



Behavior of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to hydrolate of *Senna spectabilis* (Fabaceae)

Comportamento de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) a hidrolato de *Senna spectabilis* (Fabaceae)

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

⁽¹⁾ 0000-0003-0978-8968; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Garanhuns-PE, Brazil, discente de graduação em Engenharia Agrônômica. E-mail: giseleagronomia@gmail.com.

⁽²⁾ 0000-0001-9161-8460; Universidade Federal Rural de Pernambuco, discente de doutorado em Entomologia, Brazil, E-mail: alycerdc@gmail.com.

⁽³⁾ 0000-0001-8667-5110; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Garanhuns-PE, Mestre, Brazil, E-mail: andersons.carvalho@gmail.com.

⁽⁴⁾ 0000-0002-4167-1965; Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Garanhuns-PE, Brazil, discente de graduação em Engenharia Agrônômica. E-mail: gabrielafabrizia99@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

Sitophilus zeamais is considered plausibly of economic importance in corn storage, as it makes the grain unfeasible. Management with the use of products from bioactive plants has been highlighted in the management of estimates, therefore, this work aimed to evaluate the behavioral response of *S. zeamais* to exposure to *Senna spectabilis* hydrolate at different concentrations to identify stimuli attractive or repulsive. The bioassays were carried out at the LEA of UFape, for which they were obtained after the leaves of *Senna spectabilis* were dried, ground and subjected to hydrodistillation. The hydrosol obtained was separated by density and stored in an amber glass bottle in a refrigerator. Diluted and used in a four-way olfactometer coupled to a vacuum pump to perform the behavioral test, 10 µl of concentrations of 0.01, 0.1 and 1% of hydrolate in Hexane were applied to its extremities. One insert at a time was presented for 15 minutes, with 20 repetitions. The data obtained were submitted to static analyses, performed by the T test, where a significance level (P<0.05) was adopted. The results of the olfactometry tests demonstrate that the *S. spectabilis* hydrolate from leaves diluted in hexane (0.10 and 1.00%) showed attractiveness under *S. zeamais*.

RESUMO

Sitophilus zeamais é considerado pragas de importância econômica no armazenamento do milho, pois inviabiliza o grão. O manejo com o uso de produtos de plantas bioativas vem se destacando no manejo de pragas, com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta comportamental de *S. zeamais* a exposição ao hidrolato de *Senna spectabilis* em diferentes concentrações para identificar estímulos atrativos ou repulsivos. Os bioensaios foram realizados no LEA da UFape para isso foram obtidos pós de folhas de *Senna spectabilis*, sendo secas, moídas e submetidas a hidrodestilação. O hidrolato obtido foi separado por densidade e armazenado em frasco de vidro âmbar em geladeira. Diluído e utilizado em olfatômetro de quatro vias acoplado à bomba a vácuo para realizar o teste comportamental, foram aplicadas 10 µl das concentrações de 0,01, 0,10 e 1,00% de hidrolato em Hexano em suas extremidades. Um inseto por vez foi observado por 15 minutos, sendo realizadas 20 repetições. Os dados obtidos foram submetidos a análises estáticas, realizada pelo teste T, onde foi adotado nível de (P<0,05) de significância. Os resultados dos testes de olfatometria demonstram que o hidrolato das folhas *S. spectabilis* diluído em hexano (0,1 e 1%) demonstraram atratividade sob *S. zeamais*.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 03/11/2023

Aprovado: 06/11/2023

Publicação: 08/12/2023



Keywords:

Stored Grains, Alternative Control, Caatinga.

Palavras-Chave:

Grãos Armazenados, Controle alternativo, Caatinga.

Introdução

A produção agrícola é um importante segmento do agronegócio brasileiro, com destaque a exportação dos *commodities* agrícolas, como exemplo temos os produtos armazenados importantes para dieta humana e animal. Esses produtos armazenados são 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).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a produção total de grãos no Brasil alcançou 263,8 milhões de toneladas, correspondendo a um aumento de 11,8% em comparação ao ano anterior. No entanto, o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) do Brasil estimam que perdas de aproximadamente 10% dos produtos armazenados são consequência direta de pragas de armazenamento. Entre 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), conhecido popularmente como gorgulho do milho (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 Brasil, 13 ingredientes ativos são autorizados para o controle de *S. zeamais* em grãos armazenados de milho (MAPA, 2023). No entanto, o gorgulho do milho desenvolveu resistência a quase todos esses ingredientes ativos incluindo fosfina muito utilizado no Brasil (APRD, 2023). Além da resistência da praga a esses inseticidas, outro fato preocupante e que tem chamado a atenção da sociedade são os problemas ecológicos ocasionados pelos inseticidas sintéticos, como toxicidade para organismos não-alvo e acúmulo de resíduos nocivos no meio ambiente (Bester et al., 2020).

Uma alternativa para reduzir os efeitos indesejáveis dos inseticidas sintéticos é o uso de inseticidas botânicos sustentáveis, que são substâncias derivadas de plantas (hidrolato, extrato e óleo essencial) que possuem moléculas que controlam pragas agrícolas e não causam toxicidade ao ambiente (Badji, 2021). Esses derivados apresentam diversos relatos sobre a atividade biológica sobre diferentes pragas agrícolas. Dentre esses, o hidrolato é uma solução aquosa com componentes hidrossolúveis e voláteis da planta e obtidos pela técnica de hidrodestilação (Santo et al., 2020). Além da convencional redução populacional das pragas pela mortalidade, os derivados botânicos apresentam forte atividade biológica sobre o comportamento dos insetos, como por exemplo, a ação repelência (Nerio, 2020).

Dentre as fontes naturais vegetais promissoras para uso como inseticida botânico sustentável podemos citar a espécie *Senna spectabilis* Irwin & Barneby (Fabaceae) é uma espécie arbustiva a arbórea, decídua, heliófita, xerófita seletiva e nativa das Américas Central e do Sul, encontrada no Cerrado e Caatinga do Nordeste do Brasil (Arantes et al., 2020). De

acordo com Duarte e Krentkowski (2014) apresenta em sua composição química compostos secundários, taninos, saponinas e inibidores de tripsina que proporcionam a esta espécie a possibilidade de utilização em diferentes modos de ação. Os derivados botânicos dessa espécie vêm ganhando destaque por apresentarem significativa atividade inseticida, interferência comportamental e fisiológica em diferentes insetos-praga (Mattos, 2022).

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 resposta comportamental de *S. zeamais* expostos a diferentes concentrações do hidrolato obtido da espécie vegetal *Senna spectabilis*.

Desenvolvimento

Os bioensaios foram realizados no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco em Garanhuns-PE.

Coleta do material vegetal

Folhas frescas de *Senna spectabilis* 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). Badji et al. (2021).

Isolamento de hidrolatos de S. spectabilis

As folhas frescas foram colocadas secas 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. O hidrolato foram acondicionados em vidros âmbar, hermeticamente fechados, e armazenados em geladeira sob 8°C, para a manutenção das suas características físico-químicas. Badji et al. (2021).

Análise química dos hidrolatos de S. spectabilis

A análise das substâncias presentes no hidrolato foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-EM) e headspace. As amostras foram injetadas no CG/EM modelo 2010 PLUS, Shimadzu, em uma coluna Nist-01 (100% Dimetil polisiloxano) com (30 m, d. 0,25mm). As condições do método usado foram: injetor com a temperatura 250°C no modo Split (com divisão de fluxo). A fonte de ionização utilizada foi impacto eletrônico (EI) com 70 eV (elétrons-volts), com a temperatura do detector "ionsource" de 290°C. A temperatura da interface será de 200°C, os valores de fragmentação e o tempo total da corrida foram registrados. A identificação dos componentes foi efetuada por comparação

dos espectros fragmentação obtidos da base de dados do equipamento (Wiley 7 lib e NIST 08 lib) e através da utilização do Índice de Retenção de Kovats, cada componente foi calculado como previamente descrito (Adams, 2017).

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 comportamental

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 das concentrações de 0,01, 0,10 e 1,00% do hidrolato de *Senna spectabilis*. 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

Análise química dos hidrolatos

A Tabela 1 mostra as composições químicas por análise de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) do hidrolato de *S. spectabilis*. A análise por CG-EM via *headspace* permitiu a identificação de 25 constituintes químicos. 2-Hexenal, (E)- (25,47%); Allyl ethyl ether (11,79%); 1,2- Ethanediamine; N, N'-dimethyl; Glycidol e Butanal, 2-methyl- foram os principais constituintes químicos identificados no hidrolato *S. spectabilis*.

Apesar desse resultado ser o primeiro relato do perfil químico do hidrolato extraído das folhas da espécie *S. spectabilis*, alguns estudos relataram o perfil químico das folhas dessa espécie em diferentes localidades. Por exemplo, Selegato et al. (2017) observaram que os alcalóides piperidínicos foram os constituintes majoritários do perfil fitoquímico das partes aéreas da espécie *S. spectabilis*. Silva et al., (2010) observou constituintes como lupeol, α -amirina, β -amirina, cicloeucaleenol, friedelina, ursólico, ácidos oleanólico e betulínico, sitosterol e estigmasterol e seus respectivos glicosídeos das folhas. Lim et al. (2018) verificou perfil químico com os majoritários: (+) -espectralina e iso-6-espectralina das folhas. Essa diversidade de perfil químico para mesma espécie vegetal aqui investigada é bem explanada na literatura, como por exemplo, Figueiredo et al. (2008) relatam que os resultados fitoquímicos obtidos pelas análises de CG-EM de uma mesma espécie vegetal em diferentes localidades podem ser justificada pela genética e condições pedoclimáticas da região onde a espécie foi coletada.

Tabela 1

Composição química do hidrolato extraído das folhas da espécie vegetal Senna spectabilis.

Componentes Químicos	Área Relativa (%)	Tempo de Retenção (min)
<i>Glycidol</i>	7,68	1,678
<i>2-Hexanone, 4-hydroxy-5-methyl-3-propyl</i>	2,81	1,805
<i>Butanal</i>	2,83	1,940
<i>Allyl ethyl ether</i>	11,79	2,285
<i>Butanal, 3-methyl-</i>	3,65	2,355
<i>Butanal, 2-methyl-</i>	7,33	2,425
<i>1,2-Ethanediamine, N,N'-dimethyl-</i>	8,16	2,524
<i>Hexanal</i>	4,93	3,671
<i>2-Hexenal, (E)-</i>	25,47	4,524
<i>1-Hexanol</i>	1,52	4,739
<i>Benzaldehyde</i>	0,78	6,335
<i>5-Hepten-2-one, 6-methyl-</i>	3,67	6,758
<i>2,4-Heptadienal, (E,E)-</i>	1,12	7,177
<i>Cyclohexanone <2,2,6-trimethyl-></i>	0,57	7,620
<i>Benzeneacetaldehyde</i>	0,72	7,782
<i>Linalool</i>	0,71	8,679
<i>Butane, 3-methyl-1-(methylthio)-</i>	0,66	9,280
<i>Methyl salicylate</i>	3,51	10,313
<i>1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 2,6,6-tri</i>	1,04	10,724
<i>2-Buten-1-one, 1-(2,6,6-trimethyl-1,3-cyclo</i>	3,02	13,146
<i>Tetradecane <n-></i>	1,86	13,183
<i>5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)</i>	1,62	13,987
<i>trans-.beta.-Ionone</i>	0,95	14,538
<i>Spathulenol</i>	1,84	15,828
<i>Caryophyllene oxide</i>	1,76	15,925

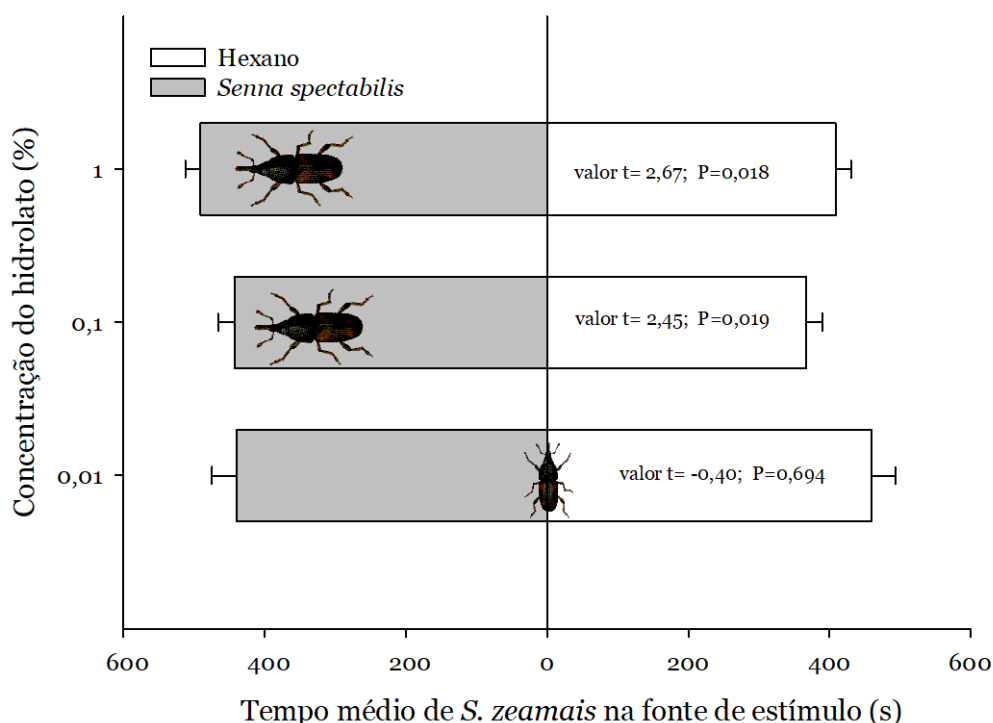
Nota: Autoria própria, 2023.

Teste comportamental

Os resultados do efeito do hidrolato de *S. spectabilis* sobre o comportamento do *S. zeamais* são apresentados na Figura 1. Ao testar o efeito comportamental por meio de olfatométrica do hidrolato de *S. spectabilis* sobre o *S. zeamais* não foi observado efeito repelente nas concentrações investigadas comparado ao controle positivo hexano. No entanto, os resultados encontrados no presente estudo, apresentaram efeito atrativo do hidrolato de *S. spectabilis* no comportamento dos *S. zeamais* ($p < 0,05$) nas concentrações de 0,1 e 10%. Resultados apresentados por Milléo et al., 2019 evidenciam grande potencial atrativo em plantas da família Fabaceae, indicando o efeito atrativo de um ou mais constituintes químicos presentes nos derivados botânicos das espécies dessa Família sobre o *S. zeamais*. Este é o primeiro relato da ação comportamental de *S. spectabilis* sobre o *S. zeamais*. No entanto, há relatos da ação comportamental de derivados da espécie *S. spectabilis* sobre pragas transmissora de arboviroses. Por exemplo, Barbosa et al., (2014) verificou que concentração de 20% extratos de *S. spectabilis* ocasiona redução de 91,25% na oviposição de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Em outro relato, Vieira (2011), verificou que o 2-Hexenal, (E) apresentou potencial atrativo para parasitoides da família *Scelionidae*.

Figura 1.

Avaliação do efeito do hidrolato de S. spectabilis sobre o comportamento do S. zeamais.



Nota: Autoria própria, 2023.

Conclusão

O hidrolato de *S. spectabilis* influenciou o comportamento de *S. zeamais*, demonstrando a atratividade que essa praga tem por esse hidrolato, sugerindo um possível uso para o manejo integrado de grãos armazenados como uma possível isca para atrair o *S. zeamais* para fora dos silos de armazenamentos. No entanto, mais estudos são necessários para avaliar a interação desse hidrolato de *S. spectabilis* com outros produtos tóxicos ao *S. zeamais*, visando incorporá-los em estratégias de controle preventivo dessa praga em grãos, bem como verificar o mecanismo da ação comportamental dos compostos isoladamente sobre essa praga de grãos armazenados.

Agência financiadora

Os autores agradecem ao Professor Gustavo Pereira Duda pela análise de cromatografia, 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) e MEC pelas bolsas de estudos e de tutoria do Programa PET (Programa de Educação Tutorial).

REFERÊNCIAS

- Adams, R.P., 2017. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy, Allured Publishing Corporation, Carol Stream.
- Arantes, V. P., dos Santos, L. F., Galvão, M. E., & Costa, G. M. (2020). Estudo da atividade antifúngica de extratos vegetais de *Senna spectabilis* e *Rosmarinus officinalis* frente a cepa padrão de *Candida albicans* ATCC 10231. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, 15(3), 29-36.
- 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.
- Barbosa, P. B. B. M., de Oliveira, J. M., Chagas, J. M., Rabelo, L. M. A., de Medeiros, G. F., Giodani, R. B., ... & de Fátima de Freire Melo Ximenes, M. (2014). Evaluation of seed extracts from plants found in the Caatinga biome for the control of *Aedes aegypti*. *Parasitology research*, 113, 3565-3580.
- Duarte, M. R.; Krentkowski, F. L. (2014). Diagnose morfoanatómica de canafístula (Fabaceae). *Visão Acadêmica*, 15 (3), 5-19.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2022. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/en/agencia-press-room/2185-news-agency/releases-en/24204-ibge-in-march-grain-harvest-estimate-for-2022-hits-1-6> (Acessed 12 april 2023).
- Lim, K. T., Amanah, A., Chear, N. J. Y., Zahari, Z., Zainuddin, Z., & Adenan, M. I. (2018). Inhibitory effects of (+)-spectaline and iso-6-spectaline from *Senna spectabilis* on the growth and ultrastructure of human-infective species *Trypanosoma brucei rhodesiense* bloodstream form. *Experimental parasitology*, 184, 57-66.
- 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.
- Mattos, A., Krewer, A., Eccel, C. E., & Will, J. (2021). O uso de óleos essenciais para o controle de pragas do milho. *Estrabão*, 2, 139-147.

- 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.
- Milléo, J., Antunes, C. H., Pettres, E. B., Ayub, R. A., & Farago, P. V. (2019). Óleo essencial de citronela (Poaceae) e seus componentes para controle do brasileirinho (Coleoptera: Chrysomelidae) em olerícolas. *EntomoBrasilis*, 12(1), 06-10.
- Ministerio da Agricultura e Abastecimento – MAPA, 2023. https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons (Accessed 15 april 2023).
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresource technology*, 101(1), 372-378.
- Santo, É. E., De Souza, R. B., Lenhardt, E. H., Talarico, S. T., & De Freitas Silva, M. (2020). Screening e avaliação antifúngica do hidrolato e do óleo essencial de *Mentha piperita*. *Visão Acadêmica*, 21(3).
- Selegato, D. M., Monteiro, A. F., Vieira, N. C., Cardoso, P., Pavani, V. D., Bolzani, V. S., & Castro-Gamboa, I. (2017). Update: Biological and chemical aspects of *Senna spectabilis*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 28, 415-426.
- Silva, F. D. O., Oliveira, Í. R. D., Silva, M. G. D. V., & Braz-Filho, R. (2010). Constituintes químicos das folhas de *Senna spectabilis* (DC) Irwin & Barneby var. excelsa (Schrad.) Irwin & Barneby. *Química Nova*, 33, 1874-1876.
- Udich Bester, A., Bandeira de Mello, M. O., Bandeira de Mello, M., Leal de Carvalho, N., André Pereira, E., & Antonio Lucchese, O. (2020). Os efeitos das moléculas de 2, 4d, acefato e tebuconazol sobre o meio ambiente e organismos não alvos. *Revista Monografias Ambientais*, 19, e2.
- Vieira, C. R. (2010) Ecologia química de insetos parasitóides de ovos (Hymenoptera: Scelionidae) e sua aplicação no controle biológico de pragas. *Universidade de Brasília*.85f Dissertação (Mestrado em Ecologia).
- 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.