

Bioeficácia *in vitro* de *Croton sonderianus* sobre gorgulho-do-milho (*Sitophilus* spp. - *Coleoptera: Curculionidae*)

In vitro bioefficacy of *Croton sonderianus* on *Sitophilus* spp.
(*Coleoptera: Curculionidae*)

Sinval Garcia Pereira¹; Jeane Rodrigues de Abreu Macêdo¹; Hyanna Monteles de Araújo¹; Wallyson Gomes Oliveira Barbosa¹

¹ Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (UFMA-CCAA) - Chapadinha-MA, Brasil.

Resumo

Introdução: Os inseticidas sintéticos são o principal método de controle do *Sitophilus* spp. que se alimentam de grãos em armazenamento, particularmente em áreas tropicais e subtropicais, assim, moléculas bioativas das plantas podem ser alternativas para o controle desses coleópteros. **Objetivos:** Avaliar *in vitro* a eficácia de extratos obtidos com diferentes solventes das folhas de *Croton sonderianus* na mortalidade de *Sitophilus* spp. **Metodologia:** Os extratos foram obtidos das folhas de *C. sonderianus*, com três diferentes extratos. Com os extratos obtidos, foram realizados dois bioensaios inseticidas, um por contato e outro por ingestão de grãos contaminados, testes foram realizados com cinco diferentes concentrações para cada um dos extratos. **Resultados:** A bioeficácia dos extratos hexano (Ehex) e acetato de etila (Eact) nos dois bioensaios foram superiores a 82,5% de mortalidade, considerando a dose de 3,0%, observando também que, no teste de bioensaio sem escolha, a eficácia do Ehex ficou entre 97,5 a 100%, considerando os tratamentos em 1,0 e 2,0%, respectivamente. Em relação ao extrato aquoso, a eficácia máxima observada foi de cerca de 32%, após 72 horas de exposição na maior concentração, a de 100%. **Conclusão:** Os efeitos observados variaram de acordo com a concentração dos extratos testados e este estudo mostra que os extratos Ehex e Eact das folhas de *C. sonderianus* apresentam potencial alternativo para controle do *Sitophilus* spp.

Palavras-chave: Grãos armazenados, Euphorbiaceae, Inseticidas botânicos

Autor correspondente:

Sinval Garcia Pereira

Endereço: Rua Projeta 2, Nº 25 – Boa Vista

CEP: 65.500-000, Chapadinha – (MA), Brasil

E-mail: sinval.garcia@ufma.br.

Recebido em: 09/05/2020

Revisado em: 08/06/2020

Aceito em: 05/04/2021

Publicado em: 08/07/2021

Abstract

Introduction: Synthetic insecticides are the main method of control of *Sitophilus* spp., which feed on grains in storage, particularly in tropical and subtropical areas, therefore, bioactive molecules from plants can be an alternative for the control of these coleopterans. **Objectives:** Evaluate *in vitro* the efficacy of extracts obtained with different solvents from the leaves of *Croton sonderianus* on the mortality of *Sitophilus* spp. **Methodology:** The extracts were obtained from the leaves of *C. sonderianus*, using hexane and ethyl acetate by maceration, producing the organic extracts and the aqueous extract was also obtained. With the extracts obtained two insecticidal bioassays were performed, one by contact and the other by ingestion of contaminated grains, tests were performed with five different concentrations of each of the extracts. **Results:** The best result was observed for the extracts of hexane (Ehex) and ethyl ether (Eact), the bioefficacy of Ehex and Eact in the two bioassays was above 82.5% of mortality, considering the dose at 3.0%, noting also that in the bioassay test without choice, the efficacy of Ehex was between 97.5 to 100%, considering the treatments at 1.0 and 2.0%, respectively. In relation to the aqueous extract, the maximum efficacy observed was about 32%, after 72 hours of exposure in the highest concentration, 100%. **Conclusion:** The observed effects varied according to the concentration of the tested extracts. This study shows that Ehex and ethyl Eact extracts from the leaves of *C. sonderianus* have an alternative potential to control *Sitophilus* spp.

Keywords: Stored grains, Euphorbiaceae, Botanical insecticides

Introdução

Os insetos causam grandes problemas às culturas agrícolas, como exemplo, o milho. Em relação aos insetos de grãos em armazenamento, destacam-se os *Sitophilus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) que atacam várias espécies de grãos, o que pode reduzir drasticamente a germinação das sementes, o teor de massa seca, o valor nutricional e comercial⁸. O custo econômico total de danos e doenças relacionados a insetos é incomensurável²⁹.

Os danos causados pelo ataque de insetos aos grãos armazenados somam-se aos presentes durante o cultivo, a colheita e o transporte, diminuindo ainda mais a disponibilidade de alimentos⁵. Com o aumento da população mundial é inevitável não pensar em produção e consumo de alimentos, principalmente, o trigo, o arroz, o milho, a soja, o feijão e o girassol, cujas perdas devem ser estimadas levando em conta os fatores de campo, bem como os relacionados ao armazenamento¹⁹.

Em relação ao milho, *Sitophilus* spp. atingem a qualidade do produto final para comercialização³⁸, seja ele armazenado em sacaria ou a granel, causando danos biológicos, mecânicos e até mesmo danos químicos.

Contudo, o prejuízo causado por insetos pode influenciar na qualidade de seus subprodutos, como farelos, tortas, farinhas e fubás, podendo comprometer até 78% do produto armazenado, pois, aliado às pragas vem o aumento no teor de água dos grãos causando também a incidência de fungos¹⁹.

A maior causa de infestações por *Sitophilus* spp. no milho é atribuída a sua infestação cruzada, que permite o ataque de grãos provenientes do campo em armazéns²¹. Este coleóptero também apresenta grande potencial reprodutivo implicando em maiores riscos econômicos para os produtores. *Sitophilus* spp. concentram-se, frequentemente, nas camadas superiores da massa de grãos e se dispersam de acordo com suas necessidades ecológicas³³.

Ainda, segundo Lima Junior et al.¹⁹, o controle excessivo pode causar a contaminação química do produto, inviabilizando o mesmo ao consumidor final, além do risco de aplicação para o aplicador. O controle do *Sitophilus* spp. geralmente é feito com inseticidas sintéticos, nas últimas décadas os principais fumigantes utilizados no controle de praga e insetos em grãos armazenados foram a fosfina (PH₃) e o brometo de metila

(CH₃Br), este último foi proibido por agredir a camada de ozônio³⁸.

Os problemas socioambientais relacionados à utilização de inseticidas tradicionais no controle de pragas aumentam a necessidade de se buscar alternativas para reduzir a utilização de agrotóxicos¹³, devido à elevada toxicidade dos produtos e a fragilidade dos mecanismos de vigilância³¹. Assim, investigações modernas têm apoiado as pesquisas da atividade inseticida de várias plantas, incluindo *Allium sativum*, *Artemisia absinthium*, *Citrullus colocynthis*, *Laurus nobilis*, *Mentha pulegium*, *Myrtus communis*, *Nerium oleander*, *Ocimum basilicum*, *Origanum majorana*²⁹ e o gênero *Piper*³⁰. A utilização de plantas com potencial inseticida apresenta vantagens em relação aos sintéticos, pois são renováveis, de fácil degradação e menos poluentes^{14,17,20,32}.

Espécies do gênero *Croton* (Euphorbiaceae) há muito tempo desempenham papel importante nos usos tradicionais de plantas medicinais na África, Ásia e América do Sul, que incluem controle de vermes intestinais^{10,15,39}. Várias espécies de *Croton* têm um látex vermelho que contém, em algumas espécies, proantocianidinas e/ou alcaloides, como a taspina ou substâncias relacionadas a benzilisoquinolinas^{7,23}.

Os diterpenos são muito comuns em *Croton*, correspondendo a clerodanos, cembranoides, halimanos, cauranos, labdanos, ésteres do forbol, traquilobanos e sarcopetalanos. Representantes de novas classes de substâncias (fenilbutanóides, alcaloides glutarimidínicos e diterpenos sarcopetalanos) têm sido isoladas de espécies de *Croton*^{12,37}. Grande parte dos ensaios farmacológicos trata do clerodano *trans*-desidrocrotonina, envolvendo uma grande diversidade de efeitos, incluindo hipolipidêmico, hipoglicêmico, antiestrogênico e anticâncer^{11,22,43}.

O gênero *Croton*, ainda, demonstra expressiva relevância, embasada pela presença de óleos essenciais e várias substâncias ativas como terpenoides, flavonoides e alcaloides com efeito inseticida comprovado^{9,11,36,39}. Esses aleloquímicos de plantas podem ser uma fonte alternativa em potencial para novos modelos estruturais e manuseio

agrícola sustentável bem menos agressivo ao meio ambiente⁴¹.

Com o intuito de contribuir com os estudos sobre os inseticidas botânicos, a presente pesquisa avaliou a ação inseticida de *Croton sonderianus* sobre *Sitophilus* spp., correlacionando as doses aplicadas à taxa de mortalidade.

Material e métodos

Coleta da planta e obtenção dos extratos

As folhas de *C. sonderianus* foram coletadas na zona rural do município de Chapadinha-MA, localizada no cerrado leste maranhense, descartando as que estavam danificadas por efeitos climáticos, herbivorismo ou atuação de agente patogênico. Utilizaram-se folhas *in natura* para obtenção do extrato aquoso (Eaqu) e folhas secas à temperatura ambiente e trituradas, para obtenção dos extratos orgânicos. O Eaqu foi obtido ao triturar as folhas *in natura* em liquidificador em mistura com água destilada (100g/300 mL), o filtrado foi considerado a solução 100% e, a partir dela foram feitas diluições (v/v) para obtenção das demais soluções (tratamentos) nas seguintes concentrações: 10%; 20%; 40% e 80%.

Para os extratos orgânicos, as folhas trituradas foram colocadas em maceração em hexano por 10 dias na proporção de 1:6 (m/v), seguido de filtração, obtendo a solução hexânica e o resíduo, este último foi, ainda, utilizado para obter a solução acetato de etila, também na proporção 1:6 (m/v), nas mesmas condições. As duas soluções orgânicas foram concentradas a vácuo, em evaporador rotativo, com temperatura de 50°C e velocidade de 40 RPM para a evaporação dos respectivos solventes, obtendo os dois extratos orgânicos denominados Ehex (extrato hexânico) e Eact (extrato acetato de etila), para tratamentos com os extratos orgânicos foram preparados nas concentrações (m/v) 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3%.

Sitophilus spp.

A cepa dos insetos foi adquirida junto a produtores locais e a sua criação e expansão foi feita em

laboratório, foram criados em milho condicionados em galões de cerca de 20 litros fechados, vedados com tecido tule à temperatura ambiente.

Metodologia dos bioensaios

Bioensaio I (Tratamento/Resposta) – Esse bioensaio foi realizado em tubos de ensaio, os tratamentos foram realizados a partir dos extratos aquoso (Eaqu) nas concentrações citadas acima e orgânicos Ehex e Eact em concentrações de 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0%, com quatro repetições, para cada um dos seis tratamentos, incluindo a testemunha. O experimento foi montado no modelo Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), o DIC é o mais simples dos delineamentos experimentais e envolve dois princípios básicos da experimentação: repetição e casualização. Assim, assume-se que as condições locais são homogêneas e não têm efeito significativo sobre os tratamentos, não é necessário, portanto, o controle local. Em cada tubo de ensaio foi aplicado à dose 200 µL das soluções, nas testemunhas foi utilizado apenas o solvente. Após 60 minutos foram colocados 10 insetos adultos não sexados, totalizando 40 insetos para cada tratamento, a taxa de mortalidade foi analisada 24 horas (24h) e 48 horas (48h), após a montagem dos experimentos.

Bioensaio II (Teste sem escolha) – Nesse Bioensaio, foram utilizados frascos plásticos com capacidade de 250 mL com 50g de grãos de milho cada, utilizando as mesmas soluções e nas mesmas concentrações citadas para o Bioensaio I. O experimento foi montado no modelo DIC, com quatro repetições, para cada um dos seis tratamentos, incluindo, também a testemunha. Em cada frasco, foi aplicada a dose de 3 mL das soluções sobre os grãos de milho, nas testemunhas foram utilizados apenas o solvente. Foram agitados para homogeneizar o contanto das soluções com o milho e deixado secar em temperatura ambiente. Após a secagem, foram inseridos 10 insetos adultos não sexados em cada frasco, as tampas foram perfuradas para que permitissem as trocas gasosas e isoladas com tecido tule para que evitasse a fuga dos insetos. Sua taxa de mortalidade foi analisada 72 horas (72h) após a montagem dos experimentos.

Nos dois diferentes bioensaios a eficácia foi estimada pela fórmula de Abbott¹, modificada por Silva et al.⁴⁰, Walgenbach *et al.*⁴⁴ e Aguilera²:

$$M\% = 1 - \left(\frac{MNiTr}{NiTe} \right) \times 100$$

Onde, Mortalidade em percentual (%); MNiTe – Média do número de insetos vivos nos tratamentos; NiTr – Número de insetos vivos na testemunha.

Análise Estatística

Os dados obtidos foram analisados por Análise de Variância (ANOVA), seguidos pelo teste de Tukey (P<0,05) e regressão linear.

Resultados

Foram obtidos três diferentes extratos, utilizando folhas secas e *in natura* de *C. sonderianus*, com as folhas secas obteve-se os extratos orgânicos Ehex e Eact, no caso das folhas *in natura* foi obtido o Eaqu, para cada um dos extratos foram realizados dois bioensaios, bioensaio I (24 e 48 horas) e II (72 horas). Nos dois bioensaios realizados com Eaqu, não se observou bioeficácia, pois o maior percentual de mortalidade foi observado no Bioensaio II com 32,5% na maior concentração, a de 100%, não diferindo estatisticamente das demais concentrações e a mortalidade não foi significativa.

A bioeficácia do Ehex e Eact no bioensaio I em 24 horas foi demonstrada, pois, todas as concentrações testadas apresentaram toxicidade. Os dados do Ehex diferiram estatisticamente entre elas pelo teste de Tukey (p<0,05), já o Eact não houve diferença estatística pelo teste de Tukey (p<0,05), considerando as concentrações de 2,0; 2,5 e 3,0%. O ajustamento dos dados a um modelo de regressão linear resultou na equação $Y = 7,0 + 26,0x$ e $Y = 53,5 + 13,0x$, respectivamente, para os Ehex e Eact e, para os dois extratos orgânicos R² acima de 88%, O R² do Ehex foi de 98%, observando melhor a correlação, aumento da dose com o aumento da mortalidade, os demais dados também estão relacionados na **TABELA 1**.

TABELA 1 - Dados sobre a mortalidade de *Sitophilus* spp. do bioensaio I no intervalo até 24 horas.

Bioensaio I - 24 horas						
Extrato hexânico (Ehex)				Extrato acetato de etila (Eact)		
Tratamento [%]	M(%)	Equação	R ²	M(%)	Equação	R ²
1,0	30,0 ^d			62,5 ^b		
1,5	47,5 ^{cd}			75,0 ^{ab}		
2,0	55,0 ^{bc}	Y = 7,0 + 26,0x	98%	85,0 ^a	Y = 53,5 + 13,0x	88%
2,5	70,0 ^{ab}			85,0 ^a		
3,0	82,5 ^a			90,0 ^a		
CV	18,2			13,5		

M(%): mortalidade dos tratamentos, CV: coeficiente de variação; R²: coeficiente de determinação.

Ainda, no Bioensaio I em 48 horas com os extratos Ehex e Eact, todos os tratamentos apresentaram toxicidade, contudo, os dados do Eact foram mais expressivos, com mortalidade variando de 77,5 a 92,5%, com CV de 9,3 e R² de 90%, estes e demais dados estão

relacionados na **TABELA 2**. O ajustamento dos dados a um modelo de regressão linear resultou nas equações Y = 20,0 + 25,0x e Y = 68,0 + 8,5x, respectivamente, para Ehex e Eact, com R² acima de 90%, para os dois extratos.

TABELA 2 - Dados sobre a mortalidade de *Sitophilus* spp. do bioensaio I no intervalo até 48 horas.

Bioensaio I - 48 horas						
Extrato hexânico (Ehex)				Extrato acetato de etila (Eact)		
Tratamento [%]	M(%)	Equação	R ²	M(%)	Equação	R ²
1,0	40,0 ^c			77,5 ^b		
1,5	62,5 ^b			77,5 ^b		
2,0	70,0 ^b	Y = 20,0 + 25,0x	96%	87,5 ^{ab}	Y = 68,0 + 8,5x	90%
2,5	80,0 ^{ab}			90,0 ^{ab}		
3,0	92,5 ^a			92,5 ^{ab}		
CV	16,4			9,3		

M(%): mortalidade dos tratamentos, CV: coeficiente de variação; R²: coeficiente de determinação.

No Bioensaio II, em uma única análise, 72 horas com os extratos Ehex e Eact, todos os tratamentos apresentaram toxicidade, contudo, os dados do Ehex foram mais expressivos, com mortalidade, variando de 97,5 a 100,0% e não houve diferença, estatisticamente,

quando analisada pelo teste de Tukey (p<0,05), com CV de 3,5. O ajustamento dos dados a um modelo de regressão linear resultou com R² acima de 72%, para os dois extratos, estes e demais dados estão relacionados, na **TABELA 3**.

TABELA 3 - Dados sobre a mortalidade de *Sitophilus* spp. do bioensaio II no intervalo até 72 horas.

Bioensaio II - 72 horas						
Extrato hexânico (Ehex)				Extrato acetato de etila (Eact)		
Tratamento [%]	M(%)	Equação	R ²	M(%)	Equação	R ²
1,0	97,5 ^a			67,5 ^b		
1,5	97,5 ^a			87,5 ^a		
2,0	100,0 ^a	Y = 96,0 + 150,0x	75%	92,5 ^a	Y = 68,5 + 6,5x	72%
2,5	100,0 ^a			97,5 ^a		
3,0	100,0 ^a			95,0 ^a		
CV	3,5			35,3		

M(%): mortalidade dos tratamentos, CV: coeficiente de variação; R²: coeficiente de determinação.

Observa-se, na **FIGURA 1**, que o Bioensaio I – extrato hexânico (Ehex) e Bioensaio I - extrato acetato de etila (Eact) um pequeno incremento na bioeficácia, quando se comparam os dados obtidos para os intervalos de 24 e 48 horas, do mesmo extrato. Por outro lado, o

Bioensaio II – 72 horas foi mais efetivo, com valores superiores a 97,5% e 67,5% de mortalidade, respectivamente, para os Ehex e Eact, nas concentrações testadas.

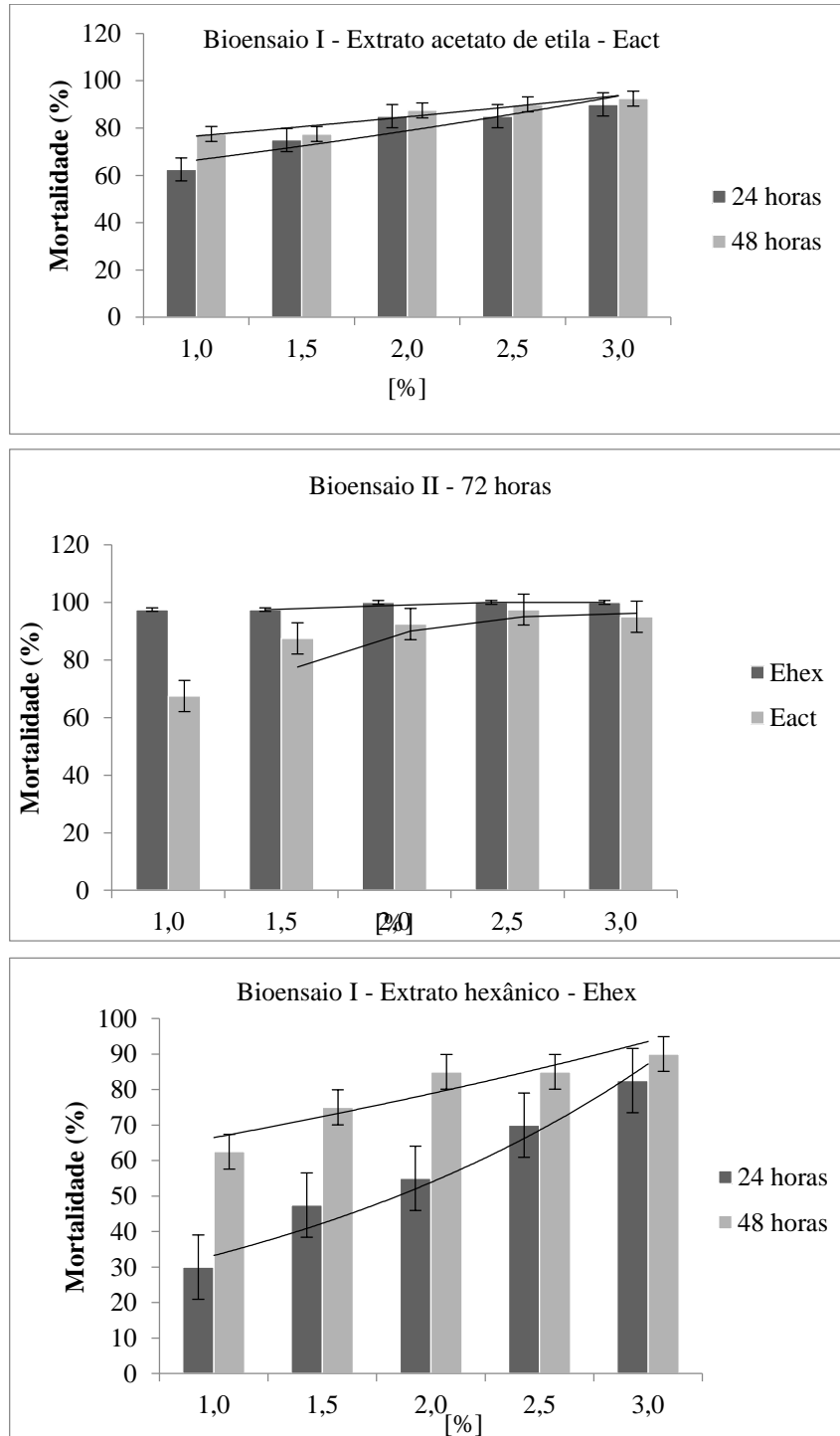


FIGURA 1 - Bioeficácia dos extratos hexânico (Ehex) e acetato de etila (Eact) sobre a mortalidade de *Sitophilus* spp. nos Bioensaios I e II.

Discussão

A baixa mortalidade do *Eaqu* pode estar associada a processos biológicos, como uma camada lipídica no exoesqueleto dos insetos, desta forma a solubilidade das substâncias orgânicas, uma vez que essas podem ser apolares ou fracamente polares e, portanto, lipossolúveis²⁵.

No entanto, extratos aquosos de *Azadirachta indica*, *Caralluma tuberculata*, *Allium sativum*, *Curcuma longa*, *Citrus colocynthis* e *Calotropis procera* foram usados para investigar a entomotoxicidade sobre *S. zeamais*, as plantas de *A. indica* e *C. longa* foram mais tóxicas, registraram, respectivamente, 95% e 91% de mortalidade na concentração de 3%; a mortalidade mínima de adultos foi registrada em *C. procera* (26%) na concentração de 3% após 21 dias em comparação com o controle (2%)²⁴. **Os dados obtidos para *C. sonderianus* *in natura*** nesta pesquisa, demonstraram que os metabólitos secundários ativos não são polares, mas apolares e polaridades intermediárias, reforçado pela bioeficácia dos extratos Ehex e Eact.

Estatisticamente, os extratos Ehex e Eact demonstraram bioeficácia sobre *Sitophilus* spp., ou seja, independentemente da concentração aplicada há mortalidade de insetos (**TABELA 1, 2 e 3; FIGURA 1**). Aproximando-se de resultados encontrados por Llanos, Arango e Giraldo¹⁸, com extrato hexânico de sementes de *Annona muricata* (Annonaceae) que apresentou mortalidades de 100% a partir de 48 horas. Para Richards³⁵, a eficácia do extrato hexânico deve-se à sua natureza extremamente lipofílica que a permite ultrapassar a proteção lipídica da cutícula do inseto.

Em outra pesquisa, o potencial bioinseticida de sementes de *Oxalis scabripes*, *Aframomum melegueta* e raiz de *Zingiber officinale* foram testados em condições de laboratório, o extrato de *A. melegueta* apresentou 88,35% de mortalidade do *S. zeamais* na concentração de 1,0%, dentro de 72 horas da aplicação²⁶, o percentual de mortalidade foi superior ao apresentado pelo Eact e inferior ao apresentado pelo Ehex, que foram,

respectivamente de 67,5 e 97,5%, considerando a mesma concentração.

No bioensaio II, tanto o extrato Eact como o Ehex atingiram taxas de mortalidade superiores a 90% na concentração de 3% (Tabela 3). O que se assemelha aos resultados de Musetti et al.²⁸ que verificou a toxicidade dos extratos acetônico e metanólico de frutos secos de *Piper nigrum* para adultos de *Sitophilus* spp. o qual apresentou efeito fagoinibidor superior a 95% nas mais elevadas concentrações (12% a 50%) e o extrato acetônico apresentou 100% de eficiência a 25% mostrando-se repelente aos insetos.

Em outro experimento, extratos obtidos dos frutos de *Dennettia tripetala* e *Capsicum frutescens* sobre *S. zeamais* demonstrou graus variados de atividades inseticidas, contudo, a mortalidade de 80% foi observada para a maior concentração, 30% (v/v) de *D. tripetala* analisado após 96 horas³. Considerando a concentração elevada, pode-se afirmar que os dados obtidos com *C. sonderianus*, nesta pesquisa, foram superiores, considerando as doses administradas. Análise semelhante observou-se nos bioensaios com as espécies vegetais *Psidium guajava* e *Cymbopogon citratus*, causou mortalidade aos *S. zeamais*, e o teste foram considerados dose dependente e os resultados mostraram que houve diferença significativa apenas na maior concentração (6 g) de *C. citratus*⁴.

Duas plantas indígenas, *Zingiber officinale* e *Plumbago zeylanica*, apresentaram mortalidade contra *S. zeamais*, com efeitos significativos, e a mortalidade aumentou à medida que os períodos de exposição aumentaram, demonstrando os componentes tóxicos exibiram algum nível de persistência⁶, o mesmo se observou para o Bioensaio II – 72 horas, sendo este mais eficiente do que os observados nas análises em 24 e 48 horas, no Bioensaio I.

Também, óleos essenciais das folhas das plantas *Hyptis suaveolens*, *Thuja orientalis*, *Cymbopogon citratus* e *Eucalyptus camaldulensis* foram obtidos pelo método de hidrodestilação. Os resultados obtidos na mortalidade de adultos de *S. zeamais* aumentam à medida que o tempo de exposição aumenta, mesmo na menor concentração. O

extrato de óleo de quatro plantas evocou 100% de mortalidade de *S. zeamais* adultos nas taxas de 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 e 1,0 mL/20g de grãos de milho após 72 horas de tratamento²⁷. Em outra pesquisa, a biotoxicidade de óleo essencial de *Croton pulegioidorus* sobre oito diferentes populações de *S. zeamais* demonstrou efeito fumigante, causando mortalidade em todas as populações, cujo menor CL₅₀ foi de 3,40 µL L⁻¹ de ar.

Exceto o Eaqu, observou-se, de modo geral, que o Ehex e Eact de *C. Sonderianus* apresentaram ampla atividade inseticida para *Sitophilus* spp. De acordo com Ribeiro e Vendramim³⁴, a mudança de comportamento dos insetos varia devido à concentração e à diversidade de substâncias extraídas da mesma planta e podem causar efeitos comportamentais diferentes para *Sitophilus* spp., dependendo do solvente utilizado, há mudanças significativas no perfil químico e, conseqüentemente, mudanças na sua bioatividade. Guimarães et al.¹⁶ afirma que extratos vegetais para o controle de *S. zeamais* são promissores, pois, além de serem naturais ao ambiente, são menos tóxicos, possuem decomposição mais rápida e são mais economicamente viáveis e sustentáveis, uma alternativa ecológica aos produtos químicos sintéticos.

Conclusões

Após avaliação da bioeficácia sobre insetos *Sitophilus* spp. de três diferentes extratos obtidos de *Croton sonderianus* Müll. Arg. com solvente polar (água) utilizando folhas *in natura* e solvente apolar (hexano) e polaridade intermediária (acetato de etila) com folhas secas e trituradas em condições de laboratório, constatou-se que o ensaio com extrato polar aquoso demonstrou inatividade e não houve diferenças estatísticas, considerando, ainda, que os tratamentos foram realizados com elevadas concentrações. Enquanto que, os extratos apolares (hexano) e de polaridade intermediária (acetato de etila) demonstraram bioeficácia com mortalidade superior a 90% na concentração de 3%, demonstrando uma correlação entre polaridade dos metabólitos secundários com a atividade bioinseticida.

Declaração de conflitos de interesses

Os autores do artigo afirmam que não houve nenhuma situação de conflito de interesse, tais como propostas de financiamento, emissão de pareceres, promoções ou participação em comitês consultivos ou diretivos, entre outras, que pudessem influenciar no desenvolvimento do trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão e a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA pelo suporte financeiro.

Referências

1. ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-266, 1925.
2. AGUILERA, M. Estudios de efectividad biológica con plagas de granos almacenados. In: BAUTISTA N.; DÍAZ, Y. O. Bases para realizar estudios de efectividad biológica de plaguicidas. **Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas**, p. 43-50, 2001.
3. AKINBULUMA, M. D; ADEPETUN, M. T.; YEYE, E. O. Insecticidal effects of ethanol extracts of *Capsicum Frutescens* and *Dennettia Tripetala* against *Sitophilus Zeamais* Motschulsky on stored maize. **International Journal of Research in Agriculture and Forestry**, v. 2, n. 11, p. 2394-5907, 2015.
4. AKUNNE, C. E; CHIMA, G. N.; ONONYE, B. U; OKAFOR, K. P. Comparative efficacy of *Cymbopogon citratus* and *Psidium* guajava powders as poison against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) in stored maize grains. **Open Science Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 2, n. 4, p. 41-44, 2015.
5. ASTUTI, L. P.; YAHYA, S. M.; HADI, M. S. Susceptibility of six corn varieties (*Zea mays* L.)

- to *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **International Journal of Plant Biology**, v. 10, n. 1, 2019.
6. BARAU, B.; ADAMS, A; ADELUSI, S. M.; DAN'AZIMI, M. S.; JIBIA, S. S.; UMAR, J. Bioefficacy of *Senna occidentalis* (L) leaves extract in the management of *Sitophilus Zeamais* (Mots) (Maize Weevil) in Sudan Savannah Ecological zone of Nigeria. **Canadian Journal of Agriculture and Crops**, v. 5, n. 1, p. 35-40, 2020.
7. BARRERA, C. A. C.; GÓMEZ, D. C.; CASTIBLANCO, F. A. Importancia medicinal del género *Croton* (Euphorbiaceae). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 21, n. 2, p. 234-247, 2016.
8. CANEPPELE, M.; CANEPPELE, C.; LÁZZARI, F. A.; LÁZZARI, A. M. Correlation between the infestation level of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) an the quality factors of stored corn, *Zea mays* L. (Poaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 4, p. 625-630, 2003.
9. CARUZO, M. B. R., VAN E. E, B.W., CORDEIRO, I., BERRY, P.E.; RIINA, R. Molecular phylogenetics and character evolution of the “sacaca” clade: novel relationships of *Croton* section *Cleodora* (Euphorbiaceae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 60, p. 193–206, 2011.
10. CARUZO, M. B. R.; CORDEIRO, I. Taxonomic revision of *Croton* section *Cleodora* (Euphorbiaceae). **Phytotaxa**, v. 121, n. 1, p. 1–41, 2013.
11. CRAVEIRO, A. A.; SILVEIRA, E. R.; BRAZ FILHO, R.; MASCARENHA I. P. Sonderianin, a furanoid diterpene from *Croton sonderianus*. **Phytochemistry**, v. 20, n. 4, p. 852-854, 1981.
12. CRAVEIRO, A. A.; SILVEIRA, C. E. Two cleistanthane type diterpenes from *Croton sonderianus*. **Phytochemistry**, v. 21, n. 10, p. 2571-2574, 1982.
13. FAZOLIN, M.; COSTA, C. R. da; DAMACENO, J. E. de O.; ALBUQUERQUE, E. S. de; CAVALCANTE, A. S. da S.; ESTRELA, J. L. V. Fumigação de milho para o controle do gorgulho utilizando caule de *Tanaecium nocturnum* (bignoniaceae). **Pesq. agropec. bras.**, v. 45, n. 1, p. 1-6, 2010.
14. GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, E. E.; GUEDES, N. M. P.; RIBEIRO, B.; SERRÃO, J. Cost and mitigation of insecticide resistance in the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Physiological Entomology**, v. 31, p. 30–38, 2006.
15. GUIMARÃES, L. A. C.; SECCO, R. S. As espécies de *Croton* L. sect. *Cyclostigma* Griseb. e *Croton* sect. *Luntia* (Raf.) G.L. Webster subsect. *Matourense* G.L. Webster (Euphorbiaceae S.S.) ocorrentes na Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, v. 40, p. 471–488, 2010.
16. GUIMARÃES, S. S.; POTRICH, M.; SILVA, E. R. L. da; WOLF, J. ; PEGORINI, C. S.; OLIVEIRA, T. M. de. Pepper extracts as a repellent, insecticide and anti-feeding activity on the maize weevil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 4, p. 322-328, 2014.
17. LARA, T. I. da C. de; GARCIA, S. D.; O impacto do uso dos agrotóxicos na saúde pública: revisão de literatura. **Saúde e Desenvolvimento Humano**, v. 8, n. 1, p. 85-96, 2020.
18. LLANOS, C. A. H.; ARANGO, D. L.; GIRALDO, M. C. Actividad insecticida de extractos de semilla de *Annona muricata* (Anonaceae) sobre *Sitophilus zeamais*

- (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 34, n. 1, p. 76-82, 2008.
19. LIMA JUNIOR, A. F. de; OLIVEIRA, I. P. de; ROSA, S. R. A. da; SILVA, A. J. da; MORAIS, M. M. de. Controle de pragas de grãos armazenados: uso e aplicação de fosfetos. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 5, n. 4, p. 180-194, 2012.
20. LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde debate**, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018.
21. LORINI, I. KRZYŻANOWSKI, F. C. NETO, J. HENNING, A. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. Circular técnica n. 73, Londrina: **Embrapa Soja**, Jan. 2010.
22. MACIEL, M. A. M.; CORTEZ, J. K. P. C.; GOMES, F. E. S. O gênero *Croton* e aspectos relevantes de diterpenos clerodanos. **Estado da Arte/State of the Art. Revista Fitos**, v. 2, n. 3, 2006.
23. MALCHER, G. T.; SANTOS, C. C.; LIMA, M. A. S.; SILVEIRA, E. R. Unidimensional NMR, very simple but important tool for plant populational studies: *Croton sonderianus* Muell. Arg. **Annals of Magnetic Resonance**, v. 3, n. 3, p. 99-101, 2004.
24. MAMOON-UR-RASHID, M.; RIAZ-UD-DIN; TARIQ, M.; KHAN, A. A.; KAKAR, M. Q. Entomocidal effectiveness of some indigenous botanicals' aqueous extracts against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae). **Pure and Applied Biology**, v. 9, n. 1, 2020.
25. MO, O e OC, O. Entomotoxicant potential of powders and oil extracts of three medicinal plants in the control of *Sitophilus zeamais* infesting stored maize. **Journal of Plant and Pest Science**, v. 2, n. 1, p. 08-17, 2015.
26. MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. de. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova**, v. 36, n. 8, p. 1248-1255, 2013.
27. MOSES, A.; OLONISAKIN, A.; ILEKE, K. Volatile oil composition and insecticidal activity of some local plants against *Sitophilus zeamais*. **American Journal of Essential Oils and Natural Products**, v. 7, n. 3, p. 01-07, 2019.
28. MUSETTI, L.; ALMEIDA, A. A. Avaliação da ação tóxica do extrato acetônico de pimentadoreino, *Piper nigrum*, sobre o caruncho-do-milho, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera-Curculionidae). In: **Congresso Brasileiro de Entomologia**. Recife, Pernambuco. 1991.
29. NIROUMAND, M. C.; FARZAEI, M. H.; KARIMPOUR-RAZKENARI, E. E.; AMIN, G.; KHANAVI, M.; AKBARZADEH, T.; SHAMS-ARDEKANI, M. R. An evidence-based review on medicinal plants used as insecticide and insect repellent in traditional **Iranian medicine. Iranian Red Crescent Medical Journal**, v. 18, n. 2, p. 223 - 231, 2016.
30. OLIVEIRA, M. S. S.; ROEL, A. R.; ARRUDA, E. J. MARQUES, A. S. Eficiência de produtos vegetais no controle da lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 326-331, 2007.
31. PERES F, OLIVEIRA-SILVA J. J., DELLA-ROSA H. V., LUCA S. R. **Desafios ao estudo da contaminação humana e ambiental por agrotóxicos**. Ciênc. Saúde Coletiva 2005; 10 (supl): 27-37.
32. PESCHIUTTA, M. L.; BRITO, V. D.; ACHIMÓN, F.; ZUMINO, M. P.; USSEGLIO,

- V. L.; ZYGADLO, J. A. New insecticide delivery method for the control of *Sitophilus zeamais* in stored maize. **Journal of Stored Products Research**, v. 83, p. 185-190, 2019.
33. PROCÓPIO, S. de O.; VENDRAMIM, J. D.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; SANTOS, J. B. dos. Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação ao *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1231-1236, 2003.
34. RIBEIRO, L. P.; VENDRAMIM, J. D. Effects of organic plant extracts on behavior of *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: curculionidae) adults. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 92, n. 2, p. 186 -197, 2017.
35. RICHARDS, A. G., “The chemistry of insect cuticle of the article”, in Rockstein, M. (Ed) Biochemistry of Insects, Academic Press, New York, U. S. A., 1978. P. 205-232. ROSELL, G.; QUERO C.; COLL, J. GUERRERO, A. Biorational insecticides in pest management. **Journal of Pesticide Science**, v. 33, n. 2, p. 103-121, 2008.
36. SALATINO, A.; SALATINO, M. L. F. NEGRI, G. Traditional uses, chemistry and pharmacology of *Croton* species (Euphorbiaceae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 18, n. 1, 2007.
37. SANTOS, J. P. Controle de pragas durante o armazenamento de milho. Embrapa Milho e Sorgo. **Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento**, Circular Técnica-84, 2006.
38. SECCO, R. S., CORDEIRO, I., SENNA-VALE, L., SALES, M. F., LIMA, L. R., MEDEIROS, D., HAIAD, B. S., OLIVEIRA, A. S., CARUZO, M. B. R., CARNEIRO-TORRES, D. S.; BIGIO, N. C. An overview of recent taxonomic studies on Euphorbiaceae S.L. in Brazil. **Rodriguésia**, v. 63, p. 227–242, 2012.
39. SILVA, G.; PIZARRO, D.; CASALS, P.; BERTI, M. Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 4, p. 383-388, 2003.
40. SILVA, C. P. da; RICCIB, T. G.; ARRUDA, A. L. de; PAGLIOSA, F. M.; MACEDO, M. L. R. Extratos vegetais de espécies de plantas do Cerrado Sul-Matogrossense com Potencial de Bioherbicida e Bioinseticida. **UNICIÊNCIAS**, v. 21, n. 1, p. 25-34, 2017.
41. SILVA, T. L. da; OLIVEIRA, C. R. F. de; MATOS, C. H. C.; BADJI, C. A.; MORATO, R. P. Leaf essential oil from *Croton pulegioidorus* Baill shows insectidal activity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, 2019.
42. SILVEIRA, E. R.; MCCHESENEY, J. D. 6,7-Oxygenated *neo*-clerodane furan diterpenes from *Croton sonderianus*. **Phytochemistry**, v. 36, n. 6, p. 1457-1463, 1994.
43. WALGENBACH, C. A.; BURKHOLDER, W. E.; CURTIS, M. J.; KHAN, Z. A. Laboratory Trapping Studies with *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 80, n. 4, p. 763–767, 1987.