



Bioactivity of plant species from the Caatinga on *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae).

Bioatividade de espécies vegetais oriundas da Caatinga sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae).

LEITE, Gabriela Fabrízia Diniz ⁽¹⁾; TEIXEIRA, Gisele dos Santos Silva ⁽²⁾; CARVALHO, Alyce Rocha de ⁽³⁾; CARVALHO, Anderson Silva de ⁽⁴⁾; DE MELO, João Paulo Ramos⁽⁵⁾; AQUINO, Pedro Gregório Vieira ⁽⁶⁾; BADJI, César Auguste ⁽⁷⁾

⁽¹⁾ 0000-0002-4167-1965; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Garanhuns-PE, Brazil, discente de graduação em Engenharia Agrônômica. E-mail: gabrielafabrizia99@gmail.com.

⁽²⁾ 0000-0003-0978-8968; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Garanhuns-PE, Brazil, discente de graduação em Engenharia Agrônômica. E-mail: giseleagronomia@gmail.com.

⁽³⁾ 0000-0001-9161-8460; Universidade Federal Rural de Pernambuco, discente de doutorado em Entomologia, Brazil, E-mail: alycerdc@gmail.com.

⁽⁴⁾ 0000-0001-8667-5110; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Garanhuns-PE, Mestre, Brazil, E-mail: andersons.carvalho@gmail.com.

⁽⁵⁾ 0000-0002-1301-7763; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Garanhuns-PE, Pós doutor em Entomologia, Brazil, E-mail: joaopaulorm@ufape.edu.br

⁽⁶⁾ 0000-0001-8826-1683; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Garanhuns-PE, docente, Brazil, E-mail: pedro.aquino@ufape.edu.br

⁽⁷⁾ 0000-0001-8082-3784; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Garanhuns-PE, docente, Brazil, E-mail: cesar.badji@ufape.edu.br

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

Damage to the environment, resistance to pests, insecticides and harm to the health of the produce are observed by the use of chemical products to control pests in stored grains. In order to minimize these problems, alternatives are being experimented with the use of botanical insecticides. Therefore, the present study aimed to evaluate the effect of *Baccharis dracunculifolia*, *Schinopsis brasiliensis* and *Piptadenia colubrina* in hydrolate form and *Piptadenia colubrina* and *Varronia globosa* in powder form on *Sitophilus zeamais* in maize. Experiments were set up using powder at the following concentrations: 2.0, 4.0, 10.0 and 20.0 mg g⁻¹ of grains in 5 replicates of each treatment and 20 insect adults. Mortality was evaluated in the period from 15 to 45 days. The effects of hydrolates were also evaluated, where they were obtained through the hydrodistillation process in the Clevenger apparatus, a 4-way olfactometer was used to evaluate the attractiveness and/or repellency. Finally, the powder originating from *V. globosa* causes mortality of up to 100% in 10.0 and 20.0 mg g⁻¹ of grains and *P. colubrina* causes the same effect in 2.0 and 4.0 mg g⁻¹ of grains. *B. dracunculifolia* and *S. brasiliensis* hydrolate on *S. zeamais*, at a concentration of 10 µL (p<5%) causes repellent effect and *P. colubrina*, attractive effect.

RESUMO

Danos ao ambiente, resistência de pragas, inseticidas e malefícios na saúde dos produtores vêm sendo observado pelo uso de produtos químicos no controle de pragas dos grãos armazenados. Com o intuito de minimizar estes problemas, estão sendo estudadas alternativas com o uso de inseticida botânico. Portanto, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito de *Baccharis dracunculifolia*, *Schinopsis brasiliensis* e *Piptadenia colubrina* na forma de hidrolato e *Piptadenia colubrina* e *Varronia globosa* em forma de pó sobre *Sitophilus zeamais* em milho. Foram montados experimentos utilizando pó nas seguintes concentrações: 2,0; 4,0; 10,0 e 20,0 mg g⁻¹ de grãos em 5 repetições de cada tratamento e 20 adultos do inseto. A mortalidade foi avaliada no período de 15 até 45 dias. Também foram avaliados os efeitos dos hidrolatos, onde foram obtidos através do processo de hidrodestilação em aparelho Clevenger, foi utilizado o olfatômetro de 4 vias, para avaliar a atratividade e/ou repelência. Por fim, o pó oriundo da *V. globosa* causou mortalidade de até 100% em 10,0 e 20,0 mg g⁻¹ de grãos e *P. colubrina* causou o mesmo efeito em 2,0 e 4,0 mg g⁻¹ de grãos. O hidrolato de *B. dracunculifolia* e *S. brasiliensis* sobre *S. zeamais*, na concentração de 10 µL (p<5%) causou efeito repelente e a *P. colubrina*, efeito atrativo.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 20/10/2023

Aprovado: 22/04/2024

Publicação: 24/05/2024



Keywords:

Mortality, *Sitophilus zeamais* and repellency.

Palavras-Chave:

Mortalidade, *Sitophilus zeamais* e repelência.

Introdução

Os produtos armazenados são *commodities* agrícolas obtidos dos grãos colhidos nas lavouras e mantidos em armazenamento com o mínimo de perdas, quantitativas e qualitativas, até o consumo final (Banoub & Martin 2020). De acordo com a CONAB (2022), a produção total da lavoura de milho para safra 2022/23 será de aproximadamente 127 milhões de toneladas. Contudo, as ações de diferentes agentes depreciadores da qualidade nutricional desses grãos armazenados podem ocasionar perdas de até 30% da produção total de grãos armazenados, inclusive insetos pragas (Gitahi et al., 2021).

Dentre esses agentes as espécies de insetos de importância agrícola que ocasionam reduções na qualidade qualitativa nutricional dos produtos armazenados derivados de milho, trigo e arroz, *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae), popularmente conhecido como gorgulho-do-milho é considerado uma das pragas de grãos armazenados mais preocupantes, devido ao seu alto potencial de reprodução, ou seja, uma fêmea apresenta longevidade média de 140 dias com postura média de 282 ovos por fêmeas, sendo considerado como praga primária interna (Lorini, 2015).

De forma geral, o controle dessa praga de produtos armazenados vem sendo realizado principalmente por meio do uso de produtos químicos sintéticos. No entanto, o *S. zeamais* apresenta resistência a dez ingredientes ativos, incluindo classes químicas extremamente tóxicas como organofosforados e carbamatos (APRD, 2023).

Uma forma de reduzir o uso de inseticidas sintéticos é por meio de alternativas sustentáveis, por exemplo, substâncias derivadas de plantas (pós, hidrolatos, extratos e óleos essenciais) que apresentam mais de uma molécula química que atua na mortalidade e comportamento dos insetos (Badji, 2021). Dentre os derivados botânicos, os extratos vegetais que são preparações líquidas ou em pó da planta e obtidos por diversas metodologias (Santos et al., 2013). Esses derivados apresentam diversos relatos sobre a atividade biológica sobre diferentes pragas agrícolas (Liscano et al., 2020).

Dentre as fontes naturais vegetais promissoras para uso como inseticida botânico sustentável podemos citar os gêneros *Piptadenia*, *Varronia*, *Schinopsis* e *Baccharis*. São espécies da formação vegetal do Nordeste conhecida como bioma Caatinga e possuem alta eficácia em diferentes usos na agricultura (Biazzoto et al., 2019). De acordo com Duarte e Krentkowski (2014) plantas desse bioma apresentam em sua composição química compostos secundários, taninos, saponinas e inibidores de tripsina que proporcionam a estas espécies a possibilidade de utilização em diferentes modos de ação.

Com a necessidade de estabelecer novos produtos sustentáveis que auxiliem o manejo integrado de *S. zeamais* em produtos armazenados, o objetivo do presente estudo foi avaliar a bioatividade de diferentes concentrações de extratos vegetais obtido das espécies *Piptadenia*

colubrina Vell. Benth. (Mimosaceae), *Varronia globosa* Jacq. (Boraginaceae), *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae) e *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae).

Desenvolvimento

Os experimentos foram realizados no laboratório de Entomologia Aplicada (LEA) na Universidade Federal do Agreste (UFAPE).

Coleta do material vegetal

Folhas frescas de *Piptadenia colubrina*, *Varronia globosa*, *Schinopsis brasiliensis* e *Baccharis dracunculifolia* foram coletadas entre 07 e 09 horas da manhã no Vale do Riacho São José- Caetés, PE. As coordenadas geográficas do ponto de coleta foram 8°46'32,0"S, 36°43'05,7"O. As plantas foram identificadas pelos botânicos: Olívia Cano, F. Gallindo e A. Bocage. O voucher da amostra foi montado e depositado no Herbário Dárdano de Andrade Lima da Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA).

Isolamento do Pó

As Folhas frescas de *Piptadenia colubrina* e *Varronia globosa* foram colocadas em estufa de circulação forçada a 60°C por 48 horas, trituradas em moinho com peneira de 2 mm. Os Pós-moído de cada espécie vegetal foram acondicionados em recipientes de vidro e hermeticamente fechados para a manutenção das suas características físico-químicas.

Isolamento de hidrolatos

As Folhas frescas de *Piptadenia colubrina*, *Schinopsis brasiliensis* e *Baccharis dracunculifolia* foram colocadas em estufa de circulação forçada a 60°C por 48 horas, trituradas em moinho com peneira de 2 mm e submetidas ao processo de hidrodestilação em aparelho Clevenger e um evaporador rotativo acoplado a uma bomba de vácuo e pressão. Foram utilizados 150 g de pó para 3 litros de água destilada. Os hidrolatos obtidos de cada espécie vegetal foram acondicionados em vidros âmbar, hermeticamente fechados, e armazenados em geladeira sob 8°C, para a manutenção das suas características físico-químicas.

Aquisição e criação de insetos

Espécimes de *S. zeamais* foram obtidos do estoque de colônias do Laboratório de Entomologia Aplicada (LEA) da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE) e mantidos no Laboratório desde 2013 sem exposição a inseticidas. O método de criação foi o mesmo utilizado por Melo Júnior et al. 2018. Os *S. zeamais* foram mantidos em recipientes de vidro com capacidade para 0,7 L, metade do recipiente preenchido com grãos de milho, tampados com tecido do tipo voil, permitindo a troca gasosa entre ambiente externo e interno, com temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de 70 ± 5 %. A cada 15 dias foram feitas a

manutenção dos insetos e o monitoramento para evitar a contaminação dos grãos por alguns fungos que são decompositores.

Teste de mortalidade

O método para avaliar a mortalidade de *S. zeamais* foi o de grãos de milho tratados (contato e ingestão) (Fouad et al. 2023). A toxicidade aguda foi avaliada pela aplicação de 2,00; 4,00; 10,00 e 20,00 mg do pó moído das espécies vegetais *P. colubrina* e *V. globosa* aplicados a cada grama de grãos de milho. Placas de Petri (90 x 15 mm) com tratamento foram agitadas por 2 min para misturar a solução com os grãos de milho. Em seguida, em cada placa de petri, vinte adultos não sexados de *S. zeamais* (10-15 dias pós-eclosão) foram colocados para se alimentar de grãos de milho, tratados ou e não tratados. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, totalizando 100 adultos não sexados de *S. zeamais* por concentração. A mortalidade foi registrada após 15, 30 e 45 dias da exposição aos pós moídos das espécies vegetais. Todos os *S. zeamais* foram considerados mortos se não ocorresse movimento dos apêndices torácicos e cefálicos após o contato com um pincel fino. Os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas, as médias comparadas pelo teste *Tukey* ao nível de 5% de probabilidade.

Teste comportamental: Atratividade/repelência

Olfatômetro de quatro vias acoplado à bomba a vácuo foi utilizado para os testes de escolha comportamental. O método foi adaptado de Zhang et al. (2019). Um fluxo de ar total de 500 mL min⁻¹ foi aplicado em um orifício central do dispositivo, por uma bomba sugadora de membrana, resultando em um fluxo de 125 mL min⁻¹ em cada ramo. Seringas adaptadas e pipetas Pasteur de vidro, ambas de 5 mL, contendo estímulo de teste aplicado a um pedaço de papel filtro conectados às entradas do olfatômetro e entradas diagonais. Foi aplicado em cada papel filtro solução de 10 µl do hidrolato na concentração de 10,00% para cada espécie vegetal: *Piptadenia colubrina*, *Schinopsis brasiliensis* e *Baccharis dracunculifolia*. O mesmo volume de 10 µl foi utilizado no controle negativo contendo apenas hexano. O inseto foi colocado no centro do equipamento e seu comportamento observado por 15 minutos marcados em cronômetro, sendo realizadas 20 repetições. Cada repetição foi representada por um inseto de *S. zeamais*. Os dados obtidos foram submetidos a análises estáticas, realizada pelo teste T à significância de P<0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da toxicidade dos pós moídos das espécies *P. colubrina* e *V. globosa* sobre adultos de *S. zeamais* são apresentadas na Figura 1. A atividade inseticida dos pós moídos variou de acordo com a espécie vegetal. A toxicidade do pó da espécie *V. globosa* sobre o

adultos de *S. zeamais* foram divididos em 2 grupos segundo análise estatística pelo teste de Tukey ($F= 28.09$; $p<0,0001$). Concentrações do pó da espécie *V. globosa* entre 4,00 e 20,00 mg g⁻¹ de grãos de milho apresentaram mortalidade média de 50%. Já o pó moído da espécie *P. colubrina* apresentou efeitos inversos da espécie *V. globosa*. Concentração de 2,00 mg g⁻¹ de grãos de milho ocasionou a mortalidade de 50% dos adultos de *S. zeamais* e a exposição à 20,00 mg g⁻¹ de grãos de milho reduziu em 26% a população dessa praga. Este último fato é interessante, já que para fabricação de um produto que seja efetivo no controle do inseto-praga sua formulação contenha uma dose menor para uma maior mortalidade, diminuindo assim o custo.

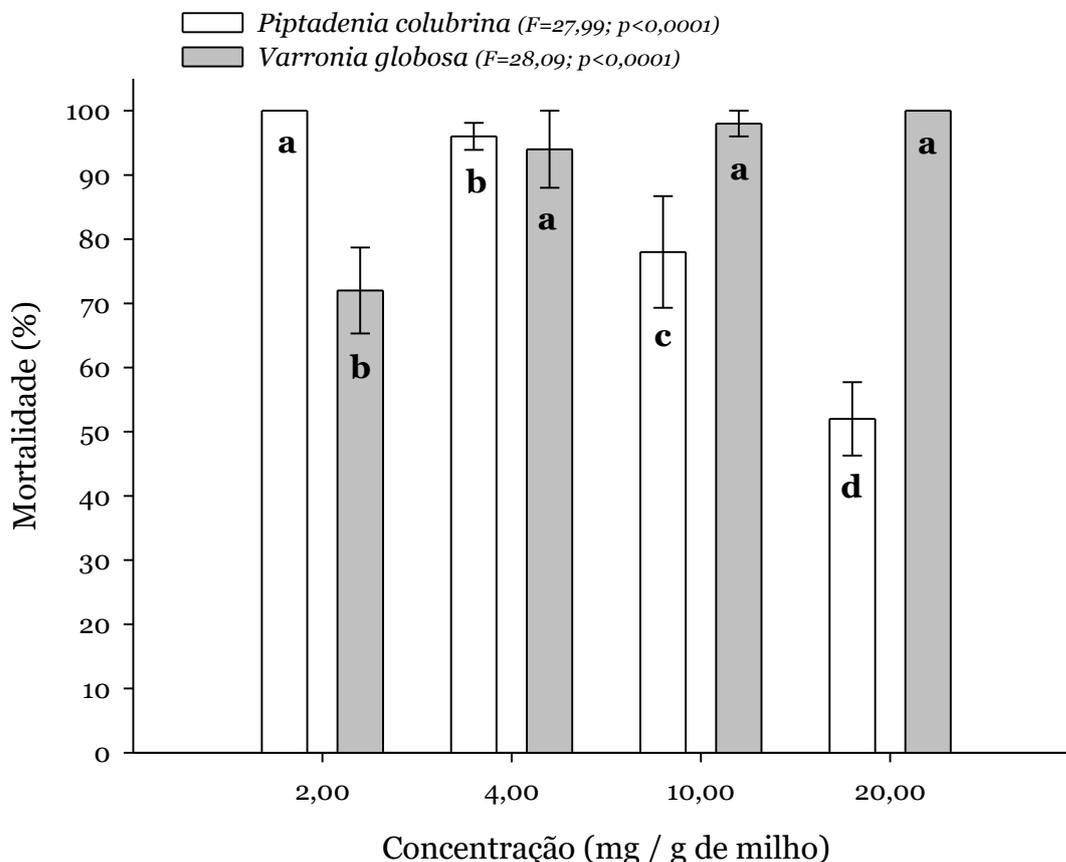
Diferentes derivados de plantas têm sido estudados por possuírem potencial ativo para auxiliar no manejo de produtos armazenados devido à sua baixa toxicidade para mamíferos, propriedades de rápida degradabilidade e disponibilidade regional (Nollet e Rathore, 2017). Do atual conceito de inseticidas verdes, podemos incluir derivados botânicos como, pó moído de plantas, óleos essenciais, extratos de plantas, hormônios e feromônios que atuam em diferentes aspectos do controle de pragas (Sarwar, 2016). Na busca de espécies com potencial bioativo, Karunamoorthi (2012) descobriu mais de 2.500 espécies de plantas que possuem as propriedades bioativas necessárias para um inseticida botânico que são usados como formulações em pó, líquidas ou em óleo.

Este é o primeiro relato da ação inseticida dos dois pós-moídos derivados das espécies *P. colubrina* e *V. globosa*. No entanto, há relatos da toxicidade do pó de outras espécies vegetais sobre o *S. zeamais*. Noudegbessi et al., (2021), observou que ao tratar os grãos de milho com 20% (g/g) do pó moído da espécie *Hyptis suaveolens* (L.) ocasionou mortalidade de 98,50% após 48 horas. Apesar da mortalidade em pouco tempo, essa concentração foi 50 e 100 vezes maior que as dos pós-moídos das espécies *V. globosa* e *P. colubrina*, respectivamente, para a mesma mortalidade. Já 6,4% (g/g) do pó moído de *Chenopodium ambrosioides* misturado a grãos de milho, reduziu a população de *S. zeamais* em 100% após 48 horas (Tapondjou et al., 2022), concentração, cerca de 16 e 32 vezes, maior que a utilizada em nossa pesquisa para os pós moídos das espécies *V. globosa* e *P. colubrina*, respectivamente.

É importante salientar que diversos fatores podem intervir nos resultados obtidos dos pós das espécies vegetais, como época de coleta do material vegetal, parte da planta utilizada para obtenção dos extratos, método de exposição do inseto e concentração inadequada do extrato e composição químicas diferentes que podem causar respostas distintas dos insetos quando em contato com o pó (Gupta et al., 2023). A alta mortalidade do pó quando em contato com o inseto-praga pode estar relacionada ao método drástico de exposição, já que o pó entrou em contato direto com o exoesqueleto do *S. zeamais* e assim, os metabólitos secundários nas espécies vegetais causou alta mortalidade (Afonso et al., 2005).

Figura 1.

Toxicidade dos pós moídos das espécies vegetais Varronia globosa e Piptadenia colubrina sobre S. zeamais após 45 dias de exposição. Letras diferentes são significativamente diferentes (teste de Tukey, $p < 0,05$).



Fonte: Autores, 2023

Os resultados da atividade comportamental dos hidrolatos das espécies *P. colubrina* e *V. globosa* sobre adultos de *S. zeamais* são apresentadas na Figura 2. A atividade comportamental dos hidrolatos variou de acordo com as espécies vegetal. O hidrolato das espécies *S. brasiliensis* e *B. dracunculifolia* apresentaram ação repelente sobre adultos de *S. zeamais*. É notável que os hidrolatos de *Baccharis dracunculifolia* e *Schinopsis brasiliensis* apresentaram propriedades comportamentais acentuadas sobre o *S. zeamais*, esta característica repelente, certamente, poderá ser utilizada para o desenvolvimento de uma formulação inseticida.

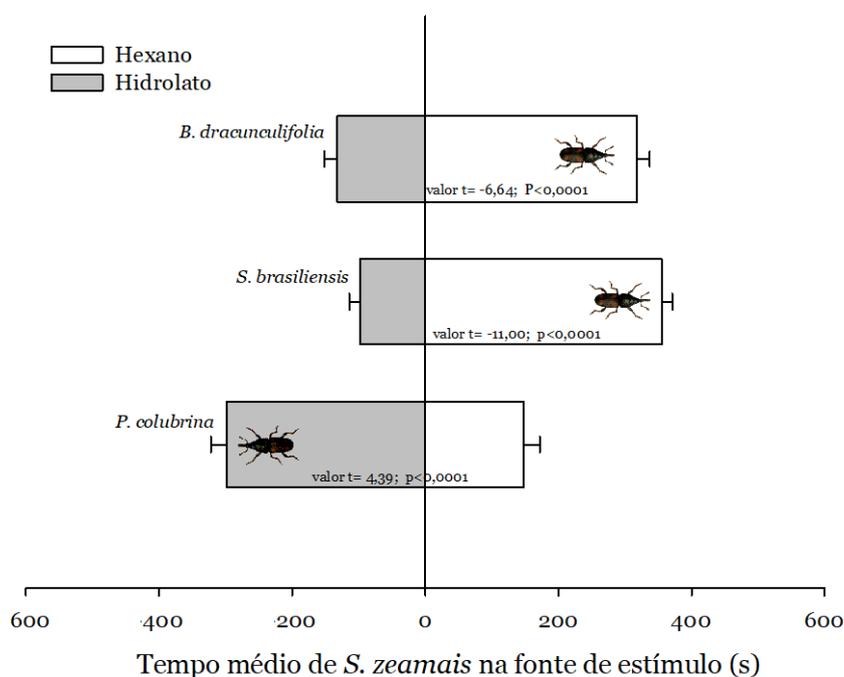
O hidrolato de *P. colubrina* demonstrou uma ação atrativa sobre o gorgulho do milho. Apesar do derivado dessa planta apresentar atratividade, o pó de *P. colubrina* foi tóxico a essa praga de grãos armazenados, sugerindo o uso de duas formas de aplicação preventiva, a primeira inseticida e a segunda como isca tóxica, uma vez que o perfil químico dos hidrolatos estão associados ao pó seco obtido da mesma espécie.

A informação do efeito comportamental do hidrolato das espécies vegetais aqui investigadas sobre *S. zeamais* é inédito. Além disso, estudos avaliando o potencial repelente ou atrativo do hidrolato de outras espécies vegetais sobre pragas agrícolas são escassos. No entanto, Hernández et al. (2023), verificou baixa atividade repelente dos hidrolatos obtido das cascas e frutos das espécies vegetais *Citrus sinensis* (Rutaceae) and *Trichilia havanensis* (Meliaceae), respectivamente, sobre o ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). O modo de ação dos hidrolatos está de modo direto ligado aos compostos terpenóides, encontrados amplamente em óleo essenciais, matéria prima dos hidrolatos (Gupta et al., 2023). A ação repelente ou atrativa pode ocorrer de diferentes formas, uma delas é por meio do contato direto com o inseto e a outra por meio de receptores antenais que captam os voláteis no ar do ambiente (Jahanian et al., 2022).

Infelizmente, ainda falta o adequado desenvolvimento de produtos que possam ser disponibilizados comercialmente, porém os dados adquiridos são promissores para o futuro do Manejo de Pragas, proporcionando uma repelência eficiente e mais segura ao homem e ao meio ambiente (Kweka et al., 2008).

Figura 2.

Resposta comportamental do *S. zeamais* induzido por hidrolatos de *Piptadenia colubrina*, *S. brasiliensis* e *Baccharis dracunculifolia*..



Fonte: Autores, 2023

Considerações Finais

Os Pós de plantas com potencial bioativo estão entre os derivados botânicos sustentáveis e de baixo custo, mais simples de obtenção e que apresentam toxicidade sobre *S. zeamais*. Produtos a base de pós podem substituir derivados botânicos que necessitam de custos elevados ou vários procedimentos físicos e químicos para sua obtenção. O pó de *Varronia globosa* e *Piptadenia colubrina* foram promissores para serem ingredientes ativos de formulações para o controle de *S. zeamais*.

Os hidrolatos, resíduo do processo de obtenção do óleo essencial, podem ser aproveitados como bioativos comportamentais de insetos. O hidrolato de *Baccharis dracunculifolia* e *Schinopsis brasiliensis* podem ser bioativos para elaboração de formulações que atuem no controle preventivo com ênfase na repelência do *Sitophilus zeamais*, evitando assim a infestação dos grãos armazenados. Por outro lado, o hidrolato de *P. colubrina* pode ser um produto utilizado em armadilhas atrativas que contenham outros inseticidas sustentáveis.

No entanto, estudos futuros são necessários para avaliar os efeitos desses derivados botânicos (pó e hidrolatos) sobre os grãos de milho, organismos não-alvo e inimigos naturais, bem como determinar a relação custo-benefício para a formulação de um inseticida botânico para o controle de *S. zeamais*.

Agência financiadora

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) (Código de Financiamento 001) ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (PIBIC/AF-149445/2023-7; DCR-301963/2023-1), Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE (bolsas DCR-0004-5.01/23 e APQ-0001-5.01/23), UFAPE (Bolsa PIBIC-UFAPE) e MEC pelas bolsas de estudos e de tutoria do Programa PET (Programa de Educação Tutorial).

REFERÊNCIAS

- Afonso, A. P. S., Faria, J. L., Botton, M., Loeck, A. E. (2005). Controle de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae) com inseticidas empregados em frutíferas temperadas. *Ciência Rural*, 35, 253-258.
- Arthropod Pesticide Resistance Database-APRD, 2023. Michigan State University.
<https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=576> (Acessed 27 april 2023).
- Badji, C. A., Dorland, J., Kheloul, L., Bréard, D., Richomme, P., Kellouche, A., Anton, S. (2021). Behavioral and Antennal Responses of *Tribolium confusum* to *Varronia*

- globosa* Essential Oil and Its Main Constituents: Perspective for Their Use as Repellent. *Molecules*, 26(15), 4393.
- Banoub, D., Martin, S. J. (2020). Storing value: The infrastructural ecologies of commodity storage. *Environment and Planning D: Society and Space*, 38(6), 1101-1119.
- Biazotto, K. R., de Souza Mesquita, L. M., Neves, B. V., Braga, A. R. C., Tangerina, M. M. P., Vilegas, W., De Rosso, V. V. (2019). Brazilian biodiversity fruits: discovering bioactive compounds from underexplored sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(7), 1860-1876.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira grãos, v. 7 – safra 2023/24 – Estimativa da safra de grãos. Brasília, p. 1-62, 2023.
- Fouad, H. A., da Camara, C. A., de Moraes, M. M., de Melo, J. P. (2023). The synergistic effects of five essential oils and eight chiral compounds on deltamethrin-piperonyl butoxide insecticide against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 26(2), 102072.
- Gitahi, S. M., Ngugi, M. P., Mburu, D. N., Machocho, A. K. (2021). Contact toxicity effects of selected organic leaf extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray and *Vernonia lasiopus* (O. Hoffman) against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Zoology*, 2021, 1-14.
- Gupta, I., Singh, R., Muthusamy, S., Sharma, M., Grewal, K., Singh, H. P., Batish, D. R. (2023). Plant essential oils as biopesticides: Applications, mechanisms, innovations, and constraints. *Plants*, 12(16), 2916.
- Hernández, M. R., Guevara, J. J. L., García, A. A., Torres, B. C. P., Olguin, J. F. L. (2023). Effect of extracts of *Citrus sinensis* (Rutaceae) and *Trichilia havanensis* (Meliaceae) in mortality and repellence of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): Mortality and repellence of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biotechnia*, 25(3), 154-161.
- Jahanian, H., Kahkeshani, N., Sanei-Dehkordi, A., Isman, M. B., Saeedi, M., Khanavi, M. (2022). *Rosmarinus officinalis* as a natural insecticide: a review. *International Journal of Pest Management*, 1-46.
- Karunamoorthi, K. Medicinal and aromatic plants: A major source of green pesticides/Risk-reduced pesticides. *Med. Aromat Plants*. 2012, 1: e137.
- Kweka, E. J., Mosha, F., Lowassa, A., Mahande, A. M., Kitau, J., Matowo, J., Temu, E. A. (2008). Ethnobotanical study of some of mosquito repellent plants in north-eastern Tanzania. *Malaria journal*, 7(1), 1-9.
- Liscano, M. R., Guse, M. D., Bianchi, V. (2020). Utilização de Extratos Vegetais no Controle De Insetos: uma revisão da literatura. *Salão do Conhecimento*, 6(6).
- Lorini I., Krzyanowsky F. C., França-Neto J. B., Henning A. V., Henning F. A. (2015). Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas. Embrapa Soja, Brasília.

- Melo Júnior J. L. A., Silva J. A., Santoro K. R., Badji C. A. (2018). Insecticide resistance of corn weevil populations from semi-arid regions. *Australian Journal of Crop Science*, 12: 430–434.
- Nollet, L.M., Rathore, H.S., 2017. *Green pesticides handbook: Essential oils for pest control*. CRC Press, Boca Raton.
- Noudegbessi, A. M., Alabi, O. Y., Sikirou, R. (2021). Olfactory responses of *Sitophilus zeamais* L. to bushmint leaf powder and methanol extract on stored maize. *African Crop Science Journal*, 29(1), 1-12.
- Santos, P., Prando, M., Morando, R., Pereira, G. V., Kronka, A. (2013). Utilização de extratos vegetais em proteção de plantas. *Enciclopédia Biosfera*, 9(17).
- Sarwar, M. (2016). A potent folklore of botanical plant materials against insect pests together with their preparations and applications. *Sky Journal of Biochemistry Research*, 5(4), 58-62.
- Souza, Felipe Hermínio Oliveira. Efeitos abióticos na composição do óleo essencial de *Lippia gracilis*: influência na mortalidade e repelência de *Sitophilus zeamais*. São Cristóvão: UFS, 2013. 39p. (Dissertação – Mestrado em Agroecossistemas).*
- Tapondjou, L. A., Adler, C. L. A. C., Bouda, H., & Fontem, D. A. (2002). Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of stored products research*, 38(4), 395-402.
- Zhang, R., Wang, B., Grossi, G., Falabella, P., Liu, Y., Yan, S., Wang, G. (2017). Molecular basis of alarm pheromone detection in aphids. *Current Biology*, 27(1), 55-61.