pela pulverização somente no período de trânsito, que ocorre normalmente de setembro a dezembro (DAMON, 2000; VEGA et al., 2009). Assim, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a eficiência do óleo de duas cultivares de mamona, sob duas formas de aplicação e em sete concentrações para o controle de *H. hampei*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no setor de Entomologia do Núcleo de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário (NUDEMAFI), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), em Alegre – ES, em câmara climatizada a 25 ± 1 °C, umidade relativa (UR) de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

2.1 Coleta da espécie vegetal e extração do óleo

Sementes da cultivar IAC 80 de *R. communis* foram coletadas no município de Muqui (latitude: $-20^{\circ} 57' 06''$ e longitude: $-41^{\circ} 20' 45''$), Espírito Santo, Brasil. As sementes da cultivar Paraguaçu foram coletadas no município de Irecê (latitude: $11^{\circ} 18' 15''$ e longitude: $41^{\circ} 51' 21''$), Bahia, Brasil. As sementes foram lavadas em água corrente e secas em estufa, a 70 °C, durante 24 horas. O óleo das sementes foi extraído por meio de prensagem a frio e armazenado em recipiente recoberto com papel alumínio e hermeticamente fechado.

2.2 Multiplicação e manutenção de *H. hampei*

A multiplicação e a manutenção da broca-do-café foram realizadas em sala climatizada à temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa (UR) de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12h de acordo com Dalvi e Pratisoli (2012).

Frutos de café (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) brocados foram coletados a campo no município de Alegre, Espírito Santo, Brasil (latitude: $-20^{\circ} 45' 49''$ e longitude: $-41^{\circ} 31' 59''$). Posteriormente, os frutos foram lavados com solução de hipoclorito de sódio a 5% (v/v), utilizando água como solvente, para evitar a proliferação de contaminantes. Em seguida, foram enxaguados em água corrente e expostos em ambiente ventilado, sem exposição direta à luz solar, por 24 horas. Os frutos brocados foram acondicionados em caixas plásticas (15x30x5 cm), com tampa. Para possibilitar as trocas gasosas, nas tampas foram feitas aberturas vedadas com tecido “voal”. Em cada caixa foram acondicionados no máximo 300 frutos, ocupando apenas uma lateral da caixa, ficando a outra lateral livre para que as brocas recém-emergidas, ao deixarem os grãos, se deslocassem para a extremidade livre para coleta. A coleta dos insetos foi feita com succionador de insetos pequenos, adaptado a uma bomba-de-vácuo.

Para a continuação da multiplicação, os insetos coletados foram colocados em contato com grãos sadios de café em pergaminho, na proporção de uma broca por grão, em recipientes plásticos do tipo gerbox quadrado (10 x 10 x 4 cm), com tampa. Estes recipientes continham 200 grãos de

café, da espécie *Coffea arabica* L., previamente lavado com hipoclorito de sódio a 5% (v/v) por 1 minuto e enxaguados em água corrente. Os recipientes foram tampados com tecidos pretos para proporcionar condições adequadas para reprodução. Periodicamente, foi borrifada água destilada para a manutenção da umidade dos grãos.

2.3 Toxicidade do Óleo de Duas Cultivares de Mamona à Broca-do-Café

Para a execução dos experimentos foram utilizados os óleos de mamona obtidos de sementes das cultivares IAC 80 e Paraguaçu. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 2 x 7 (cultivar de mamona x concentração do óleo de mamona). As unidades experimentais foram constituídas por um gerbox (6 cm de diâmetro x 2 cm de altura), forrado com papel filtro e contendo 15 insetos adultos recém-emergidos, sendo cada tratamento constituído por 5 repetições.

Neste bioensaio, os óleos de mamona foram testados nas concentrações de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% (v/v) e para a preparação das emulsões lhe foi adicionado espalhante adesivo Tween® 80 PS a 0,05% (v/v). Para o controle (0,0% v/v) usou-se água deionizada mais Tween® 80 PS a 0,05% (v/v). A pulverização da emulsão sobre as fêmeas da broca-do-café foi realizada com auxílio de Torre de Potter à pressão de 15 libras/pol², aplicando-se um volume de 5,5 mL por repetição. Nessas condições de aplicação, foi depositado um volume médio de 1,78 mg/cm², variando de 1,43 a 2,08 mg/cm², estando de acordo com o recomendado pela IOBC/WPRS (“International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section”), que é um depósito de 1,5 a 2,0 mg/cm² para superfícies de vidro ou folha (OVERMEER; ZON, 1982). Após a pulverização foi oferecido como alimento 0,15 gramas de café moído/gerbox.

2.4 Efeito da Forma de Aplicação do Óleo de Mamona na Mortalidade da Broca-do-Café

Nesse experimento foi utilizada a cultivar de mamona IAC 80, devido à facilidade de obtenção e ao resultado do experimento descrito no item 2.3. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado no esquema fatorial 2 x 7 (forma de aplicação x concentração do óleo de mamona), sendo cada tratamento constituído de oito repetições. Foram avaliadas as formas de aplicação indireta e direta, e as concentrações do

óleo de mamona utilizadas foram 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% (v/v) e o controle (0,0%). As preparações das emulsões do óleo de mamona e as unidades experimentais foram conforme descritas no item 2.3.

Para a aplicação indireta, em cada gerbox foi adicionado 0,15 gramas de café moído, sendo este pulverizado com 5,5 mL da emulsão do óleo por torre de Potter, conforme descrito no item 2.3. Após a pulverização e antes da secagem da calda, inocularam-se os insetos adultos. Para a aplicação direta, também foi pulverizado com 5,5 mL da emulsão do óleo por torre de Potter sobre os insetos adultos e, posteriormente, lhes foi oferecido 0,15 gramas de café moído/gerbox.

2.5 Análises dos Dados

A avaliação da mortalidade foi realizada no sétimo dia, sendo esta corrigida de acordo com a fórmula de Abbott (1925), descrita a seguir:

$$Mc(\%) = ((\%Mo - \%Mt) * 100) / (100 - \%Mt), \text{ onde:}$$

Mc = Mortalidade corrigida; Mo = Mortalidade observada; Mt = Mortalidade na testemunha.

Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Para verificar o efeito da concentração do óleo de mamona sobre a mortalidade da broca-do-café, os dados foram submetidos à análise de regressão, ao nível de 5% significância. Também foi estimada a concentração letal média (CL₅₀) para a aplicação direta e os dados de mortalidade foram analisados por meio de regressão de Probit, utilizando-se o programa POLO-PC, com intervalo de confiança de 95% (LEORA SOFTWARE, 1987).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Toxicidade do Óleo de Duas Cultivares de Mamona à Broca-do-Café

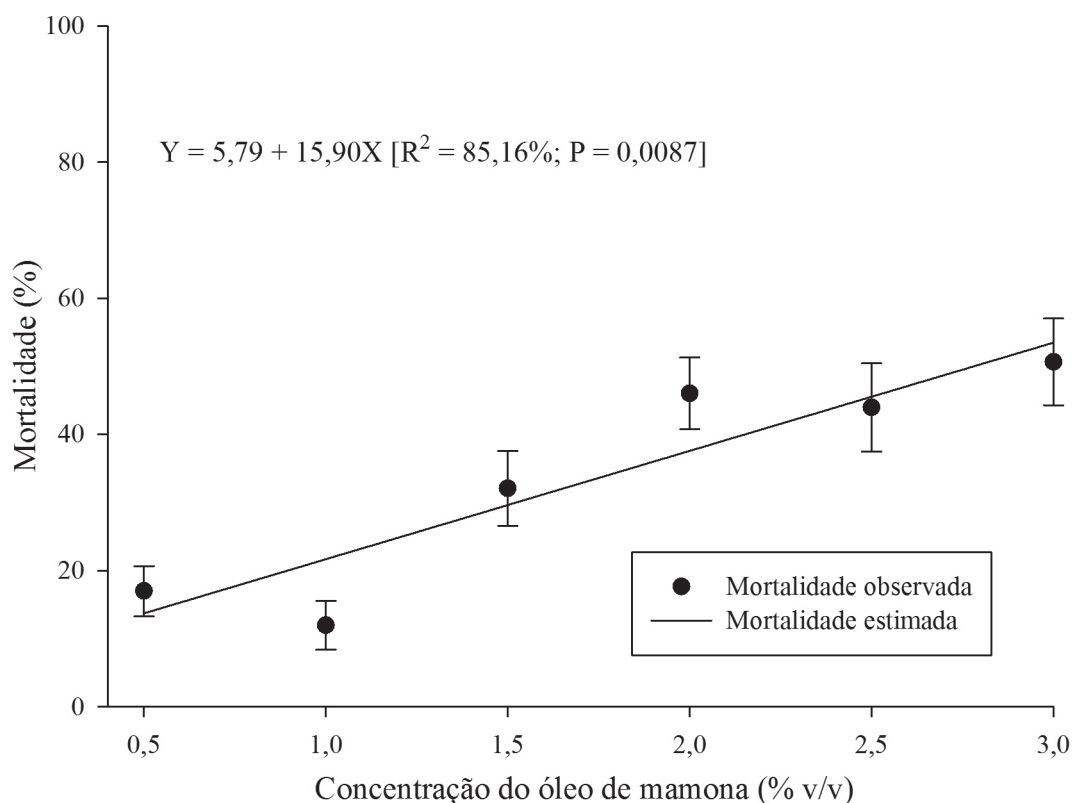
Neste bioensaio não houve interação entre os fatores cultivar de mamona e concentração do óleo sobre a mortalidade de *H. hampei* (F_{5,59} = 1,55; P = 0,1929) (Tabela 1, Figura 1).

Não houve diferença significativa entre as cultivares de mamona IAC 80 e Paraguaçu, quanto à eficiência na mortalidade da broca-do-café (Tabela 1). Para a cultivar IAC 80, a mortalidade de *H. hampei* variou entre 12,69 e 57,29%, em função da concentração do óleo, enquanto que, para a cultivar Paraguaçu a mortalidade variou entre 11,25 e 52,96% (Tabela 1).

TABELA 1 - Mortalidade média corrigida de *Hypothenemus hampei* causada pelos óleos das sementes de duas cultivares de mamona em diferentes concentrações (a 25 ± 1 °C, UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h).

Concentração do óleo de mamona (% v/v)	Taxa de mortalidade (%)	
	cv. IAC 80	cv. Paraguaçu
0,5	18,98 ± 4,49	15,04 ± 6,24
1,0	12,69 ± 6,07	11,25 ± 4,66
1,5	43,89 ± 6,00	20,24 ± 5,53
2,0	39,09 ± 9,07	52,96 ± 4,30
2,5	38,19 ± 4,44	49,73 ± 12,37
3,0	57,29 ± 10,77	44,03 ± 6,66
Média	35,02 ± 3,87 A ^{1,2}	32,21 ± 4,14 A
CV (%) = 35,44		

¹Médias (± EP) seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade; ²Dados transformados em arco seno $\sqrt{(x/100)}$.

**FIGURA 1** - Toxicidade do óleo de mamona à broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), em função de diferentes concentrações (a 25 ± 1 °C, UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h).

Independentemente da cultivar de mamona, a toxicidade do óleo ajustou-se ao modelo linear, havendo aumento da mortalidade da broca-do-café, em função do aumento da concentração do óleo ($R^2 = 85,16\%$; $P = 0,0087$) (Figura 1).

O fato de o óleo de mamona de ambas as cultivares terem o mesmo efeito sobre a mortalidade da broca-do-café amplia a possibilidade de utilização dos óleos dessa origem no manejo da praga. Além disso, as sementes de mamona apresentam elevado teor de óleo mais de 480 g kg^{-1} (SEVERINO et al., 2012). Este óleo é constituído por ácidos graxos como palmítico (1,2%), esteárico (0,7%), oleico (3,2%), linoleico (3,4%), linolênico (0,2%), sendo o ricinoleico o principal deles (89,4%) (JENA; GUPTA, 2012). É provável que estes constituintes estejam envolvidos na mortalidade da broca do-café, contudo, são necessários estudos que comprovem esta hipótese. Além dos constituintes químicos, os físicos podem, provavelmente, estarem envolvidos na mortalidade da broca-do-café. O óleo de mamona apresenta alta viscosidade ($194,3 \text{ mPa s}^{-1}$ a 40°C) (COSTA et al., 2008) e isto pode ter contribuído para um maior recobrimento do espiráculos, causando a morte da broca-do-café por asfixia. Esta asfixia, devido ao bloqueio dos espiráculos, tem sido relatado por alguns pesquisadores como o principal modo de ação de óleos minerais e, em alguns casos, de óleos vegetais sobre insetos (BUTELER; STADLER, 2011; EGWURUBE; MAGAJI; LAWAL, 2010; HALL; HARMAN, 1991; LAW-OGBOMO; EGHAREVBA, 2006; STADLER; BUTELER, 2009).

A variação da toxicidade de óleos vegetais a insetos, em nível de cultivar, é pouco estudada. No entanto, a comparação da toxicidade entre espécies tem sido feita para plantas inseticidas dos gêneros *Artemisia* e *Tagetes* (Asteraceae), *Zanthoxylum* (Rutaceae), *Eucalyptus* (Myrtaceae) e *Cymbopogon* (Poaceae) (LIU; CHU; LIU, 2010; LÓPEZ et al., 2011; NONVIHO et al., 2010; PRIETO et al., 2011; SLIMANE et al., 2014).

3.2 Efeito da Forma de Aplicação do Óleo de Mamona na Mortalidade da Broca-do-Café

Os resultados obtidos neste bioensaio apresentaram interação, em função da forma de aplicação e da concentração do óleo da semente da cultivar IAC 80 de mamona sobre a mortalidade da broca-do-café ($F_{5,95} = 5,75$; $P < 0,0001$) (Figura 2).

A aplicação direta do óleo de mamona sobre as fêmeas da broca-do-café causou maior

mortalidade do que a aplicação indireta em todas as concentrações do óleo, estudadas, exceto para a concentração de 0,5% (v/v) em que não houve diferença entre as formas de aplicação (Figura 2). No entanto, cabe ressaltar que o efeito da aplicação indireta do óleo (resíduos presentes na superfície e no alimento) a 3,0% (v/v) sobre a broca-do-café provocou 34,21% de mortalidade (Figura 2). Tal fato é importante uma vez que este inseto apresenta hábito críptico, passando a maior parte do ciclo de vida dentro dos grãos de café, o que dificulta o manejo desta praga (VEGA et al., 2009).

Quando o óleo de mamona foi aplicado diretamente sobre a broca-do-café houve aumento na mortalidade, onde a concentração de 3,0% (v/v) apresentou 63,20% de mortalidade, sendo que acima de 2,0% (v/v) do óleo de mamona já se observou mortalidade superior a 50,0% (Figura 2). Ação por contato e por ingestão foi verificada em larvas de terceiro instar de *P. xylostella* pulverizadas com emulsão de óleo de mamona a 10% (v/v), causando forte efeito larvicida, com 100% de mortalidade (TOUNOU et al., 2011).

Outros derivados de plantas inseticidas também afetaram a mortalidade da broca-do-café (DEPIERI; MARTINEZ, 2010; ZORZETTI et al., 2012). O óleo de nim, de forma oposta aos resultados obtidos no presente trabalho (Figura 2), quando pulverizado a 1,0% (v/v) sobre os frutos de café e posteriormente oferecido à broca, apresentou 58,0% de mortalidade, entretanto, quando pulverizado diretamente sobre as fêmeas da broca-do-café a mortalidade foi significativamente menor, 41,7% (DEPIERI; MARTINEZ, 2010). No entanto, no caso da aplicação do extrato etanólico e aquoso de sementes de *Moringa oleifera* Lam. (*Moringa*) sobre folhas de café e posterior inoculação da broca-do-café antes da secagem da calda, observaram-se mortalidades de 62,0 e 56,0%, respectivamente (ZORZETTI et al., 2012).

A mortalidade provocada pela aplicação indireta e direta sobre a broca-do-café em função das concentrações de óleo de mamona, ajustou-se ao modelo linear ($R^2 = 94,07\%$ e $P = 0,0013$; $R^2 = 94,68\%$ e $P = 0,0011$, respectivamente), ou seja, a mortalidade aumenta em função do aumento da concentração do óleo de mamona (Figura 2). Verificou-se também que o aumento da mortalidade, em função das concentrações de óleo de mamona é mais acentuado, quando aplicado diretamente sobre as fêmeas da broca-do-café, apresentando coeficiente angular de 24,47 (Figura 2).

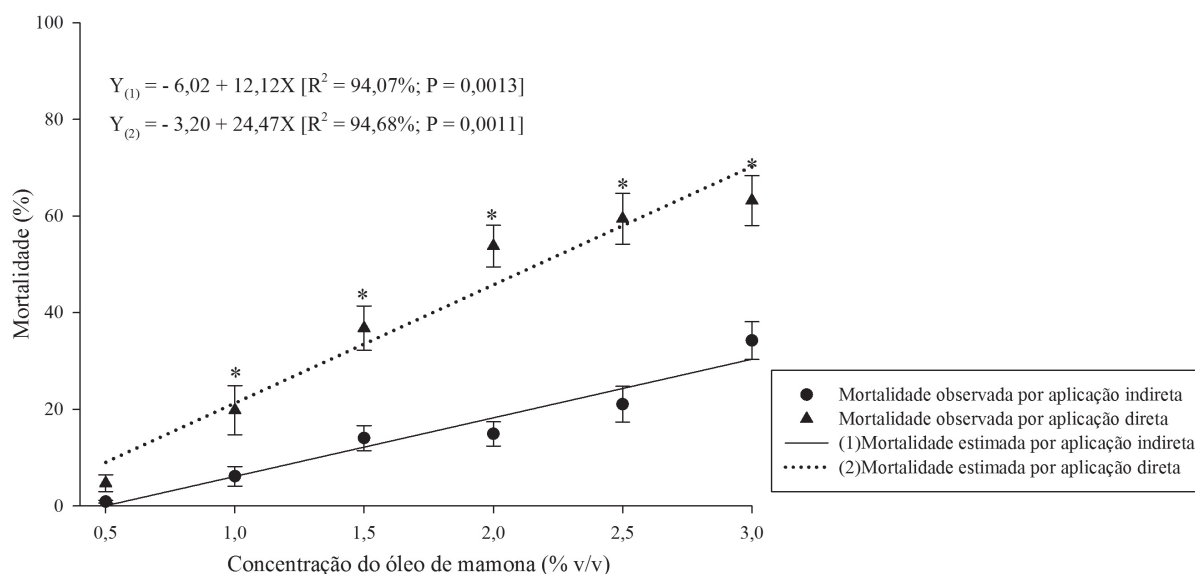


FIGURA 2 - Mortalidade da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) submetidas a duas formas de aplicação de óleo de mamona cv. IAC80 em diferentes concentrações (a 25 ± 1 °C, UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h). *Médias das formas de aplicações diferem entre si pelo teste F a 5%. Dados transformados em arco seno da $\sqrt{(x/100)}$.

Valores altos de inclinação da curva indicam que pequenas variações na dose do óleo de mamona promovem grandes variações na mortalidade, resultando em resposta homogênea da população a este produto. Essa tendência de aumento da mortalidade, em função do aumento das concentrações, também foi verificada quando se utilizou extrato acetônicos de folhas de *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae) (25 mg/mL), para o controle da broca-do-café (SANTOS et al., 2010).

Na estimativa da CL50, os dados adequaram-se ao modelo de Probit, mostrando um χ^2 não significativo e baixa heterogeneidade. A CL50 da forma de aplicação direta sobre a broca-do-café foi de 2,05% (v/v) do óleo de mamona (foram testadas 600 brocas, erro padrão igual a 1,80-2,32 e $\chi^2 = 1,56$), sendo esta a concentração para a qual morrem 50% dos indivíduos expostos. Para a aplicação indireta, não houve estimativa, pois necessitaria de uma alta concentração para proporcionar uma elevada mortalidade, tornando a estimativa da CL50 inviável, uma vez que óleo apresenta difícil homogeneização em concentrações mais altas.

A mortalidade causada à broca-do-café pelo óleo de mamona pode estar relacionada à composição físico-química, e sendo o ácido ricinoleico (89,4%) o principal constituinte, talvez este seja um dos responsáveis pela mortalidade.

Esta hipótese pode ser reforçada, visto que, em *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille) (Acari: Ixodidae), os ésteres de ácido ricinoleico atuam modificando a morfofisiologia dos ovários e das glândulas salivares, e evitam dois processos importantes, o de reprodução e o de alimentação (ARNOSTI et al., 2011a, 2011b; SAMPIERI et al., 2013).

4 CONCLUSÕES

Não há diferença significativa entre as cultivares de mamona, IAC 80 e Paraguaçu, quanto à eficiência na mortalidade da broca-do-café. A aplicação direta do óleo de mamona sobre a broca-do-café é mais eficiente que a aplicação indireta. As duas formas de aplicação, indireta e direta, apresentam efeito dose-resposta, aumentando a mortalidade da broca-do-café, em função do aumento da concentração do óleo de mamona utilizada.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) e ao Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário (NUDEMAFI) pelo apoio financeiro concedido para realização dessa pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 18, n. 2, p. 265-266, 1925.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução-RDC nº 28**: regulamento técnico para o ingrediente ativo endossulfam em decorrência da reavaliação toxicológica. Brasília, 2010. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/4af12d80474591_dd9a38de3fbc4c6735/Decis%C3%A3o.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 12 jul. 2014.
- ARNOSTI, A. et al. Effects of ricinoleic acid esters from castor oil of *Ricinus communis* on the vitellogenesis of *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae) ticks. **Experimental Parasitology**, Berlin, v. 127, n. 2, p. 575-580, 2011a.
- ARNOSTI, A. et al. Effects of *Ricinus communis* oil esters on salivary glands of *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae). **Experimental Parasitology**, Berlin, v. 127, n. 2, p. 569-574, 2011b.
- BESTETE, L. R. et al. Toxicidade de óleo de mamona a *Helicoverpa zea* e a *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 8, p. 791-797, ago. 2011.
- BUTELER, M.; STADLER, T. A review on the mode of action and current use of petroleum distilled spray oils. In: STOYTCHIEVA, M. (Ed.). **Pesticides in the modern world: pesticides use and management**. Rijeka: InTech Europe, 2011. p. 119-137.
- COSTA, T. L. et al. Características do óleo de mamona da cultivar BRS-188 Paraguaçu. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Santa Cruz, v. 1, n. 1, p. 93-99, 2008.
- DALVI, L. P.; PRATISSOLI, D. Técnica de criação de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae). In: PRATISSOLI, D. Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais. Vitória: EDUFES, 2012. p. 297-305.
- DAMON, A. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomological Research**, Cardiff, v. 90, n. 6, p. 453-465, 2000.
- DAYAN, F. E.; CANTRELL, C. L.; DUKE, S. O. Natural products in crop protection. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, San Diego, v. 17, n. 12, p. 4022-4034, 2009.
- DEPIERI, R. A.; MARTINEZ, S. S. Redução da sobrevivência da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), e do seu ataque aos frutos de café pela pulverização com Nim em laboratório. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v. 39, n. 4, p. 632-637, 2010.
- EGWURUBE, E.; MAGAJI, B. T.; LAWAL, Z. Laboratory evaluation of neem (*Azadirachta indica*) seed and leaf powders for the control of khapra beetle, *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae) infesting groundnut. **International Journal of Agriculture & Biology**, Pakistan, v. 12, n. 4, p. 638-640, 2010.
- FAIRTRADE FOUNDATION. **Fairtrade and coffee: commodity briefing**. London, 2012. Disponível em: <http://www.fairtrade.org.uk/includes/documents/cm_docs/2012/F/FT_Coffee_Report_May2012.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2014.
- FRANKS, S. J.; WHEELER, G. S.; GOODNIGHT, C. Genetic variation and evolution of secondary compounds in native and introduced populations of the invasive plant *Melaleuca quinquenervia*. **Evolution**, Malden, v. 66, n. 5, p. 1398-1412, 2012.
- HALL, J. S.; HARMAN, G. E. Protection of stored legume seeds against attack by storage fungi and weevils: mechanism of action of Lipodal and oil seed treatments. **Crop Protection**, Lincoln, v. 10, n. 5, p. 375-380, 1991.
- JENA, J.; GUPTA, A. K. *Ricinus communis* Linn: a phytopharmacological review. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, Shastri Chowk Sadar Bazar, v. 4, n. 4, p. 25-29, 2012.
- LAW-OGBOMO, K. E.; EGHAREVBA, R. K. A. The use of vegetable oils in the control of *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera: Bruchidae) in three cowpea varieties. **Asian Journal of Plant Sciences**, Baghdad, v. 5, n. 3, p. 547-552, 2006.
- LEORA SOFTWARE. **POLO-PC: an user's guide to probit or logit analysis**. Berkeley: LeOra Software, 1987. 22 p.
- LIU, Z. L.; CHU, S. S.; LIU, Q. R. Chemical composition and insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* of the essential oils of *Artemisia capillaris* and *Artemisia mongolica*. **Molecules**, Klybeckstrasse, v. 15, n. 4, p. 2600-2608, 2010.

- LÓPEZ, S. B. et al. Composition and anti-insect activity of essential oils from *Tagetes* L. species (Asteraceae, Helenieae) on *Ceratitis capitata* Wiedemann and *Triatoma infestans* Klug. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 59, n. 10, p. 5286-5292, 2011.
- MESSING, R. H. The coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) invades Hawaii: preliminary investigations on trap response and alternate hosts. **Insects**, Basel, v. 3, n. 3, p. 640-652, 2012.
- MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 19, n. 1, p. 29-35, 2014.
- MOORE, B. D. et al. Explaining intraspecific diversity in plant secondary metabolites in an ecological context. **New Phytologist**, Lancaster, v. 201, n. 3, p. 733-750, 2014.
- MUSHOBOZY, D. M. K. et al. 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**, Poznań, v. 49, n. 1, p. 35-40, 2009.
- NONVIHO, G. et al. Insecticidal activities of essential oils extracted from three species of poaceae on *Anopheles gambiae* spp, major vector of malaria. **Scientific Study & Research**, Calea Mărășești, v. 11, n. 4, p. 411-420, 2010.
- OVERMEER, W. P. J.; VAN ZON, A. Q. A standardized method for testing the side effect of pesticides on the predaceous mite, *Amblyseius potentillae* (Acari: Phytoseiidae). **Entomophaga**, Nice, v. 27, n. 4, p. 357-364, 1982.
- PÉREZ, Y. O. et al. Aplicación de extractos de hojas de *Ricinus communis* L. en el control de la Broca del café. **Centro Agrícola**, Villa Clara, v. 39, n. 1, p. 85-90, 2012.
- PRIETO, J. A. et al. Chemical composition, insecticidal, and antifungal activities of fruit essential oils of three colombian *Zanthoxylum* species. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 71, n. 1, p. 73-82, 2011.
- RATNASEKERA, D.; RAJAPAKSE, R. H. S. Repellent properties of plant oil vapours on pulse beetle (*Callasobruchus maculatus* L.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored green gram (*Vigna radiata* walp.). **Tropical Agricultural Research and Extension**, Mapalana, v. 12, n. 1, p. 13-16, 2009.
- RONDELLI, V. M. et al. Associação do óleo de mamona com *Beauveria bassiana* no controle da traça-das-crucíferas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 212-214, fev. 2011.
- SAMPIERI, B. R. et al. Effect of ricinoleic acid esters from castor oil (*Ricinus communis*) on the oocyte yolk components of the tick *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, Dublin, v. 191, n. 3/4, p. 315-322, 2013.
- SANTOS, M. R. A. et al. Atividade inseticida do extrato das folhas de *Piper hispidum* (Piperaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 319-324, 2010.
- SEVERINO, L. S. et al. A review on the challenges for increased production of castor. **Agronomy Journal**, Wooster, v. 104, n. 4, p. 853-880, 2012.
- SINGH, A.; KHARE, A.; SINGH, A. P. Use of vegetable oils as biopesticide in grain protection: a review. **Journal of Biofertilizers & Biopesticides**, Los Angeles, v. 3, n. 1, p. 114, 2012.
- SLIMANE, B. B. et al. Essential oils from two *Eucalyptus* from Tunisia and their insecticidal action on *Orgyia trigotephras* (Lepidoptera, Lymantriidae). **Biological Research**, Santiago, v. 47, n. 1, p. 1-8, 2014.
- STADLER, T.; BUTELER, M. Modes of entry of petroleum distilled spray-oils into insects: a review. **Bulletin of Insectology**, Bologna, v. 62, n. 2, p. 169-177, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- TOUNOU, A. K. et al. Bio-insecticidal effects of plant extracts and oil emulsions of *Ricinus communis* L. (Malpighiales: Euphorbiaceae) on the diamondback, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) under laboratory and semi-field conditions. **Journal of Applied Biosciences**, Grahamstown, v. 43, n. 3, p. 2899-2914, 2011.
- VEGA, F. E. et al. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera:Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. **Terrestrial Arthropod Reviews**, Washington, v. 2, n. 2, p. 129-147, 2009.
- ZORZETTI, J. et al. Extratos vegetais sobre *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) e *Beauveria bassiana*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2849-2862, 2012. Suplemento.