

MANEJO DE INSETICIDAS PARA CONTROLE DE PRAGAS DO ALGODOEIRO E  
INTERAÇÃO COM ARTRÓPODES BENÉFICOS

por

DENNER MANTHAY POTIN

(Sob Orientação do Professor Jorge Braz Torres - UFRPE)

RESUMO

Artrópodes benéficos oferecem serviços relevantes para os agroecossistemas, entre eles, o controle biológico natural de pragas. Contudo, a comunidade de artrópodes edáficos é pouco conhecida nesses agroecossistemas, bem como a resposta desses aos inseticidas usados no controle de pragas. No agroecossistema algodoeiro, o controle de pragas é altamente dependente do uso de inseticidas sintéticos, o que pode afetar negativamente artrópodes benéficos, como por exemplo, a tesourinha predadora edáfica, *Euborellia annulipes* (Lucas), que contribui no controle de diferentes espécies praga, em especial de larvas e pupas do bicudo-do-algodoeiro, localizadas no interior de botões florais caídos ao solo. Assim, este trabalho objetivou avaliar o manejo de inseticidas, entre seletivos e não seletivos, sobre as comunidades de artrópodes benéficos do dossel e edáficos (i), e determinar o efeito de 12 inseticidas recomendados para o controle de pragas do algodoeiro, sobre a tesourinha, *E. annulipes* (ii), mediante bioensaios de contato residual, ingestão de presa contaminada e taxa de predação sobre presa e plantas pulverizadas. Abundância, riqueza, dominância de espécies, e curvas de resposta principal (PRC) foram empregadas para avaliar o impacto do manejo de inseticidas sobre as comunidades de predadores do dossel das plantas e artrópodes benéficos edáficos (predadores e outros não herbívoros). Houve

menor abundância de predadores e impacto sobre a comunidade de predadores do dossel, em 2018, no tratamento com inseticida não seletivo, com significativa contribuição das espécies de formigas e aranhas para esse resultado. Os resultados não mostraram efeito do manejo dos inseticidas sobre os predadores do dossel das plantas, em 2020, e para a comunidade epigeal, em 2018 e 2020. Em laboratório, entre os 12 inseticidas estudados, pimetrozina, clorantraniliprole e espinetoram foram seletivos, independente da forma de contato, população e idade do predador. Ciantraniliprole apresentou efeito dependente da idade do predador e forma de contato, enquanto o piriproxifem não matou tesourinhas adultas, mas impediu as ninfas de realizarem a muda para a fase adulta. Clorfenapir, indoxacarbe, lambda-cialotrina, clorpirifós, dimetoato e malationa foram tóxicos para o predador. Os resultados de campo revelaram a importância do manejo de inseticidas para o controle de pragas quando atingem o nível de controle, bem como diferenças no efeito sobre as comunidades de predadores do dossel e artrópodes benéficos edáficos, em função do número e época das aplicações dos inseticidas. Os resultados de laboratório revelaram que a seletividade varia em função da forma de contato, idade e comportamento do predador e do inseticida testado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle biológico, ecotoxicologia, artrópodes edáficos, seletividade de inseticidas, tesourinha.

INSECTICIDES MANAGEMENT FOR COTTON PEST CONTROL AND BENEFICIAL  
ARTHROPODS INTERACTION

by

DENNER MANTHAY POTIN

(Under the Direction of Professor Jorge Braz Torres - UFRPE)

ABSTRACT

Beneficial arthropods provide significant services for crop production, such as natural biological control of pest species. Despite that, there is a lack of data on the response of beneficial epigeal arthropod community to the insecticides used on the plant canopy, especially, in the cotton ecosystem, where pest control relies highly on the use of synthetic insecticides. For example, the epigeal predator earwig, *Euborellia annulipes* (Lucas), can contribute to the control of different cotton pest species, mainly preying upon larvae and pupae of boll weevil inside flower buds fallen to the ground. This work aimed to assess the impact of insecticide use on the beneficial arthropods from the plant canopy and epigeal community (i), and to study the impact of 12 selected insecticides, recommended for the control of cotton pest species, for the epigeal predator, *E. annulipes* (ii), through insecticide dried-residues, ingestion of contaminated prey, and predation rate under insecticides-treated prey and plant. Response of beneficial arthropod communities to the insecticides was assessed through principal response curves (PRC), abundance, richness, and dominance indices. The impact of non-selective insecticides was detected in 2018, through lower predator abundance, and change in the predator community from plant canopy with significant contribution of ants and spiders for the outcome. There was a lack of impact on the plant canopy predator community, in 2020, and on the epigeal community for both

seasons, 2018 and 2020. Across the 12 tested insecticides under laboratory conditions, pymetrozine, chlorantraniliprole, and spinetoram were of low impact to the predator regardless the population, developmental stage, and exposition routes. Cyantraniliprole exhibited impact depending on the predator age and exposition route; while, pyriproxyfen was harmless to the adults, but did not allow nymphs to molt to the adult stage. Chlorfenapyr, indoxacarb, lambda-cyhalothrin, chlorpyrifos, dimethoate, and malathion were harmful to the predator. The field data revealed the importance of insecticide application when the pest populations reach the economic threshold resulting in variable numbers and time of insecticide applications and, hence, showing a variable impact on communities of predator and beneficial arthropods from plant canopy and epigeal. The results from laboratory assays explain that the selectivity outcome varies as a function of predator contact with the insecticides, stage, and behavior of the predator and with the insecticide tested.

**KEY WORDS:** Biological control, ecotoxicology, epigeal arthropods, insecticide selectivity, earwig.

MANEJO DE INSETICIDAS PARA CONTROLE DE PRAGAS DO ALGODOEIRO E  
INTERAÇÃO COM ARTRÓPODES BENÉFICOS

Por

DENNER MANTHAY POTIN

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Entomologia.

RECIFE - PE

Maio – 2021

MANEJO DE INSETICIDAS PARA CONTROLE DE PRAGAS DO ALGODOEIRO E  
INTERAÇÃO COM ARTRÓPODES BENÉFICOS

Por

DENNER MANTHAY POTIN

Comitê de Orientação:

Jorge Braz Torres - UFRPE

Cristina Schetino Bastos – UNB

MANEJO DE INSETICIDAS PARA CONTROLE DE PRAGAS DO ALGODOEIRO E  
INTERAÇÃO COM ARTRÓPODES BENÉFICOS

Por

DENNER MANTHAY POTIN

**Banca Examinadora:**

Cristina Schetino Bastos – UFRPE

Gilberto Santos Andrade – UTFPR

Ivan Carlos Fernandes Martins – UFRA

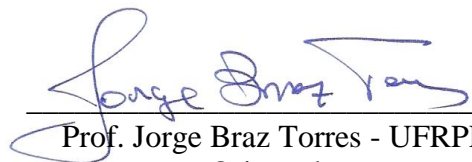
Jacinto de Luna Batista – UFPB

Jorge Braz Torres – UFRPE



---

Denner Manthay Potin  
Doutor em Entomologia



---

Prof. Jorge Braz Torres - UFRPE  
Orientador

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

P863m Potin, Denner Manthay  
Manejo de inseticidas para controle de pragas do algodoeiro e interação com artrópodes benéficos : Tese / Denner Manthay Potin. - 2021.  
122 f. : il.

Orientador: Jorge Braz Torres.  
Coorientadora: Cristina Schetino Bastos.  
Inclui referências.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, Recife, 2021.

1. Controle biológico. 2. Ecotoxicologia. 3. Artrópodes edáficos. 4. Seletividade de inseticidas. 5. Tesourinha. I. Torres, Jorge Braz, orient. II. Bastos, Cristina Schetino, coorient. III. Título

CDD 632.7

---



## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Darci Potin e Izaura Manthay Potin, as minhas irmãs Dariza Manthay Potin e Daienne Manthay Potin e a minha noiva Hallana de Souza Santos, dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que fez os céus e a terra, e que com sua misericórdia me sustentou até o fim desse ciclo.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA) que abriu as portas para que pudesse conquistar esse título.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro e suporte deste trabalho.

Aos meus pais, Darci Potin e Izaura Manthay Potin, por todo amor e carinho que sempre tiveram comigo e minhas irmãs, pelo esforço que fizeram para que eu pudesse estar concluindo essa fase, e por tudo que fazem por mim, sem o suporte de vocês eu não teria chegado tão longe.

As minhas irmãs Dariza Manthay Potin e Daienne Manthay Potin, por todo amor, carinho e companheirismo que tiveram durante toda nossa vida

À minha noiva Hallana de Souza Santos, pelo amor, apoio, incentivo e companheirismo que sempre teve comigo, mesmo à distância, sempre buscou estar presente nessa caminhada.

Ao meu orientador, amigo e às vezes pai adotivo Jorge Braz Torres por todo o suporte necessário, pelos ensinamentos, paciência, confiança, dedicação e profissionalismo.

A minha coorientadora Cristina Schetino Bastos pelo suporte e auxílio na concepção e confecção desta tese.

Aos Professores do PPGE pelos conhecimentos e experiências compartilhadas no decorrer do curso.

Aos Professores Antônio Domingos Brescovit pela identificação das aranhas, Ivan Martins pela identificação dos carabídeos, Jacques Delabie pela identificação das formigas e Paschoal C. Grossi pela identificação dos escaravelhos.

Ao Senhor Hermógeno pela disponibilidade da área de estudo, auxílio, e companhia durante as safras.

Ao professor Jacinto Batista e seu laboratório por ceder parte de sua população de tesourinha para desenvolvimento deste trabalho e ensinar que sem papel dupla folha, elas não gostam de fazer postura.

Aos amigos que fiz no Laboratório de Controle biológico, Anderson, Alessandra, Antônio, Augusto, Deivid, Ellen, Guilherme, Lucas, Luziani, Karol, Paulo, Renilson, Roberta e Rogério pela amizade, por ser minha família durante o período no laboratório, pelas diversas conversas que começava com algo dos experimentos e nunca sabíamos com qual assunto ia terminar. Pelos cafés, bolos, surpresas de aniversários, churrascos e pelos diversos momentos de descontração no laboratório que deixava tudo mais alegre.

Aos companheiros de idas ao campo, Anderson, Antônio e prof. Jorge pelas inúmeras histórias, pela companhia, pelos momentos de descontração sob o sol ou fugindo da chuva. Em especial ao prof. Jorge pelas diversas conversas e causos da roça e, que mesmo em meio a uma pandemia não mediu esforços para ir ao campo e possibilitar a condução do experimento.

Ao Anderson, Rogerio e demais do laboratório que cuidavam das minhas criações no final de cada ano para que eu pudesse passar o Natal e fim de ano com minha família.

Ao Paulo e Anderson que me auxiliaram nos experimentos em laboratório.

Aos amigos que fiz no Programa de Pós-graduação em Entomologia.

Ao *streamer* Gaules por suas lives, que em momentos difíceis dessa caminhada me traziam um pouco de alegria e animavam para continuar na trajetória.

## SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS .....	x
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO .....	1
Relevância do estudo.....	8
LITERATURA CITADA.....	10
2 COMUNIDADE DE ARTRÓPODES BENÉFICOS COM IMPORTÂNCIA PARA O CONTROLE DE PRAGAS DO ALGODOEIRO SOB MANEJO DE INSETICIDAS .....	16
RESUMO .....	17
ABSTRACT .....	18
INTRODUÇÃO .....	19
MATERIAL E MÉTODOS .....	22
RESULTADOS.....	30
DISCUSSÃO.....	38
AGRADECIMENTOS.....	44
LITERATURA CITADA.....	44
MATERIAL SUPLEMENTAR .....	60
3 SELETIVIDADE DE INSETICIDAS A UM PREDADOR CHAVE PARA O CONTROLE DE PRAGAS DO ALGODOEIRO MEDIADA POR MÚLTIPLOS FATORES .....	65

RESUMO .....	66
ABSTRACT .....	67
INTRODUÇÃO .....	68
MATERIAL E MÉTODOS .....	70
RESULTADOS .....	77
DISCUSSÃO.....	83
AGRADECIMENTOS.....	92
LITERATURA CITADA.....	92
MATERIAL SUPLEMENTAR .....	107
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	109

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L., Malvaceae) tem se destacado como uma das mais importantes culturas para o Brasil. A cultura possui relevância socioeconômica pela mão de obra empregada e diversidade de produtos sendo a pluma e o caroço, os produtos direto de seu cultivo, mas também, o óleo de algodão, o linter, o papel-moeda, dentre outros, produtos indiretos do seu cultivo. O Brasil é o segundo maior exportador e o quarto maior produtor mundial de algodão, sendo os Estados Unidos, Índia e China os três maiores produtores mundiais (ICAC 2021).

Segundo dados da CONAB (2021) a produção brasileira na safra 2019/2020 foi de 3.001.600 toneladas de algodão em pluma, apresentando um aumento de 8% em relação à safra anterior. A região Centro-Oeste é a principal produtora, com destaque para o estado do Mato Grosso, que contribui com mais de 70% da área plantada. Para a safra 2020/2021 houve uma redução de 15,2% da área plantada com estimativa de redução de 17% na produção quando comparada à safra de 2019/2020, tendo como justificativa a baixa demanda de mercado devido à pandemia do COVID-19 (CONAB 2021), bem como a valorização mercadológica das culturas do milho e da soja, as quais compartilham a área de cultivo com o algodão. Na região Nordeste, com exceção da Bahia, o segundo estado maior produtor do país, o algodoeiro é explorado em pequena escala por pequenos produtores, normalmente em cultivos de base familiar e seguindo os moldes agroecológicos ou restritivos no emprego de insumos sintéticos (Silva, Alves & Wanderley Jr. 2009).

O algodoeiro é citado como hospedeiro de 300 a 600 espécies de artrópodes (Whitcomb & Bell 1964, Sujii *et al.* 2006). Dessas espécies, Silvie *et al* (2013), cita que cerca de 58 espécies podem ocasionar perdas significativas de produtividade, assumindo assim a condição de praga da

cultura. Dentre os insetos, destacam-se espécies sugadoras de ocorrência predominantemente na fase inicial da cultura tais como os pulgões (*Aphis gossypii* Glover), a mosca-branca (*Bemisia tabaci* Gen.) e os tripes (*Thrips tabaci* Lind. e *Frankliniella* sp.), embora possam infestar as plantas durante todo o seu desenvolvimento. Posteriormente, durante o pleno desenvolvimento vegetativo predomina-se o complexo de lagartas desfolhadoras [*Alabama argillaceae* (Hübner), *Chrysodeixis includens* (Walker) e *Spodoptera* spp.] e os ácaros rajado (*Tetranychus urticae* Koch), o ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus* Banks) e os ácaros vermelhos (*Tetranychus gloveri* Banks e *Tetranychus ludeni* Zacher). Nas fases de produção das estruturas reprodutivas [*Chloridea* (= *Heliothis*) *virescens* (Fabr.); *Helicoverpa* spp. e *Spodoptera* spp.], e por fim, aquelas associadas às estruturas reprodutivas que iniciam as infestações na fase de produção de botões florais, tais como o bicudo-do-algodoeiro [*Anthonomus grandis grandis* (Boh.)], e na fase de produção das maçãs tais como a lagarta-rosada [*Pectinophora gossypiella* (Saunders)] e os percevejos [(*Horcias nobilellus* (Berg); *Diceraeus* sp., *Dysdercus* sp., *Nezara viridula* (L.), *Piezodorus guildinii* (West.), *Leptoglossus zonatus* (Dallas) e *Euschistus heros* (Fabr.)] (Souza & Amaral-Filho 1999, Miranda 2010, Torres *et al.* 2015, Bélot *et al.* 2016).

Devido a esta rica entomofauna, atualmente no Brasil, para o controle das pragas do algodoeiro via controle curativo, são registrados 458 produtos disponíveis de diferentes marcas comerciais distribuídas em 68 ingredientes ativos (AGROFIT 2021). Entre os ingredientes ativos mais utilizados estão inseticidas dos grupos dos organofosforados, piretróides, neonicotinóides, carbamatos e pirazóis, sendo todos considerados de amplo espectro e alta toxicidade. Inseticidas de amplo espectro são caracterizados por serem tóxicos para uma grande diversidade de espécies, ocasionando a morte ou efeitos deletérios aos artrópodes alvo e não alvo (Fragoso *et al.* 2002); enquanto os inseticidas de menor espectro, também, denominados de baixo risco, baixo impacto ou seletivos, são aqueles específicos para uma espécie ou determinado grupo de espécies de pragas,

que pelo modo de ação, são mais tóxicos para uma espécie ou para um grupo de espécies do que para outros (Winteringham 1969). O uso de inseticidas de amplo espectro é um dos fatores que dificulta o manejo integrado de pragas (MIP) na cultura do algodão, devido ao alto impacto sobre a entomofauna benéfica, retardando a recolonização de inimigos naturais nas áreas tratadas (Cruz *et al.* 1995, Carvalho *et al.* 2003, Machado *et al.* 2019). Assim, a busca por inseticidas que sejam eficientes e que causem menor impacto sobre insetos benéficos é recomendada (Ulhôa *et al.* 2002, Carvalho *et al.* 2003).

A ocorrência de uma praga em uma lavoura pode ser determinada pela combinação de vários fatores, incluindo o clima, o manejo adotado na lavoura, o manejo de pragas, a suscetibilidade da espécie ou variedade cultivada, dentre outros. Contudo, a suscetibilidade da planta de algodão é preponderante, pois várias espécies de pragas estão associadas à sua fenologia, particularmente devido à grande produção das estruturas reprodutivas e por um longo período de tempo (Bastos *et al.* 2008). Em relação ao ciclo de crescimento, as cultivares de algodão herbáceo podem ser classificadas como precoces (cerca de 130 dias), de ciclo médio (140-160 dias) e tardio (acima de 170 dias) (Fuzatto 1999). Entretanto, em média, o ciclo do algodoeiro requer entre 150 a 180 dias do plantio até a colheita, para a maioria das cultivares (Doorenbos & Kassam 2000). Considerando a temperatura e a cultivar, a planta de algodão leva de 50 a 85 dias do plantio até a produção dos primeiros botões florais, mais 25 a 30 dias para formação de flores e 50 a 60 dias a mais para abrir as flores e amadurecer as maçãs (Beltrão *et al.* 2011). Assim, a grande relevância da maioria das pragas do algodoeiro é em decorrência desta fenologia e a tomada de decisão de controle das pragas e subsequente pulverização com inseticidas estão relacionadas a esta fenologia.

A escolha dos inseticidas é determinada pela espécie da praga, mas também está relacionada à fenologia do algodoeiro e à possibilidade de que ocorram infestações futuras de pragas nos estágios subsequentes (Silvie *et al.* 2013). Assim, o manejo de inseticidas deve considerar não



somente a espécie de praga alvo, no momento da tomada de decisão de controle, como também as espécies benéficas e as demais espécies de pragas, que podem vir a incidir na lavoura. Desta maneira, o manejo de inseticidas pode ter como alvo três fases da cultura: antes da produção das estruturas reprodutivas, durante a fase de produção de estruturas reprodutivas e a fase final do ciclo da cultura.

Na fase inicial, predominam as pragas que ocasionam injúrias indiretas, quando se pode tolerar determinada quantidade de injúrias decorrentes dos sugadores não transmissores de viroses e das espécies desfolhadoras. Para as principais pragas desta fase, existem opções de recomendação de inseticidas de baixo impacto ou seletivos e a decisão poderá trazer benefícios para o manejo de pragas durante toda a safra (Crosariol Netto *et al.* 2014, Torres & Bueno 2018). Em seguida, visando à proteção das estruturas reprodutivas, a disponibilidade de inseticidas de baixo ou amplo espectro para a escolha dependerá da espécie-praga que está prevalecendo na lavoura. Caso haja infestações com lagartas, existem várias opções de inseticidas de baixo impacto para recomendação, porém, se já houver incidência de múltiplas espécies simultaneamente ou do bicudo-do-algodoeiro, esta opção é reduzida e inicia-se então o uso de inseticidas de amplo espectro, culminando em grande impacto para os inimigos naturais.

Na fase final, que difere da fase anterior, predomina a incidência de pragas sobre as estruturas reprodutivas que, conseqüentemente, irão impactar diretamente a produtividade. Nesta fase, existe maior disponibilidade de maçãs em formação, que podem sofrer perdas por ataque do bicudo-do-algodoeiro, lagartas das maçãs e percevejos. Para essas pragas, entre os 68 ingredientes ativos, apenas uma parte deles é utilizada, e desses, apenas os inseticidas de amplo espectro são recomendados para o manejo do bicudo-do-algodoeiro e dos percevejos (AGROFIT 2021). Desta forma, em um manejo planejado esses inseticidas de amplo espectro somente deveriam ser utilizados ou reservados para uso nesta fase final da lavoura devido à ausência de inseticidas de

menor espectro ou que atuem exclusivamente sobre o bicudo e/ou sobre os percevejos que infestam o algodoeiro (Fig. 1 e Fig. 1S). Adicionalmente, vale salientar que inseticidas a base de fenilpirazol e os neonicotinóides, somente devem ser aplicados, via pulverização, na fase final da lavoura, após o florescimento, visando minimizar o impacto sobre as abelhas (IN 1, 28Dec2012, SDA/MAPA).

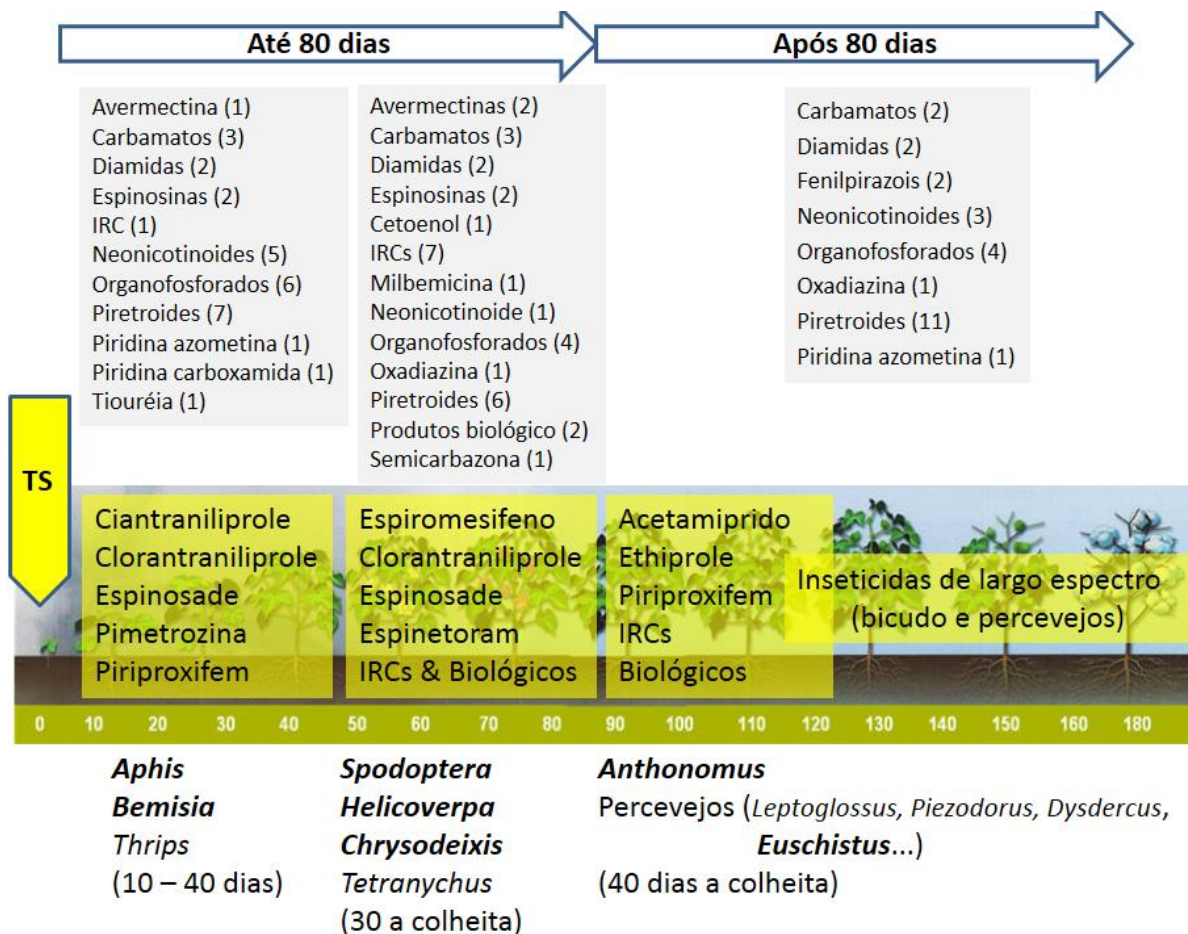


Figura 1. Exemplos de inseticidas disponíveis e recomendados em função da fenologia do algodoeiro até a infestação com o bicudo-do-algodoeiro. TS – Tratamento de Sementes; IRC – Inseticidas Reguladores de Crescimento. Fonte: [www.kleffmann.com](http://www.kleffmann.com), [www.agrofit.agricultura.gov.br](http://www.agrofit.agricultura.gov.br), Spark (2013), Papa & Celoto (2015).

O bicudo-do-algodoeiro, *A. grandis grandis*, é considerado a praga-chave mais importante do algodoeiro no Brasil (Degrande 2002, Bélot *et al.* 2016). Desde meados da década de 80, quando houve o primeiro relato de sua ocorrência no Brasil (Barbosa *et al.* 1983, Silvie *et al.* 2001), o bicudo-do-algodoeiro vem sendo o principal problema entomológico para a cultura (Praça 2007, Azambuja & Degrande 2014). A redução na produção é decorrente do comportamento alimentar e reprodutivo dependente das estruturas reprodutivas (botões e maçãs). Devido à alimentação e oviposição, com subsequente desenvolvimento das fases de larva e pupa, ocorre queda dos botões florais e abertura irregular dos capulhos (Bastos *et al.* 2005, Showler 2012, Azambuja & Degrande 2015). Em razão do ataque do bicudo-do-algodoeiro, áreas de cultivo comercial em Mato Grosso e Bahia registraram perdas de até 95% quando não ocorreu o manejo (Bélot *et al.* 2016). Em áreas cultivadas com algodoeiro herbáceo na Paraíba e o no Semiárido de Pernambuco, as perdas variaram de 54 a 87% (Almeida *et al.* 2008).

A alimentação e oviposição ocorre preferencialmente em botões acima de 6 mm de diâmetro, mas também pode ocorrer em maçãs em desenvolvimento, na ausência de botões florais (Dias *et al.* 2004, Neves *et al.* 2013). Assim, o desenvolvimento da larva e da pupa ocorre no interior dessas estruturas, sendo que após 5 a 9 dias os botões florais infestados sofrem abscisão e as larvas e pupas completam o desenvolvimento em seu interior (Santos 2002, Busoli & Michelotto 2005, Silva 2012). O fato das fases imaturas da praga permanecerem protegidas no interior das estruturas reprodutivas, favorece a alta sobrevivência da praga (Busoli *et al.* 1994), o que resulta em rápido crescimento populacional.

Contudo, as larvas e pupas localizadas no interior dos botões florais atacados e caídos ao solo podem sofrer predação por insetos edáficos tais como formigas, tesourinhas, dentre outras espécies. De fato, formigas como a lava-pé são consideradas fator chave de mortalidade dessas fases do bicudo-do-algodoeiro, atacando larvas e pupas (Fillman & Sterling 1983, Fernandes *et al.* 1994,

Ramalho & Wanderley 1996). Além das formigas, as tesourinhas também são importantes predadores de larvas e pupas do bicudo-do-algodoeiro, e dentre as espécies mais relevantes, destaca-se a *Euborellia annulipes* (Lucas) (Lemos *et al.* 1998, Lemos *et al.* 1999, Barros *et al.* 2018). Além disso, *E. annulipes* é um importante predador de uma ampla gama de pragas, dentre elas, os pulgões, *Aphis gossypii* (Glover) (Fernandes *et al.* 2013, Barros *et al.* 2018), *Hyadaphis foeniculi* (Silva *et al.* 2010a, 2010b) e *Brevicoryne brassicae* (L.) (Oliveira *et al.* 2019), lagartas em ínstares iniciais de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Silva *et al.* 2009), *Diatraea saccharalis* (F.) (Negm & Hensley 1969), *Plutella xylostella* (L.) (Nunes *et al.* 2019, Farias *et al.* 2021) e de larvas de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Koppenhöfer *et al.* 1992). Tesourinhas são insetos de hábito noturno permanecendo, assim, em partes protegidas das plantas ou no solo durante o dia. No caso de *E. annulipes* que nidificam no solo, as presas mais atacadas são aquelas que se encontram no seu habitat, apesar de também serem capazes de localizar suas presas no dossel da planta durante a noite (Klostermeyer 1942, Bharadwaj 1966).

Com o intuito de diminuir as perdas provocadas por pragas do algodoeiro, a adoção dos diferentes métodos de controle é essencial. Dentre os métodos de controle empregados para o manejo do bicudo-do-algodoeiro, destaca-se o controle cultural, legislativo, comportamental, conservação de agentes de controle biológico e químico (Barbosa *et al.* 1986). Todos esses métodos possuem impacto na população do bicudo-do-algodoeiro, de forma a prevenir as infestações e o aumento populacional. Contudo, quando a praga está presente na lavoura, predomina o uso do controle químico como método de redução populacional. Porém, o uso excessivo ou de forma inadequada do controle químico pode causar diversos problemas, como a contaminação ambiental, eliminação dos inimigos naturais, erupção de pragas secundárias, ressurgência de pragas e aumento da pressão de seleção para resistência aos inseticidas (Ware 1980).

O manejo da utilização de inseticidas mediante recomendação de inseticidas específicos, também considerados seletivos ou de baixo risco, apresenta-se como alternativa ao problema apresentado. Inseticidas de baixo impacto ou seletivos podem ser definidos como sendo aqueles que apresentam baixa toxicidade para mamíferos e organismos não-alvo, apresentam baixo potencial de seleção de pragas resistentes e compatibilidade com as demais táticas do MIP, além de baixo potencial de contaminação das águas subterrâneas (Soares & Busoli 2000, Degrande *et al.* 2002, EPA 2014). Esses inseticidas de baixo impacto, quando específicos, são citados como produtos que proporcionam uma recolonização mais rápida da área por inimigos naturais e um apresentam menor impacto sobre artrópodes benéficos. Estudos que demonstrem tal afirmação são escassos, principalmente no agroecossistema algodoeiro (Naranjo *et al.* 2004, Naranjo *et al.* 2009, Machado *et al.* 2019, Bordini *et al.* 2021). Assim, pesquisas são necessárias para demonstrar, a campo, os benefícios provenientes da utilização de inseticidas que sejam, ao mesmo tempo, de baixo impacto ambiental, que controlem a praga-alvo efetivamente e que facilitem a recolonização da área por inimigos naturais com um menor impacto sobre os artrópodes benéficos que compartilham o ambiente de cultivo.

### **Relevância do estudo**

A cotonicultura brasileira tem sofrido com os altos custos de produção, em grande parte, devido aos gastos com o controle das pragas. Para o bicudo-do-algodoeiro, uma das pragas-chave da cultura, é estimado um gasto de U\$389.89/ha, somente com o seu manejo, sem considerar as perdas ocasionadas por seu ataque, estimadas em média como sendo da ordem de 5,7@ de pluma ha<sup>-1</sup> (Bélot *et al.* 2016). Colocando a estimativa de área plantada na safra 2020/21 de, aproximadamente, 1.413.100 hectares (CONAB 2021), a perda acumulada seria de 8.054.620@ de pluma/ano<sup>-1</sup>, o que equivaleria a 244,7 milhões de dólares. Tendo por base os custos com o

controle e as perdas ocasionadas pelo ataque de pragas, apenas o bicudo-do-algodoeiro causaria uma perda à cotonicultura brasileira na safra 2020/21 de, aproximadamente, 551 milhões de dólares, sem considerar as perdas ocasionadas pelas demais pragas.

Uma das formas mais eficazes de reduzir os custos e assegurar economia dos dispêndios para o controle é a utilização conjunta (integrada) dos métodos de controle de pragas de cunho preventivo, terapêutico e curativo reduzindo a necessidade de intervenção via controle químico e, conseqüentemente, o número de aplicações de inseticidas. O gasto com inseticidas é a variável que mais onera a produção, e não resulta em aumento de produtividade (Papa & Celoto 2015). Assim, o uso conjunto de táticas de controle pode reduzir custos e causar menor impacto ambiental (Carvalho *et al.* 2001). Contudo, para o uso conjunto das táticas de controle é necessário que elas não sejam incompatíveis de modo a não haver interferência negativa de uma sobre a outra. Os controles químico e biológico são na maioria das vezes incompatíveis, sendo necessário conhecimento para a utilização conjunta de forma harmônica. Uma alternativa é a utilização de inseticidas de baixo impacto aos insetos benéficos, tais como os inimigos naturais das pragas do algodoeiro, visando a sua manutenção na área, bem como permitindo a colonização nas fases fenológicas subsequentes. Apesar de existirem inseticidas considerados de baixo impacto para a cultura do algodoeiro, estudos a campo que comprovem esse fato são escassos (Machado *et al.* 2018, Bordini *et al.* 2021).

Diante do exposto, a proposta deste estudo foi demonstrar, em campo, que a utilização de inseticidas considerados seletivos, possibilita um controle efetivo das pragas, com um menor impacto sobre os artrópodes benéficos, os quais poderão auxiliar no controle das pragas. Além disso, demonstrar que, dentre as opções de inseticidas recomendados para uso em pulverização do algodoeiro, existem inseticidas de menor toxicidade para os inimigos naturais. Para tal, empregou-se como modelo uma espécie de predador da principal praga da cultura, a tesourinha *E. annulipes*,

predador de larvas e pupas do bicudo-do-algodoeiro. A partir dos resultados gerados, bem como de outros resultados acumulados em relação a outras espécies benéficas, poder-se-á realizar uma recomendação de manejo de inseticidas que sejam mais adequados para comporem o MIP do algodoeiro.

### Literatura Citada

- AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários) 2021.** Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/!ap\\_ingrediente\\_ativo\\_rep\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/!ap_ingrediente_ativo_rep_cons)>. Acessado em 12/03/2021.
- Almeida, R.P., C.A.D. Silva & F.S. Ramalho. 2008.** Manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil, p. 1035-1098. In N.E.M. Beltrão & D.M.P. Azevedo (eds.), O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa, 1309p.
- Azambuja, R. & P.E. Degrande. 2014.** Thirty years of cotton boll weevil in Brazil. Arq. Inst. Biol. 1: 1–34.
- Azambuja, R. & P.E. Degrande. 2015.** Biologia e ecologia do bicudo-do-algodoeiro no Brasil, p 45–57. In J.L. Bélot (eds.), O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle. Cuiabá: Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão, 254p.
- Barbosa, S., M.J. Lukefahr & R. Braga-Sobrinho. 1986.** O bicudo do algodoeiro. Brasília: EMBRAPA-DDT, 314p.
- Barbosa, S., R. Braga-Sobrinho, M.J. Lukefahr & O.G. Bengola. 1983.** Relatório sobre ocorrência do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, “Boll Weevil” no Brasil e recomendações para sua erradicação. Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 12p. (Documentos, 21).
- Barros, E.M., C.S.A. Silva-Torres, J.B. Torres & G.G. Rolim. 2018.** Short-term toxicity of insecticides residues to key predators and parasitoids for pest management in cotton. Phytoparasitica 46: 391–404.
- Bastos, C.S., F.A. Suinaga, R.M. Vieira & E.F. LIMA. 2008.** Resistência do algodoeiro a artrópodes-praga. p. 355–411. In: Beltrão, N.E.M. & D.M.P. AZEVEDO. (eds.). O agronegócio do algodão no Brasil, 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 572p.
- Bastos, C.S., M.J.B. Pereira, E.K. Takizawa & V.R. Aquino. 2005.** Bicudo do algodoeiro: identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Campina Grande: Embrapa Algodão, 31p. (Circular técnica, 79).

- Bélot, J.L., E.M. Barros & J.E. Miranda. 2016.** Riscos e oportunidades: O bicudo-do-algodoeiro, p. 77–118. In AMPA (eds.), *Desafios do cerrado*. Cuiabá: Associação Matogrossense dos Produtores de Algodão, 283p.
- Beltrão, N.E.M., M.I.P. Oliveira, S.P. de Sousa-Júnior, G.G. de Brito & G. D. Cardoso. 2011.** Ecofisiologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.), p. 65–124. In N.E.M. Beltrão & M.I.P. Oliveira (eds.), *Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011p.
- Bharadwaj, R.K. 1966.** Observations on the Bionomics of *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Labiduridae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 59: 441–450.
- Bordini, I., P.C. Ellsworth, S.E. Naranjo & A. Fournier. 2021.** Novel insecticides and generalist predators support conservation biological control in cotton. *Biol. Control.* 154: 104502.
- Busoli, A.C. & M.D. Michelotto. 2005.** Comportamento do bicudo: fechando o cerco. *Cult. Grandes Cult.* 72:18–22.
- Busoli, A.C., J.J. Soares & F.M. Lara. 1994.** O bicudo do algodoeiro e seu manejo. Jaboticabal: FUNEP, 32p. (FUNEP. Boletim, 5).
- Carvalho, G.A., D. Bezerra, B. Souza & C. F. Carvalho. 2003.** Efeitos de Inseticidas Usados na Cultura do Algodoeiro Sobre *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) Neotrop. *Entomol.* 32: 699–706.
- Carvalho, G.A., J.R.P. Parra & G.C. Batista. 2001.** Seletividade de alguns produtos fitossanitários a duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ciê. Agrotec.* 25: 583–591.
- CONAB (Companhia Nacional De Abastecimento). 2021.** Acompanhamento de safra brasileira de grãos: Sétimo levantamento, abril 2021 – safra 2020/2021. Brasília, 116p.
- Crosariol Netto, J., P.E. Degrande & E.P. Melo. 2014.** Seletividade de inseticidas e acaricidas aos inimigos naturais na cultura do algodão. Cuiabá, IMAmt, 4p. (Circular Técnica 14).
- Cruz, I., J.M. Waquil, P.A. Viana & F.H. Valicente. 1995.** Pragas: Diagnóstico e controle. In *Arquivo do Agrônomo. Seja o doutor do seu milho*. Potafós 1: 9–21.
- Degrande, P.E. 2002.** Manejo de praga em algodão. *Rev. Cult.* 42: 14–16.
- Dias, S.C., M.C.M. Silva Neto, O.B. Oliveira, C.P. Magalhães, F.R. Teixeira, O.L. Franco, E.L.Z. Filgueira, R.A. Laumann, F. Mello & M.F.G. Sá. 2004.** Functional expression of A a-amylase/trypsin inhibitor domain from rye and its potential use in the control of cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*). In XX Congresso Brasileiro de Entomologia, Gramado, RS. 261 p.



- Doorenbos, J. & A. H. Kassam. 2000.** Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 306p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- EPA - Environmental Protection Agency USA 2014.** Pesticides: Regulating Pesticides. Washington, DC, US: US EPA. Disponível em: <<http://www.epa.gov/opprd001/workplan/reducedrisk.html>>. Acessado em: 01 setembro de 2017.
- Farias, E.S., R.C. Santos, D.G. Carmo, J.R.S. Soares, T.L. Costa, A.A. Santos & M.C. Picanço. 2021.** Life tables for the diamondback moth (*Plutella xylostella*) in southeast Brazil indicate ants and spiders as leading mortality factors. *Ann Appl Biol.* 178: 498–507.
- Fernandes, F.S., A.P.B. Battel, V.W. Botteon & A.C. Wesley. 2013.** Comportamento predatório de *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae) sob mediação de *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae), p. 52. In XIII Simpósio de Controle Biológico. Anais do 13º Simpósio de Controle Biológico, Bonito.
- Fernandes, W.D., P.S. Oliveira, S.L. Carvalho & M.E.M. Habib. 1994.** *Pheidole* ants as potential biological control agents of the boll weevil, *Anthonomus grandis* (Col., Curculionidae), in Southeast Brazil. *J. Appl. Entomol.* 11: 437–441.
- Fillman, D.A. & W.L. Sterling. 1983.** Killing power of the red imported fire ant (Hym.: Formicidae): a key predator of the boll weevil [Col.: Curculionidae]. *Entomophaga* 28: 339–344.
- Fragoso, D.B., P. Jusselino Filho, A. Pallini Filho & C.A. Badji. 2002.** Ação de inseticidas organofosforados utilizados no controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) sobre o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *Neotrop. Entomol.* 31: 463–467.
- Fuzatto, M.G. 1999.** Melhoramento genético do algodoeiro, p. 15–34. In Cia, E., E.C. Freire & W.J. Santos (eds.), *Cultura do algodoeiro*. Piracicaba: Potáfos, 286p.
- ICAC. 2021.** Source of cotton statistic. Disponível em: < <https://www.icac.org/>>. Acesso em 29/04/2021.
- Klostermeyer, E.C. 1942.** The life history and habits of the ringlegged earwig, *Euborellia Annulipes* (Lucas) (Order Dermaptera). *J. Kansas Entomol. Soc.* 15: 13–18.
- Koppenhöfer, A.M., K.V.S. Reddy, G. Madel & M.C. Lubega, 1992.** Predators of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Col., Curculionidae) in western Kenya. *J. Appl. Entomol.* 114: 530–533.
- Lemos, W.P., R.S. Medeiros, & F.S. Ramalho. 1998.** Influência da temperatura no desenvolvimento de *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae), predador do bicudo-do-algodoeiro. *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 67–76.

- Lemos, W.P., R.S. Medeiros, & F.S. Ramalho. 1999.** Exigências térmicas de *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera, Anisolabididae) e sua relação com a presa: bicudo-do-algodoeiro. Rev. Bras. Entomol. 43: 61–68.
- Machado, A.V.A., D.M. Potin, J.B. Torres & C.S.A. Silva Torres. 2019.** Selective insecticides secure natural enemies action in cotton pest management. Ecotoxicol. Environ. Saf. 184: 1–9.
- Miranda, J.E. 2010.** Manejo Integrado de Pragas do Algodoeiro no Cerrado Brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 37p. (Circular técnica 131).
- Naranjo, S.E. & P.C. Ellsworth. 2009.** The contribution of conservation biological control to integrated control of *Bemisia tabaci* in cotton. Biol. Control 51: 458–470.
- Naranjo, S.E., P.C. Ellsworth & J.R. Hagler. 2004.** Conservation of natural enemies in cotton: Role of insect growth regulators in management of *Bemisia tabaci*. Biol. Control. 30: 52–72.
- Negm A.A. & S.D. Hensley. 1969.** Evaluation of certain biological control agents of the sugarcane borer in Louisiana. J. Econ. Entomol. 62: 1008–1013.
- Neves, R.C.S., A.T. Showler, E.S. Pinto, C.S. Bastos & J.B. Torres. 2013.** Reducing boll weevil populations by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. Entomol. Exp. Appl. 146: 276–285.
- Nunes, G.S. T.A.V. Dantas, M.S. Souza, I.N. Nascimento, J.L. Batista & J.B. Malaquias. 2019.** Life stage and population density of *Plutella xylostella* affect the predation behavior of *Euborellia annulipes*. Entomol. Exp. Appl. 167: 544–552.
- Oliveira, L.V.Q., R. Oliveira, J.L. Nascimento Júnior, I.T.A. Silva, V.O. Barbosa & J.L. Batista. 2019.** Capacidade de busca da tesourinha *Euborellia annulipes* sobre o pulgão *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). Rev. Pesqu. Agropec. 2: 3–10.
- Papa, G. & Celoto, F.J. 2015.** Controle químico do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843), p.143–153. In J.L. Bélot (ed.), O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmt, 254p.
- Praça, L. B. 2007.** *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 23p. (Documento 216).
- Ramalho, F.S. & P.A. Wanderley. 1996** Ecology and management of the boll weevil in South America cotton. Am. Entomol. 42: 41–47.
- Santos, R.C., R.G. Monnerat, M.F.G. Sá, C.M.T. Cordeiro, A.C. Gomes & E.S. Gander. 2002.** Cholesterol oxidase interference on the emergence and viability of cotton boll weevil larvae. Pesqu. Agropec. Bras. 37: 1525–1530.

- Showler, A.T. 2012.** The conundrum of chemical boll weevil control in subtropical regions, p. 437–448. In F. Parveen (ed.), *Insecticides-pest engineering*. Croatia: Tech Europe, 538p.
- Silva, A.B.; J.L. Batista & C.H. Brito. 2009.** Capacidade predatória de *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). *Acta Sci. Agron.* 31: 7–11.
- Silva, A.B.; J.L. Batista & C.H. Brito. 2010a.** Aspectos biológicos de *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae) alimentada com o pulgão *Hyadaphis foeniculi* (Hemiptera: Aphididae). *Rev. Caatinga*.23: 21–27.
- Silva, A.B.; J.L. Batista & C.H. Brito. 2010b.** Capacidade predatória de *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae) sobre *Hyadaphis foeniculi* (Hemiptera: Aphididae). *Rev. Biol. e Ciênc. da Terra.* 10: 1–8.
- Silva, C.A. 2012.** Supressão do bicudo em algodoeiro. *Cult. Grand. Cult.* 154: 8–9.
- Silva, M.N.B., G.S. Alves & J.S.A. Wanderley Jr. 2009.** Manejo cultural agroecológico no semiárido brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão. 10p. (Circular Técnica, 126).
- Silvie, P., T. Leroy, B. Michel & J-P. Bournier. 2001.** Manual de identificação dos inimigos naturais no cultivo de algodão. Cascavel: COODETEC/CIRAD-CA,74p. (Boletim técnico 35).
- Silvie, P.J., D. Thomazoni, M.F. Soria, P.E. Saran & J.L. Bélot. 2013.** Pragas e seus danos em algodoeiro. Primavera do Leste, Instituto Mato-grossense do Algodão. 184p.
- Soares, J.J. & A.C. Busoli. 2000.** Efeito de inseticidas em insetos predadores em culturas de algodão. *Pesqu. Agropec. Bras.* 35: 1889–1894.
- Souza P.C.E. de & Amaral-Filho B.F. 1999.** Nova planta hospedeira de *Leptoglossus zonatus* (Dallas) (Heteroptera: Coreidae) *An. Soc. Entomol. Brasil* 28: 753–756.
- Sparks T.C. 2013.** Insecticide discovery: An evaluation and analysis. *Pestic Biochem Physiol.* 107: 8–17.
- Sujii, E.R., G.L. Lövei, M. Sétamou, P. Silvie, M.G. Fernandes, G.S.J. Dubois & R.P. Almeida. 2006.** Non-target and biodiversity impacts on non-target herbivorous pests, p. 133–154. In A. Hilbeck, D.A. Andow, & E.M.G. Fontes (eds.), *Environmental risk assessment of genetically modified organisms volume 2: methodologies for assessing Bt cotton in Brazil*. Wallingford: CABI Publishing, 272p.
- Torres, J.B., L.M. Vivan, C.S. Bastos & E.M. Barros. 2015.** Controle cultural como método de convivência com as pragas do algodoeiro, p 117–142. In J.L. Bélot (eds.), *O bicudo-do-algodoeiro (Anthonomus grandis Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle*. Cuiabá: Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão, 254p.

**Torres, J.B. & A.F. Bueno. 2018.** Conservation biological control using selective insecticides – A valuable tool for IPM. *Biol. Control* 126: 53–64.

**Ulhôa, J.L.R., G.A. Carvalho, C.F. Carvalho & B. Souza. 2002.** Ação de inseticidas recomendados para o controle do curuquerê-do-algodoeiro para pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Ciênc. Agrotec. Edição especial*: 1365–1372.

**Ware, G.W. 1980.** Effects of pesticides on nontarget organisms. *Resid. Rev.* 76: 173–201.

**Whitcomb, W.H. & K. Bell. 1964.** Predaceous insects, spiders, and mites of Arkansas cotton Fields. *Agric. Exp. Sta., Univ. of Arkansas, Fayetteville, AR. Bull.* 690p.

**Winteringham, F.P.W. 1969.** Mechanisms of selective insecticide action. *Annu. Rev. Entomol.* 14: 409–442.

## **CAPÍTULO 2**

### **COMUNIDADE DE ARTRÓPODES BENÉFICOS COM IMPORTÂNCIA PARA O CONTROLE DE PRAGAS DO ALGODOEIRO SOB MANEJO DE INSETICIDAS<sup>1</sup>**

DENNER M. POTIN<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Departamento de Agronomia - Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Rua Dom Manoel de Medeiros, 52171-900, Recife, PE, Brasil.

---

<sup>1</sup>Potin, D.M. Comunidade de artrópodes benéficos com importância para o controle de pragas do algodoeiro sob manejo de inseticidas. A ser submetido.

RESUMO – Artrópodes benéficos oferecem serviços ecológicos relevantes ao agroecossistema algodoeiro, como o controle biológico natural de pragas. Contudo, é necessário ampliar estudos da comunidade de artrópodes edáficos neste agroecossistema, bem como sobre o impacto dos inseticidas nesta comunidade e os desdobramentos sobre a comunidade prevalente no dossel das plantas. Artrópodes-praga foram monitorados durante duas safras, 2018 e 2020, e subsidiaram a proposta de manejo de inseticidas entre seletivos (clorraniliprole, ciantraniliprole, pimetozina e piriproxifem) e não seletivos (bifentrina, clorpirifós, dimetoato, imidacloprido, tiametoxam, lambda-cialotrina e malationa). Avaliou-se a utilização desses inseticidas sobre as comunidades de artrópodes benéficos através de curvas de respostas principais (PRC) e sobre a abundância, riqueza e diversidade das comunidades de artrópodes do dossel da planta e edáfica. As avaliações foram feitas semanalmente durante o ciclo da cultura e o monitoramento de pragas resultou em cinco e três aplicações de inseticidas, em 2018 e 2020, respectivamente. Foram identificados dezesseis e 12 táxons de predadores no dossel das plantas, e 55 e 67 táxons de artrópodes benéficos edáficos (predadores e não herbívoros) nas safras 2018 e 2020, respectivamente. Menor abundância de predadores, bem como menor impacto na comunidade de predadores do dossel foi detectada pela PRC, em 2018, no tratamento com inseticida não seletivo, com significativa contribuição de espécies de Formicidae e Araneae para o resultado. Os resultados não mostram impacto do manejo de inseticidas adotado para predadores incidentes no dossel das plantas, em 2020, e para a comunidade edáfica, em 2018 e 2020. Esses resultados são apresentados e discutidos no contexto do manejo de inseticidas para o controle de pragas do algodoeiro, diferenças no impacto em função do número e época das aplicações de inseticidas, nas comunidades de predadores do dossel e artrópodes benéficos edáficos.

PALAVRAS-CHAVE: Pragas do algodoeiro, artrópodes edáficos, seletividade.

COMMUNITY OF BENEFICIAL ARTHROPODS WITH IMPORTANCE FOR COTTON  
PEST CONTROL UNDER INSECTICIDES MANAGEMENT

**ABSTRACT** – Beneficial arthropods play significant role in cotton pest control and other ecosystem services. Despite that, there is a lack of data on the beneficial epigeal arthropod community associated with cotton crop ecosystem, and on the impact of foliar insecticides used to pest control on this community compared to the community from the plant canopy. Pest species were surveyed during two seasons, 2018 and 2020, and used to support insecticide application decisions between selective (chlorantraniliprol, cyantraniliprol, pymetrozine, and pyriproxifen) and non-selective insecticides (bifenthrin, chlorpirifos, dimethoate, imidachlopid, thiamethoxam, lambda-cyhalotrin, and malathion). Response of beneficial arthropod community to this insecticide management was assessed through principal response curves (PRC), abundance, richness and dominance indices. According to the pest surveys, the decision-making to control the pests were taken 5 and 3 times during 2018 and 2020, respectively. Sixteen and 12 taxa of predators from plant canopy, and 55 and 67 taxa from epigeal community (predators and non-herbivorous) were identified during 2018 and 2020 crop seasons, respectively. Across all evaluated data, impact of the insecticides selection was only detected during 2018 season for the non-selective insecticides with lower predator abundance from plant canopy, while there was a lack of impact on epigeal community. PRC results also indicate negative impact of non-selective insecticides on the predator community from plant canopy with most contribution coming from Formicidae and Araneae species for the outcome. The data are discussed in the context of insecticide management for cotton pest control, the number of insecticide applications and plant-phenological time for application regarding the impact on the canopy and epigeal beneficial arthropods.

**KEY WORDS:** Cotton pests, epigeal arthropods, selectivity.

## Introdução

O algodoeiro é uma planta de ciclo anual, porém com duração do plantio à colheita considerada longa (i.e., 5 a 6 meses) (Doorenbos & Kassam 2000), além do clima prevalente durante o cultivo (primavera e verão) apresentar temperatura e umidade relativa favoráveis ao estabelecimento de vários artrópodes herbívoros. Assim, a ocorrência simultânea ou isolada, de diferentes espécies de artrópodes com diferentes hábitos alimentares e capazes de atacar diferentes partes da planta de algodão, pode resultar em redução significativa da produtividade e, conseqüentemente, requerer a adoção de medidas de controle.

Para melhor efetividade das medidas de controle, o manejo integrado de pragas (MIP) do algodoeiro utiliza-se vários métodos de controle de pragas, desde o legislativo e preventivo ao controle curativo (King *et al.* 1996). Contudo, ocorre uma predominância do método químico (Wilson *et al.* 1998, Torres & Bueno 2018). Apesar da adoção do MIP no algodoeiro, devido a diversidade de espécies pragas, nem sempre todas as espécies são mantidas abaixo de níveis que não requerem o uso de inseticidas como medida curativa de controle, tornando um desafio a combinação harmoniosa entre o controle químico e o biológico. Por outro lado, a diversidade de espécies herbívoras (segundo nível trófico) fornece recursos em abundância para o estabelecimento do terceiro nível trófico composto por inimigos naturais, bem como recurso para espécies indiretamente associadas como competidoras e decompositoras. Esta característica torna o agroecossistema algodoeiro altamente diverso em pragas e inimigos naturais (Whitcomb & Bell 1964, Bastos & Torres 2006, Torres & Ruberson 2005, 2007), condição que contribui para o controle natural de pragas (Naranjo & Flint 1994, Machado *et al.* 2019, Bordini *et al.* 2021).

A dificuldade na adoção de um programa de controle de pragas do algodoeiro que priorize a harmonia entre os diversos métodos de controle é devida a ampla dependência do controle químico no sistema convencional de produção, independente da região. Essa situação ocorre



mesmo mediante a redução da quantidade de inseticidas utilizados através da adoção dos múltiplos métodos de controle disponíveis no MIP algodoeiro (Dhawan *et al.* 2009, Lu *et al.* 2012, Luo *et al.* 2014, Trapero *et al.* 2016).

A ampla utilização do controle químico no algodoeiro impulsiona a indústria a disponibilizar mais inseticidas para o controle de pragas, permitindo ao usuário a seleção de inseticidas mais apropriados para o controle da praga alvo e com menor impacto sobre a entomofauna benéfica. No Brasil, são registrados 458 produtos formulados com 68 ingredientes ativos para o controle das pragas do algodoeiro (AGROFIT 2021). Dentre estes, destacam-se os grupos químicos de amplo espectro como neonicotinoides, piretroides, organofosforados e carbamatos, que apresentam ação generalizada entre os artrópodes (atuando no sistema nervoso), assim como grupos químicos como as diamidas, IRCs, piridinas azometinas, biológicos, dentre outros, que possuem ação mais específica (Yu 2014, IRAC 2021, AGROFIT 2021).

A utilização de produtos de amplo espectro é um obstáculo para o MIP, devido à toxicidade aguda sobre a entomofauna benéfica e ao adiamento da recolonização das áreas pulverizadas, em razão dos efeitos residuais e subletais (Eveleens *et al.* 1973, Soares *et al.* 1995, Torres & Bueno 2018, Machado *et al.* 2019, Bordini *et al.* 2021). Desta maneira, a pesquisa deve fornecer informações sobre inseticidas mais seletivos que sejam eficientes e que ocasionem menor impacto sobre a entomofauna benéfica, favorecendo o MIP do algodoeiro.

Uma alternativa ao problema apresentado é a utilização de inseticidas considerados seletivos (específicos para o controle da praga alvo) e, conseqüentemente, com reduzido impacto sobre a entomofauna benéfica. Embora esta recomendação seja preconizada desde a concepção do MIP (Stern *et al.* 1959), a escassez de inseticidas com essas características impedia tal aplicação com sucesso. Desta forma, neste estudo os ingredientes ativos pimeprozina, clorantraniliprole, ciantraniliprole, piriproxifem (i), e tiametoxam, clorpirifós, imidacloprido, malationa, bifentrina,

dimetoato e lambda-cialotrina (ii) foram empregados, entre os inseticidas recomendados para pulverização no algodoeiro, respectivamente, para o controle de sugadores (pulgões e mosca-branca), lepidópteros desfolhadores e que atacam as estruturas reprodutivas, sendo a primeira sequência (i) considerada de baixo impacto sobre inimigos naturais (Sechser *et al.* 1994, Carvalho *et al.* 2003, Torres, Silva-torres, & Oliveira 2003, Roubos *et al.* 2014, Mills *et al.* 2016, Machado *et al.* 2019), enquanto a segunda sequência (ii) é considerada de alto impacto para os inimigos naturais (Gusmão *et al.* 2000, Fragoso *et al.* 2001, Torres & Ruberson 2004, Kilpatrick *et al.* 2005, Manzoni *et al.* 2006, Crosariol Netto *et al.* 2014, Quesada & Sadof 2019).

A manutenção e recolonização da área por predadores após a pulverização é importante, pois os inseticidas, mesmo quando muito eficientes, não atingem 100% de controle das pragas, sendo comum a ressurgência e a ocorrência dos surtos de pragas secundárias devido, entre outros fatores, à eliminação dos inimigos naturais pelo uso de inseticidas de amplo espectro (Gross & Rosenheim 2011, Hill *et al.* 2017). Assim, a utilização de inseticidas seletivos permitirá que os inimigos naturais recolonizem a área mais rapidamente (Newsom *et al.* 1976, Machado *et al.* 2019, Bordini *et al.* 2021), e o esperado é um retardamento da reinfestação por pragas. Portanto, a conservação dos agentes de controle biológico já presentes no agroecossistema deverá ser um dos principais objetivos a serem cumpridos no MIP (Torres & Bueno 2018). Por exemplo, Machado *et al.* (2019) demonstraram que o impacto da recomendação de inseticidas seletivos e não seletivos afetou a ação dos inimigos naturais, sendo menor o ataque em presas sentinelas na área com aplicações de inseticidas não-seletivos. Predadores como formigas, joaninhas e outros atacaram significativamente maior número de presas expostas nas áreas tratadas com inseticidas seletivos.

No presente estudo, a comunidade de artrópodes benéficos no dossel das plantas de algodão, bem como a entomofauna edáfica, foi monitorada em área de algodão com manejo de pragas empregando inseticidas seletivos e não seletivos. Artrópodes edáficos são pouco

explorados no manejo integrado de pragas por não serem facilmente visualizados durante o dia e, assim, não serem quantificados ou considerados em decisões de controle das pragas. Com a exceção das formigas, a maioria desses artrópodes edáficos são noturnos (dermápteros, carabídeos, estafinilídeos, aranhas, e etc.) e nidificam no solo, onde passam a maior parte da sua vida. Desta maneira, a hipótese deste estudo é que a comunidade de artrópodes edáficos é menos impactada com as aplicações aéreas de inseticidas abrindo, assim, oportunidade para o seu conhecimento e conservação. Logo, o objetivo deste estudo foi comparar o efeito da utilização de inseticidas considerados seletivos e não seletivos recomendados para o controle de pragas do algodoeiro, na comunidade de artrópodes benéficos de parte aérea e do solo.

### **Material e Métodos**

O monitoramento de artrópodes da parte aérea e solo ocorreram em duas safras (2018 e 2020) do cultivo do algodão na região do semiárido de Pernambuco, Brasil. O estudo empregou pulverizações, quando necessárias, com inseticidas considerados não seletivos e seletivos (Tabela 1), conforme a espécie(s) de praga presente e com infestação equivalente ao nível de controle. O experimento foi conduzido em uma área de algodão localizada na comunidade de Algodão do Manso, Frei Miguelinho, PE (7° 55'09,3" S e 35° 51'45,6" O). A área do estudo é caracterizada por clima Köppen-geiger tropical com estação seca (DB-CITY 2020), vegetação de Caatinga hiper-xerófila, com precipitação nos meses de abril a julho e raramente estendida entre os meses de março a agosto.

Considerando a precipitação, o plantio aconteceu em abril a fim de que as plantas pudessem contar com a precipitação ao menos durante os quatro meses após a emergência das plantas (maio-agosto). No entanto, em 2019, não houve precipitação suficiente até abril para a realização de plantio. Assim, a área utilizada para o experimento (~1 ha) não foi cultivada em 2019, ficando

em pousio. Por outro lado, as áreas no entorno foram cultivadas sob risco de estresse hídrico com plantio tardio resultando em baixa produtividade. Em 2020, as chuvas se iniciaram em abril permitindo o preparo do solo e plantio no dia 17.

O estudo foi realizado na mesma localidade, com a primeira safra de maio a setembro de 2018 e a segunda safra de abril a agosto de 2020. As parcelas experimentais foram estabelecidas na área de refúgio (algodão não-Bt) para a área comercial (Fig. 1S). A variedade não-Bt cultivada foi a IMA2106GL RF (Roudup Flex<sup>®</sup>), resistente ao herbicida glifosato para facilitar o controle de plantas daninhas. As práticas de cultivo foram padronizadas. Inicialmente, realizou-se com uma adubação de semeadura empregando a fórmula 10-10-10 (NPK) (Fertine<sup>®</sup>, Recife, Pernambuco) na proporção de ~30 g/m linear, e, aos 30-35 e 55-60 dias após a emergência, realizaram-se duas adubações de cobertura com sulfato de amônia [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> - 21% N e 22% S, Fertine<sup>®</sup>, Recife, Pernambuco], aplicado a lanço próximo à base das plantas, na dosagem de ~40 g por metro linear, e duas aplicações do fertilizantes foliar Niphokam<sup>®</sup> na dosagem de 1 L/ha (Quimifol<sup>®</sup>, Tietê, São Paulo). Além disso, para o controle de plantas daninhas, foram realizadas duas aplicações do herbicida glifosato (Roundup<sup>®</sup>, 1,5 L/ha), aos 20 e 35 e 15 e 49 dias após a emergência das plantas nas safras 2018 e 2020, respectivamente. Estas práticas foram adotadas em toda a área do refúgio incluindo as áreas entre as parcelas experimentais.

**Delineamento Experimental.** O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com três tratamentos e quatro blocos (repetições). Cada repetição foi composta de uma área circular de ~20-22 m de diâmetro com 25 a 30 linhas de algodão, totalizando cobertura de aproximadamente 320 m<sup>2</sup> de área por tratamento (Fig. 1S). Em cada bloco foram alocados os três tratamentos em uma configuração circular, com distância de ~10 m entre os blocos. Assim, os tratamentos possuíam contato na parte central do bloco e o remanescente das bordas com a área do plantio

sem pulverização. Este delineamento de blocos circulares foi adotado para evitar influência da pulverização na bordadura, dividindo os tratamentos, devido a possível deriva da aplicação inseticida no caso de áreas retangulares ou quadradas.

A área de refúgio, contendo o experimento, foi delimitada ao Norte, Sul e Oeste por lavoura comercial de algodão Bt, e ao Leste por uma estrada, que separa a área de cultivo da área de pastagem. A área total de plantio (área experimental e comercial) foi delimitada ao Norte e Oeste por uma área de vegetação nativa (Caatinga), ao Sul por uma pequena área de milho e ao Leste por área de pastagem, separada por uma estrada. Devido à limitação no regime pluviométrico da região, o plantio do algodoeiro é realizado entre abril e maio e a colheita é feita em setembro, após a paralisação da precipitação em agosto. A área, imediatamente após a colheita, é utilizada para pastejo do gado, visando o aproveitamento dos restos culturais, não havendo nenhum outro cultivo ou vegetação de cobertura devido à ausência de precipitação na entressafra.

**Artrópodes do Dossel das Plantas.** Avaliações da abundância de artrópodes (insetos e aracnídeos) foram feitas no dossel das plantas durante as duas safras. Insetos e ácaros no dossel das plantas foram quantificados em intervalos de cinco a oito dias, dependendo da decisão de pulverização. Para tal, foram feitas 15 avaliações em 2018 e 16 avaliações em 2020.

As amostragens foram feitas mediante a inspeção visual de 10 plantas ao acaso nas fileiras centrais de cada repetição e consideradas como subamostras para compor a média da repetição. Cada planta foi avaliada cuidadosamente, sendo observados: a face inferior das três folhas expandidas do topo em busca de adultos de mosca-branca, pulgões e ácaros, os ponteiros à procura de trips e pulgões, três botões desenvolvidos para avaliação da injúria do bicudo-do-algodoeiro e até três maçãs, quando presentes, para avaliação do ataque de percevejos e lagartas. Nessas estruturas e porções das plantas foram quantificados herbívoros e predadores (insetos e aranhas). Para auxiliar a amostragem dos artrópodes pequenos tais como ácaros, trips, ninfas e pupas de

mosca-branca, foi empregada uma lupa de bolso de 1 polegada<sup>2</sup> de visada. Para imaturos de mosca-branca (ninfas e pupas), foi observada a quinta folha do ramo principal, com uma visada na parte central da face inferior da folha (Naranjo *et al.* 2004). Os níveis de controle (NC) adotados foram: pulgão (*A. gossypii*) 30% de plantas atacadas, curuquerê (*A. argillacea*)  $\geq 1$  lagarta/planta, bicudo (*A. grandis grandis*) 5% de botões/maçãs atacados (Silvie *et al.* 2013) e mosca-branca (*B. tabaci*) 1 ninfa/polegada<sup>2</sup> e 2 adultos/folha (Miranda 2010)

**Artrópodes Benéficos Edáficos.** A comunidade de artrópodes residentes no solo (insetos e aranhas) foi quantificada empregando armadilhas de queda (*pitfall*) instaladas na área. As armadilhas *pitfall* foram confeccionadas com copos plásticos de 1 L de volume, contendo uma abertura lateral circular de 2 cm de diâmetro, localizadas 10 cm acima do fundo do copo e fechadas em tela de aço, para permitir drenagem do excesso de água de chuva. Em cada armadilha foi adicionado ~150 mL do líquido coletor (solução 20% de etilenoglicol diluído em água) por armadilha. As armadilhas foram instaladas na linha de plantio, entre plantas, para não interferir com as demais práticas agrônômicas. Foram empregadas quatro armadilhas por repetição para compor a média de repetição. As armadilhas foram instaladas em transecto passando pelo maior diâmetro do tratamento e localizadas nas linhas 3, 8, 13 e 18 a partir da bordadura (Fig. 1S ⊗).

A armadilha foi mantida no mesmo local durante toda a safra. Como base de suporte para a armadilha, foi empregado a parte cilíndrica de garrafas PET transparentes de 2 L, cortadas ~20 cm de altura e enterradas até o nível do solo. As armadilhas foram instaladas nas datas 3 e 8 de maio das safras 2018 e 2020, respectivamente, correspondendo a 3 e 15 dias após a emergência das plantas, com o mesmo número de avaliações dos artrópodes do dossel da planta. A coleta do material biológico capturado nas armadilhas variou entre cinco e oito dias com as armadilhas mantidas com líquido coletor durante todo o período de amostragem. Em 2018, entre 18 a 30 de maio não houve coleta das armadilhas *pitfall* devido à greve de caminhoneiros no país que deixou

os postos sem combustível, não permitindo a ida ao campo para a coleta, sendo restabelecida no dia 30 de maio.

O material biológico coletado foi transferido para frascos plástico de 500 mL com tampa rosca, devidamente identificados e destinados ao laboratório para triagem. No laboratório, o material foi lavado em água corrente, empregando peneira de malha fina para reter artrópodes pequenos. Em seguida, o material foi armazenado em frascos de 80 mL, identificados por data, tratamento e repetição, contendo álcool 70% (álcool etílico 96 + água) e acondicionados em freezer a  $-10^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, o material foi triado por grupo com enfoque em predadores e decompositores e identificados até a mais detalhada identificação taxonômica possível, isto é, família, gênero e espécie, quando possível (Rafael *et al.* 2012, Triplehorn & Norman 2015). A identificação foi realizada mediante chaves, comparação de espécimes e envio para taxonomistas do grupo: Formicidae (tombamento #5830, Jacques Hubert Charles Delabie, CEPLAC, Itabuna, BA), Aracnidae (Antônio Domingos Brescovit, Instituto Butantan, São Paulo, SP), Carabidae (Ivan Carlos Fernandes Martins, UFRA, Capanema, PA), Scarabaeoidea (Paschoal C. Grossi, UFRPE, Recife, PE), com suas respectivas fontes e demais espécimes foram identificados pelos próprios autores (Knisley & Schultz 1997, Ball & Bousquet 2001, Larochelle & Larivière 2003). Exemplares estão depositados na Coleção Entomológica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CERPE, Recife, PE).

**Safra 2018.** O plantio foi realizado no dia 24 de abril e a colheita em 10 de setembro de 2018. Neste período, a precipitação foi de 169 mm, a temperatura média foi de  $24,1^{\circ}\text{C}$  (mínima e máxima de  $16,7$  e  $36,4^{\circ}\text{C}$ ) e a umidade relativa do ar de 70,4% (23,2 a 97,6%) (DataLogger Hobo<sup>®</sup>, Onset Computer, Bourne, MA, USA). O plantio foi feito com semeadeira manual de uma linha Knapik<sup>®</sup> Ref. 43 (Indústria Mecânica Knapik LTDA, Porto União, SC). O espaçamento foi de 70 cm entre linhas e a densidade de plantas foi de 5 a 6 plantas por metro linear.

A amostragem de pragas foi iniciada no dia 11 de maio e se encerrou em 15 de agosto de 2018. A tomada de decisão para pulverização ocorreu quando a densidade atingiu nível de controle em ao menos uma repetição dos tratamentos (Tabela 1). Assim, cinco pulverizações foram realizadas durante a safra 2018, nos dias 18 de maio, 8 e 22 de junho, 20 de julho e 3 de agosto (Tabela 1). As pulverizações no tratamento seletivo foram feitas com os inseticidas pimeprozina + clorantraniliprole (1x), pimeprozina (2x), ciantraniliprole (1x) e piriproxifem (1x). No tratamento não seletivo, foram empregados os inseticidas tiametoxam + clorpirifós (1x), imidacloprido (1x), dimetoato (1x), malationa (1x) e a mistura tiametoxam+lambda-cialotrina (1x).

**Safra 2020.** O plantio foi realizado no dia 17 de abril e a colheita foi feita em 24 de setembro de 2020. Neste período foi medido 341 mm de precipitação, temperatura média de 23,6 °C (mínima e máxima de 13,3 e 37,7 °C) e 76,7% de umidade relativa do ar (24,5 a 99,9%). As práticas de plantio, espaçamento e número de plantas por metro linear, adubações e controle de plantas daninhas foram similares àquelas adotadas em 2018. A amostragem de pragas iniciou-se em 14 de maio e encerrou em 31 de agosto, e resultou em três decisões de controle nas datas 23 de julho, 17 e 23 de agosto, sendo a primeira decisão para o controle da mosca-branca e as outras duas para o bicudo-do-algodoeiro (Tabela 1). Na segunda e terceira aplicações, foram utilizados bifentrina e malationa, ambos inseticidas considerados não seletivos, pois não há registro de inseticidas de baixo impacto que sejam usados para o controle do bicudo-do-algodoeiro.

**Produção de Algodão em Rama.** A produção de algodão em rama (i.e., pluma mais caroço) foi obtida ao final das duas safras por ocasião da colheita praticada pelo produtor. A produção foi estimada mediante amostra de três pontos aleatórios na repetição, onde todos os capulhos foram colhidos das plantas presentes em um metro linear. O material foi conduzido para o laboratório,



onde foi pesado. Com o peso de capulhos por metro linear em cada repetição foi estimado a produção por hectare.

**Análise dos Dados.** As análises para os insetos-pragas foram realizadas apenas para as espécies que atingiram densidades equivalentes ao nível de controle, isto é, curuquerê-do-algodoeiro, pulgão e mosca-branca, em 2018, e mosca-branca e bicudo-do-algodoeiro, em 2020. Os resultados obtidos pela inspeção de 10 plantas foram empregados para calcular as médias de indivíduos ou infestação por repetição (% de plantas infestadas/pulgão, número de lagartas do curuquerê-do-algodoeiro/planta, número de ninfas e adultos de mosca-branca/1 polegada\*folha, e % botões florais atacados/bicudo), em cada data de avaliação e tratamento. Os resultados para cada espécie foram transformados em  $\log(x + 1)$  para atender os pré-requisitos de normalidade e homogeneidade de variância, embora as médias originais, sem transformação, são apresentadas nas figuras e tabelas para visualização da densidade real. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) adotando o procedimento de medidas repetidas no tempo (datas de avaliação), considerando quatro repetições e três tratamentos (sem inseticida, inseticida seletivo e inseticida não seletivo), empregando o Proc GLM do SAS (SAS Institute 2002). Assim, para cada espécie de praga em cada safra agrícola foi rodado um protocolo de ANOVA, isto é, pulgão, mosca-branca e curuquerê-do-algodoeiro, em 2018 e pulgão, mosca-branca e bicudo-do-algodoeiro, em 2020, evitando, desta forma, a superdispersão dos dados observados para a mesma espécie entre as safras, bem como o problema advindo do atingimento do nível de controle para algumas espécies em apenas uma safra. Também, foram consideradas apenas aquelas avaliações (datas) em que houve constatação de infestação da praga em pelo menos uma repetição. Por isso, nas análises foram usadas apenas as datas 1 a 6 para o curuquerê-do-algodoeiro, em 2018 e as datas 7 a 16 para o bicudo-do-algodoeiro em 2020. No caso da mosca-branca foram consideradas todas as semanas de avaliação em ambas as safras.

Além das análises para interpretação da dinâmica de infestação, as médias sazonais de abundância das pragas e de artrópodes predadores no dossel das plantas (média por planta) e artrópodes benéficos edáficos (média por armadilha) nos respectivos tratamentos, i.e., média das 15 e 16 avaliações, em 2018 e 2020, foram submetidas a ANOVA e teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ ), para separação de médias entre os tratamentos (sem inseticida, inseticida seletivo e inseticida não seletivo). Além disso, as médias de produção estimadas por hectare foram submetidas a teste de normalidade e posteriormente à análise de variância (ANOVA).

Com relação às espécies benéficas, as análises foram direcionadas a variação na comunidade em função do manejo de inseticidas adotado. Assim, a determinação da curva de riqueza das espécies, bem como a diversidade de artrópodes benéficos (insetos e aranhas predadores ou decompositores) da parte aérea (provenientes da amostragem de três folhas da parte apical), bem como das armadilhas de solo (*pitfall*) foram somados considerando as repetições (parte aérea: 10 plantas x 4 repetições; solo: soma das armadilhas recuperadas de 4 armadilhas x 4 repetições) e empregando 15 e 16 datas de avaliação, nas safras 2018 e 2020, respectivamente. Esses resultados foram submetidos ao programa EstimateS (Colwell 2004) com a opção de 100 permutações de amostras para cálculo da curva de acúmulo de espécies, riqueza de espécies através do estimador Jackknife, índices Shannon ( $H'$ ) para diversidade e de Simpson para dominância das espécies empregando 12 estimativas (3 tratamentos x 2 safras e x 2 locais - comunidade do dossel e edáfica). As curvas de acúmulo de espécies são apresentadas em função do número de indivíduos coletados, bem como pelo esforço amostral (datas/amostras). Os resultados dos índices de riqueza, diversidade e dominância são apresentados com médias e seus respectivos intervalos de confiança (IC) a 95% de probabilidade, permitindo inferir sobre diferenças entre tratamentos mediante a regra de sobreposição do IC, em cada safra (Di Stefano 2005).

O impacto dos tratamentos inseticidas na comunidade de artrópodes benéficos de parte aérea e edáfica foi também estudado mediante cálculos de Curvas de Resposta Principal (*principal response curves*, PRC). Os dados foram agrupados em número de indivíduos de cada táxon por bloco/semana/tratamento para fazer a análise. A análise multivariada PRC é baseada na análise de redundância (RDA), sendo esta análise focada na proporção de variância das variáveis de interesse (espécies de importância para o manejo de pragas) explicada pela variável independente, que foram os tratamentos com inseticidas seletivos e inseticidas não seletivos. Os parâmetros necessários para a PRC e peso de espécies ( $b_x$ ) foram gerados pelo programa CANOCO 4.5 (Lepš & Šmilauer 2003), baseado nas estimativas de quadrados mínimos da análise de redundância. Para elaborar o diagrama de PRC foi obtido valores de coeficientes canônicos ( $C_{dt}$ ) para cada tratamento e semana de amostragem, e gerado o PRC que representa a mudança na abundância das espécies em relação ao tratamento padrão (testemunha,  $C_{dt} = 0$ ). Para testar a hipótese nula, que o PRC não explica a variância significativa do tratamento, foi aplicado um teste do tipo F gerado pela permutação de toda a série temporal na análise de redundância parcial no qual o PRC foi obtido. Adicionalmente, para testar a hipótese que em cada data de amostragem a resposta principal não difere significativamente entre os tipos de inseticidas testados, como proposto por Van de Brink & Ter Braak (1999), foi feita uma permutação aleatória utilizando o método de Monte-Carlo (999 permutações) para os PRCs dos tratamentos usando CANOCO 4.5 (Lepš & Šmilauer 2003).

## **Resultados**

**Artrópodes do Dossel das Plantas - Pragas.** As plantas foram infestadas com espécies de pragas ocorreram frequentes no agroecossistema algodoeiro (Silvie *et al.* 2013). Dentre as espécies observadas, densidades populacionais que atingiram níveis de controle, foram verificadas para *Aphis gossypii* Glover, *Alabama argillacea* (Hübner) e *Bemisia tabaci* (Genn.) em 2018, e *B.*

*tabaci* e *Anthonomus grandis grandis* Boh. em 2020 (Fig. 2S e 3S). Outras espécies se fizeram presente em 2018, como: *Agalia* sp., *Diabrotica speciosa* (Germar), *Diceraeus* sp., *Empoasca* sp., *Euschistus heros* (F.), *Gargaphia torresi* Lima, *Niesthrea sidae* (Fabricius), *Vatiga* sp., *Phenacocus* sp., *Taedia stigmosa* (Berg), mas não atingiram o nível de controle. Em 2020 as espécies pragas que ocorreram no dossel das plantas foram: *Agalia* sp., *A. argillacea*, *Anomis impasta* (Guenée), *A. grandis grandis*, *A. gossypii*, *B. tabaci*, *D. speciosa*, *Empoasca* sp., *E. heros*, *G. torresi*, *Leptoglossus* sp., *Horciasinus signoreti* (Stal), *Nezara viridula* (L.), *Oxycarenus* sp., *Phenacocus* sp., *Spodoptera cosmioides* (Walker), *Spodoptera eridania* (Cramer), *Tetranychus urticae* (Koch), *Frankliniella schutzei* (Trybom).

O pulgão (*A. gossypii*) atingiu nível de controle na safra 2018, mas não em 2020. A infestação variou em função dos tratamentos em 2018 ( $F_{2, 9} = 13,121$ ;  $P = 0,0022$ ), porém não variou em 2020 ( $F_{2, 9} = 0,09$ ;  $P = 0,9114$ ) (Fig. 2S). Houve variação ao longo da fenologia do algodoeiro nas duas safras, 2018 ( $F_{14, 126} = 19,59$ ;  $P < 0,0001$ ) e 2020 ( $F_{15, 135} = 4,48$ ;  $P < 0,0001$ ) (Fig. 2S). A infestação nas duas safras ocorreu na fase inicial de desenvolvimento da cultura até a 8ª a 9ª datas de avaliação, voltando a ocorrer na fase final da lavoura em 2020 (15ª e 16ª datas de avaliações) com média sazonal variando de 4,1 a 5,2%, não diferindo entre os tratamentos ( $F_{2, 9} = 0,02$ ;  $P = 0,9796$ ), sendo observada diferença entre os tratamentos apenas na safra 2018. Nos tratamentos com inseticidas seletivos e inseticidas não seletivos foi observado menor infestação em 2018, sem diferença entre esses na 2ª e 3ª datas de avaliação, e menor infestação no tratamento com inseticidas não seletivos na 6ª avaliação (Fig. 2S - 2018). Esta variação de infestação, também resultou em diferença na média das seis semanas de infestação pelo pulgão ( $F_{2, 9} = 6,67$ ;  $P = 0,0167$ ), sendo a média sazonal das nove semanas de infestação superior na testemunha (11,7%), seguido pelo tratamento seletivo (6,9%) e tratamento não seletivo (4,5%).

Adultos de mosca-branca (*B. tabaci*) foram constatados a partir da 3ª e 2ª datas de avaliação para as safras 2018 e 2020, respectivamente, porém apenas na safra 2018 o inseto atingiu nível de controle (Fig. 2S). A infestação variou ao longo da fenologia do algodoeiro para as safras 2018 ( $F_{14, 126} = 71,74$ ;  $P < 0,0001$ ) e 2020 ( $F_{15, 135} = 32,54$ ;  $P < 0,0001$ ), com maiores densidades entre a 4ª e 11ª datas de avaliação, e na safra 2018 atingindo nível de controle entre a 5ª e a 9ª datas, dependendo do tratamento (Fig. 2S). Semelhantemente, houve variação significativa entre os tratamentos em 2018 ( $F_{2, 9} = 4,73$ ;  $P = 0,0394$ ), mas não em 2020 ( $F_{2, 9} = 1,53$ ;  $P = 0,2684$ ) para a média sazonal. Foi observado em 2018 uma menor infestação de adultos de mosca-branca no tratamento com inseticida seletivo na 7ª avaliação e nos tratamentos com inseticidas seletivos e sem inseticida na 11ª avaliação. A infestação por ninfas de mosca-branca variou em função do tempo em 2018 ( $F_{14, 126} = 34,05$ ;  $P < 0,0001$ ) e 2020 (Wilks' lambda = 0,001;  $F_{den=2; num=8} = 247,17$ ;  $P < 0,0001$ ), com maiores densidades nas três últimas avaliações de 2018 quando atingiu nível de controle, e em 2020 com maiores densidades entre a 10ª e 13ª datas de avaliação com nível de controle atingido na 11ª avaliação. A densidade de ninfas variou em função do tratamento nas duas safras, sendo que em 2018 ( $F_{2, 9} = 4,72$ ;  $P = 0,0397$ ), verificou-se a menor média no tratamento com inseticidas seletivos nas 14ª e 15ª avaliações, embora similar à testemunha, e em 2020 ( $F_{2, 9} = 5,82$ ;  $P = 0,0239$ ) na 12ª avaliação, com menor infestação no tratamento sem inseticidas (Fig. 2S).

A ocorrência de lagartas do curuquerê-do-algodoeiro (*A. argillacea*) foi observada nas duas safras, porém somente em 2018 atingiu nível de controle. Em 2018, a infestação foi variável ao longo da safra (Wilks' lambda = 0,012;  $F_{Num=5, Den=2} = 31,47$ ;  $P = 0,031$ ), com infestação entre a 1ª e 6ª datas de avaliação, bem como havendo efeito de tratamento ( $F_{2, 9} = 4,85$ ;  $P = 0,038$ ), mas não ocorrendo interação entre as datas de avaliações e os tratamentos (Wilks' lambda = 0,11;  $F_{Num=4, Den=10} = 0,78$ ;  $P = 0,65$ ). A diferença entre tratamentos foi observada, apenas, na 2ª avaliação ( $F_{2, 6}$

= 6,73;  $P = 0,029$ ), com maior infestação no tratamento sem inseticida (Fig. 3S). Por outro lado, a média sazonal (1ª a 6ª avaliações) de infestação de lagartas não foi diferente entre tratamentos ( $F_{2, 9} = 2,82$ ;  $P = 0,11$ ), variando de 0,04 a 0,08 lagartas/planta.

A ocorrência do bicudo-do-algodoeiro (*A. grandis grandis*) foi detectada apenas na safra 2020, onde a porcentagem de botões florais atacados foi variável ao longo da safra, com início da infestação sendo constatada na 10ª avaliação (16 de julho, Fig. 3S), e pico de infestação na 15ª avaliação (24 de agosto) (Wilks' lambda = 0,0003;  $F_{Num=6, Den=1} = 425,32$ ;  $P = 0,011$ ). Não foi observada diferenças entre os tratamentos ( $F_{2, 9} = 0,70$ ;  $P = 0,53$ ) e tão pouco para a interação entre tratamentos e datas de avaliação (Wilks' lambda = 0,005;  $F_{Num=12, Den=2} = 2,21$ ;  $P = 0,35$ ). Da mesma forma, não foi encontrado efeito de tratamentos na porcentagem média sazonal de botões florais atacados pelo bicudo-do-algodoeiro ( $F_{2, 9} = 0,42$ ;  $P = 0,67$ ), variando de 7,0% a 8,1% de infestação da 10ª a 17ª datas de avaliações.

**Artrópodes do Dossel das Plantas - Predadores.** Na amostragem no dossel das plantas na safra 2018 foram encontrados 2.057 predadores distribuídos em 16 táxons. As plantas que não receberam tratamento com inseticida foram tratadas com inseticidas seletivos e inseticidas não seletivos apresentaram 779, 864 e 414 predadores, correspondendo a 37,8%, 42% e 20,2%, respectivamente. Na safra 2020 foram encontrados 1.357 predadores distribuídos em 12 táxons. As plantas que não foram tratadas com inseticidas, as que foram tratadas com inseticidas seletivos e com inseticidas não seletivos apresentaram 533, 460 e 364 predadores, correspondendo à 39,3%, 33,9% e 26,8%, respectivamente.

A abundância média de artrópodes predadores em 2018, ao longo da safra (15 datas de avaliação) caracteriza impacto dos tratamentos ( $F_{2, 9} = 14,38$ ;  $P = 0,0016$ ), das datas de avaliação ( $F_{14, 126} = 6,61$ ;  $P < 0,0001$ ) e da interação entre tratamentos e datas de avaliação ( $F_{28, 126} = 1,70$ ;  $P = 0,0255$ ). Houve diferenças entre os tratamentos em seis das 15 datas em que as plantas foram

amostradas (Fig. 1). Houve interação entre tratamentos e datas de avaliação na 3ª e 6ª datas de avaliação, onde as plantas tratadas com inseticida seletivo apresentaram maior abundância de predadores. Em todas as datas onde houve diferenças na abundância de predadores, o tratamento das plantas com inseticidas não seletivos resultou em menor abundância de predadores (Fig. 1). A média sazonal da abundância de predadores por planta foi similar nos tratamentos sem inseticidas e com inseticidas seletivos e, aproximadamente, 2x superior que no tratamento com inseticidas não seletivos ( $F_{2,9} = 13,61$ ;  $P = 0,0019$ ).

Em 2020 a abundância de predadores no dossel da planta ao longo da safra (16 datas de avaliação) não foi afetada pelos tratamentos ( $F_{2,9} = 1,58$ ;  $P = 0,2648$ ) e pela interação entre tratamentos e datas de avaliação ( $F_{30,135} = 0,57$ ;  $P = 0,9631$ ). Contudo, a abundância variou ao longo das datas de avaliação ( $F_{15,135} = 6,38$ ;  $P < 0,0001$ ). A abundância média sazonal de predadores por planta foi similar entre os tratamentos ( $F_{2,9} = 1,57$ ;  $P = 0,2515$ ) (Fig. 2).

A riqueza, diversidade e dominância de espécies do dossel das plantas não variaram entre os tratamentos nas duas safras (Tabela 2). A comunidade local está representada considerando a estabilidade no número de espécies coletadas em função do esforço amostral ao longo da safra (Fig. 4S).

**Abundância e Diversidade de Artrópodes Edáficos.** Na safra 2018 foi contabilizado 51.329 indivíduos inclusos em 148 táxons, sendo 20.307 artrópodes benéficos inclusos em 55 táxons (Tabela 3). Considerando cada tratamento, foram coletados: 19.246 indivíduos no tratamento sem inseticida (37,5% do total), sendo que desse total, 7.679 foram artrópodes benéficos (39,9%); 14.613 indivíduos nas plantas tratadas com inseticida seletivo (28,5% do total), com 5.439 artrópodes benéficos (37,2%) e 17.470 indivíduos coletados nas plantas tratadas com inseticidas não seletivos (34% do total), sendo 7.189 artrópodes benéficos (41,1%).

Em 2020, um total de 16.963 indivíduos pertencentes a 138 táxons foram coletados (Tabela 3). Desses, 10.752 foram artrópodes benéficos (54,6%) tendo sido classificados em 67 táxons. Considerando os três tratamentos avaliados, 5.625 indivíduos (28,5% do total) foram coletados no tratamento sem inseticidas sendo 3.500 artrópodes benéficos (62,2%), 6.526 indivíduos (33,6% do total) foram resgatados no tratamento com inseticidas seletivos, sendo desses 3.985 artrópodes benéficos (60,1%) e 4.812 indivíduos (24,4% do total) foram coletados no tratamento com inseticidas não seletivos, com 3.267 artrópodes benéficos (67,9%).

Os artrópodes benéficos edáficos foram classificados em 46 a 52 táxons entre os tratamentos em 2018, e 58 a 61 táxons, em 2020, com tendência de maior riqueza nesta última safra (Tabela 3). Estes valores são representativos da riqueza local havendo estabilização do número de espécies coletadas em função do esforço amostral (Fig. 5S). Em 2018, menor riqueza foi observada no tratamento com inseticidas não seletivos, em comparação ao tratamento sem inseticida (46 vs 52), enquanto o tratamento com inseticidas seletivos foi similar a ambos. Além disso, baseado no índice de Simpson, observou-se menor dominância de espécies nos tratamentos sem inseticida e aplicação de inseticidas não seletivos, em relação ao tratamento com inseticidas seletivos. Na safra 2020 não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para riqueza e índices de diversidade, dominância e abundância (Tabela 2).

Em relação ao efeito do tratamento para a abundância de artrópodes edáficos, não foi observado efeito de tratamento em 2018 ( $F_{2, 9} = 1,28$ ;  $P = 0,3233$ ) e 2020 ( $F_{2, 9} = 0,51$ ;  $P = 0,6141$ ), e nem interação tratamentos e datas de avaliação em 2018 ( $F_{28, 126} = 0,77$ ;  $P = 0,7877$ ) e 2020 ( $F_{30, 135} = 1,13$ ;  $P = 0,1531$ ) (Figs. 1 e 2). Houve variação significativa na abundância, apenas, ao longo das datas de avaliação tanto para 2018 ( $F_{14, 126} = 6,64$ ;  $P < 0,0001$ ) quanto para 2020 ( $F_{15, 135} = 4,12$ ;  $P < 0,0001$ ). A média sazonal da abundância de artrópodes não diferiu entre tratamentos em ambas as safras, 2018 ( $F_{2, 9} = 1,14$ ;  $P = 0,3612$ ) e 2020 ( $F_{2, 9} = 0,67$ ;  $P = 0,5344$ ),



com o número de artrópodes por armadilha variando de 22,6 a 28,8, e 13,9 a 16,6, em 2018 e 2020, respectivamente.

**Dinâmica da Comunidade de Artrópodes do Dossel.** A comunidade de artrópodes benéficos no dossel das plantas de algodão foi alterada nos tratamentos com inseticidas em relação ao tratamento sem inseticida, em 2018 (Fig. 3). A variação total da abundância de espécies é explicada 32% pelo tempo (datas de avaliação) e 20% pelos tratamentos. O primeiro eixo canônico (PRC1) explicou 46% da variação na comunidade causada pela interação entre as datas e os tratamentos. O segundo eixo canônico (PRC2) complementa 26% de explicação da variação, porém não foi significativo ( $P > 0,05$ ) (Tabela 4). O teste de permutação em cada data identificou que houve efeito significativo dos tratamentos na abundância das espécies em cinco avaliações (18 de maio, 22 de junho, 25 de julho e 10 e 15 de agosto; Fig. 3).

A mudança observada na comunidade baseada na contribuição de cada táxon ( $b_x$ ) mostra que espécies de formigas e aranhas sofreram maior impacto, com redução de abundância no tratamento com inseticidas não seletivos. A fim de melhor entender a influência dos tratamentos na comunidade de artrópodes benéficos, foi comparado cada tratamento com inseticida (seletivos e não seletivos) separadamente com o tratamento sem inseticida (padrão,  $y = 0$ ). Desta forma, para artrópodes do dossel da planta na safra 2018, a comunidade diferiu do tratamento testemunha em duas e seis datas de avaliação nos tratamentos com inseticidas seletivos e inseticidas não seletivos, respectivamente (Tabela 4).

A comunidade de artrópodes predadores do dossel da planta não foi afetada durante a safra 2020 (Fig. 4). A variação na comunidade é explicada em 34,5% pelas datas de avaliação, e 11% pelos tratamentos. O PRC1 e PRC2 foram responsáveis por 53% e 15% da variação, porém não foram significativos (Tabela 4). Com base no peso das espécies ( $b_x$ ), é observado que espécies de formigas e aranhas foram as mais afetadas (Fig. 4). Na comparação individual de cada tratamento

com inseticidas com o tratamento sem inseticida (padrão,  $y = 0$ ), não foi observado diferenças significativas corroborando o resultado do PRC geral.

**Dinâmica da Comunidade de Artrópodes Benéficos Edáficos.** Observando a PRC verifica-se que não houve alterações significativas na comunidade de artrópodes benéficos edáficos em ambas as safras, 2018 e 2020 (Figs. 3 e 4). A variação na comunidade de artrópodes benéficos edáficos nas safras 2018 e 2020 foi explicada em 37% e 32% pelas datas de amostragem, e em 14,5 e 13% pelos tratamentos, respectivamente. O PRC1 representou 26 e 17% da variância e o PRC2 representou 17 e 12,5% nas safras 2018 e 2020, respectivamente, porém não foram significativos (Tabela 4). Contudo, o teste de permutação quando feito em cada data de avaliação detectou significância para efeito de tratamento na comunidade edáfica. Assim, para a safra 2018, foi observada diferença nas datas 30 de maio, 4 e 28 de julho. Os táxons Mutilidae 1 e 3 e *Tetracha sobrina* (Dejean) responderam positivamente, enquanto as formigas, *Ectatomma suzanae* Almeida Filho e *Camponotus crassus* May; os escarabeídeos, *Coprophanaeus pertyi* (d'Olsoufieff) e *Dichotomius nisus* (Olivier); a aranha, *Umuara fasciata* (Blackwall) e *Pavocosa* sp. e o carabídeo, *Scarites* sp. e *Athrostictus sulcatulus* (Dejean), apresentaram redução na abundância em função do tratamento das plantas com inseticidas não seletivos (Fig. 3 – edáficos).

Em 2020 houve diferenças significativas na semana de 30 julho baseado no teste de permutações. Com base nos pesos ( $b_x$ ) dos táxons, Formicidae 11, *Crematogaster victima* (Smith), *Oxyopes salticus* (Hentz), *T. sobrinha*, *C. pertyi*, *Galerita americana* (L.) e *Calleida scutellaris* (Chaud.) tiveram um aumento de abundancia no tratamento com inseticidas seletivos quando comparado com o tratamento sem inseticida e o com inseticidas não seletivos (Fig. 4 – edáficos). A comparação individual dos tratamentos com inseticidas com o tratamento sem inseticida, na safra 2018 resultou em alteração na comunidade de artrópodes benéficos edáficos em uma (sétima) e em três (terceira, nona e décima segunda) datas de avaliação das parcelas pulverizadas

com inseticidas seletivos e não seletivos, respectivamente. Já na safra 2020, houve diferença negativa em duas datas (segunda e terceira) para o tratamento com inseticidas não seletivos (Tabela 4).

**Produção de Algodão.** A produção (kg de algodão em rama) na safra 2018 foi de  $1168 \pm 261$ ,  $1369 \pm 163$  e  $1522 \pm 221$  Kg/ha nos tratamentos sem inseticida, com inseticidas seletivos e com inseticidas não seletivos, respectivamente. Apesar da diferença média, em relação ao tratamento sem inseticida, de 196 e 354 Kg de algodão, respectivamente, não foi detectada diferença estatística entre os tratamentos ( $F_{2,9} = 0,66$ ;  $P = 0,5425$ ). Também, não houve diferença estatística na produção de algodão entre os tratamentos na safra 2020 ( $F_{2,9} = 1,21$ ;  $P = 0,3415$ ). A produção foi de  $2568 \pm 143$ ,  $2768 \pm 213$  e  $2919 \pm 104$  Kg/ha, para os tratamentos sem inseticida, inseticidas seletivos e não seletivos, respectivamente. Em média, houve um ganho de 200 e 351 Kg de algodão em rama, nos tratamentos com inseticidas seletivos e não seletivos, em relação ao tratamento sem inseticida.

## Discussão

A baixa precipitação, que é uma característica do Semiárido, se caracteriza como um dos limitantes para a sobrevivência da maioria das espécies cultivadas, algo que pode ser constatado na variação de produtividade do algodão obtida entre as duas safras. A produtividade foi ~2x superior em 2020 em comparação à 2018, tendo em vista que nessa safra o volume de precipitação durante o desenvolvimento do algodoeiro foi ~2x maior que em 2018. Apesar da baixa precipitação em 2018, que foi de 169 mm da emergência à colheita, o algodoeiro ainda foi produtivo, em virtude de ser uma espécie que se adapta bem às condições do Semiárido brasileiro, onde vem sendo cultivado desde o século XVIII (Ribeiro Junior 1981). No que pese a cultura vir sendo explorada no Semiárido por todo esse tempo e, durante esse tempo, a cultura ter passado

por diversos desafios, incluindo a introdução do bicudo-do-algodoeiro que ocasionou drástica redução na área cultivada (Miranda & Rodrigues 2015), este é o primeiro estudo que se tem conhecimento sobre a entomofauna edáfica associada ao algodoeiro na região, bem como o impacto da recomendação de inseticidas sobre a entomofauna benéfica de parte aérea e de solo, simultaneamente para o algodoeiro no Brasil. Os resultados mostram que a comunidade edáfica de artrópodes benéficos foi mais rica e abundante, que aquela que atua no dossel das plantas de algodão, a qual é regularmente empregada nas amostragens e consideradas para tomadas de decisão no MIP. Além disso, os resultados corroboram a hipótese de que a comunidade edáfica é menos impactada pelas aplicações de inseticidas no dossel das plantas.

Contudo, vale salientar que o monitoramento das pragas, em ambas as safras, resultou em poucas tomadas de decisão de controle (pulverizações), principalmente quando se compara ao número de pulverizações frequentemente adotado para o manejo de pragas do algodoeiro no Cerrado brasileiro, isto é, 15 a 26 pulverizações durante o ciclo de cultivo da cultura (Miranda & Rodrigues 2015, Bélot *et al.* 2016). Tendo em vista esse cenário, a expectativa era de que houvesse maior frequência de densidades de praga no nível de controle, resultando em um maior número de aplicações de inseticidas. A maior necessidade de intervenção via controle químico também deveria contribuir para maior discrepância entre os tratamentos, enfatizando a relevância da recomendação de inseticidas mais seletivos que, ao reduzir o impacto sobre as comunidades de artrópodes benéficos presentes no dossel das plantas e no solo. Na safra, 2020, apenas três aplicações de inseticidas foram realizadas e todas na fase final do ciclo da cultura, após 91 dias da emergência.

A utilização de inseticidas seletivos, bem como o adiamento das pulverizações, é preconizada como importantes estratégias para a conservação de inimigos naturais no agroecossistema algodoeiro (Torres & Bueno 2018) e, conseqüentemente, para a manutenção da

ação desses inimigos naturais sobre as pragas (Machado *et al.* 2019, Bordini *et al.* 2021). Esta estratégia de manejo de inseticidas é importante para o MIP, porém, para efeito de estudo, as poucas pulverizações exigidas podem ter impedido uma maior distinção do efeito das pulverizações sobre a comunidade de artrópodes benéficos do dossel da planta como da comunidade edáfica, o que pode ter reduzindo o impacto do estudo.

Numericamente, a abundância de artrópodes benéficos no dossel das plantas, bem como de edáficos foi menor na safra 2020, comparada à safra de 2018. Além disso, na safra 2020 houve menor infestação de herbívoros. Nesta safra a ocorrência do pulgão-do-algodoeiro, por exemplo, se deu em densidades que não justificaram a recomendação de pulverizações, algo que resultou em um menor número de pulverizações. A variação na infestação de pragas é possível e comumente observada entre épocas de cultivo e safras, e a abundância de artrópodes benéficos (inimigos naturais) é dependente da disponibilidade de herbívoros que sirvam como presas e hospedeiros. Segundo Bordini *et al.* (2021), a abundância de predadores em algodoeiro está associada, entre outros fatores, à quantidade de presas disponíveis, bem como Torres & Ruberson (2005) encontraram variações na abundância de joaninhas predadoras em algodoeiro em função da abundância de pulgões e redução das espécies competidoras causada pelo impacto das pulverizações com inseticidas. Logo, devido à baixa incidência de pragas em 2020 e, conseqüentemente, a uma menor abundância de predadores, é possível que os efeitos dos tratamentos estejam subestimados. Na safra 2018, quando houve maior prevalência de pragas e predadores, bem como foi empregado um maior número de pulverizações, foi constatado impacto da utilização de inseticidas não seletivos na comunidade presente no dossel das plantas, mas não na abundância e diversidade da comunidade edáfica, corroborando a hipótese de que a comunidade edáfica está mais protegida das pulverizações que a do dossel das plantas.

A comunidade edáfica é composta por artrópodes benéficos, não apenas associados ao controle biológico de pragas, mas que também atua como prestadora de outros serviços para o agroecossistema, tais como decomposição de material vegetal, aeração do solo, redução do banco de sementes de plantas daninhas, dentre outros. Os besouros Carabidae e Scarabaeidae, por exemplo, oferecem esses tipos de serviços (Kromp 1999, Bang *et al.* 2005, Nichols *et al.* 2007). Assim, carabídeos e escarabeídeos possuem importante papel no processo produtivo dos agroecossistemas e, neste estudo, foram identificadas várias espécies e sob alta abundância, algo de certa maneira, surpreendente, por se tratar de uma região semiárida com pouca vegetação natural (recursos) e com cultivo de algodão anual e ininterrupto na área em estudo desde 2013, excetuando-se a safra de 2019. É sabido que áreas sob cultivo agrícola possuem menor riqueza de espécies de Carabidae e Scarabaeidae quando comparadas às áreas de floresta primária, que oferecem maior recurso vegetal (Kromp 1999, Korasaki *et al.* 2013). Contudo, cultivos com menor impacto da ação antrópica podem se tornar favoráveis a esses besouros, a depender das espécies que ocorrem, fazendo com que suas populações se tornem mais abundantes que em áreas de floresta primária (Davis *et al.* 2001, Escobar 2004).

Vale destacar ainda, que houve prevalência no estudo de vários artrópodes edáficos benéficos de grande relevância para o controle biológico, tais como aqueles pertencentes às famílias Carabidae, Formicidae, Staphylinidae, Araneae, Mutillidae e outros, o que pode ser resultado da menor ação antrópica nos cultivos praticados nessa região quando comparados, por exemplo, àqueles realizados nos Cerrados. Este fato aliado à recomendação de pulverizações tendo por base o monitoramento e empregando inseticidas seletivos, pode contribuir ainda mais para a conservação dos agentes de controle biológico edáficos, resultando em menor necessidade de intervenção e potencialização dos ganhos sociais, ambientais e econômicos (Torres & Bueno 2018).

Um fator importante para o menor impacto dos inseticidas sobre os predadores edáficos se dá pelo modo de aplicação do inseticida em lavouras estabelecidas, em que a parte aérea cobre grande parte do solo, como o algodoeiro. A porcentagem de inseticida que chega à parte basal da planta e ao solo é variável em função da maior ou menor cobertura proporcionada pela copa e, no caso do algodoeiro, a proporção de residual que alcança o solo tende a ser pequena em comparação à parte aérea (parte apical e mediana da planta, Scramin *et al.* 2002) quando são usados produtos em pulverização. Este fato também pode ser comprovado pelo menor controle de pragas quando localizadas no terço inferior da planta de algodão (Arruda *et al.* 2021). Todavia, auxilia na manutenção dos artrópodes edáficos, através da redução do impacto dos inseticidas sobre eles.

A abundância de predadores no dossel da planta foi reduzida significativamente quando se utilizou inseticidas não seletivos. Quando se compara individualmente os tratamentos com inseticidas seletivos e inseticidas não seletivos com o tratamento sem inseticida, independente do ano e da comunidade avaliada, o tratamento não seletivo apresentou maior número avaliações com alteração significativa na comunidade de artrópodes benéficos. Estudos de campo demonstram que a comunidade (abundância e diversidade) de inimigos naturais do dossel do algodoeiro é reduzida com uso de inseticidas não seletivos (Van Hamburg & Guest 1997, Naranjo *et al.* 2003, Czepak *et al.* 2005, Mansfield *et al.* 2006 Naranjo & Ellsworth. 2009), bem como atestam a contribuição desses para o controle das pragas (Howe *et al.* 2015, Machado *et al.* 2019, Bordini *et al.* 2021).

Com relação aos inseticidas, diversos estudos mostram efeito negativo dos inseticidas não seletivos sobre inimigos naturais, isto é, bifentrina, clorpirifós, dimetoato, imidacloprido, lambda-cialotrina, malationa e tiametoxam (Elzen 2001, Bozsik 2006, Campos *et al.* 2011, Roubos *et al.* 2014, Mills *et al.* 2016, Stecca *et al.* 2017, Barros *et al.* 2018, Machado *et al.* 2019). Por outro

lado, os inseticidas pimeprozina, clorantraniliprole, ciantraniliprole e piriproxifem são inseticidas que apresentam baixo efeito negativo para uma gama de inimigos naturais (Torres *et al.* 2003, Naranjo *et al.* 2004, Barros *et al.* 2018, Machado *et al.* 2019). Deste grupo, vale ressaltar que o ciantraniliprole é citado como o menos seletivo (Amarasekare & Shearer 2013, Jiang *et al.* 2019), devido a uma modificação em sua molécula em relação ao clorantraniliprole (Selby *et al.* 2013). Entretanto, a campo e nas condições do presente estudo, observou-se menor impacto do ciantraniliprole, comparado aos inseticidas não seletivos.

Em geral, os artrópodes mais relevantes na comunidade de artrópodes benéficos edáficos foram as formigas e aranhas, algo constatado pela contribuição para o peso das espécies na alteração da comunidade proveniente dos tratamentos adotados. Dentre as espécies de formigas e aranhas identificadas, todas são carnívoras com potencial de atacar espécies pragas e, conseqüentemente, contribuir para o controle biológico natural. A conservação dessa comunidade gera benefícios para o MIP e pode ser obtida mediante uso de inseticidas seletivos.

A conservação de inimigos naturais está diretamente ligada com uma maior supressão de artrópodes herbívoros, principalmente em sistemas agrícolas (Letourneau *et al.* 2009). A utilização de inseticidas seletivos possibilita um controle efetivo das pragas quando estas atingem o nível de controle, além de permitir uma combinação harmoniosa com o controle biológico (Torres & Bueno 2018, Machado *et al.* 2019, Bordini *et al.* 2021). A comunidade de artrópodes benéficos na cultura do algodão é, em grande maioria, edáfica e esses podem sofrer um menor impacto da aplicação aérea de inseticidas, devido à seletividade ecológica. Na comunidade de artrópodes benéficos do dossel da planta, deve-se buscar a seletividade fisiológica por meio do uso de inseticidas que seja mais tóxico para as espécies de praga alvo que para os inimigos naturais (Torres & Bueno 2018).



Estudos de laboratório que indiquem a seletividade fisiológica ou não de inseticidas fazem-se necessários para o sucesso do MIP. Tais estudos ainda são escassos e é imprescindível a confirmação da seletividade dos inseticidas considerados como tal, dentro de cada sistema de cultivo, pois os impactos desses inseticidas estão diretamente ligados às espécies que ocorrem nos agroecossistemas. Além dos resultados de abundância e riqueza das espécies amostradas, bem como a confirmação do benefício da pulverização com inseticidas seletivos para a conservação da entomofauna benéfica do dossel e edáfica das plantas, ressaltamos a importância de passarmos a considerar a rica entomofauna edáfica do algodoeiro local e, provavelmente em outras localidades (Torres & Ruberson 2005, 2007), para o manejo integrado de pragas e conservação ambiental.

### **Agradecimentos**

À “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)” financiamento código 001, ao CNPq através do projeto Universal 420815/2018-0, e pela bolsa de pesquisa a JBT. Ao Senhor Hermógeno Timóteo por permitir uso de sua lavoura para os estudos, bem como ao Programa Pesquisa em Movimento (PPM) da UFRPE pela disponibilização de veículos para as viagens a campo.

### **Literatura Citada**

- AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários) 2021.** Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/ap\\_ingrediente\\_ativo\\_rep\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/ap_ingrediente_ativo_rep_cons)>. Acessado em: 12 de Mar. de 2021.
- Amarasekare, K.G. & P.W. Shearer. 2013.** Life history comparison of two green lacewing species *Chrysoperla johnsoni* and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.* 42: 1079–1084.
- Arruda, L.S., J.B. Torres, G.G. Rolim & C.S.A. Silva-Torres. 2021.** Dispersal of boll weevil toward and within the cotton plant and implications for insecticide exposure. *Pest Manag. Sci.* 77: 1339–1347.

- Ball G.E. & Y. Bousquet Y. 2001.** Carabidae Latreille, 1810. In American Beetles: Archostemata, Myxophaga, Adepaga, Polyphaga: Staphyliniformia, pp. 32–132. Eds R.A. Arnett and M.C. Thomas. Boca Raton, Florida: CRC Press. 443p.
- Bang, H.S., J.H. Lee, O.S. Kwon, Y.E. Na, Y.S. Jang & W.H. Kim. 2005.** Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. *Appl. Soil. Ecol.* 29:165–171.
- Barros, E.M., C.S.A. Silva-Torres, J.B. Torres & G.G. Rolim. 2018.** Short-term toxicity of insecticides residues to key predators and parasitoids for pest management in cotton. *Phytoparasitica* 46: 391–404.
- Bastos, C.S. & J.B. Torres. 2006.** Controle biológico e o manejo integrado de pragas do algodoeiro. Campina Grande, Embrapa Algodão, 63p.
- DB-CITY. 2020.** Disponível em: <<https://pt.db-city.com/Brasil--Pernambuco--Frei-Miguelinho>>. Acessado em: 27 Mar. de 2020.
- Bélot, J.L., E.M. Barros & J.E. Miranda. 2016.** Riscos e oportunidades: o bicudo-do-algodoeiro. p. 77–118. In *Desafios Do Cerrado: Como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade*. Cuiabá, AMPA, 283p.
- Bordini, I., P.C. Ellsworth, S.E. Naranjo & A. Fournier. 2021.** Novel insecticides and generalist predators support conservation biological control in cotton. *Biol. Control* 154: 104502.
- Bozsik, A. 2006.** Susceptibility of adult *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) to insecticides with different modes of action. *Pest Manag. Sci.* 62: 651–654.
- Campos, M.R., M.C. Picanço, J.C. Martins, A.C. Tomaz & R.N.C. Guedes. 2011.** Insecticide selectivity and behavioral response of the earwig *Doru luteipes*. *Crop Prot.* 30: 1535–1540.
- Carvalho, G.A., D. Bezerra, B. Souza & C.F. Carvalho. 2003.** Efeitos de inseticidas usados na cultura do algodoeiro sobre *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Crop Prot.* 32: 699–706.
- Colwell, R.K. 2004.** ESTIMATES: statistical estimation of species richness and shared species from samples, Version 7.5. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>>. Acessado em: 02 de fev. 2021.
- Crosariol Netto, J., P.E. Degrande & E.P. Melo. 2014.** Seletividade de inseticidas e acaricidas aos inimigos naturais na cultura do algodão. Cuiabá, IMAmt, 4p. (Circular Técnica 14).
- Czepak, C., P.M. Fernandes, K.C. Albernaz, O.D. Rodrigues, L.M. Silva, E.A. Silva, Divino Borges, J., 2005.** Seletividade de inseticidas ao complexo de inimigos naturais na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). *Pesqui. Agropecuária Trop.* 35: 123–127.

- Davis, A.J., J.D. Holloway, H. Huijbregts, J. Krikken, A.H. Kirk-spriggs & S.L. Sutton. 2001.** Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. *J. Appl. Ecol.* 38: 593–616.
- Di Stefano, J. 2005.** Effect size estimates and confidence intervals: an alternative focus for the presentation and interpretation of ecological data, p. 71–102. In Burk, A.R. (ed.), *New Trends in Ecology Research*, Vol. 1. Nova Science, New York, 231p.
- Dhawan, A.K., S. Singh & S. Kumar. 2009.** Integrated pest management (IPM) helps reduce pesticide load in cotton. *J. Agr. Sci. Tech.* 11: 599–611.
- Doorenbos, J. & A.H. Kassam. 2000.** Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande, UFPB, 306 p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- Elzen, A.G.W. 2001.** Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *J. Econ. Entomol.* 94: 55–59.
- Escobar, F. 2004.** Diversity and composition of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages in a heterogeneous Andean landscape. *Trop. Zool.* 17: 123–136.
- Eveleens, K.G., R. Van Den Boshch & L.E. Ehler. 1973.** Secondary outbreak induction of beet armyworm by experimental insecticide applications in cotton in California. *Environ. Entomol.* 2: 497–503.
- Fragoso, D.B., P. Jusselino-Filho, R.N.C. Guedes & R. Proque. 2001.** Seletividade de inseticidas a vespas predadoras de *Leucoptera coffeella* (Guér.-Mènev.) (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Neotrop. Entomol.* 30: 139–144.
- Gross, K. & J.A. Rosenheim, 2011.** Quantifying secondary pest outbreaks in cotton and their monetary cost with causal-inference statistics. *Ecol. Appl.* 21: 2770–2780.
- Gusmão, M.R., M. Picanço, G.L.D. Leite & M.F. Moura. 2000.** Seletividade de inseticidas a predadores de pulgões. *Hortic. Bras.* 18: 130–133.
- Hill, M.P., Macfadyen, S. & M.A. Nash. 2017.** Broad spectrum pesticide application alters natural enemy communities and may facilitate secondary pest outbreaks. *PeerJ* 5: e4179.
- Howe, A.G., Nachman, G. & G.L. Lövei. 2015.** Predation pressure in Ugandan cotton fields measured by a sentinel prey method. *Entomol. Exp. Appl.* 154: 161–170.
- IRAC. 2021.** Disponível em: <<https://www.irac-br.org/modo-de-acao>>. Acessado em: 04 de Mar. 2021.
- Jiang, J., Y. Wang, W. Mu & Z. Zhang. 2019.** Sublethal effects of anthranilic diamide insecticides on the demographic fitness and consumption rates of the *Coccinella*

*septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis craccivora*. Environ. Sci. Pollut. Res. 27: 4178–4189.

**Kilpatrick, A.L., A.M. Hagerty, S.G. Turnipseed, M.J. Sullivan & W.C. Bridges Jr. 2005.** Activity of selected neonicotinoids and dicofenophos on nontarget arthropods in cotton: implications in insect management. J. Econ. Entomol. 98: 814–820.

**King, E.G., J.R. Phillips & R.J. Coleman. 1996.** Cotton insects and mites: characterization and management. Memphis, The Cotton Foundation reference book series, 1008p.

**Knisley C.B. & T.E. Schultz. 1997.** The Biology of Tiger Beetles and a Guide to the Species of the South Atlantic States. Madison, Virginia Museum of Natural History, 210p.

**Korasaki, V., R. F. Braga, R. Zanetti, F.M.S. Moreira, F.Z. Vaz-de-Mello & J. Louzada. 2013.** Conservation value of alternative land-use systems for dung beetles in Amazon: valuing traditional farming practices. Biodiv. Conserv. 22:1485–1499.

**Kromp, B. 1999.** Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. Agric. Ecosyst. Environ. 74: 187–228.

**Larochelle A. & M.C. Larivière. 2003.** A Natural History of the Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) of America North of Mexico. Sofia, Russia: Pensoft Publ. 583p.

**Lepš, J. & P. Šmilauer. 2003.** Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. New York, Cambridge university press, 269p.

**Letourneau, D.K., J.A. Jedlicka, S.G. Bothwell & C.R. Moreno. 2009.** Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 40: 573–592.

**Lu, Y., K. Wu, Y. Jiang, Y. Guo & N. Desneux. 2012.** Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. Nature 487: 362–365.

**Luo, S., S.E. Naranjo & K. Wu. 2014.** Biological control of cotton pests in China. Biol. Control 68: 6–14.

**Machado, A.V.A., D.M. Potin, J.B. Torres & C.S.A. Silva Torres. 2019.** Selective insecticides secure natural enemies action in cotton pest management. Ecotoxicol. Environ. Saf. 184: 109669.

**Mansfield, S., M.L. Dillon & M.E.A. Whitehouse. 2006.** Are arthropod communities in cotton really disrupted? An assessment of insecticide regimes and evaluation of the beneficial disruption index. Agric. Ecosyst. Environ. 113: 326–335.

**Manzoni, C.G., A.D. Grützmacher, F.P. Giolo, C.A.B. Lima, S.D. Nörnberg, W.R. Härter & C. Müller. 2006.** Seletividade de agrotóxicos recomendados na produção integrada da maçã

- a *Trichogramma pretiosum* riley, 1879 (Hym.: Trichogrammatidae) em condições de laboratório. Rev. Bras. Frutic. 28: 254–257.
- Mills, N.J., E.H. Beers, P.W. Shearer, T.R. Unruh & K.G. Amarasekare. 2016.** Comparative analysis of pesticide effects on natural enemies in western orchards: A synthesis of laboratory bioassay data. Biol. Control 102: 17–25.
- Miranda, J.E. 2010.** Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiros. Campina Grande, Embrapa, 37p. (Circular Técnica 131)
- Miranda, J.E. & S.M.M. Rodrigues. 2015.** História do bicudo no Brasil, p. 11-45. In J.L. Bélot (eds.), O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle. Cuiabá, Instituto Mato-grossense do Algodão, 250p.
- Naranjo, S.E. & H.M. Flint. 1994.** Spatial distribution of preimaginal *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development of fixed-precision sequential sampling plans. Environ. Entomol. 23: 254–266.
- Naranjo, S.E. & P.C. Ellsworth. 2009.** The contribution of conservation biological control to integrated control of *Bemisia tabaci* in cotton. Biol. Control 51: 458–470.
- Naranjo, S.E., Hagler, J.R. & P.C. Ellsworth. 2003.** Improved conservation of natural enemies with selective management systems for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton. Biocontrol Sci. Technol. 13: 571–587.
- Naranjo, S.E., P.C. Ellsworth & J.R. Hagler. 2004.** Conservation of natural enemies in cotton: Role of insect growth regulators in management of *Bemisia tabaci*. Biol. Control. 30: 52–72.
- Newsom, L.D., R.F. Smith & W.H. Whitcomb. 1976.** Selective pesticides and selective use of pesticides, p. 565–591. In C.B. Huffaker & P.S. Messenger (eds.), Theory and practice of biological control. New York, Academic Press, 788p.
- Nichols E, T. Larsen, S. Spector, A.L. Davis, F. Escobar, M. Favila & K. Vulinec. 2007.** Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and metaanalysis. Biol. Conserv. 137:1–19.
- Quesada, C.R. & C.S. Sadof. 2019.** Field evaluation of insecticides and application timing on natural enemies of selected armored and soft scales. Biol. Control 133: 81–90.
- Rafael, J.A., G.A.R. Melo, C.J.B. Carvalho, S.A. Casari & R. Constantino. 2012.** Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. Ribeirão Preto, Holos Editora, 810p.
- Ribeiro Junior, J. 1981.** A economia algodoeira em Pernambuco: da colônia à independência. R. Bras. Hist. 2:235–242.
- Roubos, C.R., C. Rodriguez-Saona, R. Holdcraft, K.S. Mason & R. Isaacs. 2014.** Relative toxicity and residual activity of insecticides used in blueberry pest management: Mortality of

natural enemies. J. Econ. Entomol. 107: 277–285.

**SAS Institute. 2002.** SAS/STAT user's guide, release 9.0. SAS Inst.

**Scramin, S., A. Chaim, M.C.P.Y. Pessoa, V.L. Ferracini, P.L. Antônio & N. Alvarenga. 2002.** Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. Pestic. Rev. Ecotoxicol. Meio Ambiente 12: 43–50.

**Selby, T.P., G.P. Lahm, T.M. Stevenson, K.A. Hughes, D. Cordova, I.B. Annan, J.D. Barry, E.A. Benner, M.J. Currie & T.F. Pahutski. 2013.** Discovery of cyantraniliprole, a potent and selective anthranilic diamide ryanodine receptor activator with cross-spectrum insecticidal activity. Bioorg. Med. Chem. Lett. 23: 6341–6345.

**Sechser, B., F. Bourgeois, B. Reber & H. Wesiak. 1994.** The integrated control of whiteflies and aphids on tomatoes in glasshouses with pymetrozine. Meded. Fac. Landbouwk. en Toegepaste Biol. Wet. Univ. Gent 59: 579–583.

**Silvie, P.J., D. Thomazoni, M.F. Soria, P.E. Saran & J.L. Bélot. 2013.** Pragas e seus danos em algodoeiro. Primavera do Leste, Instituto Mato-grossense do Algodão. 184p.

**Soares, J.J., B.A. Braz & A.C. Busoli. 1995.** Impacto de herbicidas sobre artrópodos benéficos associados ao algodoeiro. Pesqu. Agropec. Bras. 30: 1135–1140.

**Stecca, C.S., D.M., Silva, A.F., Bueno, A. Pasini, M.D. Denez & K. Andrade 2017.** Selectivity of insecticides used in soybean crop to the predator *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). Semina: Ciênc. Agrár, 38: 3469–3480.

**Stern, V.M., R.R.F. Smith, R. van den Bosch & K.S. Hagen. 1959.** The integrated control concept. Hilgardia 29: 81–101.

**Torres, J.B. & A.F. Bueno. 2018.** Conservation biological control using selective insecticides – A valuable tool for IPM. Biol. Control 126: 53–64.

**Torres, J.B. & J.R. Ruberson. 2004.** Toxicity of thiamethoxam and imidacloprid to *Podisus nigrispinus* (dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs associated to aphid and whitefly control in cotton. Neotrop. Entomol. 33: 99–106.

**Torres, J.B. & J.R. Ruberson. 2005.** Canopy- and Ground-dwelling Predatory Arthropods in Bt and on-Bt Cotton Fields: Patterns and Mechanisms. Environ. Entomol. 34: 1242–1256.

**Torres, J.B. & J.R. Ruberson. 2007.** Abundance of ground dwelling arthropods in Bt and non-Bt commercial cotton fields. Ann. Appl. Biol. 150: 27–39.

**Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres & J.V. Oliveira. 2003.** Toxicity of pymetrozine and thiamethoxam to *Aphelinus gossypii* and *Delphastus pusillus*. Pesqu. Agropec. Bras. 38: 459–466.

**Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres & R. Barros. 2003.** Relative effects of the insecticide

thiamethoxam on the predator *Podisus nigrispinus* and the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* in nectaried and nectariless cotton. *Pest Manag. Sci.* 59: 315–323.

**Trapero, C., I.W. Wilson, W.N. Stiller & L.J. Wilson. 2016.** Enhancing integrated pest management in GM cotton systems using host plant resistance. *Frontier Pl. Sci.* 7: 1–12.

**Triplehorn, C. A. & J.F. Norman. 2015.** *Estudo dos Insetos*. 2ª Ed. São Paulo, Cengage Learning. 766p.

**Van Den Brink, P.J. & C.J.F. Ter Braak. 1999.** Principal response curves: analysis of time-dependent multivariate responses of biological community to stress. *Environ. Toxicol. Chem.* 18: 138–148.

**Van Hamburg, H. & P.J. Guest. 1997.** The impact of insecticides on beneficial arthropods in cotton agro-ecosystems in South Africa. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32: 63–68.

**Whitcomb, W.H. & K. Bell. 1964.** Predaceous insects, spiders and mites of Arkansas cotton fields. *Agric. Exp. Stn. Div. Agric. Univ. Arkansas Fayettev. Bull.* 690: 1–83.

**Wilson, L.J., L.R. Bauer & D.A. Lally. 1998.** Effect of early season insecticide use on predators and outbreaks of spider mites (Acari: Tetranychidae) in cotton. *Bull. Entomol. Res.* 88: 477–488.

**Yu, J.S. 2014.** *The toxicology and biochemistry of insecticides*. Boca Raton, CRC press, 351p.

Tabela 1. Datas de pulverização e inseticidas seletivos e não seletivos aplicados para o controle de pragas em algodão durante as safras 2018 e 2020 na área do estudo.

Datas de pulverização	Inseticidas		Pragas-alvo
	Seletivos	Não-Seletivo	
2018 – Data de plantio 24.Abril			
18-Maio	Pimetrozina (200g i.a./ha)	Tiametoxam (50g i.a./ha)	Pulgão <sup>1</sup>
	Clorraniliprole (30g i.a. /ha)	Clorpirifós (336g i.a./ha)	Mosca-branca Curuquerê
08- Junho	Pimetrozina (200g i.a./ha)	Imidaclopido (36g i.a/ha)	Mosca-branca Pulgão
22-Junho	Ciantraniliprole (75g i.a/ha)	Dimetoato (500g i.a/ha)	Mosca-branca
20-Julho	Piriproxifem (50g i.a/ha)	Malationa (2000g i.a./ha)	Mosca-branca
03-Agosto	Pimetrozina (200g i.a./ha)	Tiametoxam (35g i.a/ha) +	Mosca-branca
		Lambda-cialotrina (26,5g i.a/ha)	Pulgão
2020 – Data de plantio 17.Abril			
23-Julho	Pimetrozina (200g i.a./ha)	Tiametoxam (50g i.a./ha)	Mosca-branca
17-Agosto	Bifentrina (30g i.a./ha)	Malationa (2000g i.a./ha)	Bicudo-do-algodoeiro
23-Agosto	Malationa (2000g i.a./ha)	Bifentrina (30g i.a./ha)	Bicudo-do-algodoeiro



Tabela 2. Índices de abundância e diversidade de artrópodes benéficos edáficos e do dossel, em algodoeiro sob manejo de inseticidas. Safras de 2018 e 2020, Frei Miguelinho, PE.

Taxa	2018			2020		
	Sem inseticida	Seletivo	Não seletivo	Sem inseticida	Seletivo	Não seletivo
<i>Artrópodes predadores de parte aérea (dossel)</i>						
Riqueza S (Estimador Jackknife)	15 (12,8 - 17,2)	12 (11,0 - 12,9)	15 (10,4 - 19,5)	12 (9,8 - 14,2)	12 (9,2 - 14,6)	11 (9,5 - 12,5)
Índice de diversidade (H')	1,69 (1,39 - 1,98)	1,48 (1,15 - 1,81)	1,74 (1,36 - 2,12)	1,25 (1,07 - 1,42)	1,34 (1,11 - 1,57)	1,45 (1,26 - 1,64)
Índice de Simpson Inv mean	4,13 (3,21 - 5,05)	3,31 (2,34 - 4,26)	4,10 (2,76 - 5,43)	2,65 (2,16 - 3,14)	2,91 (2,28 - 3,53)	3,34 (2,89 - 3,81)
<i>Artrópodes benéficos de solo</i>						
Riqueza S (Estimador Jackknife)	52 (49,0 - 54,9)*	49 (43,9 - 54,0)	46 (43,1 - 48,9)	58 (53,7 - 62,3)	61 (56,9 - 65,1)	61 (54,5 - 67,4)
Índice de diversidade (H')	2,17 (2,11 - 2,23)	2,41 (1,93 - 2,62)	2,11 (1,72 - 2,50)	2,65 (2,39 - 2,91)	2,63 (2,42 - 2,84)	2,57 (2,28 - 2,86)
Índice de Simpson Inv mean	4,82 (4,45 - 5,19)	6,64 (5,21 - 8,07)*	4,69 (4,20 - 5,18)	8,69 (6,69 - 10,69)	8,25 (6,67 - 9,83)	8,16 (6,07 - 10,25)

Tabela 3. Totais (*n*) e médias de taxa por armadilha *pitfall* (sem inseticida = 489 armadilhas; inseticida seletivo = 483 armadilhas e inseticida não seletivo = 480 armadilhas) de artrópodes edáficos em algodoeiro em diferentes tratamentos durante a safra de 2018 (*n* = 15 semanas de amostragem) e 2020 (*n* = 16 semanas de amostragem), Frei Miguelino, PE, Brasil.

Taxa	2018			2020				
	<i>n</i>	Sem inseticida	Seletivo	Não seletivo	<i>n</i>	Sem inseticida	Seletivo	Não seletivo
<b>Araneae</b>								
<i>Actinopodidae</i>								
<i>Actinopus</i> sp.	7	0,012	0,012	0,004	19	0,024	0,0411	0,0375
<i>Oxyopidae</i>								
<i>Oxyopes salticus</i>	647	0,75	1,18	0,80	390	0,51	0,576	0,512
<i>Lycosidae</i>								
<i>Pavocosa</i> sp.	486	0,79	0,68	0,54	707	0,943	0,942	1,012
<i>Anyphaenidae</i>								
<i>Umurara fasciata</i>	261	0,37	0,42	0,29	248	0,389	0,378	0,245
<b>Coleoptera</b>								
<i>Carabidae</i>								
<i>Neoaulacoryssus speciosus</i>	391	0,50	0,57	0,55	73	0,0763	0,111	0,1125
<i>Athrostictus sulcatulus</i>	108	0,18	0,14	0,12	23	0,0321	0,0411	0,0208
<i>Selenophorus</i> sp. 4	40	0,08	0,03	0,05	4	-	0,0123	0,0041
<i>Apenes</i> sp.	7	0,008	0,004	0,016	36	0,0361	0,0658	0,0458
<i>Barysomus</i> sp.	22	0,03	0,03	0,033	8	0,02	0,0041	0,0083
<i>Brachygnathus oxygenus</i>	5	0,0083	0,0083	0,004	-	-	-	-
<i>Calleida scutellaris</i>	48	0,112	0,04	0,45	94	0,1606	0,1646	0,05833
<i>Calosoma</i> ( <i>Castrida</i> )	4	0,004	0,012	-	13	0,00410	0,020	0,0291
<i>alternans</i>								
<i>Brasiella argentata</i>	55	0,04	0,09	0,095	75	0,1244	0,1069	0,075
<i>Coptia armata</i>	9	0,012	0,008	0,016	25	0,012	0,0699	0,0208
<i>Selenophorus</i> sp.2	-	-	-	-	46	0,0522	0,0411	0,0958
<i>Barysomus</i>	3	0,008	0,004	-	5	-	-	0,020
<i>punctatostriatus</i>								
<i>Selenophorus</i> sp.3	-	-	-	-	3	0,004	0,0041	0,0041
<i>Dercylus</i> sp.	52	0,1	0,06	0,06	80	0,08433	0,1275	0,11666
<i>Eucheila</i> sp.1	4	0,004	0,004	0,008	2	0,004	-	0,0041
<i>Eucheila</i> sp.2	3	-	0,004	0,008	43	0,0763	0,0699	0,0291
<i>Galerita brasiliensis</i>	59	0,066	0,08	0,1	40	0,0763	0,0370	0,05
<i>Galerita americana</i>	3314	4,61	3,81	5,38	1826	2,5666	2,794	2,1166
<i>Glyptogrus</i> sp.	24	0,05	0,03	0,02	6	0,0080	0,0123	0,0041
<i>Leptotrachelus</i> sp.	-	-	-	-	1	-	-	0,0041
<i>Tetracha sobrina</i>	1054	1,38	1,01	2,0	1816	2,618	2,584	2,2333
<i>Marsyas</i> sp.	4	0,008	0,008	-	-	-	-	-
<i>Pseudabarys</i> sp.	151	0,18	0,225	0,22	65	0,0883	0,0823	0,0958
<i>Scarites</i> sp.	97	0,183	0,12	0,1	60	0,0722	0,123	0,05
<i>Selenophorus</i> sp.	-	-	-	-	23	0,0361	0,0288	0,0291
<i>Tetragonoderus</i> sp.	-	-	-	-	59	0,0923	0,0493	0,100

Tabela 2. Continuação

Taxa	2018				2020			
	<i>n</i>	Sem inseticida	Seletivo	Não seletivo	<i>n</i>	Sem inseticida	Seletivo	Não seletivo
Geotrupidae								
<i>Neothyreus</i> sp.	1	-	0,004	-	5	0,004	0,0041	0,0125
Scarabaeidae								
<i>Ateuchus semicribratus</i>	20	0,029	0,0125	0,041	15	0,02811	0,0041	0,0291
<i>Canthon cinctellus</i>	110	0,17	0,11	0,17	55	0,0923	0,0823	0,05
<i>Cantidium humerale</i>	-	-	-	-	5	0,012	0,0041	0,0041
<i>Cantidium</i> sp. 1	32	0,062	0,02	0,05	14	0,0160	0,0329	0,0083
<i>Cantidium</i> sp. 2	22	0,025	0,05	0,016	13	0,0321	0,0123	0,0083
<i>Cantidium</i> sp. 3	3	0,008	-	0,004	2	0,004	-	0,0041
<i>Coprophanaeus pertyi</i>	225	0,45	0,23	0,25	233	0,2409	0,2839	0,433
<i>Coelosis bicornis</i>	-	-	-	-	3	0,004	0,0082	-
<i>Dichotomius nisus</i>	388	0,59	0,64	0,38	37	0,0281	0,0823	0,041
<i>Dichotomius geminatus</i>	169	0,28	0,18	0,24	41	0,0481	0,0823	0,0375
<i>Deltochilum verruciferum</i>	21	0,045	0,004	0,037	8	0,004	0,0164	0,0125
Staphylinidae	69	0,066	0,066	0,154	30	0,0321	0,0576	0,03333
Dermaptera								
Forficulidae								
<i>Doru luteipes</i>	3	0,004	-	0,008	19	0,01204	0,0534	0,0125
Labiduridae								
<i>Labidura xanthopus</i>	16	0,125	0,004	0,05	3	0,004	0,008	-
Hymenoptera								
Formicidae								
<i>Crematogaster victima</i>	-	-	-	-	268	0,5220	0,4279	0,1416
<i>Camponotus crassus</i>	162	0,22	0,33	0,125	90	0,1244	0,1275	0,1166
<i>Ectatomma suzanae</i>	3180	6,77	4,51	1,96	1874	2,2248	3,4897	1,966
<i>Odontomachus bauri</i>	26	0,059	0,033	0,0166	12	0,02811	0,0164	0,0041
<i>Solenopsis globularia</i>	-	-	-	-	218	0,3253	0,3950	0,1708
sp. 3	85	0,15	0,075	0,13	54	0,08835	0,06995	0,0625
sp. 4	7467	11,84	6,13	13,14	-	-	-	-
sp. 5	11	0,0083	0,025	0,012	-	-	-	-
sp. 7	15	0,054	-	0,0083	-	-	-	-
sp. 8	-	-	-	-	20	0,04417	0,0329	0,0041
sp. 10	-	-	-	-	16	0,0080	0,02057	0,0375
sp. 11	-	-	-	-	1528	1,55	1,975	2,7533
sp. 12	-	-	-	-	1	-	-	0,0041
sp. 13	-	-	-	-	8	0,008	0,0082	0,0166
sp. 14	-	-	-	-	5	-	0,0205	-
Mutillidae 1	448	0,53	0,566	0,77	81	0,08433	0,0905	0,15833
Mutillidae 2	200	0,245	0,275	0,312	107	0,1244	0,1728	0,1416
Mutillidae 3	601	0,579	0,516	1,40	150	0,1726	0,2510	0,1916
Sphecidae	108	0,17	0,14	0,13	8	0,01606	0,0123	0,0041

Tabela 4. Porcentagem de variância explicada pela data de amostragem e pelos tratamentos, e variância explicada pelos eixos 1 (PRC1) e 2 (PRC2) que representam o efeito dos tratamentos sobre a comunidade de artrópodes predadores do dossel das plantas e artrópodes benéficos edáficos (insetos e aranhas), durante as safras de algodão 2018 e 2020 e datas de avaliação em que os pares de contrastes foram significativos entre o tratamento sem inseticida (padrão,  $y = 0$ ), e os tratamentos com inseticidas ( $x$  Seletivo) e ( $x$  Não seletivo).

Ano/Estrato	% de variância explicada por		% de variância explicada pelo tratamento	
	Datas de amostragem	Tratamento	PRC1	PRC2
<i>2018</i>				
<i>Dossel</i>	32	20	46 ( $p = 0,011$ )	26 ( $p = 0,079$ )
<i>x Seletivo</i>		3 <sup>a</sup> e 5 <sup>a</sup> ( $p < 0,01$ )		
<i>x Não seletivo</i>		1 <sup>a</sup> , 5 <sup>a</sup> , 6 <sup>a</sup> , 11 <sup>a</sup> , 14 <sup>a</sup> e 15 <sup>a</sup> ( $p < 0,05$ )		
<hr/>				
<i>Edáfico</i>	37	14,5	26 ( $p = 0,06$ )	17 ( $p = 0,238$ )
<i>x Seletivo</i>		7 <sup>a</sup> ( $p = 0,02$ )		
<i>x Não seletivo</i>		3 <sup>a</sup> , 9 <sup>a</sup> e 12 <sup>a</sup> ( $p < 0,05$ )		
<hr/>				
<i>2020</i>				
<i>Dossel</i>	34,5	11	53 ( $p = 0,5450$ )	15 ( $p = 1,000$ )
<i>x Seletivo</i>		-		
<i>x Não seletivo</i>		-		
<hr/>				
<i>Edáfico</i>	32	13	17 ( $p = 0,5470$ )	12,5 ( $p = 0,957$ )
<i>x Seletivo</i>		-		
<i>x Não seletivo</i>		2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> ( $p < 0,05$ )		

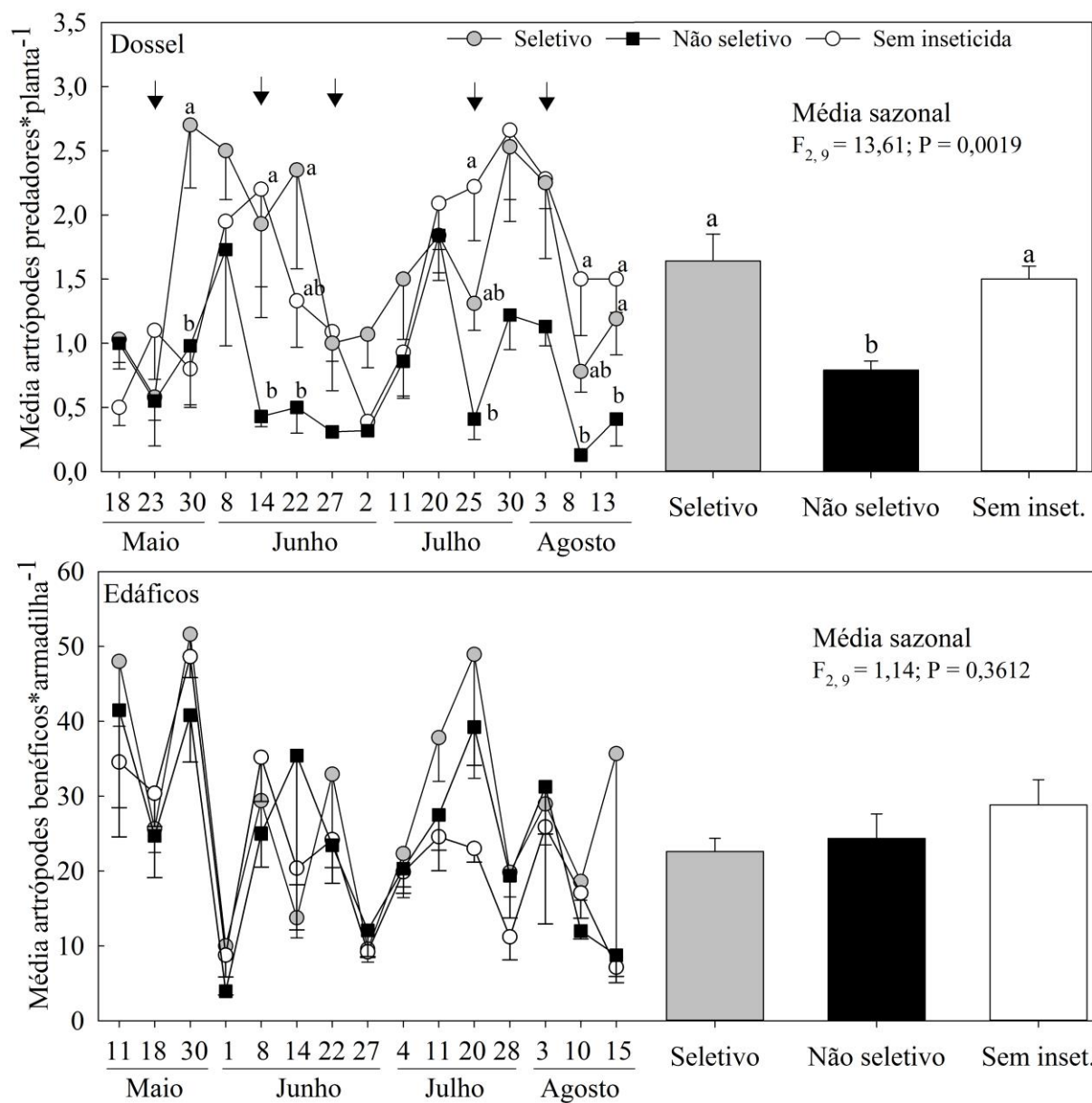


Figura 1. Média (+ EP) de artrópodes predadores por planta de algodão, ou benéficos por armadilha de queda (*pitfall*), em cada data de amostragem e médias sazonais, em função da pulverização de inseticidas na safra 2018. Nota: As setas denotam aplicações de inseticidas e as letras a diferença estatística entre as médias de tratamento (Tukey HSD, P < 0,05).

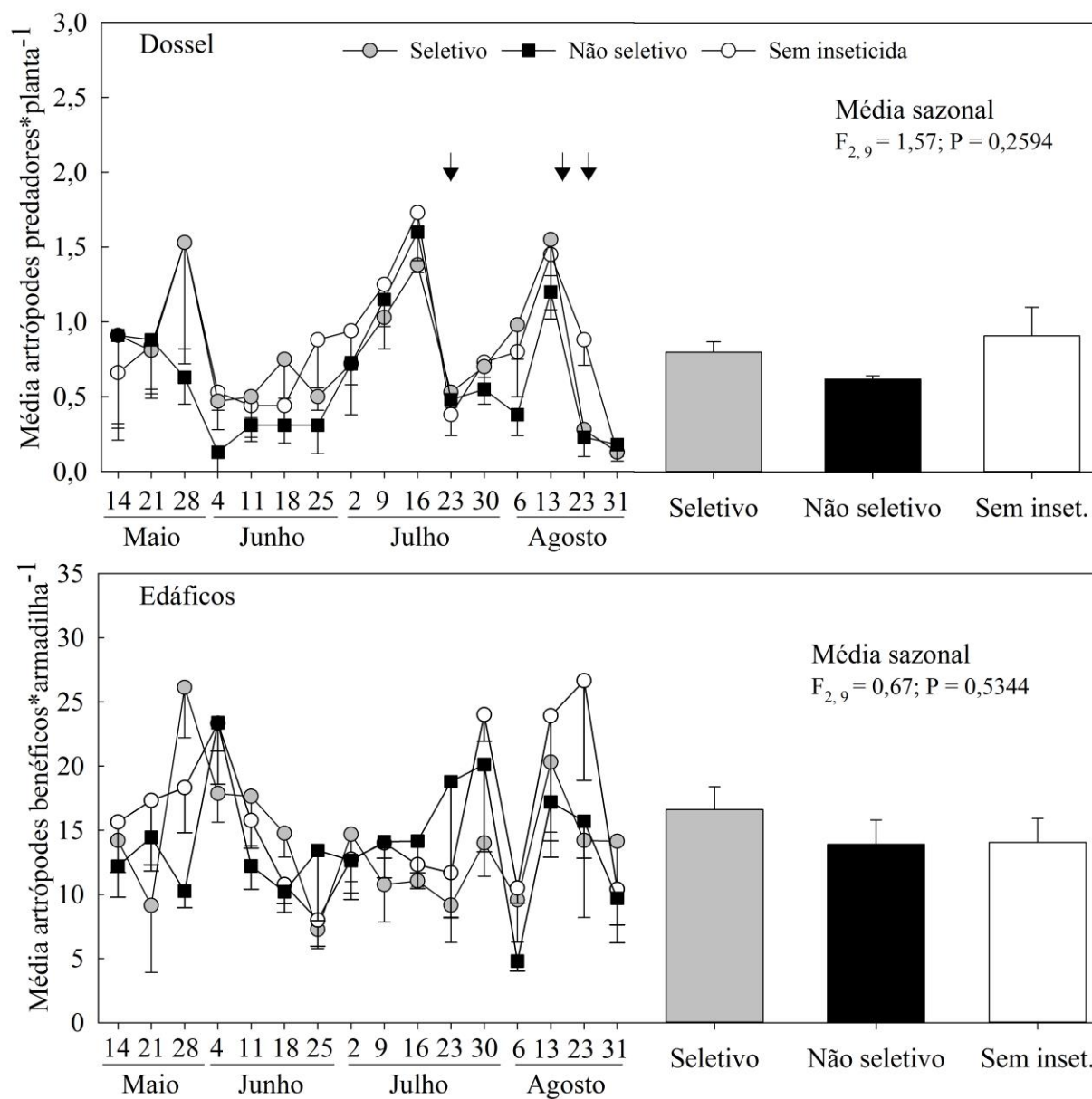


Figura 2. Média (+ EP) de artrópodes predadores por planta de algodão, ou benéficos por armadilha de queda (*pitfall*), em cada data de amostragem e médias sazonais, em função da pulverização de inseticida na safra 2020. Nota: As setas denotam aplicações de inseticidas e as letras a diferença estatística entre as médias de tratamento (Tukey HSD, P < 0,05).

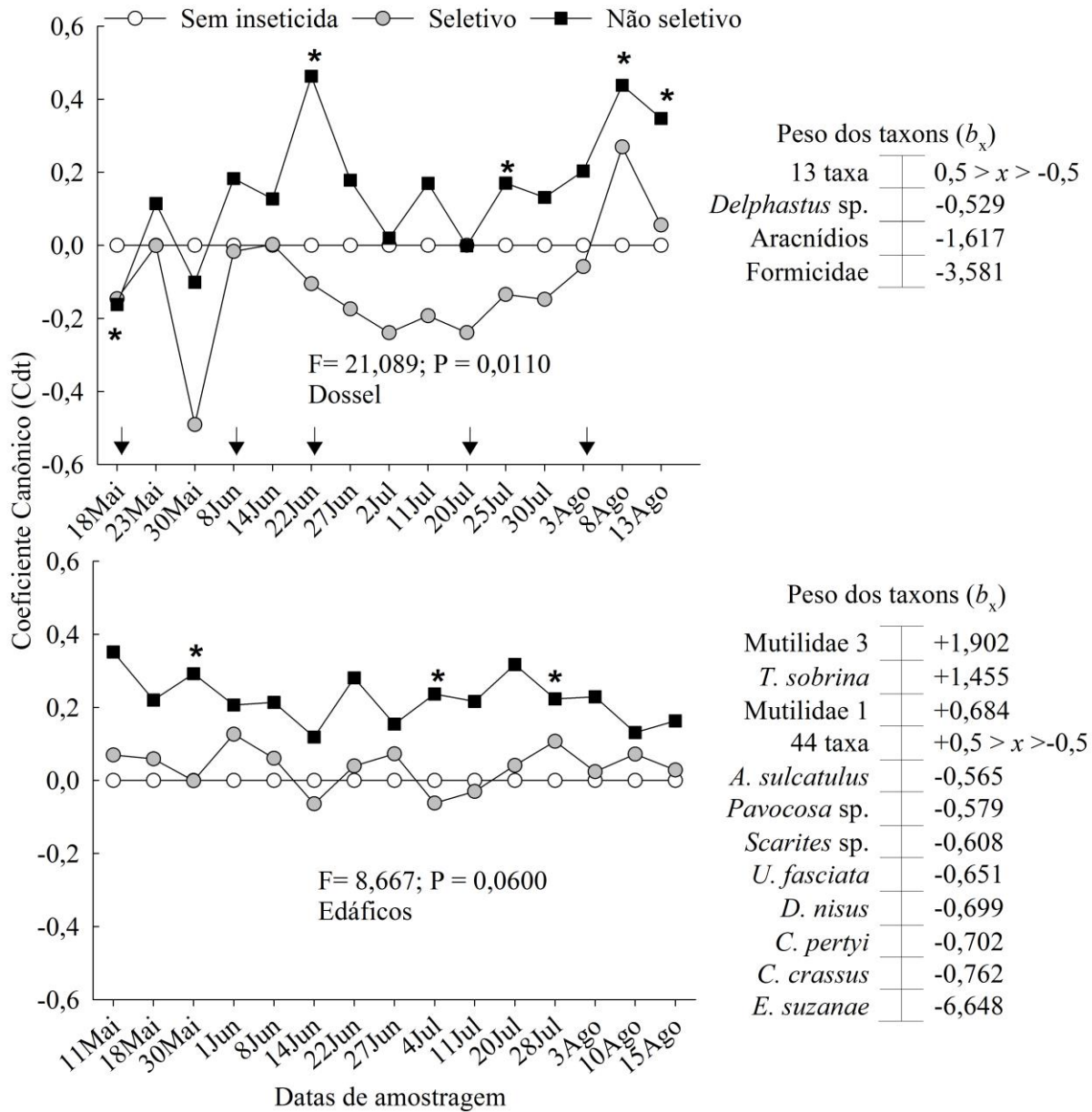


Figura 3. Curvas de resposta principais (PRC) e peso de contribuição dos táxons ( $b_x$ ) amostrados no dossel da planta e coletados em armadilhas *pitfall* ao longo da safra de algodão de 2018, Frei Miguelinho, PE, em parcelas submetidas a diferente manejo com inseticidas. Nota: a curva PRC mostra o efeito principal da aplicação dos inseticidas seletivos e não seletivos sobre a comunidade de artrópodes predadores relativos ao tratamento sem inseticida ( $y = 0$ ). Valores de  $P < 0,05$  indicam significância do diagrama da PRC ao longo das datas de amostragem a partir do teste de F de permutação, enquanto asterisco (\*) indica as datas com diferença significativa. Quanto mais alto o valor do peso do táxon ( $b_x$ ) mais provável que a resposta deste táxon segue o padrão mostrado pela curva de mudança na comunidade.

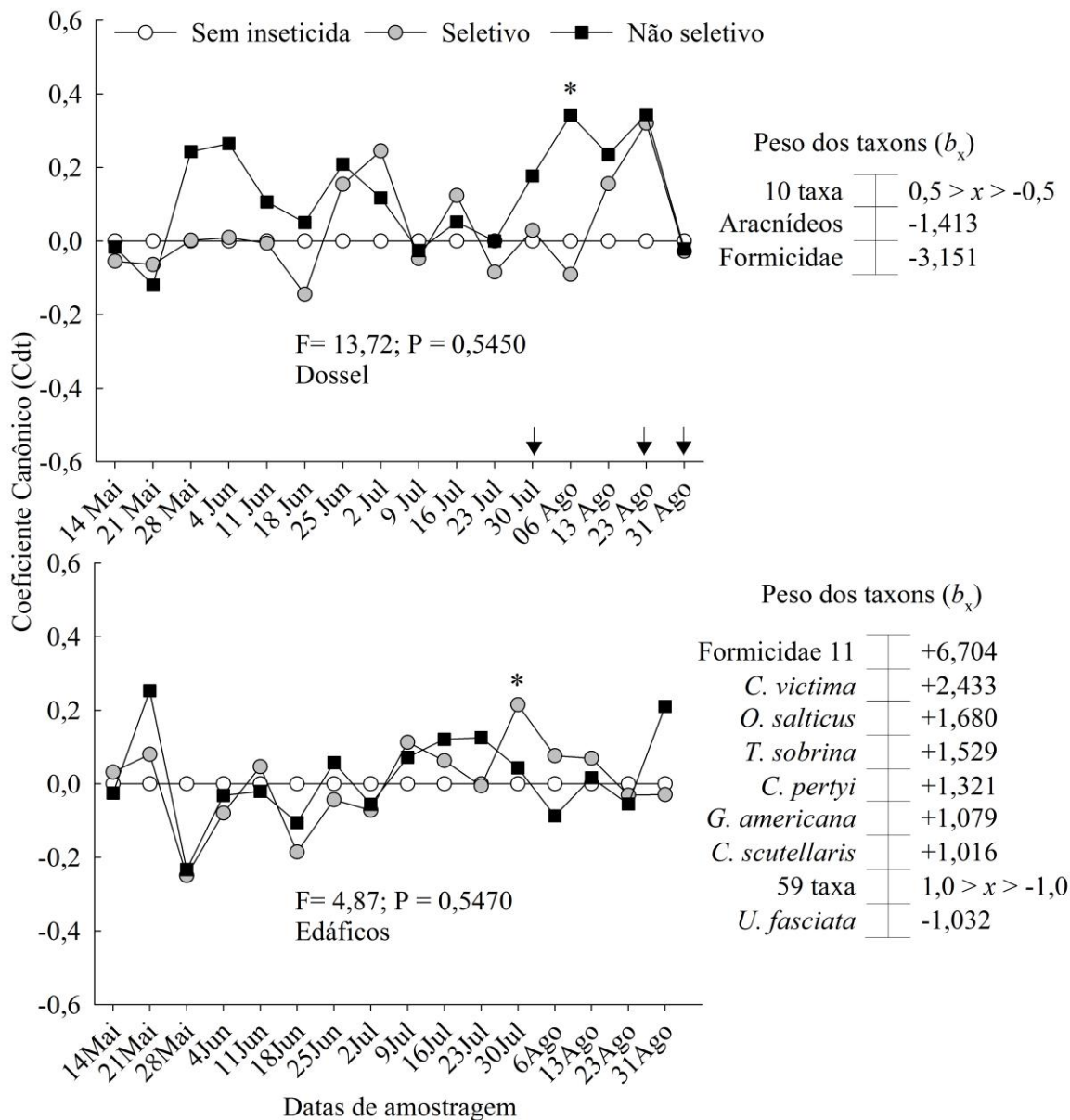


Figura 4. Curvas de resposta principais (PRC) e peso de contribuição dos táxons ( $b_x$ ) amostrados no dossel da planta e coletados em armadilhas *pitfall* ao longo da safra de algodão de 2020, Frei Miguelinho, PE, em parcelas submetidas a diferentes manejos com inseticidas. Nota: a curva PRC mostra o efeito principal da aplicação de inseticidas seletivos e não seletivos sobre a comunidade de artrópodes predadores relativos ao tratamento sem inseticida ( $y = 0$ ). Valores de  $P < 0,05$  indicam significância do diagrama da PRC ao longo das datas de amostragem a partir do teste de F de permutação, enquanto asterisco (\*) indica as datas com diferença significativa. Quanto mais alto o valor do peso do táxon ( $b_x$ ) mais provável que a resposta deste táxon segue o padrão mostrado pela PRC de mudança na comunidade.



## MATERIAL SUPLEMENTAR

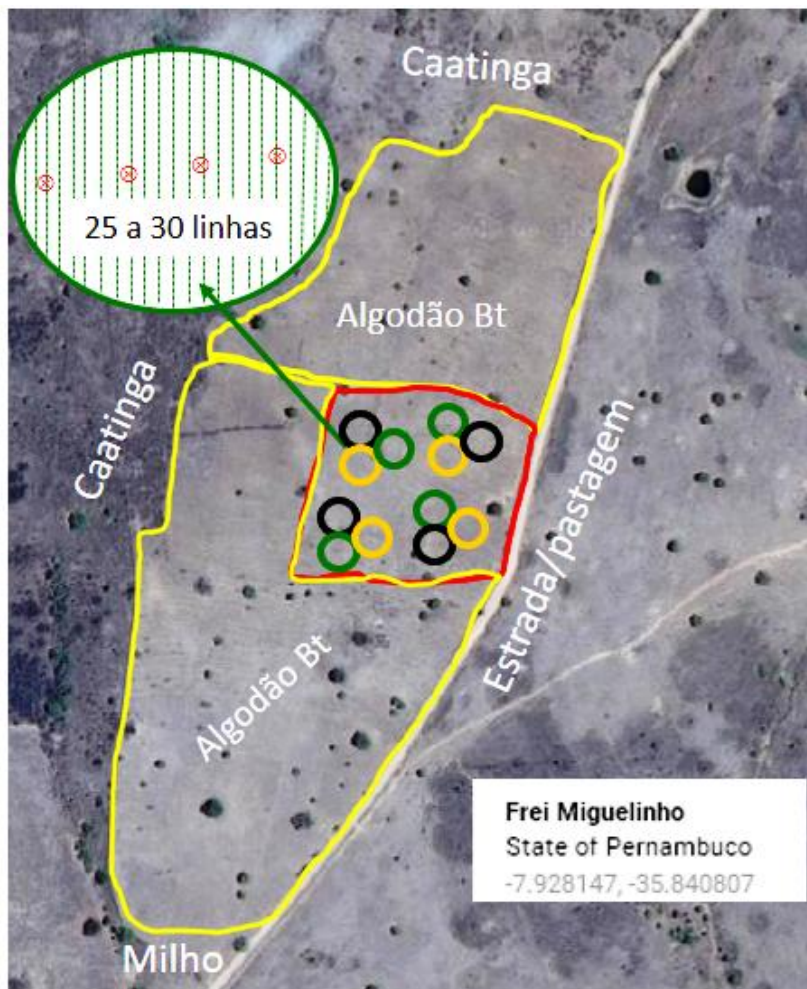


Figura 1S. Área do estudo com as distribuições das áreas cultivadas com o algodão Bt (com contorno em amarelo) e algodão não-Bt (refúgio com contorno em vermelho) contendo as parcelas experimentais sem aplicação de inseticida (●), com aplicação de inseticida seletivo (●), e com aplicação de inseticida não seletivo (●), posição das armadilhas *pitfall* nas linhas de algodão em cada repetição (⊗) e composição da vegetação no entorno da área cultivada.

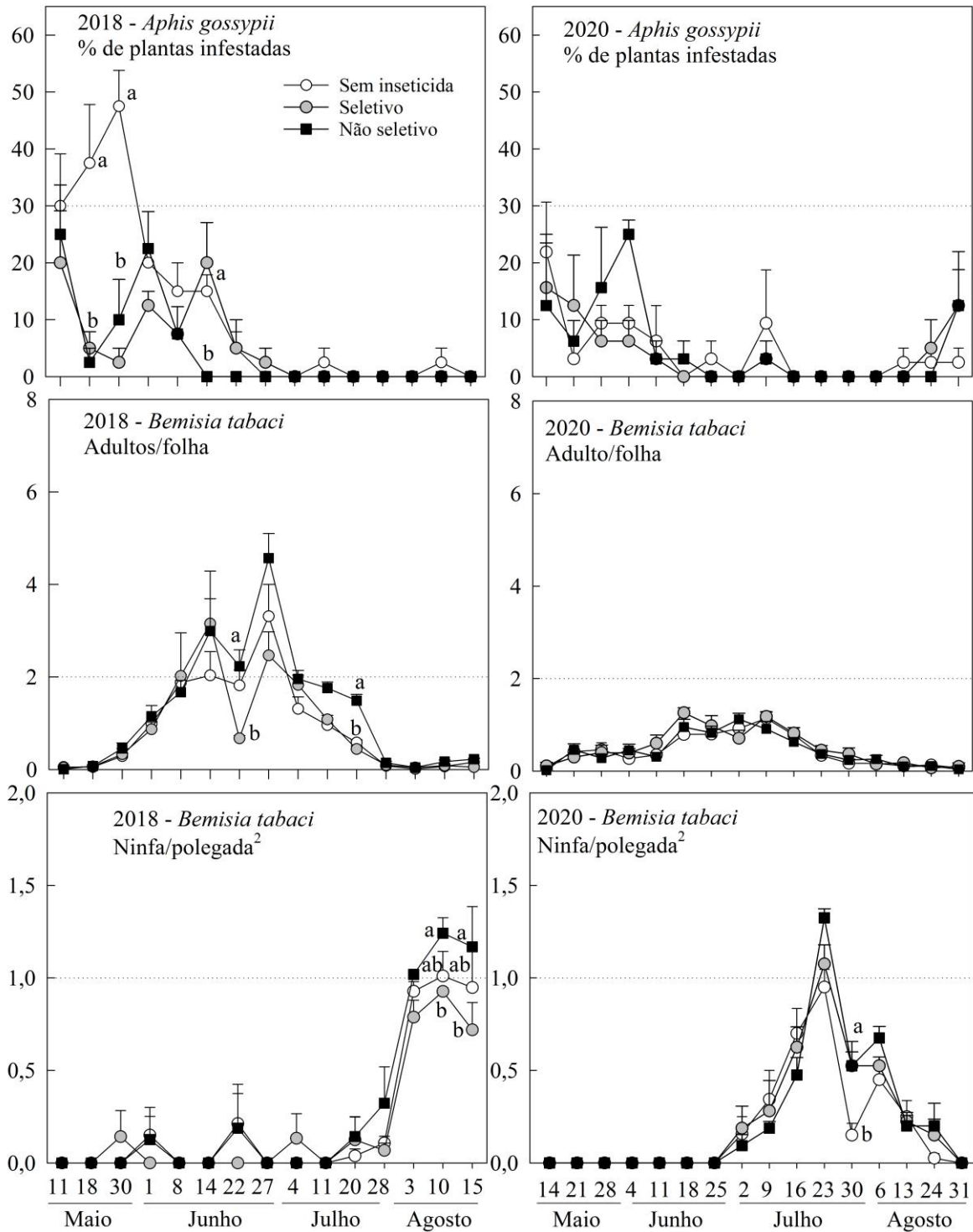


Figura 2S. Densidade média (+EP) da infestação nas safras 2018 e 2020 do pulgão-do-algodoeiro (% de plantas infestadas), adultos de mosca-branca por folha do topo e ninfas por visada na quinta folha do ramo principal. Nota: linha pontilhada indica a densidade empregada como nível de controle. Apenas médias das datas de avaliação com diferença significativa, entre tratamentos, possuem letras separando tratamentos pelo teste Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

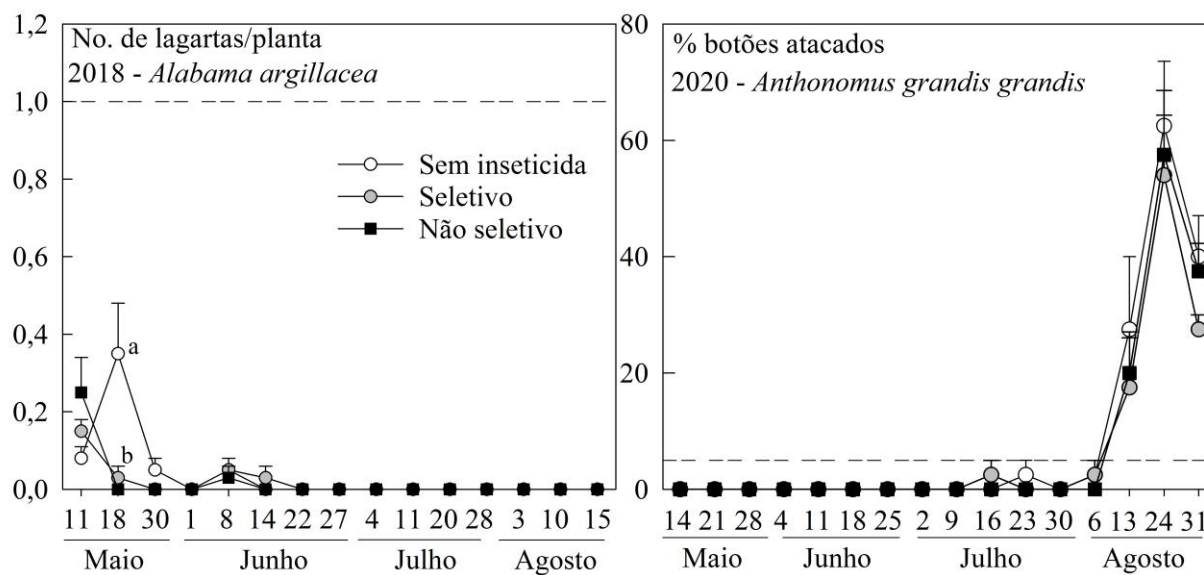


Figura 3S. Densidade de lagartas do curuquerê-do-algodoeiro por planta e porcentagem de botões atacados pelo bicudo-do-algodoeiro. Nota: Em 2018, não houve infestação do bicudo e, em 2020, a infestação não atingiu índices para decisão de controle.

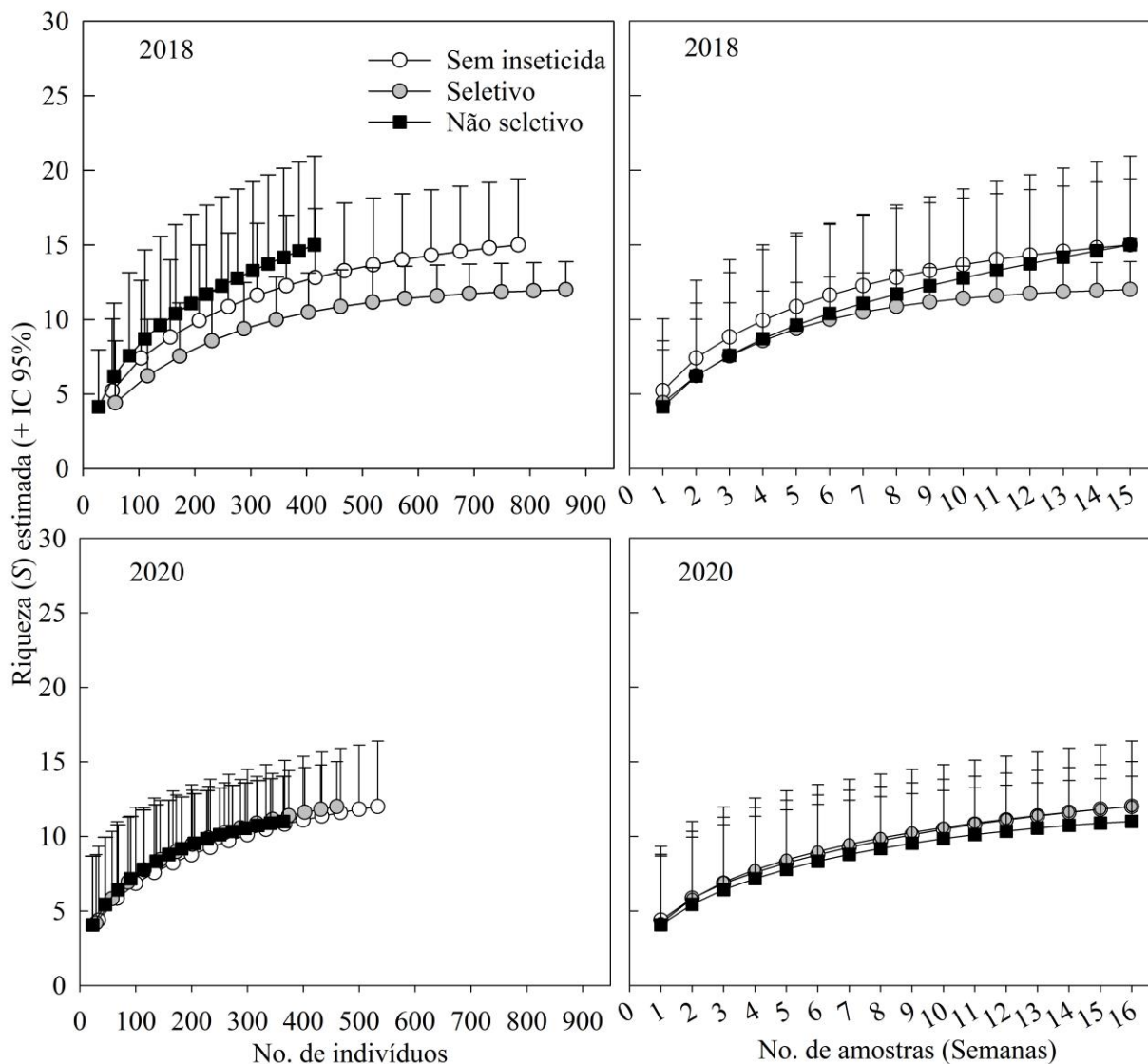


Figura 4S. Acúmulo e riqueza de espécies predadoras anotadas em amostragem de parte aérea (Dossel) da planta de algodão, em função do número de indivíduos coletados e semanas amostradas, nas safras 2018 (15 datas de avaliação = semanas) e 2020 (16 datas de avaliação = semanas) durante o desenvolvimento do algodoeiro submetido a diferente manejo de inseticidas.

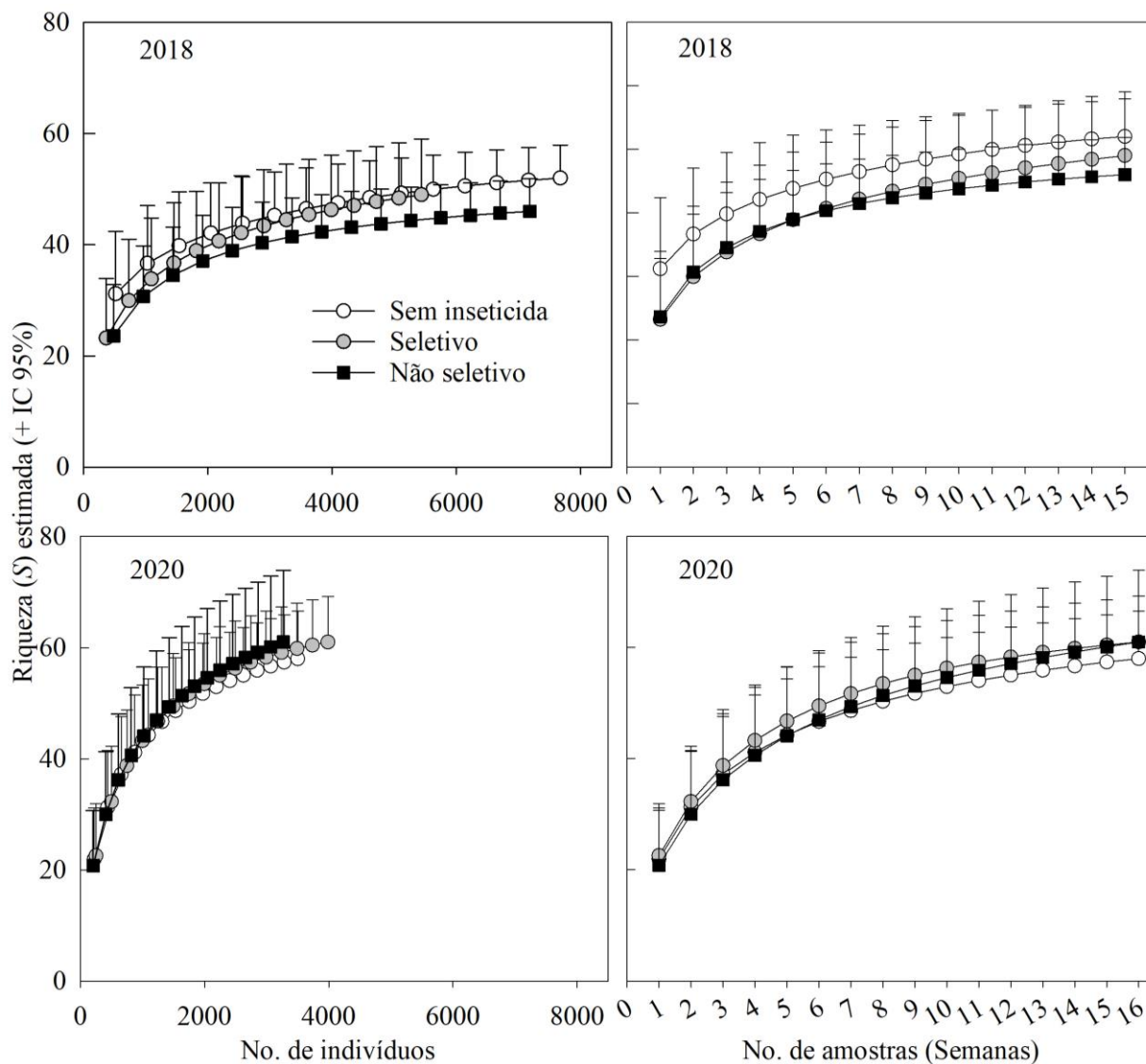


Figura 5S. Acúmulo e riqueza de espécies predadoras coletadas em armadilha de queda (“*pitfall*”), em função do número de indivíduos coletados e semanas amostradas, nas safras 2018 (15 semanas = datas de avaliação) e 2020 (16 semanas = datas de avaliação) durante o desenvolvimento do algodoeiro submetido a diferente manejo de inseticidas.

### **CAPITULO 3**

## **SELETIVIDADE DE INSETICIDAS A UM PREDADOR CHAVE PARA O CONTROLE DE PRAGAS DO ALGODOEIRO MEDIADA POR MÚLTIPLOS FATORES<sup>1</sup>**

DENNER M. POTIN<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Departamento de Agronomia - Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Rua Dom Manoel de Medeiros, 52171-900, Recife, PE, Brasil.

---

<sup>1</sup>Potin, D.M. Seletividade de inseticidas a um predador chave para o controle de pragas do algodoeiro mediada por múltiplos fatores. A ser submetido.

RESUMO – O controle de pragas do algodoeiro está amplamente condicionado ao uso de inseticidas, embora predadores como a tesourinha *Euborellia annulipes* (Lucas), possam contribuir predando diferentes espécies praga, principalmente larvas e pupas do bicudo-do-algodoeiro, a principal praga da cultura do algodoeiro. A toxicidade de 12 inseticidas de diferentes grupos químicos e recomendados para o controle de pragas sugadoras e mastigadoras do algodoeiro foi estudada empregando *E. annulipes* como modelo. A compatibilidade dos inseticidas foi caracterizada para ninfas e adultos de duas populações de *E. annulipes* mediante contato residual e ingestão de alimento contaminado e taxa de predação. Pimetrozina, clorantniliprole e espinetoram foram seletivos independente da forma de contato, população e fase do predador. Ciantraniliprole apresentou seletividade dependente da fase do predador e da forma de contato, enquanto o piriproxifem não matou adultos, mas impediu as ninfas de realizarem a muda para a fase adulta. Clorfenapir, indoxacarbe e lambda-cialotrina foram altamente tóxicos mediante contato residual e ingestão de alimento contaminado, mas apresentaram impacto reduzido quando o predador foi confinado sobre a planta e presa pulverizadas. Por outro lado, os inseticidas clorpirifós, dimetoato e malationa foram tóxicos para o predador, independente dos fatores estudados. Assim, a seletividade varia em função da forma de contato e fase do predador e o modo de ação do inseticida, bem como do comportamento do predador. Os resultados mostram que há inseticidas compatíveis com *E. annulipes*, que podem ser recomendados de forma a beneficiar o manejo de pragas do algodoeiro.

PALAVRAS CHAVE: MIP, controle biológico, ecotoxicologia, comportamento do predador, bioensaio de toxicidade.

MULTIPLE FACTORS MEDIATING INSECTICIDE SELECTIVITY TO A KEY INSECT  
PREDATOR FOR COTTON PEST MANAGEMENT

ABSTRACT - Mortality of agricultural pests by arthropod predators has been a valuable ecosystem service for crop production. The ring-legged earwig, *Euborellia annulipes* (Lucas), attacks different pest species in various crop ecosystems, including larvae and pupae of the boll weevil, one of the worst cotton pest species. Despite the biological control, cotton pest management is widely dependent of synthetic insecticides. In this study, two populations of *E. annulipes* were used to assess the selectivity of 12 insecticides commonly recommended against sap-sucking and chewing cotton pests. Both nymphs and adult predators were exposed to the insecticides through ingestion of contaminated prey, or contact with dried residues on inert and on treated plants along with the prey. Pymetrozine, chlorantraniliprole, and spinetoram exhibited low impact on the predator regardless of population, life stage, and route of exposure. Cyantraniliprole revealed impact depending on the predator life stage and form of contact. Pyriproxyfen was harmless to adult earwigs, but impaired nymphs from reaching adulthood. Chlorfenapyr, indoxacarb, lambda-cyhalothrin, chlorpyrifos, dimethoate, and malathion were harmful to the predator regardless of the studied factors. However, the negative impact of the former three insecticides when applied on plants containing prey and predator was reduced with the predator nesting on the ground. The findings show that both insecticide and predator life stage and behavior affect the insecticide selectivity outcomes. Therefore, testing different life stages and multiple routes of exposure, without dismissing the insect behavior, sound necessary to address about insecticide selectivity.

KEYWORDS: IPM, biological control, ecotoxicology, predator behavior, toxicity bioassay.



## Introdução

A ação de inimigos naturais tem sido considerada fator chave para restringir o crescimento populacional de pragas em diferentes agroecossistemas (Letourneau *et al.* 2009) e, em especial, na cultura do algodão (Naranjo *et al.* 2004, Machado *et al.* 2019, Bordini *et al.* 2021). O agroecossistema algodoeiro possui grande diversidade de pragas, mas também de inimigos naturais. Neste agroecossistema são registradas cerca de 600 espécies de artrópodes (Whitcomb & Bell 1964, Sujii *et al.* 2006). No Brasil, cerca de 58 espécie tem potencial de atingir o nível de dano econômico (Silvie *et al.* 2013), enquanto a grande maioria não são pragas por vários fatores, entre eles, a ação dos inimigos naturais. Dentre as pragas do algodoeiro, o bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* (Boh.), se destaca como praga chave, em todas as regiões de sua ocorrência, não somente no Brasil. Sua importância é atestada pelo volume de recursos investidos desde 1971 até os dias atuais para a sua erradicação e manutenção da condição das áreas livre da praga, nos Estados Unidos (Smith 1998, Allen 2015), bem como pelo custo para o seu manejo em áreas de sua ocorrência. No Brasil, são estimados gastos de aproximadamente U\$389.89/ha com o controle do bicudo-do-algodoeiro (Bélot *et al.* 2016). A dificuldade de controle, entre outros fatores, está relacionada a biologia e o ao comportamento da praga. As fases imaturas do bicudo-do-algodoeiro desenvolvem-se no interior das estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) (Showler 2005). Desta forma, apenas, os adultos tornam-se alvo das aplicações de inseticidas (Dias *et al.* 2004, Arruda *et al.* 2021).

Em decorrência da oviposição e desenvolvimento das larvas do bicudo-do-algodoeiro, os botões florais sofrem abscisão, em média, 7 dias após serem ovipositados (Praça 2007). Na superfície do solo, as larvas e, posteriormente, as pupas completam o desenvolvimento. Assim, inimigos naturais, como formigas e a tesourinha, *Euborellia annulipes* (Lucas) conseguem atacar as fases imaturas da praga, mesmo estando dentro dessas estruturas quando caídas ao solo

(Ramalho & Wanderley 1996, Lemos *et al.* 1998, Lemos *et al.* 1999. Além do bicudo-do-algodoeiro, *E. annulipes* também preda o pulgão-do-algodoeiro, *Aphis gossypii* (Glover) (Fernandes *et al.* 2013), posturas e larvas pequenas de outras pragas.–Tesourinhas são insetos predominantemente noturnos e que vivem no solo ou em partes das plantas protegidas da luz durante o dia (Bharadwaj 1966), como nos espaços entre as brácteas e as estruturas reprodutivas do algodoeiro. Além de atacarem presas na superfície do solo, são também capazes de preda indivíduos presentes no dossel das plantas durante a noite (Klostermeyer 1942, Bharadwaj 1966).

Além do bicudo-do-algodoeiro, as demais pragas do algodoeiro incluem espécies sugadoras e mastigadoras que atacam desde as raízes até as estruturas reprodutivas, ocasionando a necessidade de seu controle mediante uso de inseticidas de amplo espectro de ação quando ocorrem simultaneamente com outras pragas. Assim, inseticidas organofosforados, piretróides, carbamatos, neonicotinóides e fenilpirazóis são comumente utilizados embora categorizados como não seletivos para a maioria dos inimigos naturais das pragas do algodoeiro, (van Hamburg & Guest 1997, Barros *et al.* 2018, Kim *et al.* 2018, Machado *et al.* 2019). Estudos, no entanto, mostram que o monitoramento da lavoura e o emprego de inseticidas seletivos, pode beneficiar significativamente o controle natural das pragas (Naranjo *et al.* 2004, Torres & Bueno 2018, Machado *et al.* 2019, Bordini *et al.* 2021). Desta forma, é importante buscar o aumento da ação dos fatores de mortalidade natural sobre as diferentes fases das pragas e, principalmente, da principal praga da cultura, o bicudo-do-algodoeiro. Apesar do uso intensivo de inseticidas para o manejo de pragas do algodoeiro, é possível recomendar aqueles inseticidas seletivos (Torres & Bueno 2018), desde que a compatibilidade com outros métodos de controle seja demonstrada.

Para tanto, no presente trabalho testou-se a hipótese de que inseticidas recomendados para diferentes pragas do algodoeiro têm impacto diferenciado sobre o predador *E. annulipes*, em função da forma de contaminação do predador (i), da fase de desenvolvimento do predador (ii), e

da população do predador. Assim, o objetivo foi avaliar essas variáveis empregando inseticidas de diferentes grupos químicos, recomendados para controle de pragas de hábito alimentar sugador e mastigador, sobre ninfas e adultos de duas populações da tesourinha, bem como a variação no consumo da presa sob a influência desses inseticidas.

### **Materiais e Métodos**

O impacto dos inseticidas estudados sobre a tesourinha *E. annulipes* foi avaliado empregando experimentos que explorassem as principais formas de contato do predador com os inseticidas, considerando o comportamento do predador. Desta maneira, experimentos de contaminação residual, ingestão de presa contaminada e predação de presa na planta de algodão pulverizada foram realizados. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Controle Biológico de Insetos, do Departamento de Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). A variação na suscetibilidade de predadores a inseticidas também foi considerada neste estudo (Luna *et al.* 2018, Barros *et al.* 2018, Costa *et al.* 2018). Duas populações de *E. annulipes* foram usadas no estudo: Areia-PB e Paudalho-PE. A população de Areia-PB foi estabelecida com adultos cedidos pelo Laboratório de Entomologia, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia-PB, enquanto a população de Paudalho-PE foi iniciada com ninfas e adultos coletados em campo natural localizado em Paudalho-PE. Os insetos foram criados em laboratório à temperatura de  $25 \pm 1$  °C, umidade relativa de  $70 \pm 11\%$  e fotofase de 12 horas. Apesar do fotoperíodo controlado da sala de criação, os recipientes com os insetos foram mantidos em uma estante contendo cortina de tecido preto, para manter o ambiente com baixa luminosidade, mesmo durante a fotofase.

**Criação das Populações de *Euborellia annulipes*.** Os adultos de *E. annulipes* foram mantidos em recipientes plásticos transparentes ( $13 \times 20 \times 7$  cm, altura, comprimento e altura), com tampa

sob pressão possuindo aberturas mantidas com tela anti-afídeo para permitir circulação de ar. No fundo do recipiente foi colocado de 8 a 10 camadas de papel higiênico folha dupla (Personal Vip<sup>®</sup>, Bragança Paulista, SP). As camadas de papel foram umedecidas com água e serviram de abrigo para ninfas e adultos. O alimento foi a dieta descrita em Silva *et al.* (2009), composta de ração inicial para frango de corte (35%), farelo de trigo (24%), levedura de cerveja (22%), leite em pó (13%), e nipagin (4%), como anticontaminante. A dieta foi ofertada dentro de recipientes plásticos com borda de ~3 mm de altura evitando, assim, o contato da dieta com o papel umedecido. A manutenção da criação com limpeza do recipiente e troca de dieta foi realizada semanalmente.

Em cada recipiente de criação foram mantidos 40 adultos com razão sexual de 4:1 (♀:♂). Contudo, após a oviposição, a fêmea juntamente com os seus ovos, foram transferidas cuidadosamente para outra placa de Petri (80 × 15 mm, diâmetro e altura) contendo papel umedecido e dieta conforme descrito anteriormente. Devido ao comportamento de cuidado parental, a fêmea foi mantida com a postura e as ninfas eclodidas até essas atingirem três dias de idade. Após este período, as ninfas foram transferidas para recipientes de criação, mantendo-se uma densidade de 50-60 ninfas por recipiente.

**Inseticidas.** Doze inseticidas foram selecionados baseado em uma sequência possível de recomendação para o controle de pragas-chave do algodoeiro, que comumente infestam a lavoura ao longo da sua fenologia (Fig. 1S, Tabela 1S). Foram consideradas pragas iniciais, o pulgão e a mosca-branca, pragas intermediárias as lagartas desfolhadoras e pragas de estruturas reprodutivas, e pragas tardias os percevejos das maçãs. Quando possível, foram considerados inseticidas com histórico ou com potencial de seletividade com base em outros estudos (Crosariol Neto *et al.* 2014, Kim *et al.* 2018, Barros *et al.* 2018, Machado *et al.* 2019).

Os inseticidas foram testados considerando a dosagem máxima recomendada pelo fabricante para pulverização do algodoeiro combinado com o espalhante adesivo Will-Fix<sup>®</sup> a 0,01% (Charmon Destyl Indústria Química Ltda, Campinas, SP, Brasil). O volume de calda utilizado foi de 150 L/ha para diluição.

**Exposição Residual de Ninfas e Adultos do Predador.** A exposição aos resíduos secos dos inseticidas foi feita empregando superfície inerte. Assim, o interior de tampas e fundos de placas de Petri de vidro (80 × 15 mm, diâmetro e altura) foram pulverizadas com 1 mL da calda inseticida ou controle (água + espalhante adesivo). A pulverização foi realizada com auxílio de um pulverizador Airbrush set<sup>™</sup> (Paasche Airsbush Co, Harwood Heights, IL, USA) regulado a 15 lbs/pol (34,47 Pa). Após a pulverização, as placas foram colocadas em bandejas e deixadas por ~2h no interior de uma capela para exaustão de gás Nalgon<sup>™</sup> 3700 (Nalgon Equipamentos Científicos, Itupeva, SP), para evaporar a calda inseticida. Posteriormente, ninfas de terceiro instar ou adultos de *E. annulipes* com 24 a 72 h de idade foram confinados nas placas contendo resíduo dos inseticidas ou do tratamento controle (testemunha).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, 2×2×13 consistindo em duas populações de tesourinhas (Areias e Paudalho), fases do predador (ninfas e adultos) e 13 tratamentos para cada população (12 inseticidas + 1 testemunha), sendo cada tratamento composto de quatro repetições. A repetição foi representada por uma placa de Petri contendo 10 ninfas ou adultos (n = 40 indivíduos avaliados por tratamento).

Duas tampas de microtubos foram adicionadas no interior da placa de Petri, uma contendo 1 g da dieta e outra com algodão umedecido como fonte de água. Assim, tanto a dieta como a fonte de água não entraram em contato com o resíduo dos inseticidas. A toxicidade aguda dos inseticidas para ninfas e adultos da tesourinha foi determinada mediante a determinação da mortalidade 72 h após o confinamento. A toxicidade crônica para ninfas foi determinada a partir

da mortalidade diária e do tempo gasto até a transição para a fase adulta, bem como pela avaliação da mortalidade diária de adultos durante 20 dias, com os insetos confinados nas placas tratadas.

**Consumo de Presa Contaminada por Ninfas e Adultos do Predador.** Ninfas de terceiro ínstar (dois dias após terem realizado a transição para o ínstar) e adultos com 72 h de idade foram deixados por 24 h sem alimento para nivelar à saciedade. Foram utilizados ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) como presas. Uma quantidade de 0,5 g de ovos foi colocada em placas de Petri de vidro e receberam a aplicação de 500 µL da calda inseticida. As placas contendo os ovos tratados com os inseticidas foram dispostas em uma bandeja e deixadas no interior de uma câmara de exaustão de gases Nalgon<sup>TM</sup> 3700 (Nalgon Equipamentos Científicos, Itupeva, SP), para evaporar a calda inseticida por aproximadamente 2 h. Após este período, os ovos contaminados com os inseticidas foram pesados em balança de precisão 0,0001 g (Modelo FA-2104N<sup>TM</sup>, Bioprecisa, Curitiba, PR), acondicionados em recipientes e oferecidos para as ninfas de terceiro ínstar ou adultos de *E. annulipes*, sendo destinado 15 e 20 mg de ovos para uma ninfa e adulto, respectivamente. Após 24 h, os recipientes contendo os ovos foram novamente pesados e determinado o peso consumido. Em seguida, foi oferecida uma porção de aproximadamente 0,1 g da dieta padrão como alimento para os insetos vivos com reposição quando necessário. A sobrevivência das ninfas foi avaliada diariamente até a muda para a fase adulta e durante 20 dias, para os indivíduos tratados já na fase adulta. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×2×13 (populações, fases e tratamentos), com 20 repetições cada (um inseto por placa/repetição). O consumo de ovos (mg), sobrevivência diária e o tempo até a muda para a fase adulta (ninfas) foram anotados.

**Consumo de Presa em Plantas Pulverizadas com Inseticidas.** O comportamento noturno e de nidificar no solo exibido por *E. annulipes* pode reduzir o contato direto do predador com os resíduos provenientes das aplicações diurnas de inseticidas no dossel das plantas, exceto quando

se trata de predadores que forrageiam no dossel das plantas. Assim, neste experimento foram empregados cinco inseticidas dentre os 12 inseticidas testados nos experimentos anteriores, em que foi avaliada a mortalidade mediante contaminação pelo resíduo seco e consumo de presa contaminada.

Os inseticidas selecionados para este experimento foram pimetrozina, indoxacarbe, tiametoxam, lambda-cialotrina e malationa por representarem inseticidas que ocasionaram baixa, média e alta mortalidade do predador, através da exposição por resíduo seco e ingestão de presa contaminada e, ainda, serem possível de recomendação para diferentes pragas ao longo da fenologia da cultura (Tabela 1S).

Plantas de algodão da cultivar IMA2106GL foram cultivadas em vasos de 2 L contendo uma mistura de solo e húmus (3:1). O experimento foi iniciado quando as plantas estavam com aproximadamente 25 dias de idade. Para o estudo, a superfície do solo recebeu uma camada de ~1 cm de areia clara e umedecida, para facilitar a observação dos insetos como a confecção de galerias de nidificação e insetos mortos.

O consumo de presa no dossel da planta foi medido oferecendo ovos de *A. kuehniella*. Para tanto, cartelas de papel de cor azul celeste com 2 cm de comprimento e 1 cm de largura foram cortadas e receberam quatro porções de quantidades iguais de ovos (~10 mg cada) em quatro posições, o que permitiu determinar o consumo de presa como sendo 25, 50, 75 e 100%. Os ovos foram fixados na cartela com goma arábica 20% diluída em água. As cartelas contendo os ovos foram fixadas com cola instantânea Amazonas Profissional® (Quimican, São Paulo, Brasil), na face inferior da folha mais alta da planta (20-30 cm acima da superfície do solo). Após a fixação das cartelas contendo a presa, as plantas foram pulverizadas e deixadas por aproximadamente 2 h para evaporar a calda inseticida e, posteriormente, levadas ao laboratório. Os insetos foram confinados com as plantas empregando gaiolas confeccionadas de recipiente plástico de 12 × 30

cm (diâmetro × altura) contendo abertura lateral de ~8 cm de diâmetro vedada com tela de náilon, malha 2 mm. A gaiola foi vertida sobre a planta e apoiada sobre a superfície do solo no interior do vaso. Em seguida, uma fêmea da tesourinha foi liberada na superfície do solo. As avaliações de consumo dos ovos foram realizadas 24, 48, 72, 96 e 120 h após o início do experimento. O acesso à planta foi constatado mediante o consumo de ovos e, conseqüentemente, a porcentagem de ovos consumidos de forma acumulativa durante os intervalos de avaliação. Na última avaliação (120h), a gaiola foi retirada, a tesourinha foi localizada e a mortalidade avaliada. O experimento consistiu em seis tratamentos (5 inseticidas + 1 testemunha) e 23 repetições, sendo cada repetição representada por uma gaiola e uma fêmea adulta da tesourinha. Contudo, algumas fêmeas escaparam da gaiola e o número final de repetições variou de 19 a 23. Devido ao hábito de ficar durante o dia enterrado no solo, a confirmação do número total de insetos sobreviventes somente foi possível ao encerrar o experimento (i.e., 120h).

**Análises Estatísticas.** Os resultados de mortalidade em todos os experimentos foram transformados para porcentagem de sobrevivência, visto que é o resultado de interesse para o controle biológico. Os resultados de sobrevivência na avaliação da toxicidade aguda (i.e. 72h), via exposição ao resíduo seco e consumo de presa contaminada, foram submetidos a análise de variância (ANOVA) após serem testados para normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett) de variância e transformados quando necessário.

Os resultados, no entanto, são apresentados na forma original nas tabelas e gráficos para facilitar a interpretação. Após atender os critérios para a ANOVA, esta foi conduzida empregando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 13$  com populações, fases e tratamentos como fatores principais pelo PROC GLM do SAS (SAS Institute 2002). As médias de sobrevivência e consumo foram separadas entre inseticidas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade pelo SISVAR 5.6 (Ferreira 2011).



A toxicidade crônica medida através da duração da fase ninfal exposta ao resíduo seco ou ingestão de presa contaminada até a muda para fase adulta foi interpretada através da ANOVA, com as médias de inseticidas para cada população separadas pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,007$ ), com correção de Bonferroni ( $0,05/n$  médias), empregando-se o PROC GLM do SAS (SAS Institute 2002), e entre populações para o mesmo inseticida ou entre fases do predador foram comparados pelo teste  $t$  a 5% de probabilidade (PROC TTEST).

As curvas de sobrevivência para ninfas e adultos expostos ao resíduo seco, e quando consumindo presas contaminadas foram calculadas utilizando o método de Kaplan-Meier, e submetidas a comparações múltiplas em pares pelo teste Log-Rank ( $\alpha = 0,05$ ) usando o SigmaPlot 12.5 (Systat Software Inc. 2013).

Para testar a hipótese de diferença de resposta entre as duas populações estudadas do predador, diferenças das médias de sobrevivência entre as populações foram obtidas para cada inseticida testado, para ninfas e adultos expostas ao resíduo seco e consumo de presa contaminada. A diferença de resposta foi considerada significativa quando o intervalo de confiança a 95% de probabilidade da diferença não incluiu o valor zero (Di Stefano 2005).

Os resultados de sobrevivência após 120 h de confinamento do predador sobre planta mais presa, ambas pulverizadas foram testadas para normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett) de variância, sendo transformados em  $\arcsin(\sqrt{x/100})$  para atender esses pré-requisitos e os resultados foram submetidos à ANOVA e teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,008$ ; correção de Bonferroni:  $\alpha/n$ ) para separação das médias. Para atenderem os pré-requisitos da ANOVA, os dados de porcentagem de presas consumidas na planta foram transformados em  $\arcsin(\sqrt{x/100})$  e, em seguida, submetidos à ANOVA pelo procedimento de medidas repetidas no tempo. Assim, foram considerados 6 tratamentos (5 inseticidas e 1 testemunha) e as duas avaliações (24 h e 120 h) como medidas repetidas no tempo pelo consumo ser acumulativo ao longo do tempo pelo

mesmo inseto. As médias de porcentagem de consumo de presas nos intervalos de 24 e 120 h após confinamento foram separadas empregando o teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,008$ ) (SAS Institute 2002).

## Resultados

**Exposição Residual de Ninfas e Adultos do Predador.** A análise para a sobrevivência de ninfas e adultos quando confinados com o resíduo seco dos inseticidas resultou em efeito significativo em função dos inseticidas testados ( $F_{12, 156} = 431,90$ ;  $P < 0,0001$ ), mas não para o efeito de populações ( $F_{1, 156} = 2,90$ ;  $P = 0,0901$ ) e fase do predador ( $F_{1, 156} = 2,2$ ;  $P = 0,1359$ ). As médias de sobrevivência foram 54,4% e 52,3% para as populações de Areia e Paudalho, respectivamente. De forma similar, as médias de sobrevivência em função da fase (ninfas e adultos) do predador foram 54,3% e 52,4%, respectivamente. Entre as interações duplas e triplas desses fatores principais, apenas, aquelas envolvendo o fator inseticida foram significativas, devido à alta significância desse fator [inseticidas e população ( $F_{12, 156} = 5,10$ ;  $P < 0,0001$ ), inseticidas e fase ( $F_{12, 156} = 8,51$ ;  $P < 0,0001$ ), inseticidas, população e fase ( $F_{12, 156} = 7,90$ ;  $P < 0,0001$ )]. Assim, o modelo fatorial foi reduzido para testar apenas o efeito de inseticidas sobre a sobrevivência da tesourinha. Desta maneira, a sobrevivência de *E. annulipes* (ninfas+adultos de ambas as populações) variou em função dos inseticidas testados ( $F_{12, 195} = 185,06$ ;  $P < 0,0001$ ).

A sobrevivência dos insetos 72h após o confinamento formou cinco grupos distintos de inseticidas (Fig. 1). Um grupo foi composto pelos inseticidas em que a sobrevivência foi superior a 90%, não diferindo da testemunha, sendo eles piriproxifem, pimetozina, clorfaniliprole, ciantraniliprole e espinetoram. Por outro lado, o grupo composto pelos inseticidas clorfenapir, clorpirifós, dimetoato e malationa não proporcionou sobrevivência do predador ou esta foi inferior a 3%, não diferindo entre si. Os demais inseticidas apresentaram sobrevivência de intermediária

entre esses dois grupos, com valores entre 20%, 30% e ~60% para a lambda-cialotrina, o indoxacarbe e o tiametoxam, respectivamente (Fig. 1).

A contaminação das ninfas através do resíduo seco dos inseticidas e avaliação até a muda para a fase adulta ou a morte, bem como dos adultos durante 20 dias após a exposição foi variável entre as populações (Figs. 2A-D). Os inseticidas pimeprozina, espinetoram e clorantraniliprole permitiram sobrevivência semelhante à testemunha de ninfas até a fase adulta, com exceção do clorantraniliprole para ninfas da população de Areia, em que apenas 60% das ninfas atingiram a fase adulta (Figs. 2A e 2C). Os demais inseticidas (piriproxifem, indoxacarbe, tiametoxam, clorfenapir, clorpirifós, lambda-cialotrina, dimetoato e malationa) não permitiram a sobrevivência de ninfas até a fase adulta. As ninfas fizeram a transição para a fase adulta entre 30-40 dias após o início dos ensaios nos inseticidas que permitiram sua sobrevivência, bem como na testemunha. Dentro deste intervalo de tempo, 70% das ninfas do tratamento com piriproxifem estavam vivas. A exposição ao piriproxifem, entretanto, prolongou a sobrevivência de ninfas por até 80 dias, porém sem que elas fizessem a transição para a fase adulta (Figs. 2A e 2C). Adultos expostos ao piriproxifem, no entanto, apresentaram sobrevivência de 70% que foi semelhante àquela exibida pelos inseticidas clorantraniliprole, pimeprozina e espinetoram após 20 dias de contato com o resíduo seco desses inseticidas. A sobrevivência de adultos expostos aos demais inseticidas foi de ~27% quando expostos ao ciantraniliprole e sem sobreviventes para os demais.

O tempo requerido para completar a fase ninfal após exposição aos resíduos de inseticidas foi observado apenas para o espinetoram, clorantraniliprole, pimeprozina e testemunha, pois foram os únicos tratamentos que permitiram sobrevivência de ninfas e transição para a fase adulta. Os demais inseticidas ocasionaram 100% de mortalidade, ou sobrevivência menor que três indivíduos, não permitindo comparações estatísticas. Dentre os inseticidas que permitiram a muda para a fase adulta, a duração foi variável em função da população dos insetos ( $F_{1, 221} = 30,0$ ;  $P <$

0,0001), dos inseticidas ( $F_{1, 221} = 12,0$ ;  $P < 0,0001$ ), bem como da interação entre esses fatores ( $F_{3, 221} = 11,7$ ;  $P < 0,0001$ ). Ninfas da população de Paudalho prolongaram a fase ninfal em ~2 dias, quando confinadas sobre o resíduo seco dos inseticidas espinetoram e pimeprozina comparadas com as ninfas de Areia (Tabela 2). Ninfas da população de Areias confinadas sobre o resíduo seco de clorantniliprole e da testemunha prolongaram a fase ninfal entre 2 a 3 dias, em relação às ninfas confinadas com o espinetoram ou pimeprozina (Tabela 2). Por outro lado, ninfas da população de Paudalho não diferiram estatisticamente entre os tratamentos em relação à duração para completar a fase ninfal.

**Consumo de Presa Contaminada por Ninfas e Adultos do Predador.** Não houve efeito das populações sobre o consumo de presas contaminadas ( $F_{1, 985} = 0,91$ ;  $P = 0,3402$ ), com médias de 5,6 e 5,4 mg de ovos consumidos para indivíduos das populações de Paudalho e Areia, respectivamente. Assim, a análise fatorial foi refeita excluindo o efeito de populações. Por outro lado, a fase do predador ocasionou variação significativa no consumo de presas ( $F_{1, 985} = 474,96$ ;  $P < 0,0001$ ), com os adultos consumindo aproximadamente o dobro do alimento que as ninfas consumiram (7,3 vs 3,6 mg). Da mesma forma, os inseticidas alteraram significativamente o consumo de presas ( $F_{12, 985} = 43,44$ ;  $P < 0,0001$ ). Entre os inseticidas, independentemente da fase do predador, maior consumo de alimento foi observado com espinetoram (9 mg em 24h), enquanto o menor consumo foi observado com o tiametoxam (2,9 mg em 24h) (Fig. 3). A interação entre a fase do predador e inseticidas testados foi significativa para o consumo de presas ( $F_{12, 1036} = 18,0$ ;  $P < 0,0001$ ). Os adultos consumiram mais presas no tratamento espinetoram (13,1 mg), enquanto as ninfas consumiram mais presas no tratamento clorfenapir (5,5 mg) (Fig. 3).

O consumo de presas contaminadas por ninfas e adultos da tesourinha mostra maior consumo por adultos, exceto nos tratamentos com clorfenapir e tiametoxam onde o consumo foi similar (Fig. 3 “ns”). As ninfas de *E. annulipes* consumiram menos as presas contaminadas

provenientes dos tratamentos com inseticidas ciantraniliprole, clorantraniliprole, clorpirifós, dimetoato, malationa e pimetrozina em relação aos demais inseticidas. No caso dos adultos do predador, a análise do consumo de presa contaminada resultou na formação de quatro grupos de inseticidas. O grupo de maior consumo de presa foi formado apenas pelo espinetoram (13,1 mg), seguido pelo grupo formado pela testemunha (10,7 mg), indoxacarbe e piriproxifem, não diferindo entre eles. O terceiro grupo foi formado pela pimetrozina, clorpirifós, lambda-cialotrina, clorfenapir e clorantraniliprole variando o consumo de 5,6 a 7,1 mg, enquanto o quarto grupo foi formado pelo tiametoxam, dimetoato, malationa e ciantraniliprole, com o menor consumo de presa, que variou de 3,3 a 4,9 mg por indivíduo (Fig. 3).

O consumo de presa contaminada na fase ninfal afetou o tempo de desenvolvimento em função da população do predador ( $F_{1, 166} = 222,7$ ;  $P < 0,0001$ ), dos inseticidas testados ( $F_{5, 166} = 38,1$ ;  $P < 0,0001$ ) e para a interação entre a população e o inseticida testado ( $F_{5, 166} = 23,2$ ;  $P < 0,0001$ ). Ninfas da população de Paudalho, prolongaram o desenvolvimento em comparação às ninfas de Areias, quando consumiram presa tratada com clorantraniliprole, lambda-cialotrina, pimetrozina e testemunha (Tabela 1). Entre os inseticidas, que permitiram sobrevivência até a fase adulta, ninfas da população de Paudalho prolongaram o desenvolvimento entre 6 a 7 dias quando consumiram presa tratada com lambda-cialotrina e indoxacarbe em relação aos demais inseticidas (Tabela 1). Já as ninfas da população de Areia que consumiram presas tratadas com pimetrozina completaram a fase ninfal mais rapidamente, gastando tempo similar ao da testemunha, enquanto que as ninfas que consumiram presas tratadas com ciantraniliprole, clorfenapir e espinetoram prolongaram a fase ninfal entre 3 a 4 dias, em relação à testemunha (Tabela 1).

A sobrevivência de ninfas e adultos, de ambas as populações de *E. annulipes*, foi afetada pelo consumo de presas tratadas com os inseticidas (Figs. 4A-D). Para ambas as populações, os inseticidas tiametoxam, indoxacarbe, clorpirifós, dimetoato e malationa causaram a mortalidade

de todas as ninfas. As ninfas da população de Areia exibiram sobrevivência entre 25 a 50% ao consumir presas tratadas com lambda-cialotrina, ciantraniliprole e clorfenapir; acima de 70% mediante consumo de presas tratadas com clorantraniliprole e acima de 90% nos tratamentos pimetrozina, espinetoram e testemunha (Fig. 4C). Esses níveis de sobrevivência se repetiram com ninfas da população de Paudalho, sendo ainda observado sobrevivência de ~60% com o indoxacarbe (Fig. 4A). Novamente, o consumo de presa tratada com piriproxifem permitiu a sobrevivência de ninfas até 75 e 90 dias, porém sem que houvesse transição para a fase adulta.

A sobrevivência de adultos da população de Paudalho foi superior a 80%, ao final dos 20 dias após o consumo de presas tratadas com pimetrozina, espinetoram, clorantraniliprole, piriproxifem, lambda-cialotrina e testemunha (Fig. 4B). Os adultos desta população sobreviveram ao indoxacarbe (~40%) e ao ciantraniliprole (~10%) após 20 dias de consumo das presas tratadas com estes inseticidas. Adultos da população de Areia exibiram sobrevivência altamente variável com acentuada mortalidade para a maioria dos inseticidas testados durante o período de 20 dias de observação após consumirem presas tratadas. Apenas os adultos que se alimentaram de presas provenientes da testemunha e tratadas com o inseticida espinetoram apresentaram sobrevivência superior a 80%. Os inseticidas pimetrozina e piriproxifem proporcionaram sobrevivência de 70% e 60%, respectivamente. Houve baixa sobrevivência de adultos após 20 dias em contato com presas tratadas com a lambda-cialotrina (30%), ciantraniliprole (20%), clorfenapir e tiametoxam (10%), sendo que os demais inseticidas não permitiram que houvesse sobrevivência após esse tempo de exposição (Fig. 4D).

**Consumo de Presa em Plantas Pulverizadas com Inseticidas.** A sobrevivência das fêmeas de *E. annulipes* diferiu entre os tratamentos após cinco dias (i.e., 120 h) de confinamento em gaiolas contendo plantas de algodão e presas pulverizadas ( $F_{5, 128} = 32,26$ ;  $P < 0,0001$ ; Fig. 5). A

sobrevivência foi superior a 85% para pimeprozina, tiametoxam e lambda-cialotrina, seguidos pelo indoxacarbe (74%) e malationa (8,7%) (Fig. 5).

O comportamento na planta tratada e de consumo da presa foi afetado pelos inseticidas estudados nos diferentes intervalos de avaliação (Fig. 6). A proporção de presas consumidas foi diferente nas avaliações realizadas às 24 e 120 h (Wilks' lambda = 0,71; F = 40,53; GL<sub>num</sub> = 1; den = 100; P < 0,0001), bem como a interação entre o inseticida e o tempo de confinamento (Wilks' lambda = 0,72; F = 7,90; GL<sub>num</sub> = 5; den = 100; P < 0,0001). Conseqüentemente, o consumo das presas foi diferente entre os inseticidas testados às 24 h (F<sub>5, 100</sub> = 8,20; P < 0,0001) e 120h (F<sub>5, 100</sub> = 2,49; P = 0,006) após o confinamento nas plantas. Após 24 h de confinamento, 90% e 86% dos indivíduos buscaram e consumiram as presas nas plantas da testemunha e nas plantas pulverizadas com indoxacarbe e consumiram mais de 82% das presas disponíveis. Neste mesmo intervalo de confinamento, a porcentagem de indivíduos que se movimentaram sobre as plantas pulverizadas com pimeprozina, tiametoxam e malationa variou de 56% a 74% e estes indivíduos consumiram entre 42,4 e 52% da presa disponível. Nas plantas pulverizadas com lambda-cialotrina, 52% dos indivíduos se deslocaram sobre as plantas tratadas, mas apresentaram apenas 23% de consumo de presas. Após 120 h de confinamento, a quantidade de presa consumida não foi alterada para o indoxacarbe e a malationa, bem como não houve alteração na quantidade de indivíduos com atividade sobre as plantas.

A proporção de presas consumidas e a quantidade de predadores que buscaram as presas na planta foram levemente superior entre 24 e 120 h de confinamento dos predadores nas plantas tratadas com tiametoxam, variando em 52% a 60% e em 69% a 83%, respectivamente. Por outro lado, houve aumento significativo na atividade sobre a planta e consumo de presas para a pimeprozina entre a primeira e a segunda avaliação, variando de 56% a 94% e de 46% a 85%,

respectivamente. Similarmente, ocorreu aumento na atividade do predador e no consumo de presas entre as avaliações, sendo de 52% para 76% e de 23% para 50%, respectivamente.

**Resposta entre Populações.** Ambas as populações estudadas apresentaram pouca variação na suscetibilidade aos inseticidas testados (Fig. 7- IC a 95% das diferenças não incluindo valor zero). A exposição ao resíduo seco de indoxacarbe resultou em maior sobrevivência para adultos da população de Paudalho (PD) (Fig. 7A). Por outro lado, a exposição ao resíduo seco de tiametoxam e lambda-cialotrina (adultos) e de indoxacarbe (ninfas) resultou em maior sobrevivência para indivíduos de Areia (AR) (Fig. 7B).

Quanto ao consumo de presa contaminada, adultos e ninfas da tesourinha exibiram mortalidade variável resultando em grande amplitude da diferença, conseqüentemente, sobrepondo os valores do IC a 95% de probabilidade (Figs. 7C-D). Maior sobrevivência foi observada, apenas, para ninfas da população de Areia exposta ao inseticida clorfenapir (Fig. 7D).

## Discussão

A suscetibilidade dos insetos a diferentes inseticidas pode resultar em impacto diferenciado, e este conhecimento nos permite realizar recomendações de uso para o controle eficaz de uma praga alvo, enquanto preservamos espécies não alvo. Os resultados obtidos suportam a hipótese de que a suscetibilidade de *E. annulipes* difere entre os inseticidas representando diferentes grupos químicos empregados no controle de diferentes pragas do algodoeiro. Os inseticidas que atuam no sistema nervoso foram tóxicos para adultos e ninfas de *E. annulipes*, incluindo os inibidores da acetilcolinesterase (malationa, clorpirifós e dimetoato), moduladores dos receptores de acetilcolina (tiametoxam), bloqueadores ou moduladores dos canais de sódio (indoxacarbe e lambda-cialotrina) (Yu 2014).



O espinetoram apesar de atuar no sistema nervoso, apresentou menor toxicidade para adultos e ninfas da tesourinha. O espinetoram, atua como modulador alostérico dos receptores nicotínicos, diferindo do tiametoxam, que atua competitivamente com os receptores da acetilcolina (Spark 2013). Assim, o tiametoxam possui maior espectro de ação e possui toxicidade para vários grupos de pragas atuando de forma sistêmica, por ingestão e contato. Por outro lado, inseticidas de ação voltada à obstrução de órgãos cordotonais (alimentação), como a pimetozina, tem mostrado ação específica para insetos sugadores de seiva de plantas. Também, os de ação muscular como as diamidas, que inibem os receptores de rianodina (clorantraniliprole e ciantraniliprole) demonstram especificidade para determinados grupos de pragas como larvas de Lepidoptera (clorantraniliprole) e larvas de Lepidoptera e sugadores (ciantraniliprole) (Barry *et al.* 2014; Araújo *et al.* 2017). De maneira geral, inseticidas que não atuam no sistema nervoso, podem apresentar especificidade de ação a depender da espécie alvo. Nesse aspecto a pimetozina, o clorantraniliprole e o piriproxifem (mimetiza o hormônio juvenil) possuem certa seletividade em virtude do seu modo de ação. O piriproxifem não foi tóxico para adultos e nem afetou o consumo de presa por ninfas e adultos do predador, mas não permitiu a transição do estágio ninfal para a fase adulta, além de ter proporcionado significativo prolongamento na duração do desenvolvimento.

Quanto a hipótese de diferença de resposta entre populações do predador a inseticidas, não foi observada um impacto notável como efeito principal, considerando os diferentes inseticidas testados e formas de contato. Apenas variações pontuais foram verificadas, não corroborando a hipótese de que a resposta poderia variar entre as populações estudadas. Populações de inimigos naturais podem responder diferentemente aos inseticidas, quando são frequentemente expostas às diferentes moléculas utilizadas para o controle das pragas e, conseqüentemente, serem selecionadas para resistência (Pree *et al.* 1989, Pathan *et al.* 2008, Rodrigues *et al.* 2013, Costa *et*

*al.* 2018, Luna *et al.* 2018). Assim, a resposta pode variar dependendo da população, e acarretar a categorização de um inseticida como seletivo para a espécie, mas que na verdade é uma resposta de uma população local selecionada para resistência.

As diferenças observadas entre as populações foram específicas, com alta sobrevivência para adultos da população de Areia quando expostos aos inseticidas tiametoxam bem como à lambda-cialotrina. Estes resultados corroboram os encontrados por Barros *et al.* (2018), com a população de Areia (43.3% para a lambda-cialotrina e 90% para o tiametoxam). Portanto, parece que indivíduos adultos da população Areia apresentam algum nível de tolerância à lambda-cialotrina e tiametoxam que não é observado em indivíduos de outras populações de tesourinhas e merecem investigações futuras. Contudo, no atual estudo, as avaliações estenderam-se por até 20 dias, permitindo observar que esta sobrevivência não se manteve ao longo do tempo. No entanto, tendo em vista os inseticidas categorizados como não seletivos, este período prolongado de sobrevivência observado mediante a exposição à lambda-cialotrina e ao tiametoxam, pode permitir que o predador escape para áreas não tratadas, como o solo, durante o dia. Este fato foi comprovado no estudo de confinamento nas plantas, onde as tesourinhas mesmo expostas às plantas e presas tratadas, consumiram a presa (i.e, forragearam sobre o resíduo do inseticida nas plantas) e sobreviveram em porcentagem superior ao confinamento contínuo com os resíduos dos inseticidas. Tesourinhas confinadas em plantas contendo presas pulverizadas com inseticidas considerados não seletivos como tiametoxam, lambda-cialotrina e indoxacarbe exibiram consumo de presa e sobrevivência acima de 70% mesmo após 120h de confinamento. Esses resultados reforçam que os estudos precisam ir além do ensaio de exposição máxima, pois dependendo do comportamento do predador, os resultados podem não refletir o que acontece a campo (El-Wakeil *et al.* 2013).

A hipótese de que o impacto dos inseticidas pode variar em função da fase do predador foi corroborada, sendo as ninfas da tesourinha mais afetadas que os adultos. O contato residual e por ingestão alterou o impacto entre ninfas e adultos. A diferença foi clara para adultos expostos à lambda-cialotrina, tiametoxam e ao ciantraniliprole. Adultos expostos ao ciantraniliprole via resíduo seco e consumo de presas contaminadas apresentaram entre 28 a 45% de sobrevivência após 20 dias da exposição, enquanto nenhuma ninfa atingiu a fase adulta após a exposição residual. Por outro lado, 30 a 45% das ninfas que consumiram presas contaminadas com o ciantraniliprole, fizeram a transição para a fase adulta. Insetos imaturos podem possuir tegumento mais tenro que adultos, e o tegumento é a primeira barreira de defesa do contato do inseto com o inseticida. A composição química do tegumento (menos ou mais lipofílico), pode facilitar a penetração do inseticida, sendo fator de diferença na suscetibilidade da espécie (Winteringham 1969). Apenas os inseticidas pimetozina, espinetoram e clorantraniliprole, além da testemunha, permitiram que ninfas contaminadas com resíduo seco desses inseticidas realizassem a muda para a fase adulta. Considerar ninfas e adultos na avaliação da seletividade de inseticidas é, ainda, mais relevante quando se trata de inseticidas reguladores de crescimento. O inseticida juvenoide piriproxifem não permitiu que ninfas realizassem a transição para a fase adulta, embora tenha prolongado consideravelmente a fase ninfal. A exposição ao piriproxifem interrompe a muda para a fase adulta de larvas holometábolos (Nasr *et al.* 2010, Sial & Bruner 2010, Barbosa *et al.* 2018), bem como de ninfas hemimetábolos (Ishaaya & Horowitz 1995, Richardson & Lagos 2007). Ninfas contaminadas com piriproxifem podem apresentar prolongamento da fase ninfal, conforme já observado em ninfas de *E. annulipes*, sendo comum a ocorrência de ínstaes adicionais (Vennard *et al.* 1998, Richardson & Lagos 2007). Portanto, a hipótese de que há diferença entre ninfas e adultos da tesourinha quanto a sobrevivência é aceita, não somente para inseticidas reguladores de crescimento, como também para inseticidas com outros modos de ação. Os

resultados confirmam ainda que há diferenças dependendo da forma de exposição, sendo o contato residual de maior impacto que a ingestão de presas contaminadas. Assim, estudos que usem apenas insetos adultos ou imaturos e que empreguem apenas uma forma de exposição, não permitem obter conclusões precisas em relação ao impacto do produto sobre a espécie em questão.

Quando adultos de *E. annulipes* consumiram presas tratadas com clorantraniliprole, não houve diferença significativa na sobrevivência, porém houve redução no consumo de presas. Efeito sobre o consumo alimentar foi observado por Smagghe *et al.* (2013). De acordo com esses autores, operárias de *Bombus terrestris* (L.) apresentaram redução do consumo de alimento e um comportamento letárgico após ingestão de pólen contaminado com clorantraniliprole. Dinter *et al.* (2010) estudando *B. terrestris* e *Apis mellifera* L. observaram uma letargia das abelhas ao ingerirem alimento contaminado, porém seguida de recuperação após 48 e 72 h. O efeito letárgico descrito para outras espécies também pode ter afetado a alimentação de *E. annulipes*, reduzindo o consumo de presas sem, contudo, causar mortalidade. O clorantraniliprole apresentou uma sobrevivência acima de 90% via contato residual após 72h, resultado este similar ao encontrado por Barros *et al.* (2018) trabalhando com a mesma espécie predadora e após 48h de contato residual.

Espinetoram é uma espinosina semi-sintética que atua como um modulador alostérico do receptor nicotínico da acetilcolina (Sparks *et al.* 2001), causando uma hiperexcitação no inseto podendo levar a uma paralisia devido a fadiga muscular e, posteriormente, a morte. Espinetoram é tóxico para adultos de *Chrysoperla johnsoni* Henry e *Chrysoperla carnea* (Stephens) mediante exposição dos insetos à aplicação tópica, residual e ingestão simultaneamente (Amarasekare & Shearer 2013). O espinetoram também não foi considerado seletivo para *Orius armatus* (Gross) e *Orius laevigatus* Fieber (Broughton *et al.* 2014, Kim *et al.* 2018). Por outro lado, Costa *et al.*

(2020) observou que o espinetoram não foi tóxico para adultos da joaninha predadora, *Eriopis connexa* (Germar), sendo este resultado similar ao obtido no presente estudo com *E. annulipes* empregando diferentes formas de contato e ingestão das presas contaminadas.

A pimetrozina não ocasionou impacto sobre *E. annulipes*, corroborando os resultados encontrados por Barros *et al.* (2018). De fato, o baixo impacto da pimetrozina para *E. annulipes* era esperado tendo em vista os resultados para vários outros insetos predadores (Torres *et al.* 2003, Talebi *et al.* 2008, Machado *et al.* 2019). Contudo, o consumo de ovos tratados com a pimetrozina foi reduzido, às 24h após o confinamento, quando comparado à testemunha, sem que, contudo, houvesse diferença na avaliação de 120h após confinamento. A pimetrozina possui ação nos órgãos cordotonais regulando o comportamento de alimentação. Após a sua ingestão, o inseto para de se alimentar, o que pode resultar na morte por inanição (Kristinsson *et al.* 1994). Assim, a pimetrozina pode ter afetado o consumo de presa, mas não sendo suficientemente tóxico para afetar a sobrevivência do predador, permitindo que o inseto voltasse a se alimentar após o período inicial de contaminação.

Os inseticidas neurotóxicos clorpirifós, dimetoato e malationa se mostraram não seletivos a *E. annulipes*. Devido ao seu modo de ação, esses inseticidas atuam independente do estágio de desenvolvimento e do hábito alimentar da espécie-alvo (Bloomquist 1996, Yu 2014). No experimento de consumo de presas em plantas tratadas, todos insetos que demonstraram atividade sobre as plantas tratadas com malationa e consumiram as presas após 24 h do tratamento não sobreviveram, sendo observada sobrevivência apenas daqueles que não consumiram as presas e, possivelmente, que também não apresentaram atividade sobre as plantas. Em campo o predador pode evitar o contato com o resíduo do inseticida por meio da seletividade ecológica (Foerster 2002), ficando mais tempo no solo predando larvas e pupas do bicudo em botões caídos e, desta forma, evitando forragear sobre plantas recém pulverizadas. Organofosforados, embora altamente

tóxicos, apresentam baixo efeito residual após a aplicação em campo (Fenner 2013, Machado *et al.* 2019, Rolim *et al.* 2019, Arruda *et al.* 2021).

O clorfenapir não apresentou compatibilidade com *E. annulipes*, sendo este resultado similar ao encontrado para vários outros insetos e ácaros predadores e parasitoides (Elzen 2001, Maia *et al.* 2010, Campos *et al.* 2011, Souza-pimentel *et al.* 2017, Barros *et al.* 2018, Kim *et al.* 2018, Paiva *et al.* 2018, Pérez-aguilar *et al.* 2018). Apesar da toxicidade alta, observou-se que o clorfenapir foi menos tóxico via ingestão das presas contaminadas, resultado similar ao encontrado por Redoan *et al.* (2013). Esses autores observaram que a tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) quando consumia ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) tratados com clorfenapir apresentava maior sobrevivência em comparação à exposição residual. Após a ingestão, o inseticida pode sofrer ação de enzimas presentes no sistema salivar e digestivo do inseto, podendo ter sua toxicidade reduzida (Yu 2004). Além disso, *E. annulipes* quando exposta ao resíduo seco de clorfenapir apresentou ~55% de sobrevivência de adultos 48 h após confinamento (Barros *et al.* 2018). Essa sobrevivência é superior à encontrada neste estudo e foi um dos fatores que levou ao uso de diferentes populações de *E. annulipes*. Barros *et al.* (2018) citam que a população utilizada em seus experimentos também apresentou sobrevivência alta para outros inseticidas, sugerindo uma tolerância aos produtos.

O piriproxifem por ser um regulador de crescimento apresenta seletividade para inimigos naturais adultos (Medina *et al.* 2003, Naranjo *et al.* 2004, Bozsik 2006, Machado *et al.* 2019), conforme observado no presente trabalho. O piriproxifem atua como mímico do hormônio juvenil (HJ), ligando-se e imitando a ação de HJ em seu receptor, o que resulta na ativação dos receptores de HJ durante a muda e inibe a expressão dos genes necessários para formar as estruturas larvais ou adultas (Yu 2014, IRAC 2021).

O ciantraniliprole apresentou baixo impacto até 72 h de exposição, porém a sobrevivência reduziu drasticamente após esse período, diferindo dos demais inseticidas também de baixo impacto neste período. O ciantraniliprole possui uma modificação em sua estrutura comparativamente a outras diamidas, possuindo atividade sobre várias espécies (Selby *et al.* 2013). Este fato determina uma menor compatibilidade com inimigos naturais quando comparado com outra diamida, o clorantraniliprole (Amarasekare & Shearer 2013, Mills *et al.* 2016, Jiang *et al.* 2019, Machado *et al.* 2019).

Os inseticidas lambda-cialotrina, indoxacarbe e tiametoxam apresentaram maior toxicidade via contato residual em comparação à ingestão, e algumas vezes não diferiram da testemunha em relação ao consumo de presas tratadas. Apesar de serem inseticidas com modo de ação diferentes, todos são citados como tóxicos para vários inimigos naturais (Torres *et al.* 2003, Bozsik 2006, Campos *et al.* 2011, Mills *et al.* 2016, Barbosa *et al.* 2018, Barros *et al.* 2018, Machado *et al.* 2019). Esses resultados corroboram os encontrados neste estudo empregando resíduo seco e ingestão de presas tratadas. Contudo, o impacto foi diminuído quando *E. annulipes* foi confinado às plantas tratadas, algo que permitiu ao predador nidificar e ficar no solo durante o dia e forragear na planta durante a noite, evitando o contato com os resíduos dos inseticidas. Esses resultados mostram que inseticidas que não apresentaram seletividade fisiológica, ainda podem apresentar compatibilidade com o controle biológico, a depender do comportamento do predador e das características do produto tais como tempo residual no ambiente e modo de ação, bem como a fase de desenvolvimento, hábito de predação e habitat do inimigo natural.

A tesourinha *E. annulipes* nidifica no solo, onde passa grande parte do tempo tornando-se menos expostas aos inseticidas aplicados no dossel das plantas. Outras espécies de tesourinhas embora residam no dossel das plantas, também podem obter proteção parcial proporcionada pelas bainhas das folhas, brácteas e outras partes “protegidas” das plantas, e forragearem por presas

durante a noite. Além disso, as fêmeas das tesourinhas podem apresentar forrageamento reduzido sobre a superfície da planta tratada durante o cuidado parental com os ovos e as ninfas. Portanto, os resultados de exposição em gaiolas com plantas e presas pulverizadas, permitindo manter comportamento da espécie de permanecer no solo, ratificam a expectativa de compatibilidade de alguns inseticidas com este inseto predador, bem como mostram que inseticidas altamente tóxicos em ensaios de laboratório podem ter menor impacto sobre inimigos naturais em condições de campo. Os resultados obtidos com o presente trabalho não somente caracterizam a toxicidade dos inseticidas testados para a espécie benéfica mediante contato residual e ingestão de presas contaminadas, como estabelecem as diferenças nas respostas obtidas entre as fases ninfal e adulta e em relação ao comportamento de predação. Assim, esses resultados nos permitem concluir que independente da forma de contaminação do predador (resíduo seco ou ingestão de presa contaminada), da população e da fase do predador, os inseticidas pimetozina, clorantniliprole e espinetoram são seguros para *E. annulipes*; que o inseticida ciantraniliprole pode se tornar seguro dependendo da fase da tesourinha e forma de contaminação e que o piriproxifem é seguro para adultos. Por outro lado, inseticidas como clorfenapir, indoxacarbe e lambda-cialotrina têm o impacto reduzido em condições onde o predador possa adotar seu comportamento natural e evitar o contato com os resíduos dos inseticidas escapando para o solo e inseticidas como clorpirifós, dimetoato e malationa são de alto risco para o predador, independente dos fatores estudados.

Apesar da relevância dos resultados deste estudo para o MIP algodoeiro, outros inseticidas são disponibilizados para recomendação (Fig. 1S). Para os inseticidas pertencentes ao mesmo grupo químico é provável que a resposta da tesourinha seja parecida. Por outro lado, inseticidas relevantes para o manejo de pragas-chave do algodoeiro, como fenilpirazol (fipronil e etiprole), cetoenol (espiromisifeno), feniltiouréia (diafentiurom), e mais recentemente a sulfoxamina (sulfoxaflor) precisam ser estudados para ampliar as opções de inseticidas de menor impacto para



inimigos naturais das pragas do algodoeiro. Em especial, podemos destacar os inseticidas sulfoxaflor, espiromisifeno e etiprole que são recomendações mais recentes no MIP algodoeiro, e possuem como alvo pragas sugadoras, ácaros e o bicudo-do-algodoeiro, respectivamente.

### Agradecimentos

À “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)” financiamento código 001, ao CNPq através do projeto Universal 420815/2018-0, e pela bolsa de pesquisa a JBT. Ao prof. Jacinto de Luna Batista (UFPB) pela cessão de exemplares de tesourinha para estabelecer uma das populações estudadas, bem como ao Dr. Guilherme Gomes Rolim (IMAmt) por enviar alguns inseticidas não disponíveis no mercado em Recife, PE.

### Literatura Citada

- Allen, C.T. 2015.** Erradicação do bicudo-do-algodoeiro: como o programa foi conduzido nos estados unidos, p. 213–226. In J.L. Belot (ed.). O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle. Cuiabá, Instituto Mato-Grossense do Algodão – IMAmt. 248p.
- Amarasekare, K.G. & P.W. Shearer. 2013.** Life history comparison of two green lacewing species *Chrysoperla johnsoni* and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Environ. Entomol. 42: 1079–1084.
- Araújo, T.A., M.C. Picanço, D.O. Ferreira, J.N.D. Campos, L.P. Arcanjo & G.A. Silva. 2017.** Toxicity and residual effects of insecticides on *Ascia monuste* and predator *Solenopsis saevissima*. Pest. Manag. Sci. 73: 2259–2266.
- Arruda, L.S., J.B. Torres, G.G. Rolim & C.S.A. Silva-Torres. 2021.** Dispersal of boll weevil toward and within the cotton plant and implications for insecticide exposure. Pest Manag. Sci. 77: 1339–1347.
- Barbosa, P.R.R., M.D. Oliveira, E.M. Barros, J.P. Michaud & J.B. Torres. 2018.** Differential impacts of six insecticides on a mealybug and its coccinellid predator. Ecotoxicol. Environ. Saf. 147: 963–971.
- Barros, E.M., C.S.A. Silva-Torres, J.B. Torres & G.G. Rolim. 2018.** Short-term toxicity of insecticides residues to key predators and parasitoids for pest management in cotton. Phytoparasitica 46: 391–404.

- Barry, J.D., H.E. Portillo, I.B. Annan, R.A. Cameron, D.G. Clagg, R.F. Dietrich, L.J. Watson, R.M. Leighty, D.L. Ryan, J.A. McMillan, R.S. Swain, R.A. Kaczmarczyk, 2014.** Movement of cyantraniliprole in plants after foliar applications and its impact on the control of sucking and chewing insects. *Pest. Manag. Sci.* 71: 395–403.
- Bélot, J.L., E.M. Barros & J.E. Miranda. 2016.** Riscos e oportunidades: o bicudo-do-algodoeiro, p. 77–118. In *Desafios do cerrado: como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade*. Cuiabá, AMPA. 283p.
- Bharadwaj, R.K. 1966.** Observations on the Bionomics of *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Labiduridae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 59: 441–450.
- Bloomquist, J.R. 1996.** Ion Channels as Targers. *Annu. Rev. Entomology* 41: 163–190.
- Bordini, I., P.C. Ellsworth, S.E. Naranjo & A. Fournier. 2021.** Novel insecticides and generalist predators support conservation biological control in cotton. *Biol. Control* 154: 104502.
- Bozsik, A. 2006.** Susceptibility of adult *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) to insecticides with different modes of action. *Pest Manag. Sci.* 62: 651–654.
- Broughton, S., J. Harrison & T. Rahman. 2014.** Effect of new and old pesticides on *Orius armatus* (Gross)-an Australian predator of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Manag. Sci.* 70: 389–397.
- Campos, M.R., M.C. Picanço, J.C. Martins, A.C. Tomaz & R.N.C. Guedes. 2011.** Insecticide selectivity and behavioral response of the earwig *Doru luteipes*. *Crop Prot.* 30: 1535–1540.
- Costa, P.M.G., J.B. Torres, V.M. Rondelli & R. Lira. 2018.** Field-evolved resistance to  $\lambda$ -cyhalothrin in the lady beetle *Eriopis connexa*. *Bull. Entomol. Res.* 108: 380–387.
- Costa, P.M.G., R.L. Santos, D.V. do Nascimento & J.B. Torres. 2020.** Does spinetoram pose low risk to the neotropical lady beetle *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae)? *Phytoparasitica* 48: 491–499.
- Crosariol Netto, J., P.E. Degrande & E.P. Melo. 2014.** Seletividade de inseticidas e acaricidas aos inimigos naturais na cultura do algodão, Cuiabá. Instituto Mato-grossense do Algodão - IMAmt, 4p. (Circular Técnica 14).
- Di Stefano, J. 2005.** Effect size estimates and confidence intervals: an alternative focus for the presentation and interpretation of ecological data, p. 71–102. In Burk, A.R. (ed.), *New Trends in Ecology Research*, Vol. 1. Nova Science, New York, 231p.
- Dias, S.C., M.C.M. Silva, O.B. Oliveira Neto, C.P. Magalhães, F.R. Teixeira, O.L. Franco, E.L.Z. Filgueira, R.A. Laumann, F. Mello & M.F.G. Sá. 2004.** Functional expression of A a-amylase/trypsin inhibitor domain from rye and its potential use in the control of cotton boll

- weevil (*Anthonomus grandis*), p. 261. In Congresso Brasileiro de Entomologia. SEB Gramado.
- Dinter, A., K.E. Brugger, N.-M. Frost & M.D. Woodward. 2010.** Chlorantraniliprole (Rynaxypyr): A novel DuPont™ insecticide with low toxicity and low risk for honey bees (*Apis mellifera*) and bumble bees (*Bombus terrestris*) providing excellent tools for uses in integrated pest management, p. 84–96. In Hazards of Pesticides to Bees – 10th International Symposium of the ICP-Bee Protection Group Acute. Julius-Kühn-Archiv, Bucarest.
- El-Wakeil, N., N. Gaafar, A.Sallam & C. Volkmar. 2013.** Side effects of insecticides on natural enemies and possibility of their integration in plant protection strategies, p. 1–56. In Trdan, S. (ed.), Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies. London, IntechOpen, 558p.
- Elzen, A.G.W. 2001.** Lethal and Sublethal Effects of Insecticide Residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). J. Econ. Entomol. 94: 55–59.
- Fenner, K. 2013.** Evaluating Pesticide Degradation in Emerging Opportunities. Science. 341: 752–758.
- Fernandes, F.S., A.P.B. Battel, V.W. Botteon & A.C. Wesley. 2013.** Comportamento predatório de *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabidae) sob mediação de *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae), p. 52. In XIII Simpósio de Controle Biológico. Anais do 13º Simpósio de Controle Biológico, Bonito.
- Ferreira, D.F. 2011.** Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia 35: 1039–1042.
- Foerster, L.A. 2002.** Seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides, p. 95–114. In J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.). Controle Biológico no Brasil parasitóides e predadores. Barueri, Editora Manole, 609p.
- IRAC. 2021.** Disponível em: <<https://www.irac-br.org/modo-de-acao>>. Acessado em: 02 de Fev. 2021.
- Ishaaya, I. & A.R Horowitz. 1995.** Pyriproxyfen, a novel insect growth regulator for controlling whiteflies: Mechanisms and resistance management. Pestic. Sci., 43: 227–232.
- Jiang, J., Y. Wang, W. Mu & Z. Zhang. 2019.** Sublethal effects of anthranilic diamide insecticides on the demographic fitness and consumption rates of the *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis craccivora*. Environ. Sci. Pollut. Res. 27: 4178–4189.
- Kim, S.Y., H.G. Ahn, P.J. Ha, U.T. Lim & J.H. Lee. 2018.** Toxicities of 26 pesticides against 10 biological control species. J. Asia. Pac. Entomol. 21: 1–8.

- Klostermeyer, E.C. 1942.** The Life History and Habits of the Ringlegged Earwig , *Euborellia Annulipes* (Lucas) (Order Dermaptera). J. Kansas Entomol. Soc. 15: 13–18.
- Kristinsson, H., R.S. of C.F.C. and M. Group & S. of C.I.P. Group. 1994.** Pymetrozine - A New Insecticide, p. 85–102. In 3rd International Symposium, Advances in the Chemistry of Insect Control III. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Lemos, W.P., F.S. Ramalho & J.C. Zanuncio. 2003.** Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae) a cotton boll weevil predator in laboratory studies with an artificial diet. Environ. Entomol. 32: 592–601.
- Lemos, W.P., R.S. Medeiros & F.S. Ramalho. 1998.** Influência da temperatura no desenvolvimento de *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae), predador do bicudo-do-algodoeiro. An. da Soc. Entomológica do Bras. 27: 67–76.
- Lemos, W.P., R.S. Medeiros & F.S. Ramalho. 1999.** Exigências térmicas de *Euborellia annulipes* (Lucas)(Dermaptera, Anisolabididae) e sua relação com a presa: bicudo-do-algodoeiro. Rev. Bras. Entomol. 43: 61–68.
- Letourneau, D.K., J.A. Jedlicka, S.G. Bothwell & C.R. Moreno. 2009.** Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 40: 573–592.
- Luna, R.F., L.R. Bestete, J.B. Torres & C.S.A. Silva-Torres. 2018.** Predation and behavioral changes in the neotropical lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) exposed to lambda-cyhalothrin. Ecotoxicology 27: 689–702.
- Machado, A.V.A., D.M. Potin, J.B. Torres & C.S.A. Silva Torres. 2019.** Selective insecticides secure natural enemies action in cotton pest management. Ecotoxicol. Environ. Saf. 184: 1–9.
- Maia, J.B., G.A. Carvalho, M.I.S. Leite, R.L. Oliveira & L. Makyama. 2010.** Selectivity of insecticides used in corn crops to adult *Trichogramma atopovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Rev. Colomb. Entomol. 36: 202–206.
- Medina, B.P., F. Budia, P.D.E.L. Estal & E. Viñuela. 2003.** Effects of three modern insecticides , pyriproxyfen , spinosad and tebufenozide , on survival and reproduction of *Chrysoperla carnea* adults. Ann. Appl. Biol. 142: 55–61.
- Mills, N.J., E.H. Beers, P.W. Shearer, T.R. Unruh & K.G. Amarasekare. 2016.** Comparative analysis of pesticide effects on natural enemies in western orchards: A synthesis of laboratory bioassay data. Biol. Control 102: 17–25.
- Naranjo, S.E., P.C. Ellsworth & J.R. Hagler. 2004.** Conservation of natural enemies in cotton: Role of insect growth regulators in management of *Bemisia tabaci*. Biol. Control 30: 52–72.
- Nasr, H.M., M.E.I. Badawy & E.I. Rabea. 2010.** Toxicity and biochemical study of two insect

growth regulators, buprofezin and pyriproxyfen, on cotton leafworm *Spodoptera littoralis*. Pest. Biochem. Physiol. 98: 198–205.

**Paiva, A.C.R., V.H. Beloti & P.T. Yamamoto. 2018.** Sublethal effects of insecticides used in soybean on the parasitoid *Trichogramma pretiosum*. Ecotoxicology 27: 448–456.

**Pathan, A.K., A.H. Sayyed, M. Aslam, M. Razaq, G. Jilani & M.A. Saleem. 2008.** Evidence of field-evolved resistance to organophosphates and pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), J. Econ. Entomol. 101: 1676–1684.

**Pérez-aguilar, D.A., M.A. Soares, L.C. Passos, A.M. Martínez, S. Pineda & G.A. Carvalho. 2018.** Lethal and sublethal effects of insecticides on *Engytatus varians* (Heteroptera: Miridae), a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Ecotoxicology 27: 719–728.

**Praça, L. B. 2007.** *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). Brasília, DF, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 23p. (Documento 216).

**Pree, D.J., D.E. Archibald & R.K. Morrison. 1989.** Resistance to insecticides in the common green lacewing *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) in Southern Ontario. J. Econ. Entomol. 82: 29–34.

**Ramalho, F.S. & P.A. Wanderley. 1996.** Ecology and Management of the Boll Weevil in South American Cotton. Am. Entomol. 41–47.

**Redoan, A.C.M., G.A. Carvalho, I. Cruz, M.L.C. Figueiredo & R.B. Silva. 2013.** Physiological selectivity of insecticides to adult of *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). Rev. Ciência Agronômica 44: 842–850.

**Richardson, M.L. & D.M. Lagos. 2007.** Effects of a juvenile hormone analogue, pyriproxyfen, on the apterous form of soybean aphid (*Aphis glycines*). J. Appl. Entomol. 131: 293–302.

**Rodrigues, A.R.S., A.F. Spindola, J.B. Torres, H.A.A., Siqueira & F. Colares. 2013.** Response of different populations of seven lady beetle species to lambda-cyhalothrin with record of resistance. Ecotoxicol. Environ. Saf. 96: 53–60.

**Rolim, G.G., L.S. Arruda, J.B. Torres, E.M. Barros & M.G. Fernandes. 2019.** Susceptibility of cotton boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) to spinosyns. J. Econ. Entomol. 112: 1688–1694.

**SAS Institute. 2002.** SAS/STAT user's guide, release 9.0. SAS Inst.

**Selby, T.P., G.P. Lahm, T.M. Stevenson, K.A. Hughes, D. Cordova, I.B. Annan, J.D. Barry, E.A. Benner, M.J. Currie & T.F. Pahutski. 2013.** Discovery of cyantraniliprole, a potent and selective anthranilic diamide ryanodine receptor activator with cross-spectrum insecticidal activity. Bioorg. Med. Chem. Lett. 23: 6341–6345.

- Showler, A.T. 2005.** Relationships of Different Cotton Square Sizes to Boll Weevil (Coleoptera : Curculionidae) Feeding and Oviposition in Field Conditions. *J. Econ. Entomol.* 98: 1572–1579.
- Sial, A.A. & J.F. Brinner. 2010.** Lethal and sublethal effects of an insect growth regulator, pyriproxyfen, on obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.* 103: 340–347.
- Silva, A.B., J.L. Batista & C.H. Brito. 2009.** Aspectos biológicos de *Euborellia annulipes* sobre ovos Spodoptera frugiperda. *Eng. Ambient.* 6: 482–495.
- Silvie, P.J., D. Thomazoni, M.F. Soria, P.E. Saran & J.L. Bélot. 2013.** Pragas e seus danos em algodoeiro. Primavera do Leste, Instituto Mato-grossense do Algodão. 184p.
- Smaghe, G., J. Deknopper, I. Meeus & V. Mommaerts. 2013.** Dietary chlorantraniliprole suppresses reproduction in worker bumblebees. *Pest Manag. Sci.* 69: 787–791.
- Smith, J.W. 1998.** Boll weevil eradication: Area-wide pest management. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 91: 239–247.
- Souza-pimentel, G.C., P.R. Reis, P.D.P. Marafeli & J.P. Alves. 2017.** Physiological selectivity of agrochemicals to predatory mites of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on rosebushes growing in greenhouse. *Int. J. Environ. Agric. Res.* 3: 14–22.
- Sparks, T.C., G.D. Crouse & G. Durst. 2001.** Natural products as insecticides: the biology, biochemistry and quantitative structure-activity relationships of spinosyns and spinosoids. *Pest Manag. Sci.* 57: 896–905.
- Sujii, E.R., G.L. Lővei, M. Sétamou, P. Silvie, M.G. Fernandes, G.S.J. Dubois & R.P. Almeida. 2006.** Non-target and biodiversity impacts non-target herbivorous pests, p. 133–154. In A. Hilbeck & E. Al. (eds.). *Environmental risk assessment of genetically modified organisms*. CAB International, Brasília,
- Systat Software Inc. 2013.** SigmaPlot versão 12.5. Systat Softw. Inc.
- Talebi, K., A. Kavousi & Q. Sabahi. 2008.** Impacts of Pesticides on Arthropod Biological Control Agents. *Pest Technol.* 2: 87–97.
- Torres, J.B. & A. de F. Bueno. 2018.** Conservation biological control using selective insecticides – A valuable tool for IPM. *Biol. Control* 126: 53–64.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres & J.V. Oliveira. 2003.** Toxicity of pymetrozine and thiamethoxam to *Aphelinus gossypii* and *Delphastus pusillus*. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 38: 459–466.
- van Hamburg, H. & P.J. Guest. 1997.** The impact of insecticides on beneficial arthropods in cotton agro- ecosystems in South Africa. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32: 63–68.

- Vennard, C., B. Nguama, H.J. Dillon, I.H. Ooughi & A.K. Chahnley. 1998.** Effects of the juvenile hormone mimic pyriproxyfen on egg development, embryogenesis, larval development, and metamorphosis in the desert locust *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae). *J. Econ. Entomol.* 9: 41–49.
- Whitcomb, W.H. & K. Bell. 1964.** Predaceous insects, spiders and mites of Arkansas cotton fields. *Agric. Exp. Stn. Div. Agric. Univ. Arkansas Fayettev. Bull.* 690: 1–83.
- Winteringham, F.P.W. 1969.** Mechanisms of selective insecticidal action. *Annu. Rev. Entomol.* 14, 409–442.
- Yu, J.S. 2014.** The toxicology and biochemistry of insecticides. Boca Raton, CRC press, 351p.
- Yu, S.J. 2004.** Induction of detoxification enzymes by triazine herbicides in the fall armyworm , *Spodoptera frugiperda* (J . E . Smith). *Pestic. Biochem. Physiol.* 80: 113–122.

Tabela 1. Duração (dias) para completar a fase ninfal para ninfas de terceiro ínstar de *Euborellia annulipes* expostas por 72 h ao resíduo seco dos inseticidas ou 24 h de ingestão de presa contaminada.

Inseticidas	Resíduo seco		Ingestão da presa contaminada	
	Paudalho (n = 40) <sup>1</sup>	Areia (n = 40)	Paudalho (n = 20)	Areia (n = 20)
Ciantraniliprole	- <sup>2</sup>	-	35,3 ± 0,76 b <sup>3</sup> (6)	34,3 ± 0,33 a (6)
Clorfenapir	-	-	-	34,2 ± 0,46 a (9)
Espinectoram	34,6 ± 0,08 a* (32)	32,1 ± 0,29 c (15)	33,7 ± 0,34 b (19)	33,0 ± 0,27 ab (19)
Clorraniliprole	34,7 ± 0,27 a (22)	35,1 ± 0,56 a (30)	34,6 ± 0,46 b* (17)	32,1 ± 0,22 b (15)
Lambda-cialotrina	-	-	40,3 ± 0,75 a* (12)	31,6 ± 0,26 bc (10)
Testemunha	34,5 ± 0,25 a (32)	34,5 ± 0,08 ab (36)	33,0 ± 0,40 b* (19)	30,1 ± 0,20 cd (17)
Pimetrozina	35,5 ± 0,25 a* (27)	33,8 ± 0,32 b (35)	33,8 ± 0,39 b* (19)	29,5 ± 0,15 d (19)
Indoxacarbe	-	-	41,8 ± 0,99 a (11)	-
Piriproxifem Tiametoxam Clorpirifós Dimetoato Malationa <sup>2</sup>	-	-	-	-

<sup>1</sup>Número de insetos (entre parênteses) que passaram para a fase adulta de 40 ninfas inicialmente confinadas para resíduo seco e 20 ninfas inicialmente confinadas para ingestão de presa contaminada.

<sup>2</sup>Não analisados por apresentar unidades igual ou inferior a três indivíduos.

<sup>3</sup>Médias representadas com diferentes letras, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey HSD [Resíduo seco ( $\alpha = 0,05$ ), Ingestão da presa contaminada ( $\alpha = 0,007$ )], enquanto \*indica diferença entre populações (na linha) pelo teste de  $t$  ( $P < 0,05$ ).



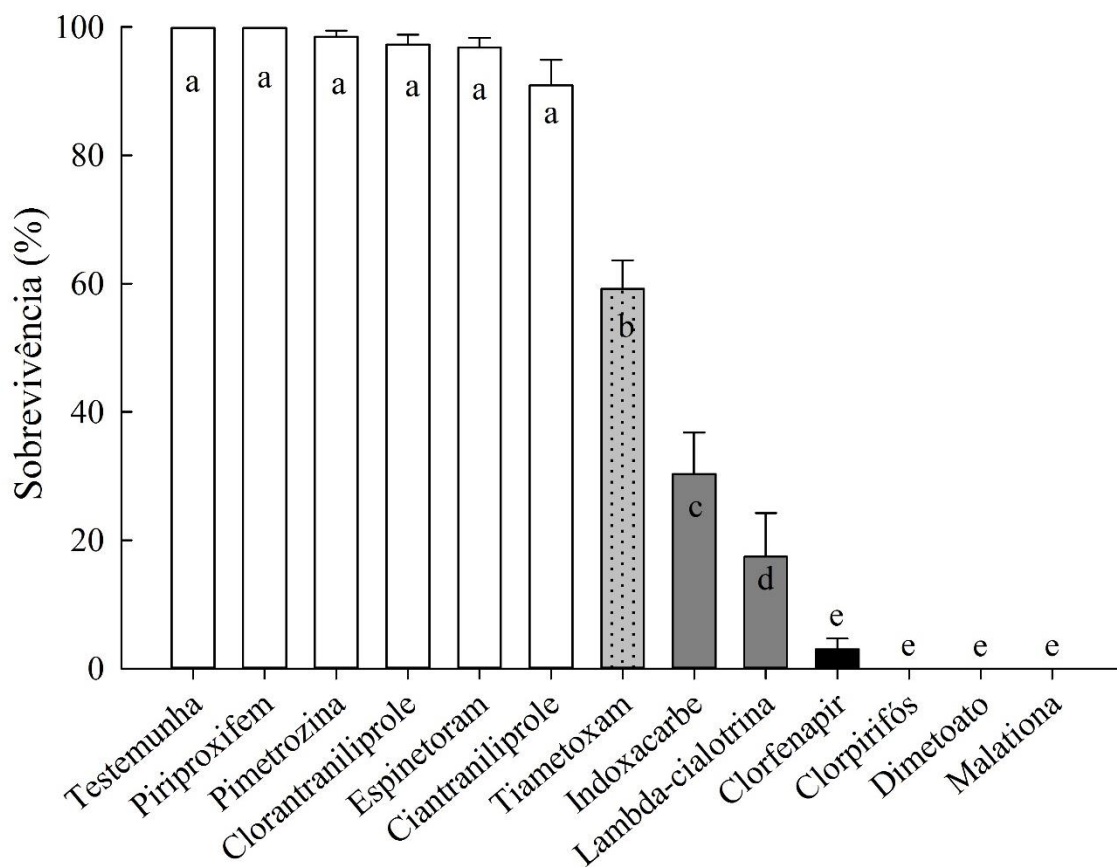


Figura 1. Sobrevivência do predador *Euborellia annulipes* após 72 horas de contato com inseticidas via exposição residual. Barras com mesmas letras, não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $\alpha = 0,05$ ).

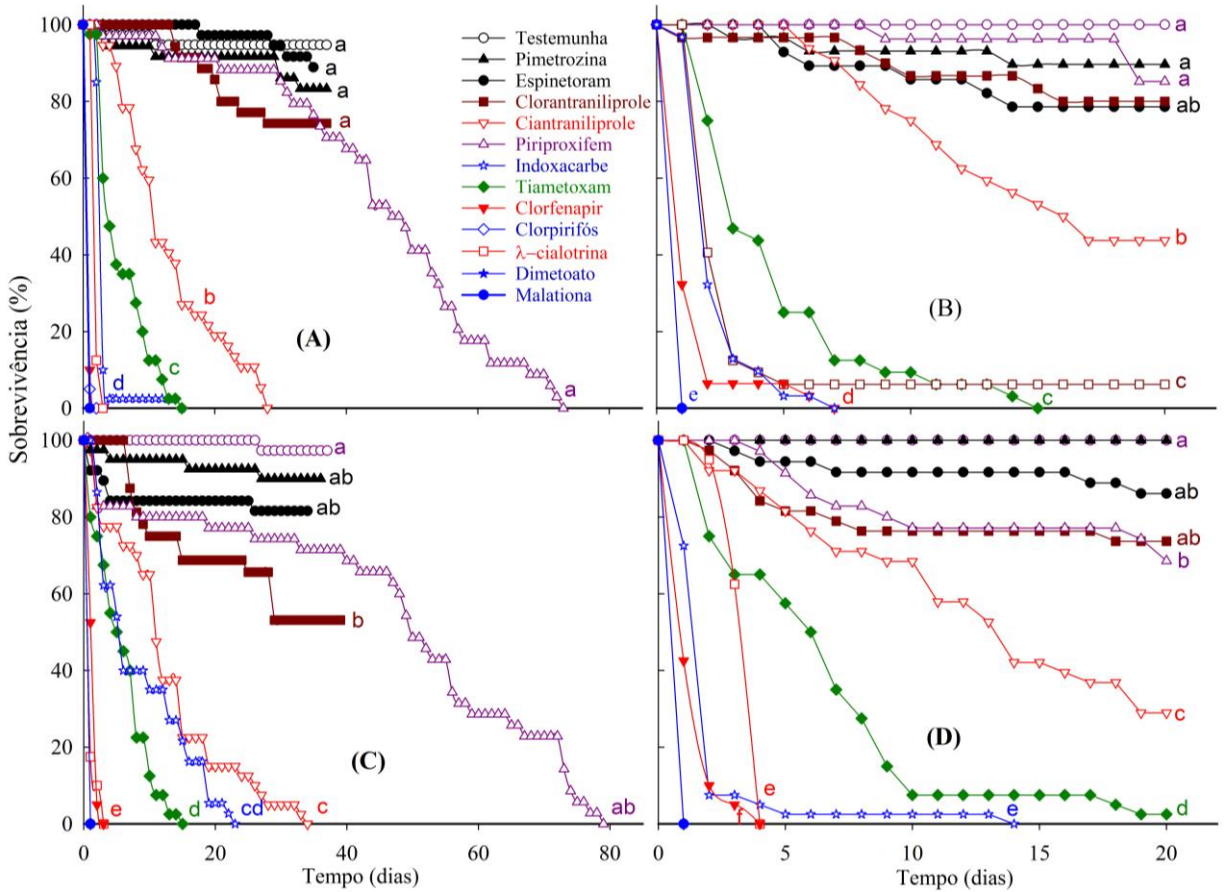


Figura 2. Sobrevivência de ninfas e adultos de *Euborellia annulipes* expostas via contato residual a inseticidas empregados no controle de pragas do algodoeiro. Ninfas (A:  $\chi^2 = 768,51$ ;  $P < 0,0001$ ) e adultos (B:  $\chi^2 = 553,05$ ;  $P < 0,0001$ ) da população de Paudalho, PE; e ninfas (C:  $\chi^2 = 641,59$ ;  $P < 0,0001$ ) e adultos (D:  $\chi^2 = 706,39$ ;  $P < 0,0001$ ) da população de Areia, PB. Linhas com letras diferentes caracterizam diferença por pares de comparação pelo teste de qui-quadrado ( $\alpha = 0,05$ ).

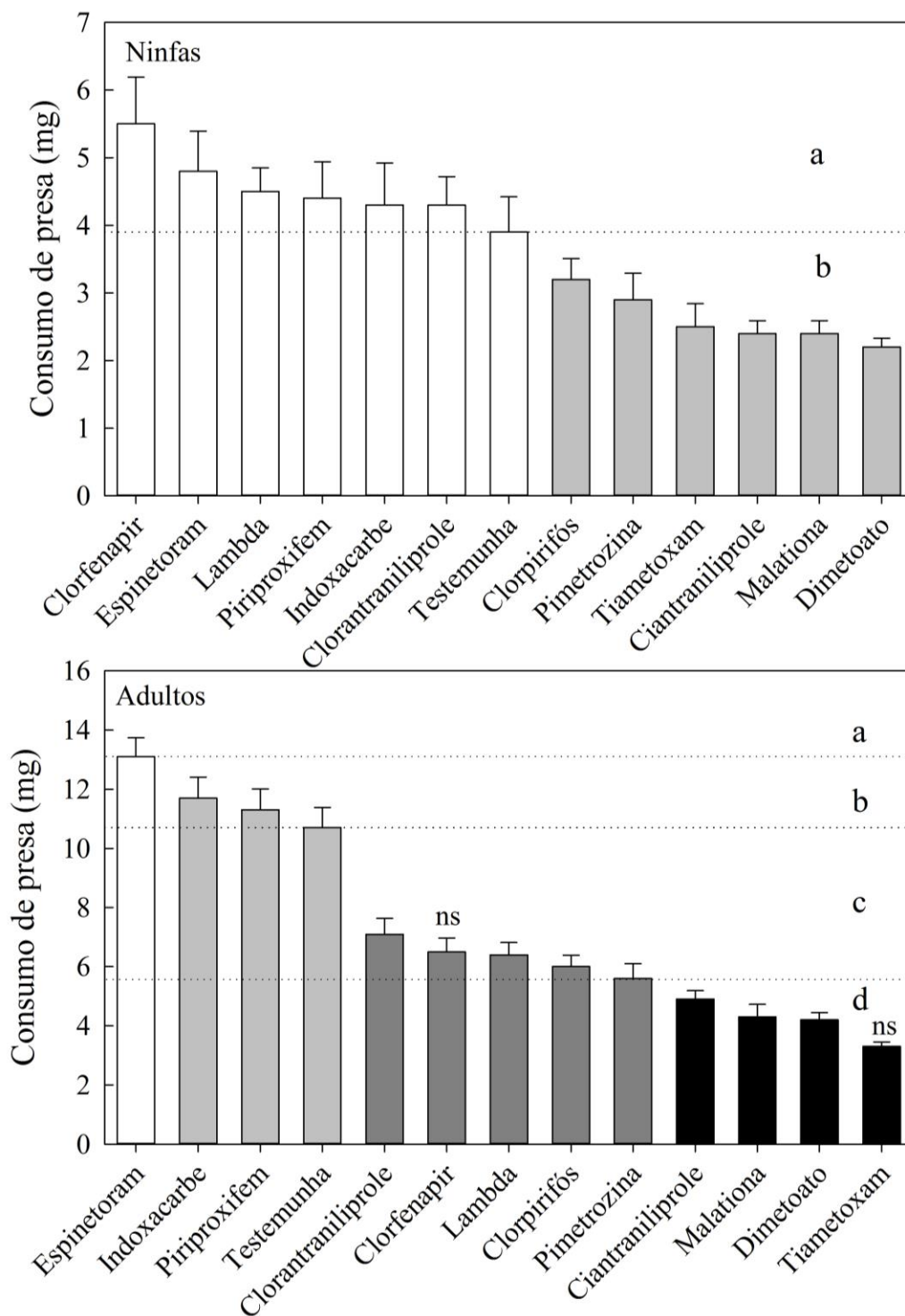


Figura 3. Consumo [média + EP (mg)] de ovos de *Anagasta kuehniella* tratados com inseticidas por ninfas de terceiro ínstar e adultos de *Euborellia annulipes*. Diferentes escalas nos eixos-y devido a diferença de consumo entre idades do predador. Médias de tratamentos agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $\alpha = 0,05$ ); enquanto <sup>ns</sup>sobre a barra indica tratamentos em que o consumo dos adultos não diferiu das ninfas pelo teste *t* ( $\alpha = 0,05$ ).

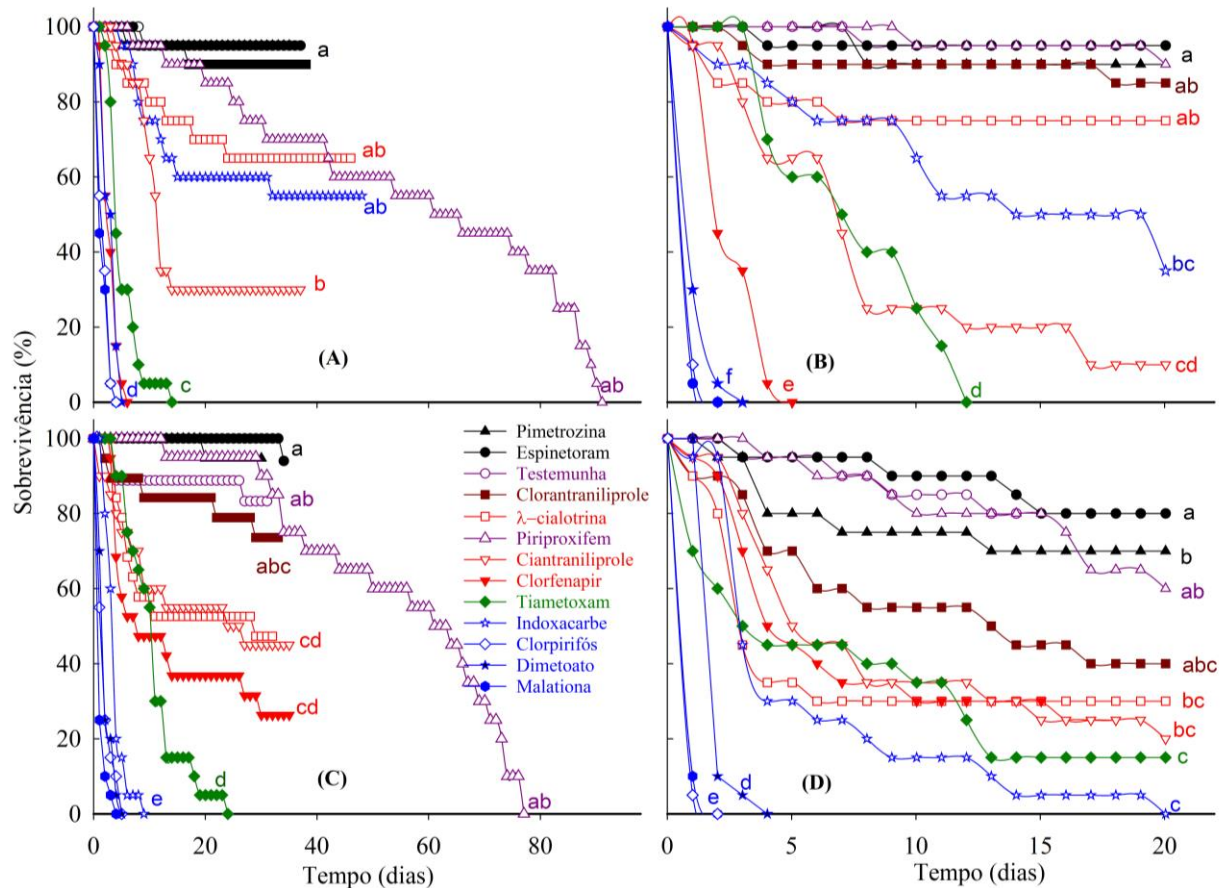


Figura 4. Sobrevivência de ninfas e adultos de *Euborellia annulipes* expostas via ingestão de presas tratadas com inseticidas empregados no controle de pragas do algodoeiro. Ninfas (A:  $\chi^2 = 349,38$ ;  $P < 0,0001$ ) e adultos (B:  $\chi^2 = 285,26$ ;  $P < 0,0001$ ) da população de Paudalho, PE; e ninfas (C:  $\chi^2 = 388,01$ ;  $P < 0,0001$ ) e adultos (D:  $\chi^2 = 364,27$ ;  $P < 0,0001$ ) da população de Areia, PB. Linhas com letras diferentes caracterizam diferença por pares de comparação pelo teste de qui-quadrado ( $\alpha = 0,05$ ).

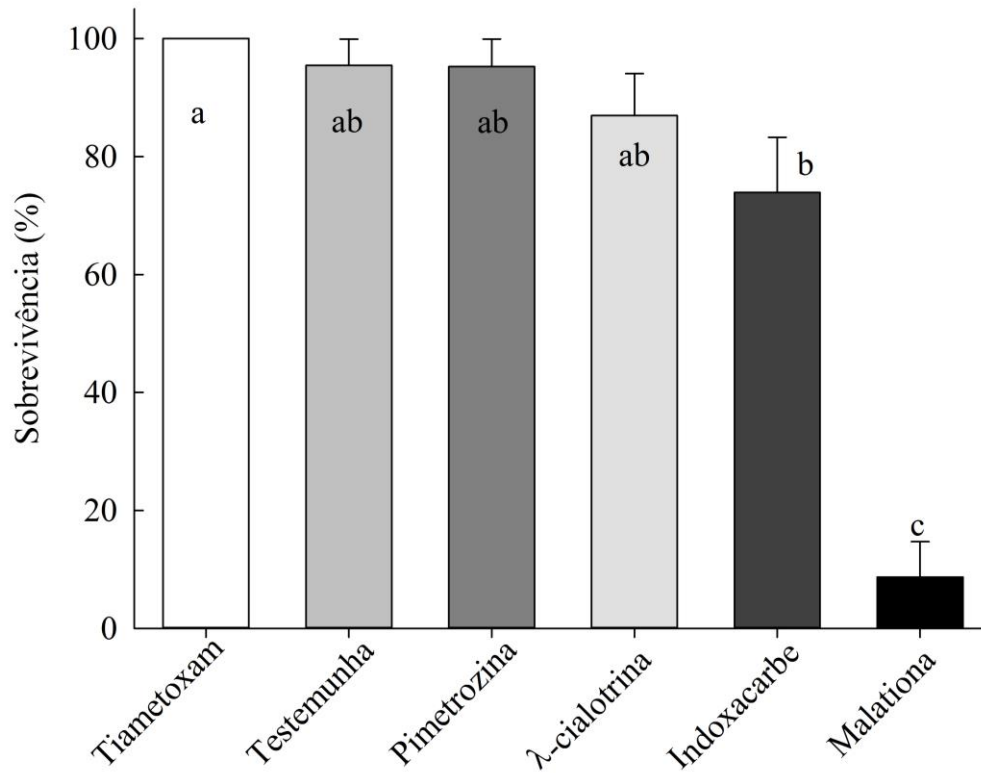


Figura 5. Sobrevivência de *Euborellia annulipes* durante cinco dias (120 h) de confinamento em plantas de algodão pulverizadas com inseticidas (presa + planta). Barras seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,008$ ).

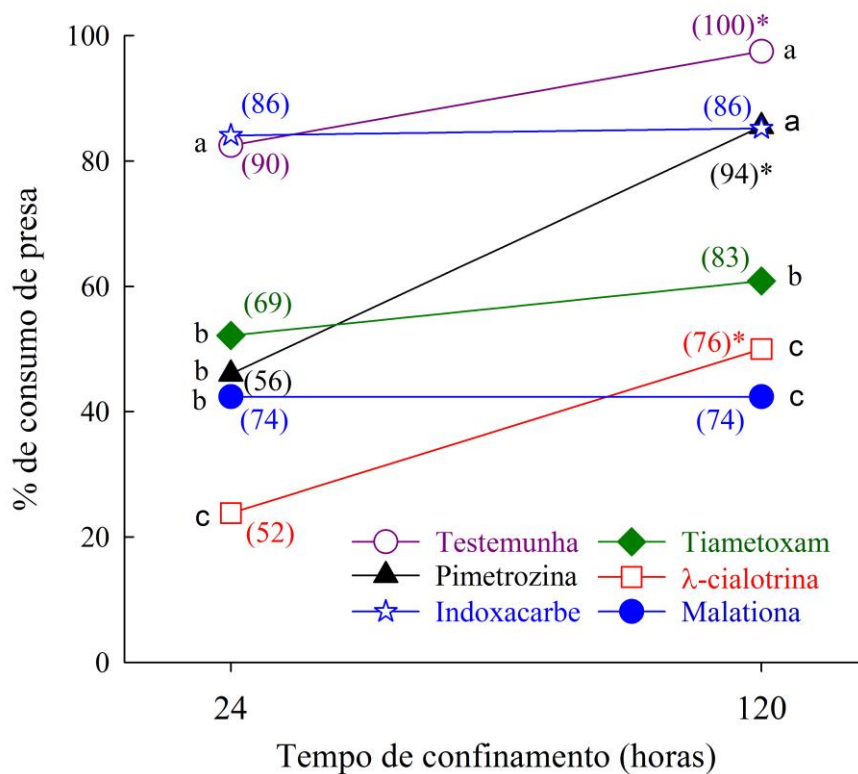


Figura 6. Consumo acumulado de ovos de *Anagasta kuehniella* por fêmeas de *Euborellia annulipes*, em plantas de algodão pulverizadas com inseticidas. Letras diferentes, em cada intervalo de tempo, indicam diferença no consumo entre tratamentos pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,008$ ), enquanto \*indica diferença na porcentagem de predadores com atividade sobre a planta e consumindo a presa contaminada entre os tempos de confinamento.

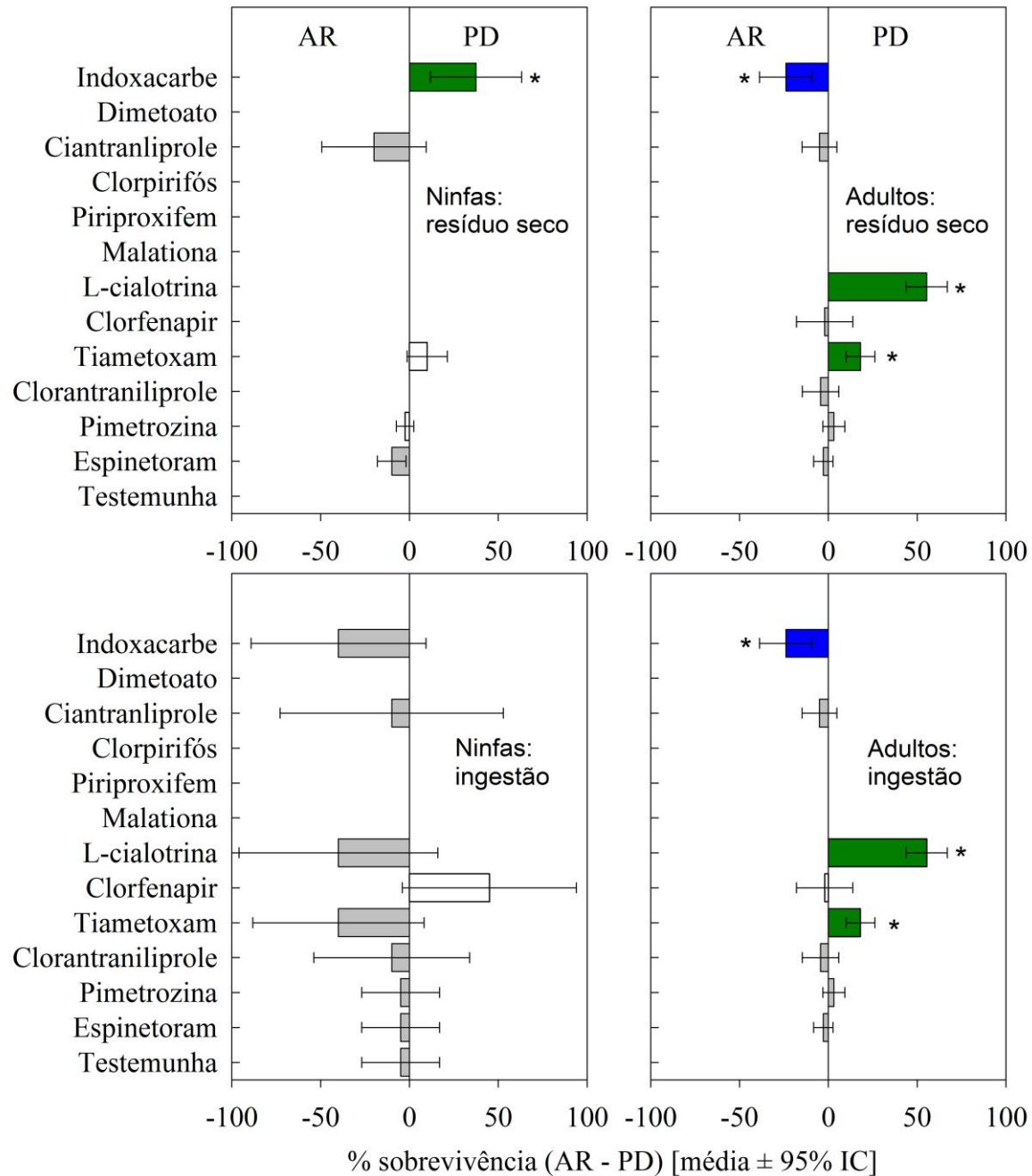


Figura 7. Variação na resposta quanto a sobrevivência (diferença  $\pm$  IC a 95%) de duas populações de *Euborellia annulipes* [(Areia (AR) – Paudalho (PD))] quando os adultos e ninfas foram expostos ao resíduo seco dos inseticidas, ou quando consumiram presas contaminadas. \*Diferenças médias positivas (barra verde) indica maior sobrevivência para indivíduos da população AR, e diferenças médias negativas (barra azul) indica maior sobrevivência para indivíduos da população PD, com a barra do IC a 95% de probabilidade não incluindo valor zero.

## MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela 1S. Inseticidas, grupo químico, classificação quanto ao modo de ação, dosagem empregada e praga alvo no agroecossistema do algodão, bem como inseticidas considerados seletivos (S) e não seletivos (NS), em estudos prévios.

Inseticidas	Grupo químico	MoA IRAC <sup>1</sup>	Dosagem (mL/ha)	Praga alvo <sup>2</sup>
Clorantniliprole 200 SC <sup>S</sup>	Diamida	28	150	Aa, Cv, Ha, Hz, Sf
Ciantraniliprole 100 SC <sup>S</sup>	Diamida	28	750	Bt, Ag, Se
Clorpirifós 480 EC <sup>NS</sup>	Organofosforado	1B	700	Aa, Cv, Pg, Ha
Clorfenapir 240 SC <sup>NS</sup>	Pirazol	13	1500	Cv, Ha, Pl, Tu, Sf
Dimetoato 400 EC <sup>NS</sup>	Organofosforado	1B	1250	Ag, Fr, Tu, Bt, Hn
Espinetoram 120 SC <sup>S</sup>	Espinosinas	5	150	Ha, Fr, Sf
Indoxacarbe 150 EC <sup>NS</sup>	Oxidiazina	22A	800	Aa, Ds, Ha, Cv, Pg, Sf
Lambda-cialotrina 50 CS <sup>NS</sup>	Piretroide	3A	400	Aa, Agg, Cv, Pg, Hn
Malationa 1000 EC <sup>NS</sup>	Organofosforado	1B	2000	Aa, Ag, Agg
Pimetrozina 500 WG <sup>S</sup>	Piridina azometina	9B	400	Bt, Ag
Piriproxifem 100 EC <sup>S</sup>	Éter piridiloxipropílico	7C	500	Bt, Ag
Tiametoxam 250 WG <sup>NS</sup>	Neonicotinóide	4A	200	Bt, Ag, Agg, Fr

<sup>1</sup>Insecticide Resistance Action Committee.

<sup>2</sup>Fonte: AGROFIT 2021 (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários); Aa, *Alabama argillacea*; Ag, *Aphis gossypii*; Agg, *Anthonomus grandis grandis*; Bt, *Bemisia tabaci*; Cv, *Chloridea virescens*; Ds, *Dysdercus* spp.; Fr, *Frankliniella* sp.; Ha, *Helicoverpa armigera*; Hn, *Horcias nobillelus*; Hz, *Helicoverpa zea*; Pg, *Pectinophora gossypiella*; Pl, *Polyphagotarsonemus latus*; Sf, *Spodoptera frugiperda*; Se, *Spodoptera eridania*; Tu, *Tetranychus urticae*.



Abamectina, Acefato, Acetamiprido, Buprofenzina, Bts, Beta-ciflutrina, Bifentrina, Carbosulfano, **Ciantraniliprole (CN)**, **Clorantianiliprole (CT)**, **Clorpirifós (CL)**, **Clorfenapir (CF)**, Diafentiuron, **Dimetoato (DM)**, **Espinetoram (ES)**, Etiprole, Esfenvalerato, Espinosade, Flonicamida, Fipronil, Flubendiamida, Imidacloprido, **Indoxacarbe (IN)**, **Lamba-cialotrina (LC)**, Lufenurum, **Malationa (MA)**, Metidationa, Metomil, Metoxifenoazida, **Pimetrozina (PM)**, **Piriproxifem (PY)**, Sulfoxaflor, Teflubenzurom, **Tiametoxam (TH)**, Tiodicarbe, Triflubenzurom, VPN-HzSNPV, Zeta-cipermetrina.

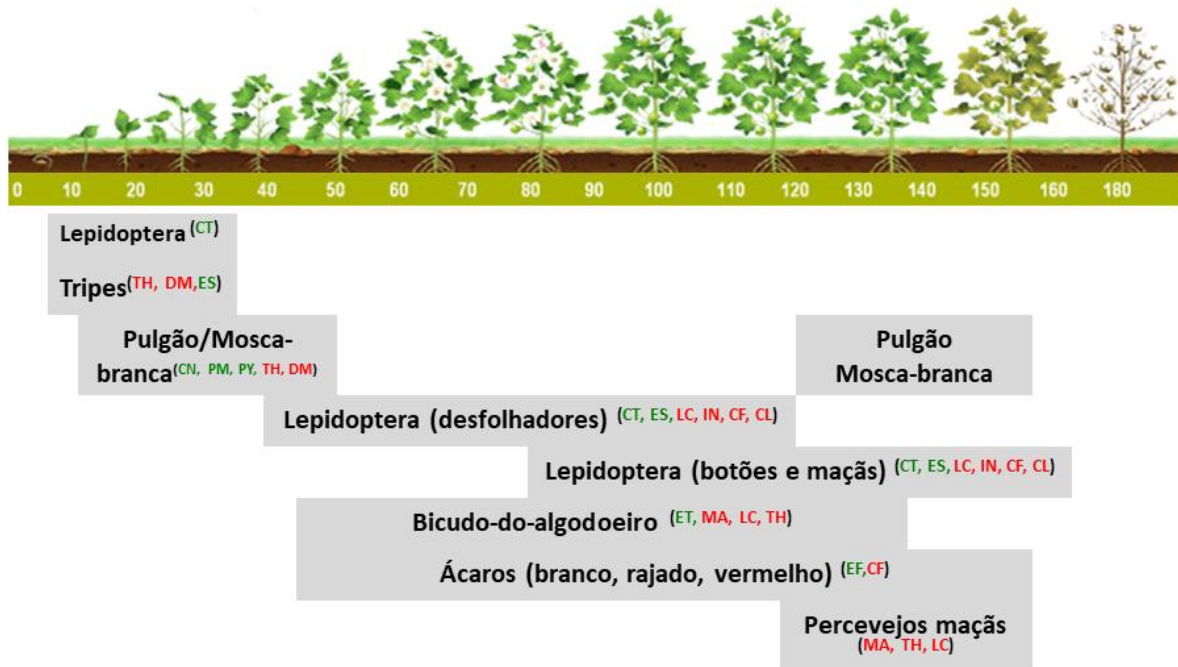


Fig. 1S. Associação da fenologia do algodoeiro com a ocorrência predominante de pragas do algodoeiro e indicação de inseticidas estudados quanto ao impacto sobre a tesourinha *Euborellia annulipes* considerado seletivos (em verde) e não seletivos (em vermelho).

## CAPÍTULO 4

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo integrado de pragas (MIP) é preconizado pela utilização de diferentes táticas de controle, buscando a adoção daquelas com menor impacto ambiental de maneira compatível e utilizando, em último caso, o controle químico. Devido à grande diversidade de pragas na cultura do algodoeiro, a implementação do MIP é dificultada e a utilização generalizada de inseticidas não seletivos para o controle dessas pragas tem sido comum. Uma das formas de reduzir o impacto do controle químico é a utilização de inseticidas eficientes e seletivos contra a(s) praga(s) alvo. Os resultados deste trabalho demonstram que é possível utilizar inseticidas seletivos, i.e., específicos para a(s) praga(s) alvo, com controle efetivo e compatível com controle biológico e com um impacto reduzido sobre artrópodes benéficos de interesse para controle dessas pragas. A entomofauna benéfica do dossel da planta é mais impactada pela utilização de inseticidas, porém tal impacto é reduzido quando se utiliza inseticidas seletivos. Ressalta-se, ainda, que grande parte dos artrópodes benéficos no agroecossistema algodoeiro são edáficos e devido ao seu habitat estão sujeitos a um menor impacto da utilização de inseticidas em pulverizações foliares na cultura, possibilitando sua ação sobre as pragas e, ao mesmo, tempo contribuindo para a preservação de inimigos naturais.

Para a tesourinha *Euborellia annulipes*, foi possível demonstrar que existem inseticidas compatíveis com esse predador de larvas e pupas do bicudo-do-algodoeiro e, que se comportaram como seletivos mesmo em testes em laboratório, onde a exposição e o contato são considerados extremos, pois não há fatores que permitem o escape a não ser a degradação do inseticida. Ressalta-se, ainda, que inseticidas com alta toxicidade via resíduo seco ou ingestão, quando levados

o campo, como simulado no experimento com plantas confinadas em gaiolas, podem apresentar seletividade para o predador, provavelmente devido ao seu hábito de nidificar no solo, algo que pode evitar ou reduzir o contato com o inseticida. O estudo demonstrou ainda que a seletividade de alguns inseticidas irá variar em função da via de contato e a fase de desenvolvimento do predador.

Os resultados encontrados neste estudo demonstram que é possível manejar o uso de inseticidas de forma a obter melhor integração entre esses e a conservação de inimigos naturais. Isso pode ser alcançado através do uso de inseticidas que em função do seu modo de ação apresentem baixo ou nenhum efeito sobre inimigos naturais ou que mesmo quando apresentem impacto intermediário, possam ser manejados em função das características da praga alvo e do predador. Entretanto, há inseticidas que não devem ser recomendados caso se deseje conservar os inimigos naturais. A categorização como seletivo ou não seletivo não pode se basear exclusivamente em uma espécie predadora e deve ter por base um conjunto de informações geradas para várias espécies de importância para o agroecossistema algodoeiro. Desta forma, considerando os resultados já obtidos para outras espécies benéficas para o MIP algodoeiro e os produzidos neste estudo, os inseticidas pimetozina, clorantraniliprole, ciantraniliprole e espinetoram, dentre os inseticidas estudados, devem ser priorizados em uma eventual recomendação de pulverização.