

SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DO CURUQUERÊ DO ALGODOEIRO, *Alabama argillacea* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) A INSETICIDAS

por

TADEU BARBOSA MARTINS SILVA

(Sob Orientação do Professor Herbert Álvaro Abreu de Siqueira)

RESUMO

O uso frequente e intensivo de inseticidas e o relato de falhas do controle químico de *Alabama argillacea* (Hübner 1818) em algumas áreas produtoras de algodão têm levantado questionamentos quanto à existência de resistência aos inseticidas. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo verificar se a hipótese de evolução de resistência a inseticidas pode explicar estas falhas de controle. Para isto, populações de *A. argillacea* coletadas de diversas regiões produtoras de algodão no Brasil foram expostas aos inseticidas deltametrina, clorpirifós, endosulfan, abamectina e espinosade. Todos os bioensaios de concentração-mortalidade foram conduzidos de acordo com a metodologia de imersão de folhas. As populações apresentaram, em geral, razões de resistência elevadas para a deltametrina (até 52,3 vezes). Todas as populações avaliadas apresentaram razões significativas de resistência de no máximo 8,5 vezes a clorpirifós, consideradas baixas. As razões de resistência a endosulfan nas populações também foram consideradas baixas (até 11,1 vezes), apesar de significativas estatisticamente. A máxima razão de resistência apresentada por *A. argillacea* a abamectina foi de 4,3 vezes, sendo, portanto, baixa, e sugerindo que estes dados ainda remetem à variabilidade natural das populações. Esta variabilidade também pode estar associada aos valores de razão de resistência encontrados para espinosade, que variaram significativamente de 3,9 a 23,5 vezes. Estes resultados sugerem que as

populações de *A. argillacea* avaliadas são ainda particularmente susceptíveis aos inseticidas clorpirifós, endosulfan, abamectina e espinosade, porém há necessidade de monitorar o aparecimento da resistência à estes inseticidas. Quanto à abamectina e espinosade, em geral, os resultados provavelmente se referem a uma variabilidade natural destas populações em relação a estes inseticidas. Referindo-se a deltametrina, quase todas as populações já estão acima de um nível crítico de resistência e, portanto, a introdução de estratégias de manejo de resistência em áreas onde este e outros piretróides são aplicados é aconselhada.

PALAVRAS-CHAVE: Pragas do algodão, infestação, migração, resistência, piretróides, manejo.

SUSCEPTIBILITY OF THE COTTON LEAFWORM, *Alabama argillacea* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) POPULATIONS TO INSECTICIDES

by

TADEU BARBOSA MARTINS SILVA

(Under the Direction of Professor Herbert Álvaro Abreu de Siqueira)

ABSTRACT

The frequent and intensive uses of insecticides as well as the reports of chemical control failures towards the *Alabama argillacea* (Hübner 1818) in some cotton grower's areas have raised questions about the existence of insecticide resistance. Therefore, the present study evaluated whether the hypothesis of insecticide resistance evolution could explain these control failures. For this, *A. argillacea* populations collected from different cotton growing regions in Brazil were subjected exposure with deltamethrin, chlorpyrifos, endosulfan, abamectin, and spinosad, traditional and new chemicals in concentration-mortality bioassays. All bioassays followed the leaf dipping method usually suggested in many trials. Overall, these populations showed high resistance rates to deltamethrin (up to 52.3 times). All assessed populations showed significant resistance ratios (up to 8.5 times) to chlorpyrifos. The resistance ratios for endosulfan were also considered low (up to 11.1 times) among leafworm population, although statistically significant. The maximum resistance ratio found for abamectin was 4.3-times, and therefore considered also of low value, which suggests that this outcome still refers to the populations natural variability. This variability may also be associated with the resistance ratio values found for spinosad, which varied significantly from 3.9 to 23.5 times. These results suggest that the populations of *A. argillacea* evaluated are still particularly susceptible to the insecticides

chlorpyrifos, endosulfan, abamectin, and spinosad, but no need to monitor the emergence of resistance to these insecticides. Regarding to abamectin and spinosad, in general, the results probably refer to a natural variability of these populations towards these insecticides. Referring to deltamethrin, almost all of the populations are already above a critical level of resistance, and therefore the introduction of resistance management tactics in areas where this and other pyrethroids are sprayed is advised.

KEY WORDS: Cotton pests, infestation, migration, resistance, pyrethroids, management.

SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DO CURUQUERÊ DO ALGODOEIRO, *Alabama*
argillacea (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) A INSETICIDAS

por

TADEU BARBOSA MARTINS SILVA

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

RECIFE - PE

Fevereiro - 2010

SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DO CURUQUERÊ DO ALGODOEIRO, *Alabama*
argillacea (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) A INSETICIDAS

por

TADEU BARBOSA MARTINS SILVA

Comitê de Orientação:

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira - UFRPE

Jorge Braz Torres - UFRPE

José Vargas de Oliveira - UFRPE

SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DO CURUQUERÊ DO ALGODOEIRO, *Alabama*
argillacea (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) A INSETICIDAS

por

TADEU BARBOSA MARTINS SILVA

Orientador: _____
Herbert Álvaro Abreu de Siqueira - UFRPE

Examinadores: _____
Cristina Schetino Bastos - UNB

Raul Narciso Carvalho Guedes - UFV

José Vargas de Oliveira - UFRPE

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Tadeu José Martins Silva e Josefa Barbosa das Neves Silva, pela vida, pelos ensinamentos, apoio constante e por todo empenho em minha educação.

Aos meus familiares que sempre torceram e oraram por esta realização, incluindo minha irmã Maria do Carmo Barbosa Martins Silva e meus avós paternos Gilberto Gedeão e Maria Beatriz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre me deu forças para que alcançasse todos os meus objetivos.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e a todos os professores e funcionários que fazem o Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA).

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, que me concedeu a bolsa bem como oportunidade de concluir este curso.

A meu orientador Herbert Álvaro Abreu de Siqueira pelos ensinamentos, pela confiança depositada e pela competente orientação a fim de que esse trabalho fosse concluído.

Aos amigos conquistados durante o curso, saibam que vou levá-los para sempre comigo. Em especial, agradeço a Lílian Ribeiro, Ricardo Lopes, Eduardo Barros, Pedro Montarroyos, Vanessa Corrêa, Maria Cleoneide, Nicolle Ribeiro, Robério Neves e Carla Patrícia.

Aos colegas de laboratório, Maria Júlia, Diogo Galindo, Jefferson Ellias, Andresa de Oliveira e Mateus Ribeiro, pelo apoio.

A todos que contribuíram no envio das populações de *Alabama argillacea* em especial a Cleiton Barbosa, Jorge Torres, Eduardo Barros, Karjoene Cassimiro, Cristina Schetino e Lúcia Vivan.

Aos Profs. Jorge Braz Torres e José Vargas de Oliveira pela co-orientação.

A banca examinadora nas pessoas de José Vargas, Herbert Siqueira, Raul Narciso e Cristina Schetino pelas valiosas sugestões.

A Cristina Schetino e Fábio Suinaga, pelo apoio na graduação, pela confiança, pela amizade, pelo conhecimento e por me direcionar para novos horizontes.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS.....	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	01
LITERATURA CITADA.....	07
2 RESISTÊNCIA DE POPULAÇÕES DO CURUQUERÊ DO ALGODOEIRO, <i>Alabama argillacea</i> (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) A INSETICIDAS	12
RESUMO	13
ABSTRACT	14
INTRODUÇÃO	15
MATERIAL E MÉTODOS	17
RESULTADOS.....	19
DISCUSSÃO.....	22
AGRADECIMENTOS.....	28
LITERATURA CITADA.....	28

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Entre as táticas de controle, o uso de inseticidas é, sem dúvida, um dos principais meios usados para suprimir populações de insetos praga em diversas culturas. De acordo com Spadotto (2006), no Brasil o consumo de inseticidas tem sido superior a 300 mil toneladas de produtos comerciais por ano. Em termos de ingrediente ativo (i.a), são consumidas cerca de 130 mil toneladas, o que representa um aumento no consumo de inseticidas de 700% nos últimos 40 anos, enquanto a área agrícola aumentou apenas 78% nesse mesmo período. Contudo, o controle químico pode, algumas vezes, não apresentar o efeito esperado. Este fenômeno pode levar o produtor a utilizar de forma indiscriminada esses produtos, aumentando a dose e a frequência de aplicação dos mesmos, bem como lançando mão de misturas indevidas, entre outras medidas (Roush & Tabashnik 1990). Ressurgência e aparecimento de novas pragas, além de efeito deletério sobre organismos não-alvo são algumas das consequências potenciais da resistência a inseticidas.

A falha no controle de uma praga devido à diminuição da suscetibilidade à concentração operacional de um produto químico constitui a primeira evidência do desenvolvimento de resistência (Campos & Andrade 2002). A resistência a inseticidas é um processo evolutivo, sendo afetado por diferentes fatores genéticos tais como alterações no genótipo do indivíduo e suas interações, fatores bioecológicos relacionados à praga alvo e por fatores operacionais relativos ao produto químico e a sua utilização (Oppenoorth 1976, Georghiou & Taylor 1977, Roush & McKenzie 1987). Estudos para determinar as bases genéticas da resistência de pragas a inseticidas são essenciais para a melhor compreensão da evolução da resistência e posterior

elaboração e refinamento de estratégias de manejo da resistência (Roush & Daly 1990, Tabashnik 1991, McKenzie 2000). Essas informações podem ser exploradas na detecção e monitoramento da resistência, na avaliação de custo adaptativo associado à resistência, nos estudos de resistência cruzada, na avaliação do potencial de risco de resistência e nos modelos de simulação de evolução da resistência (Roush & McKenzie 1987, Roush & Daly 1990, Tabashnik 1991).

O uso contínuo e intensivo de inseticidas constitui-se em fator determinante na evolução da resistência a inseticidas em insetos praga, tendo como consequências: aplicações mais frequentes de inseticidas, o aumento da concentração do produto utilizado e a substituição do produto por outro inseticida, geralmente mais tóxico ou mais caro (Georghiou 1983). Segundo Knight & Norton (1989), o custo de desenvolvimento de novos inseticidas é geralmente alto, requerendo ou demandando tempo apreciável, para que as diferentes etapas sejam cumpridas (síntese da molécula, ensaios toxicológicos, testes de eficiência agrônômica) até obtenção do registro. Os casos de resistência a inseticidas e acaricidas sintéticos estão aumentando mundialmente e se constituem em um dos mais complexos problemas de controle de pragas na atualidade. Isto é agravante, pois existem mais de 7740 relatos de casos de resistência a 331 compostos, envolvendo mais de 540 espécies de insetos e ácaros-praga (Whalon *et al.* 2008).

Em geral, os mecanismos de resistência de artrópodes a inseticidas são incluídos em três categorias: a) redução da penetração do inseticida pela cutícula do inseto; b) redução da sensibilidade no sítio de ação do inseticida e c) destoxificação ou metabolização do inseticida por enzimas (Oppenoorth 1985, Hemingway 2000). A alteração do comportamento dos insetos frente aos inseticidas é um quarto mecanismo que, recentemente, vem sendo estudado e tem sido atribuído à repelência das pragas pelos inseticidas (Hodges & Meik 1986) e por alterações comportamentais de outra natureza (Lorini & Galley 1998, Beckel *et al.* 2004). Os mecanismos bioquímicos são aqueles de ocorrência mais frequente, fazendo com que sejam os mais estudados

mecanismos de resistência de insetos a inseticidas (Scott 1999). Estes mecanismos permitem ao inseto modificar ou destoxificar o inseticida a uma taxa suficiente para prevenir a ação no sítio alvo (Fukuto & Mallipudi 1983). A degradação do inseticida pode ser atribuída a vários processos metabólicos nos quais o produto é convertido em uma forma não tóxica ou mesmo eliminado rapidamente pelo inseto. Várias enzimas e sistemas enzimáticos estão envolvidos, como as esterases, as oxidases, as transferases e outras enzimas que aumentam sua eficiência ou sua quantidade nas populações resistentes (Yu & Nguyen 1992, Hemingway 2000). As oxidases e transferases são enzimas ubíquas que estão comumente envolvidas na destoxificação de inúmeros compostos. Por outro lado, as esterases são de maior importância, especificamente na destoxificação de organofosforados (Conyers *et al.* 1998). A utilização de inibidores metabólicos, tais como sinergistas, fornecem subsídios para determinar preliminarmente o(s) mecanismo(s) metabólico(s) possivelmente envolvido(s) na resistência (Bernard & Philogène, 1993). Apesar de diversos estudos virem sendo desenvolvidos na área, poucos, em termos práticos, têm contribuído de forma satisfatória para retardar a evolução do problema (Georghiou 1983).

O algodoeiro *Gossypium hirsutum* (Linnaeus) raça *latifolium* Hutch é uma cultura de grande expressão socioeconômica para os setores primário e secundário do Brasil. Além de ser uma das mais tradicionais do País, tem dado sinais de forte avanço nos últimos anos (Agrianual 2004). A sua cadeia produtiva gera riquezas superiores a US\$ 25 bilhões anualmente, representando cerca de 4% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional e mais de 13,5% do PIB industrial, com incrementos anuais significativos da área cultivada (TÊXTIL 2004). No período de 1993 a 2003, a produção brasileira cresceu 91,53% (Agrianual 2004). No ano de 2007, o país ocupava a quinta posição na produção mundial de algodoeiro, tendo cultivado 1,13 milhão de ha,

com produção e produtividade de algodão em caroço de 1.868,6 milhão de toneladas e 1.349 Kg/ha.⁻¹, respectivamente (IBGE 2008, USDA 2008).

No Brasil, o Centro-Oeste é a principal região produtora do algodão seguida pela região Nordeste sendo, neste último caso, o grande volume da produção atribuído ao cultivo em áreas de cerrado da Bahia, Piauí e Maranhão. Mato Grosso é o principal estado produtor do Brasil, possuindo a maior área plantada e alcançando as maiores produtividades do país. No Nordeste, a Bahia é o principal estado produtor e o quinto maior estado em produção e área (CONAB 2010). Nos últimos anos houve profundas mudanças nas características do cultivo do algodoeiro. As pequenas áreas, com pouco investimento financeiro, fortemente dependentes da mão-de-obra, passaram a ser substituídas por grandes áreas cultivadas com o emprego de alta tecnologia, em função do aumento na demanda mundial, tanto pelo fio do algodão, quanto pelos seus co-produtos (Ulhôa *et al.* 2002). À medida que o nível tecnológico e a extensão territorial de uma cultura aumentam, ou seja, quando sua exploração é intensiva e em regime de monocultivo, normalmente, tem-se um aumento dos problemas entomológicos. Este fato propicia o uso de produtos químicos de maneira abusiva e inadequada, ocasionando resíduos nos produtos, comprometimento da qualidade da água, do ar e do solo, bem como a eliminação dos inimigos naturais, o que resulta em controle apenas parcial da praga (Cruz *et al.* 1995).

O algodoeiro é reconhecido mundialmente como uma cultura que possui inúmeros problemas com pragas que, sem as devidas medidas de controle, podem reduzir significativamente a produção. Manter o nível de controle destas pragas abaixo dos limiares de prejuízo econômico configura-se como grande desafio ao agricultor (Miranda 2006, SINDAG 2006). Apesar das diversas táticas que compõem o Manejo Integrado de Pragas (MIP) do algodoeiro, o controle de pragas tem sido realizado, predominantemente, através do uso intensivo de inseticidas (Miranda & Bettini 2006). A cultura do algodoeiro foi responsável pelo consumo

de cerca de 10% do volume total de inseticidas comercializados no Brasil em 2006 (SINDAG 2006), e de 78% do volume total de inseticidas comercializados no mundo em 2000 (Fairbanks 2001).

O cultivo em larga escala do algodoeiro no Brasil e o potencial de risco envolvido nesta atividade salienta a necessidade de uso adequado dos inseticidas, sendo a informação, o primeiro passo para amenizar os problemas provenientes do cultivo, incluindo o conhecimento dos insetos prejudiciais ao algodão (Aguillera & Bottan 2005).

Segundo dados da CONAB (2010) o Estado da Bahia alcança patamares de produtividade próximos a 2.000 Kg de algodão em caroço/ha. Todavia, a produtividade média do algodão produzido na Paraíba e no Estado de Pernambuco, se situa em torno de 500 kg de algodão em caroço/ha (CONAB, 2010). Essa baixa produtividade é atribuída principalmente, ao ataque de pragas, com destaque para *Alabama argillacea* (Hübner) que é a principal lagarta desfolhadora, podendo causar até 100% de desfolha na cultura (Gravena & Cunha 1991, Jácome *et al.* 2001, Quirino & Soares 2001). *A. argillacea* pertence à Ordem Lepidoptera, família Noctuidae, sendo uma espécie nativa da América do Sul e Central, encontrada na maioria das áreas onde o algodão é cultivado (Carvalho 1981). Os adultos de *A. argillacea* são mariposas com cerca de 30 mm de envergadura, apresentando coloração marrom-avermelhada, com duas manchas circulares na parte central das asas anteriores. As fêmeas adultas do curuquerê do algodoeiro depositam em média 500 ovos que são dispostos individualmente, na face inferior das folhas completamente desenvolvidas de algodão (Santos 2001). Seus ovos são inicialmente de coloração azul-esverdeada, formato circular e achatados e medindo aproximadamente 0,6 mm de diâmetro, tornando-se verde-amarelado próximo à eclosão das lagartas. As lagartas apresentam coloração variando entre o verde-amarelado e o verde-escuro, apresentando duas listras longitudinais e

cápsula cefálica de cor amarela com pontuações pretas podendo atingir 40 mm de comprimento, alimentando-se exclusivamente de folhas de algodão (Ramalho 1994, Santos 2001).

De acordo com Marchini (1976), o curuquerê consome durante seus diferentes estádios larvais ou durante o estágio larval 66 cm² de área foliar de algodão. Para Alvarez & Sanchez (1982), o consumo observado em todos os ínstaes de *A. argillacea* é de 88 cm², enquanto Johnsen (1984) verificou que à temperatura constante de 27,5°C, o consumo médio de uma lagarta foi de 117,95cm² e que o último ínstar consumiu aproximadamente 73% do total. Ao causar a desfolha da planta, *A. argillacea* reduz a capacidade fotossintética da planta e, conseqüentemente, a quantidade de fibras produzida pela planta. No caso de ataques tardios, ocorre a maturação precoce das maçãs, diminuindo a resistência das fibras (Bleicher 1990, Domiciano & Santos 1994, Ferreira & Lara 1999). Seara (1970) observou redução de até 35% na produção do algodoeiro mocó devido ao ataque do curuquerê do algodoeiro, além de retardamento do ciclo reprodutivo da planta. A praga ocorre desde a fase inicial da cultura até a fase de formação de capulhos (Fontes *et al.* 2006). Dependendo da época e da intensidade da infestação, pode provocar perda de até 80% no rendimento da cultura (Silva *et al.* 1980). Diante deste fato, o produtor é levado a efetuar o controle químico, muitas vezes, de maneira indiscriminada nessa cultura. Além disso, diversas outras pragas infestam o algodoeiro e demandam controle (Degrande 1998).

As características de *A. argillacea* (hábito monófago e movimentos de migração) fazem com que esta praga tenha um elevado risco para evolução da resistência a inseticidas e para as toxinas de plantas de algodão Bt (Santos 1999). Tem-se observado surtos de *A. argillacea* em regiões produtoras de Goiás, os quais têm sido atribuídos à perda da eficiência dos inseticidas e à eliminação dos inimigos naturais. Segundo Miranda & Ferreira (2005), questionamentos têm sido levantados quanto à existência de resistência aos inseticidas em populações do curuquerê do

algodoeiro. De fato, não existem trabalhos publicados na área de resistência de *A. argillacea* a inseticidas no Brasil. Por esta razão, este trabalho propôs avaliar diferentes populações de *A. argillacea* com possível resistência a inseticidas, fornecendo assim, subsídios para o desenvolvimento de programas de manejo de resistência a inseticidas que tenham por objetivo prevenir, retardar ou reverter a evolução da resistência à inseticidas.

Diante disto, foram realizados bioensaios em laboratório para se determinar curvas de concentração-mortalidade para as populações coletadas a campo e mantidas em laboratório, utilizando diferentes classes de inseticidas. Neste caso a hipótese testada foi a de que: (i) ao longo das gerações, populações de *A. argillacea* em campo têm adquirido resistência a pelo menos uma classe de inseticida.

Literatura Citada

- Agriannual. 2004.** Anuário Estatístico da Agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 496p.
- Aguillera, L.A. & A.J. Bottan. 2005.** Avaliação de inseticidas para o controle da lagarta *Spodoptera* (*Spodoptera* spp.) no algodoeiro. Cooperfibra. (Cooperativa dos Cotonicultores de Campo Verde). Campo Verde, 11 p.
- Alvarez, R.J.A. & G.C. Sanchez. 1982.** *Alabama argillacea* (Hübner) ciclo de vida y consumo foliar. Rev. Colomb. Entomol 8: 34-38.
- Beckel, H., I. Lorini & S.M.N. Lazzari. 2004.** Comportamento de adultos de diferentes raças de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) em superfície tratada com deltamethrin. Rev. Bras. Entomol. 48: 115-118.
- Bernard, C.B. & B.J.R. Philogène. 1993.** Insecticide synergists: role, importance, and perspectives. J. Toxicol. Environ. Healthg. 38: 199-223.
- Bleicher, E. 1990.** Manejo integrado de pragas do algodoeiro, p. 271-291. In W.B. Crócomo, (ed.), Manejo integrado de pragas. São Paulo, UNESP, 358p.
- Campos, J. & C.F.S. Andrade. 2002.** Resistência a inseticidas em populações de *Simulium* (Diptera, Simuliidae). Cad. Saúde Pública 18: 661-671.

- Carvalho, S.M. 1981.** Biologia e nutrição quantitativa de *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera, Noctuidae) em três cultivares de algodoeiro. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 97p. (Monografia).
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. 2010.** Acompanhamento da safra Brasileira de grãos: Sexto levantamento, Março 2010 – Brasília: Conab, 45p.
- Conyers, C.M., A.D. Macnicoll & N.R. Price. 1998.** Purification and characterisation of an esterase involved in resistance to organophosphorus insecticides in the saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae). Insect Biochem. Mol. Biol. 28: 435-448.
- Cruz, I., J.M. Waquil, P.A. Viana & F.H. Valicente. 1995.** Pragas: Diagnóstico e controle. São Paulo, Potafós. 71: 9-21.
- Degrande, P.E. 1998.** Guia prático de controle das pragas do algodoeiro. Dourados: UFMS, 60p.
- Domiciano, N.L. & W.J. Santos. 1994.** Momento adequado para aplicação de inseticida no controle do curuquerê-do-algodoeiro. Pesqu. Agropecu. Bras. 29: 7-11.
- Fairbanks, M. 2001.** Defensivos agrícolas ampliam o mercado. Rev. Quí. Der. 396: 398-403.
- Ferreira, A. & F.M. Lara. 1999.** Tipos de resistência a *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) envolvidos em genótipos de algodoeiro: Antibiose. Bragantia. 58: 287-292.
- Fontes, E.M.G., F.S. Ramalho, E. Underwood, P.A.V. Barroso, M.F. Simon, E.R. Sujji, C.S.S. Pires, N. Bletrão, W.A. Lucena & E.C. Freire. 2006.** The cotton agricultural context in Brazil, p. 21-66. In A. Hilbeck, D.A Andow & E.M.G. Fontes (eds.), Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms: Methodologies for Assessing Bt cotton in Brazil. Cambridge, CABI Publishing, 373p.
- Fukuto, T.R. & N.M. Mallipudi. 1983.** Suppression of metabolic resistance through chemical structure modification, p. 557-578. In G.P. Georghiou & T. Saito (eds.), Pest Resistance to Pesticides: Challenges and Prospects. New York, Plenum Press, 797p.
- Georghiou, G.P. & C.E. Taylor. 1977.** Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. J. Econ. Entomol. 70: 319-323.
- Georghiou, G.P. 1983.** Management of resistance in arthropods, p. 769-792. In G.P. Georghiou, & T. Saito (eds.), Pest Resistance to Pesticides: Challenges and Prospects. New York, Plenum Press, 797p.
- Gravena, S. & H.F. Cunha. 1991.** Artrópodes Predadores na Cultura Algodoeira. Jaboticabal: FUNEP, 120p.

- Hemingway, J. 2000.** The molecular basis of two contrasting metabolic mechanisms of insecticide resistance. *Insect. Biochem. Mol. Biol.* 30: 1009-1015.
- Hodges, R.J. & J. Meik. 1986.** Lethal and sublethal effects of permethrin on Tanzanian strains of *Tribolium castaneum* (Herbst), *Gnatoscerus maxillosus* (F.) *Sitophilus oryzae* (L.) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Insect Sci. Appl.* 7: 533-537.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2008.** Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 04.Jan. 2008.
- Jácome, A.G, J.J. Soares, R.H. Oliveira & F.P. Cordão Sobrinho. 2001.** Efeito da remoção das folhas no desenvolvimento vegetativo e na produção do algodoeiro. *Pesqu. Agropecu. Bras.* 36: 751-755.
- Johnsen, S. J. 1984.** Larval development, consumption, and feeding behavior of the cotton leaf worm, *Alabama argillacea* (Hübner). *South. Entomol.* 9: 1-6.
- Knight, A.L & G.W. Norton. 1989.** Economics of agricultural pesticide resistance in arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 297- 313.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 1998.** Relative effectiveness of topical, filter paper and grain applications of deltamethrin, and associated behaviour of *Rhyzopertha dominica* (F.) strains. *J. Stored Prod. Res.* 34: 377-383.
- Marchini, L. C. 1976.** Avaliação de dano do curuquerê do algodão *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepdoptera-Noctuidae) em condições similares e redução de sua população através de isca tóxicas. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 72 p.
- McKenzie, J.A. 2000.** The character or the variation: the genetic analysis of the insecticide-resistance phenotype. *Bull. Entomol. Res.* 90: 3-7.
- Miranda, J.E. 2006.** Manejo de pragas do algodoeiro no Cerrado Brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão. 24p. (Circular Técnica, 98).
- Miranda, J.E. & P.C. Bettini. 2006.** Resistência ou não. *Rev. Cultivar* 84: 18-22.
- Miranda, J.E. & A.C.B. Ferreira. 2005.** Contra-ataque. *Cultivar* 72: 7-10.
- Oppenoorth, F.J. 1976.** Development of resistance to insecticides, p. 41-59. In R.L Metcalf & J.J. Mckelvey Jr. (eds.), *The Future for Insecticides: Needs and Prospects*. New York, John Wiley e Sons, 524p.
- Oppenoorth, F.J. 1985.** Biochemistry and genetics of insecticide resistance, p. 731–773. In G.A. Kerkut & L.I. Gilbert. (eds.), *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, Oxford, Pergamon Press, 8536 p.

- Quirino, E.S & J.J. Soares. 2001.** Efeito do ataque de *Alabama argillacea* no crescimento vegetativo e sua relação com a fenologia do algodoeiro. *Pesqu. Agropecu. Bras.* 36: 1005-1010.
- Ramalho, F.S. 1994.** Cotton pest management: Part 4. A Brazilian perspective. *Annu. Rev. Entomol.* 39: 563-78.
- Roush, R.T. & J.C. Daly. 1990.** The role of population genetics in resistance research and management, p. 97- 152. In R.T. Roush & B.E. Tabashnik (eds.), *Pesticide Resistance in Arthropods*. New York, Chapman & Hall, 303p.
- Roush, R.T. & J.A. McKenzie. 1987.** Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Annu. Rev. Entomol.* 32: 361-380.
- Roush, R. T. & Tabashnik, B. E. 1990.** *Pesticide Resistance in Arthropods*. New York, Chapman and Hall. 352 p.
- Santos, W.J. 1999.** Monitoramento e controle das pragas do algodoeiro, p. 133-174. In E. Cia, E.C. Freire & W.J. Santos (org.), *Cultura do Algodoeiro*. Piracicaba, POTAFOS, 286p.
- Santos, W.J. 2001.** Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro, p. 133-174. In Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.
- Scott, J.G. 1999.** Cytochromes P450 and insecticide resistance. *Insect. Biochem. Mol. Biol.*, .29: 757-77.
- Seara, H.S. 1970.** Perdas causadas pelo curuquerê (*Alabama argillacea* Huebner) e pelo ácaro do bronzeamento (*Heterotergum gossypii* Kefer) na cultura do algodão mocó. *Pesqu. Agropecu. Nordeste* 2: 5-11.
- Silva, A.L., P.C. Neto Prado & H.F. Cunha. 1980.** Avaliação da produtividade, segundo efeitos da desfolha e eliminação de estruturas frutíferas nos diferentes estágios de algodoeiro. Emgopa, Goiânia, 125p. (Relatório Técnico)
- SINDANG. 2006. Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola.** Disponível em: <<http://www.sindag.com.br/new/index.php>> Acesso 14/06/06.
- Spadotto, C. A. 2006.** Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos. *Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar, São Manuel*. Disponível em: <http://www.fmr.edu.br/npi_2.php.9p>. Acesso em: 19 Nov. 2009.
- Tabashnik, B.E. 1991.** Determining the mode of inheritance of pesticide resistance with backcross experiments. *J. Econ. Entomol.* 84: 703-712.
- TÊXTIL. 2004.** Setor volta a contratar. As melhores da Dinheiro. *Isto é Dinheiro*, n.370A, p.220-221, disponível em: www.cultivar.inf.br. Acesso em: 08 de jun. 2009.

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.

United States Department of Agriculture (USDA) 2008. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/cotton/circular/2008/January/cotton0108.pdf>. Acesso: 20.Jan.2008.

Whalon, M. E., D. Mota-Sanchez & R. M. Hollingworth. 2008. Analysis of global pesticide resistance in arthropods, p. 5–31. In M. E. Whalon (ed.), Global Pesticide Resistance in Arthropods. CABI, Wallingford, United Kingdom.

Yu, S.J. & S.N. Nguyen. 1992. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the diamondback moth. Pestic. Biochem. Physiol. 44: 74-81.

CAPÍTULO 2

RESISTÊNCIA DE POPULAÇÕES DO CURUQUERÊ DO ALGODOEIRO, *Alabama argillacea* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) A INSETICIDAS¹

TADEU B. M. SILVA,¹ HERBERT A. A. SIQUEIRA¹, ALEXANDRE C. DE OLIVEIRA, JORGE B. TORRES E
JOSÉ V. DE OLIVEIRA

¹Departamento de Agronomia - Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av.
Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil.

¹Silva, T.B.M., H.A.A. Siqueira, A.C. Oliveira, J.B. Torres & J.V. Oliveira. Resistência de populações do Curuquerê do algodoeiro, *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) a inseticidas. A ser submetido para Crop Protection.

RESUMO – Bioensaios para estimar curvas de concentração-mortalidade foram realizados, objetivando investigar a resposta de populações de *Alabama argillacea* aos inseticidas deltametrina, clorpirifós, endosulfan, abamectina e espinosade. Os resultados evidenciaram diferenças nos valores das inclinações das curvas para todos os inseticidas testados, sugerindo que a resposta a esta variável depende do produto testado e da variabilidade genética das populações. Elevadas razões de resistência foram observadas para deltametrina (até 52,3vezes). Para a maioria das populações testadas com deltametrina, os valores de CL₅₀ foram superiores a 30 mg de i.a/ml de água sendo que a dose recomendada de campo é 12,5 mg de i.a/ml de água, o que significa que a frequência dos indivíduos resistentes nestas populações já se encontra provavelmente a algum tempo em valores críticos, atingindo frequentemente o nível de dano. Os resultados observados das curvas de concentração-mortalidade sugerem que as populações avaliadas são suscetíveis aos inseticidas testados, com exceção da deltametrina, pois causaram alta mortalidade em baixas concentrações em todas as populações de *A. argillacea*. Mesmo populações de campo mostraram ser mais suscetíveis do que a população mantida em laboratório. No geral, estes resultados refletem uma variabilidade natural baixa ou incipiente das razões de resistência. Em conclusão, o uso adequado desses produtos é muito importante no contexto do manejo da resistência de pragas em algodoeiro priorizando a manutenção de genótipos suscetíveis e, portanto, minimizando problemas futuros com o surgimento de resistência a esses inseticidas.

PALAVRAS-CHAVE: Controle químico, Brasil, algodão, piretróide, manejo da resistência

RESISTANCE OF COTTON LEAFWORM, *Alabama argillacea* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) POPULATIONS TO INSECTICIDES

ABSTRACT - Bioassays for estimating concentration-mortality lines were performed in this study to investigate the response of *A. argillacea* populations to deltamethrin, chlorpyrifos, endosulfan, abamectin, and spinosad. Differences among slopes of the concentration-response curves suggest that the response depends on the product tested and the genetic variability of the populations. High resistance ratios were observed for deltamethrin (up to 52.3 times). For most populations tested with deltamethrin, the LC₅₀ values were higher than 30 mg de a.i/ml of water, while the field dosage rate is 12.5 mg de a.i/ml of water, which means that the resistance frequency in these populations was already likely in the critical value for a long time, often reaching the economic injury level. The results observed from the concentration-mortality lines suggest that the evaluated populations are still susceptible to most insecticides tested, but deltamethrin, because they caused high mortality at low concentrations in all *A. argillacea* populations. Even field populations showed to be more susceptible than that from laboratory. Overall, these results reflect a natural variability and low or incipient resistance ratios. In conclusion, the proper use of these products is important in the context of resistance pest management to insecticides in cotton crops, keeping susceptibility and hence, minimizing a future problem with the resistance evolution to these insecticides.

KEY WORDS: Chemical control, Brazil, cotton, pyrethroid, resistance management

Introdução

O algodoeiro *Gossypium hirsutum* (Linnaeus) raça *latifolium* Hutch é responsável por empregar mais de 1,5 milhão de pessoas no Brasil, sendo uma das maiores empregadoras industriais do país, apesar da forte modernização tecnológica que vem se observando desde a abertura da economia, no início da década de 1990 (ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO 2004). Esta importante cultura sofre ataques constantes de diferentes pragas, que se constituem em um dos fatores limitantes à sua exploração, caso não sejam adotadas medidas eficientes de controle. Dentre essas pragas, destaca-se o curuquerê do algodoeiro, *Alabama argillacea* (Hübner), considerada a segunda praga mais danosa à lavoura algodoeira, ficando atrás somente do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Boheman), cujas infestações podem causar reduções significativas à produção (Soares *et al.* 1997, Oliveira *et al.* 2002, Miranda & Lucena 2003). O ataque dessa praga se dá no limbo foliar do algodoeiro, podendo também atacar as nervuras maiores e pecíolos, ocasionando geralmente, redução da produção (Santos 2001). O desfolhamento começa a partir das folhas apicais, evoluindo em direção descendente nas plantas, podendo comprometer por completo a produção (Bellettini *et al.* 2007).

Embora o controle desta praga possa ser feito, em parte, por inimigos naturais (percevejos, aranhas, vespas e outros), as aplicações de inseticidas como *Bacillus thuringiensis*, diflubenzuron, endosulfan, deltametrina, clorpirifós, dentre outros, são ainda imprescindíveis (Carvalho 2007). O mercado já dispõe de produtos que controlam eficientemente *A. argillacea* (Nunes *et al.* 1999), porém, a custos elevados, levando os produtores a usarem produtos mais tradicionais e mais baratos. Silva *et al.* (1997) conseguiram controlar a praga utilizando espinosade em diversas doses, sendo que todas elas foram eficientes sob ponto de vista agrônomo. De acordo com Martinelli & Omoto (2006), no Brasil, o controle de insetos na cultura do algodão é responsável pelo consumo anual de 10 toneladas de inseticidas. Há situações

em que ao longo de um ciclo da cultura são realizadas de 12 a 16 aplicações de inseticidas (Miranda & Ferreira 2005). Porém a alta intensidade de uso de inseticidas pode acarretar algumas consequências, incluindo a evolução da resistência de pragas aos produtos comumente empregados (Denholm & Rowland 1992). A evolução da resistência a inseticidas e suas consequências comprometem os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) devido à maior contaminação ambiental com inseticidas, destruição de inimigos naturais e elevação nos custos de controle da praga. Desta forma, o manejo da resistência de pragas a produtos químicos se constitui num importante componente do MIP, complementando outras medidas de manejo (Croft 1990).

Segundo Miranda & Oliveira (2006), a safra agrícola 2004/2005 foi marcada por surtos populacionais de *A. argillacea*, com desfolhas intensas nas lavouras em diferentes regiões produtoras de algodão do estado de Goiás. Alguns produtores têm levantado suspeitas de resistência de populações de *A. argillacea* a vários princípios ativos de inseticidas, utilizados comumente para o controle desta espécie-praga (Miranda & Oliveira 2006), particularmente aqueles à base de piretróides. Existem estudos relatando a resistência de alguns Lepidópteros da família Noctuidae a inseticidas, principalmente do grupo dos piretróides, como por exemplo, a descrição de resistência de *Heliothis virescens* (Fabricius) (Payne *et al.* 1988) a permetrina e cipermetrina (Elzen *et al.* 1994) e de *Helicoverpa armigera* (Hübner) a fenvalerate (Daly & Fisk 1992, 1993, Tan & McCaffery 1999).

Resultados recentes demonstraram que inseticidas reguladores de crescimento (lufenuron, novaluron, triflumuron, diflubenzuron e clorfluazuron) e espinosade acarretaram mortalidade superior a 80% em lagartas de terceiro ínstar de *A. argillacea* (Miranda & Bettini 2006). Ainda de acordo com estes autores, problemas de tecnologia de aplicação de inseticidas têm sido um dos fatores que mais tem contribuído para eventuais falhas no controle do curuquerê do

algodoeiro. Entretanto, a evolução da resistência a alguns grupos de inseticida também é um fator importante que pode explicar as falhas de controle observadas em campo, particularmente decorrente do uso de inseticidas do grupo dos piretróides. Desta forma, a investigação e documentação da resistência são etapas necessárias e requerem a comparação dos dados de mortalidade de populações coletadas a campo (Martinelli & Omoto 2006). Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de populações de *A. argillacea* a diferentes classes de inseticidas para testar a hipótese de que populações têm adquirido resistência a pelo menos um inseticida de uma das classes testadas.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Interações Insetos - Tóxicos (LIIT) da Área de Fitossanidade do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-PE, no período de Janeiro de 2009 a Dezembro de 2009.

Obtenção, Manutenção e Criação dos Insetos. As populações de *A. argillacea* utilizadas nos bioensaios foram oriundas de diversas regiões produtoras de algodão do Brasil (Fig. 1) e enviadas para o LIIT durante a safra 2008/2009, com exceção das populações provenientes de Paulínia, Itaporanga e Santa Helena de Goiás I que já se encontravam no laboratório desde 2006, 2007 e 2008, respectivamente. Posteriormente à chegada das populações, tanto as lagartas quanto os adultos de *A. argillacea* foram confinados em gaiolas de PVC, com diâmetro interno de 14 cm x 21 cm de altura, mantidas à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa (U.R) de $70 \pm 5\%$ e fotofase de 12 h, seguindo a metodologia descrita por Santos *et al.* (2008).

Após o estabelecimento das populações, 15 a 20 lagartas de terceiro ínstar foram acondicionadas em cada gaiola e alimentadas com folhas da variedade de algodoeiro CNPA 8H. As folhas tiveram seus pecíolos imersos em água contida em erlenmeyers de 200 ml de

capacidade e foram substituídas diariamente. O interior das gaiolas dos adultos foi revestido com papel do tipo formulário contínuo e a parte superior da gaiola, por tecido organza, sendo que tanto o papel quanto a organza serviram de substrato para oviposição, sendo transferidos diariamente, para gaiolas novas, onde permaneceram até eclosão das lagartas. As pupas foram transferidas para placas de Petri, permanecendo até a emergência dos adultos. Para a manutenção da alimentação dos adultos, utilizou-se solução açucarada à base de mel diluído em água destilada (~10%). Tampas plásticas de garrafas PET, contendo em seu interior algodão embebido na solução, foram usadas para a alimentação dos adultos.

Ensaio de Suscetibilidade de *A. argillacea* aos Inseticidas. Na realização dos ensaios para estimar as curvas de concentração-mortalidade utilizou-se os inseticidas formulados Keshet 25 CE (deltametrina), Klorpan 480 CE (clorpirifós), Dissulfan 350 CE (endosulfan), Kraft 36 CE (abamectina) e Tracer 480 SC (espinosade) para as diferentes populações de *A. argillacea*, sendo todos obtidos em mercado local.

Todos os bioensaios foram conduzidos de acordo com a metodologia de imersão de folhas onde as concentrações (em mg de i.a/ml de água) definidas para o bioensaio foram preparadas a partir da diluição do produto comercial em água destilada mais espalhante adesivo Triton-X-100 (Anônimo 1990). As concentrações (sete a oito) foram determinadas previamente através de testes preliminares, onde se buscou uma resposta de mortalidade entre 0 e 100%. Para a realização dos bioensaios, as folhas de algodoeiro foram higienizadas em solução à base de hipoclorito de sódio a 5%. Após a higienização das folhas em água corrente, elas foram cortadas com auxílio de um tubo cilíndrico metálico com diâmetro de 7 cm e imersas horizontalmente por um minuto em solução contida no interior de um Becker. Cada Becker continha uma concentração de um dado inseticida. Utilizou-se água destilada acrescida de Triton-X-100 (espalhante adesivo) como tratamento controle. Para a retirada do excesso de calda, os discos

foliares foram mantidos sobre papel toalha à temperatura ambiente até secagem completa e, em seguida, transferidos para placas de Petri de 80 x 15 mm, contendo papéis-filtro pulverizados previamente com água destilada. Cada placa de Petri contendo disco foliar tratado recebeu 10 lagartas de *A. argillacea* de 2º instar. Após a transferência das lagartas, as placas de Petri foram devidamente fechadas e mantidas em câmara climatizada (BOD), regulada para temperatura média de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, U.R. de $70 \pm 5\%$ e fotofase de 12 h. A avaliação da mortalidade larval e do número total de insetos foi realizada 48 horas após a imposição dos tratamentos. O critério de mortalidade foi baseado na locomoção das lagartas, isto é, a ausência de resposta a estímulos de toque com um pincel de ponta fina foi considerada como evidência de mortalidade.

Análises Estatísticas. Os bioensaios que apresentaram mortalidades das parcelas testemunhas superior a 10% foram descartados e aqueles em que se conseguiu ajuste do modelo de probit foram repetidos pelo menos mais uma vez. Os dados de mortalidade obtidos dos bioensaios de concentração-mortalidade após correção (Abbott 1925) foram submetidos à análise de probit a $p > 0,05$ (Finney 1971) através do programa estatístico PoloPlus (LeOra Software 2005). As respostas das populações de *A. argillacea* testadas nos bioensaios de concentração-mortalidade foram utilizadas para obtenção das inclinações das curvas e estimativas das CL_{50} s e CL_{95} s para os cinco inseticidas testados. As razões de resistência foram calculadas pelo teste de razão letal e consideradas significativas quando o intervalo de confiança (IC) a 95% não incluiu o valor um, conforme proposto por Robertson & Preisler (1992). Para cada inseticida, a população que apresentou a menor CL_{50} foi utilizada como padrão de suscetibilidade em relação às demais.

Resultados

Os resultados de concentração-mortalidade obtidos no presente estudo se ajustaram ao modelo de probit (χ^2 não significativo, $p > 0,05$). A população de Itaporanga apresentou a menor

CL₅₀ para deltametrina, clorpirifós e abamectina, enquanto que as populações de Paulínia e Rondonópolis foram as que apresentaram a menor CL₅₀ para os inseticidas endosulfan e espinosade, respectivamente (Tabelas 1 a 5). Desta forma, estas populações foram tomadas como referências de suscetibilidade aos respectivos inseticidas.

As inclinações das curvas de concentração-mortalidade para o inseticida deltametrina variaram de 1,73 a 4,18 para Itaporanga e Luís Eduardo Magalhães, respectivamente (Tabela 1). As inclinações das curvas de concentração-mortalidade para o inseticida clorpirifós variaram de 2,71 a 6,59 para Rondonópolis e Surubim, respectivamente (Tabela 2). As inclinações das curvas de concentração-mortalidade para o inseticida endosulfan variaram de 2,17 a 7,63 para Juripiranga e Luís Eduardo Magalhães, respectivamente (Tabela 3). As inclinações das curvas de concentração-mortalidade para o inseticida abamectina variaram de 2,68 a 5,25 para Rondonópolis e Juripiranga, respectivamente (Tabela 4). As inclinações das curvas de concentração-mortalidade para o inseticida espinosade variaram de 1,78 a 4,52 para Patos e Juripiranga, respectivamente (Tabela 5).

A concentração estimada de deltametrina (59,6 mg de i.a/ml de água) e clorpirifós (17,0 mg de i.a/ml de água) que ocasionaram 50% de mortalidade à população de Luís Eduardo Magalhães foram 52,3 e 8,4 vezes maiores que as concentrações que ocasionaram a mesma mortalidade à população de Itaporanga para esses dois inseticidas, respectivamente (Tabela 1 e 2).

Sete populações de *A. argillacea* apresentaram razões de resistência significativa a deltametrina, uma vez que o intervalo de confiança a 95% de probabilidade não incluiu o valor 1,0, sendo que destas, apenas a população de Santa Helena de Goiás I apresentou uma resistência baixa (5,7 vezes), quando comparada com a população suscetível (Tabela 1). As demais populações apresentaram graus de resistência moderados a altos com valores acima de 30 vezes (Tabela 1).

As inclinações das curvas de concentração-mortalidade para o inseticida clorpirifós mostraram uma variação de 2,71 a 6,59, sendo o menor valor observado para a população de Rondonópolis e o maior valor para a população de Surubim. As CL₅₀s para este inseticida variaram de 2,0 a 17,0 mg de i.a/ml de água. Todas as populações testadas para clorpirifós apresentaram razão de resistência significativa, variando de 3,4 a 8,4 vezes, quando comparada com a população referência de suscetibilidade (Tabela 2).

As inclinações das curvas de concentração-mortalidade para o inseticida endosulfan variaram de 2,17 a 7,63, com os menores e maiores valores para as populações de Juripiranga e Luís Eduardo Magalhães, respectivamente. Os valores das CL₅₀s para este inseticida variaram de 2,2 (Paulínia) a 25,3 mg de i.a/ml de água (Rondonópolis). A população de Rondonópolis foi a que apresentou a maior razão de resistência para endosulfan (11,1 vezes) comparada com a população suscetível. A razão de resistência foi significativa para todas as populações testadas com esse inseticida uma vez que não incluiu o valor 1,0 em seus intervalos de confiança a 95% de probabilidade (Tabela 3).

Para o inseticida abamectina, as inclinações das curvas de concentração-mortalidade variaram de 2,68 a 5,25 para as populações de Rondonópolis e Juripiranga, respectivamente. As CL₅₀s para abamectina variaram de 0,003 a 0,014 mg de i.a/ml de água onde o menor valor foi observado para a população de Itaporanga e o maior valor para a população de Juripiranga. Com exceção de Paulínia, todas as populações apresentaram razões de resistência significativas a abamectina, variando de 2,2 a 4,2 vezes para a população de Rondonópolis e Juripiranga, respectivamente (Tabela 4).

Valores entre 1,78 a 4,52 de inclinações de curvas de concentração-mortalidade para o inseticida espinosade foram estimados para as populações de *A. argillacea* testadas, sendo estes limites para as populações de Patos e Juripiranga, respectivamente. A população de

Rondonópolis foi a referência de suscetibilidade para o inseticida espinosade com CL_{50} de 0,0006 mg de i.a/ml de água enquanto que a população de Patos apresentou a maior CL_{50} (0,0150 mg de i.a/ml de água). As razões de resistência variaram de 3,9 a 23,5 vezes, sendo que todas estas foram consideradas significativas por não compreender o valor 1,0 em seus intervalos de confiança (Tabela 5).

Discussão

A resistência a inseticidas tem sido historicamente um fator limitante para o efetivo controle químico de pragas do algodão em todo o mundo (Martinelli & Omoto 2006). Esses autores relataram ainda que muitos dos inseticidas organoclorados, organofosforados e carbamatos tornaram-se relativamente ineficazes por causa das populações de pragas resistentes a inseticidas. A mesma tendência está evidente em relação a classe dos inseticidas piretróides, sendo especialmente detectada em insetos da ordem Lepidoptera, particularmente Noctuídeos (Sawicki & Denholm 1987).

Não há registros no mundo de casos de resistência para nenhum dos inseticidas avaliados neste estudo com *A.argillacea*. Portanto, estes são os primeiros relatos pelo menos para inseticidas do grupo dos piretróides. No entanto, aumentos na sobrevivência de indivíduos em populações de *A. argillacea* para alguns inseticidas do grupo dos organofosforados e piretróides, configurando falhas de controle, têm sido relatados no Brasil (Santos 1999, Miranda & Oliveira 2006). Registros anteriores indicam que *A. argillacea* tem demonstrado sua capacidade evolutiva quanto à aquisição de resistência a inseticidas ao longo de gerações: a resistência desta espécie aos inseticidas organoclorados, há muito sem uso agrícola e de uso restrito apenas no controle de algumas pragas vetoras de doenças humanas, em populações oriundas da Colômbia, Venezuela e

dos Estados da Louisiana e Texas (E.U.A) já foi constatada, sendo o último levantamento realizado em 1974 (www.pesticideresistance.org).

Neste estudo, diferenças significativas nas razões de resistência foram encontradas entre as populações de *A. argillacea* para os diferentes inseticidas. A variabilidade entre as populações foi de 52,3; 8,4; 11,1; 4,2 e 23,5 vezes em termos de razão de resistência para a deltametrina, o clorpirifós, o endosulfan, a abamectina e o espinosade, respectivamente (Tabela 1 a 5). Desta forma observa-se que as populações de *A. argillacea* responderam de forma mais heterogênea à deltametrina quando comparada aos demais inseticidas (Tabela 1). A variabilidade entre indivíduos de uma mesma população é indicada pela inclinação da curva de concentração-mortalidade (Kerns & Gaylor 1992). Curvas com menor inclinação indicam maior variabilidade genética, sugerindo a presença de mais de um genótipo na população, denotando uma maior heterogeneidade de resposta aos inseticidas (Siqueira *et al.* 2000). Isto mostra que potencialmente tem havido pressões de seleção diferencial (diferente grau de uso dos produtos) e/ou diversidade genética intra e interpopulacional que pode explicar a variabilidade observada nestes resultados.

Dentre os inseticidas avaliados, as populações apresentaram em geral razões de resistência elevadas para a deltametrina, com exceção da população de Paulínia, que não diferiu da referência de suscetibilidade, proveniente de Itaporanga. O fato de a população vir sendo mantida por muitas gerações em laboratório pode explicar seu alto grau de suscetibilidade à deltametrina configurando-se como uma referência de suscetibilidade, tendência observada para outros inseticidas. Para as demais populações, elevadas razões de resistência à deltametrina (até 52,3 vezes) foram obtidas, sugerindo que as falhas de controle por deltametrina em algumas áreas estão potencialmente associadas com o uso frequente deste e de outros piretróides. Para a maioria das populações, os valores de CL_{50} foram superiores à dose recomendada a campo, que é 12,5 mg i.a/ml de água, ultrapassando a mesma em pelo menos 4 vezes. A dose recomendada de qualquer

inseticida deve ser capaz de eliminar em torno de 95% da população de uma praga independentemente da sua densidade populacional (Knipling 1979), o que significa que o número de indivíduos resistentes nestas populações já se manifestava em níveis críticos, fazendo com que o nível de dano econômico fosse atingido com mais frequência. A perda de eficácia da deltametrina em controlar lepidópteros tem sido observada em diversos locais do país (Castelo Branco *et al.* 2003) e do mundo (Payne *et al.* 1988, Yu 1993, Tan & McCaffery 1999, Elzen *et al.* 1994, Osman *et al.* 1992, Daly & Fisk 1992, 1993). Yu (1992) encontrou razões de resistência em populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) ao piretróide fluvalinato da ordem de 263 vezes.

A resistência a piretróides apresenta um aspecto importante que é a sua estabilidade (Georghiou 1983). Desta forma, para que se consiga um manejo eficiente da resistência a deltametrina e demais piretróides em áreas produtoras de algodão, é necessário, antes de tudo, a alternância ou ação conjunta com inseticidas registrados recentemente no mercado e com modos de ação diferente (que apresentem resistência cruzada negativa) dos que estão ocasionando o problema, a fim de que a frequência daqueles genes que estão conferindo resistência ao referido produto seja reduzida (Giannotti *et al.* 1972, Blair 1986, Forrester *et al.* 1993). De acordo com Plapp *et al.* (1987), a estratégia dos Estados Unidos em restringir o uso de piretróides direcionado ao controle de *H. virescens*, a uma aplicação por ano direcionada ao período mais vulnerável do ciclo de cultivo do algodoeiro, beneficiando-se das excelentes propriedades inseticidas desses produtos, mostrou-se bastante eficiente no manejo da resistência à esta praga.

Todas as populações avaliadas apresentaram graus de resistência significativos a clorpirifós sendo o máximo de 8,5 vezes (Tabela 2). Esses valores são relativamente baixos e semelhantes entre si, podendo-se atribuir esses resultados a uma variabilidade natural das populações. Apesar das razões de resistência observadas para as populações testadas com o clorpirifós, é importante

ressaltar que este produto pode apresentar bons resultados quando aplicados corretamente, pois a dose de campo para este inseticida é de 336 mg de i.a/ml de água.

O endosulfan tem sido um inseticida com grande uso para o controle de populações de pragas de algodão no Brasil (Santos 2002), não excluindo *A. argillacea*, particularmente devido a sua grande toxicidade e amplo espectro de ação. Apesar disso, as razões de resistência para as populações avaliadas são consideradas baixas (até 11,1 vezes), o que pode estar associado às características bioecológicas desta espécie, particularmente à migração entre regiões produtoras, favorecendo os indivíduos suscetíveis que possivelmente apresentam um potencial adaptativo superior aos resistentes. A resistência o endosulfan em outros noctuídeos tem sido observada, a exemplo de *Heliothis armigera* (Hübner), (Daly 1992). Apesar da associação geral entre o uso de ciclodienos e a presença de resistência, a frequência de resistência o endosulfan não tem sido observada em níveis elevados contrastando com o que ocorre em relação a resistência associada a piretróides (Daly 1993, Forrester *et al.* 1993). Em 1991, a frequência de indivíduos resistentes oscilou entre 10% a 30% em populações amostradas na área de Novo Gales do Sul, Austrália, apesar de mais de 50% das aplicações de pesticidas para controle de *H. armigera* na cultura de algodão terem sido realizadas com endosulfan (Daly 1993, Forrester *et al.* 1993). Em contraste, a frequência de resistência a piretróides subiu de 15% em 1983 para até 90% em 1995, apesar da utilização de piretróides representar menos de 20% das aplicações de inseticidas na cultura do algodoeiro (Forrester *et al.* 1993, Gunning & Easton 1994). Bellettini *et al.* (2009) conseguiram uma eficiência de 92% no controle de *A. argillacea* após quinze dias da aplicação com endosulfan, o que demonstra a continuidade da suscetibilidade das populações a esta molécula.

No presente estudo, a máxima razão de resistência apresentada por *A. argillacea* a abamectina foi de 4,3 vezes, considerada baixa, e sugerindo que estes dados estão associados à variabilidade natural das populações. Igualmente ao que foi observado para clorpirifós,

abamectina se apresenta como uma boa alternativa no controle de *A. argillacea* desde que observadas as recomendações do fabricante, uma vez que sua dose de campo é de 72 mg de i.a/ml de água.

Já existem relatos de resistência de alguns insetos ao espinosade, a exemplo de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Zhang *et al.* 2008), *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Sayyed & Wright 2006) e *Musca domestica* (Linnaeus) (Shono & Scott 2003). Lagartas de *P. xylostella* coletadas no Havaí, quando expostas, durante uma única geração, ao espinosade apresentaram uma resistência de 13.100 vezes em relação à população suscetível (Zhao *et al.* 2002). Contudo, das quatorze populações que Zhao *et al.*(2002) coletaram apenas duas apresentaram resistência significativa sendo que as demais apresentaram razão de toxicidade variando de 0,9 a 11,2, algo que o autor denominou de variação geográfica. Esta variação geográfica também pode ser atribuída à máxima razão de resistência encontrada no presente trabalho (23,5 vezes) uma vez que a capacidade de migração de *A. argillacea* é alta (e conseqüentemente a capacidade de diluição da resistência) e a pressão de seleção por parte do espinosade é baixa, em razão de sua recente introdução no mercado e do elevado custo deste produto. Desta forma, este inseticida pode se apresentar ainda, como boa alternativa de controle para *A. argillacea* e uso em programa de manejo de resistência a outros inseticidas. Silva *et al.* (1997) conseguiram controlar *A. argillacea* utilizando espinosade em diversas doses, sendo que todas elas foram eficientes sob o ponto de vista agrônômico.

Em geral, os resultados demonstraram que as populações avaliadas são suscetíveis aos inseticidas clorpirifós, endosulfan, abamectina e espinosade, pois estes causaram alta mortalidade em baixas concentrações para todas as populações de *A. argillacea* testadas, podendo ser recomendados para uso no manejo dessa praga nas regiões de origem das populações, visto que a existência de resistência a esses produtos foi incipiente, baixa ou praticamente inexistente.

Entretanto, o uso adequado desses produtos é de fundamental importância no contexto do manejo da resistência de pragas na cultura do algodão, objetivando, desta forma, a manutenção de genótipos suscetíveis para que se minimizem problemas futuros de surgimento de resistência a esses inseticidas.

As estratégias de manejo da resistência podem auxiliar na prevenção ou ainda retardar sua evolução (Metcalf 1980, Denholm *et al.* 1998). Este fato pode ser relatado por experiências anteriores tais como aquela relatada por Sawicki & Denholm (1987), que descreveram que a implementação de estratégias de manejo de resistência a inseticidas do grupo dos piretróides em pragas tais como *H. armigera* e *Tetranychus urticae* (Koch) que infestaram o algodoeiro na Austrália e Oeste americano, foi exitosa. De forma semelhante ao modelo australiano, os Estados Unidos implantaram um programa de manejo da resistência a piretróides para controlar *H. virescens* (Luttrell *et al.* 1987), obtendo resultados também positivos. Desta forma, práticas como a manutenção ou até mesmo incremento do controle biológico natural na área, monitoramento de alterações na suscetibilidade dos insetos alvos, bem como criação de áreas de refúgio visando retardar a frequência surgimento de genes resistentes, pulverizações direcionadas às fases mais vulneráveis da praga, bem como em reboleiras a fim de reduzir a pressão de seleção e eliminação de restos culturais objetivando quebrar o ciclo da praga devem contribuir para a mitigação da evolução da resistência (Campanhola 1990, Martinelli & Omoto 2006). Além de todos os aspectos abordados é importante garantir a adoção destas medidas por parte dos produtores. Em conclusão, falhas de controle de *A. argillacea* por alguns inseticidas em algumas áreas não são unicamente explicadas por fatores operacionais tais como a aplicação inadequada de produtos. O presente trabalho demonstra que a hipótese de evolução de resistência a inseticidas em populações brasileiras de *A. argillacea* também é um fator adicional, pelo menos para a classe dos piretróides.

Agradecimentos

À Universidade Federal Rural de Pernambuco que possibilitou a realização desta pesquisa e CAPES pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor.

Literatura Citada

- Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265 – 267.
- Anônimo. 1990.** Proposed insecticide/acaricide susceptibility tests, IRAC method No. 7. Bull. Eur. Pl. Prot. Org. 20: 399 - 400.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO. 2004.** Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz. 144p.
- Bellettini, S., N.M.T. Bellettini, G.C. Piubelli, L. Pauli, F.E. Nonomura, F.C.B. de Sá. 2007.** Diferentes inseticidas no controle do curuquerê *Alabama argillacea* (Hueb. 1818) no algodoeiro In VI Congresso Brasileiro do Algodão. Uberlândia. 1-4p.
- Bellettini, S., N.M.T. Bellettini, I.H. Tamiozo, T.G.S. Guilherme, D.M.C. Correia. 2009.** Inseticidas no controle do curuquerê *Alabama argillacea* (Hueb. 1818) no algodoeiro. In VII Congresso Brasileiro do Algodão. Uberlândia. 406-409p.
- Blair, B.W. 1986.** Strategies to minimize resistance in arthropod pests to acaricides and synthetic pyrethroid insecticides in Zimbabwe, p. 222–227. In IVe Congrès sur la Protection de la Santé Humaine et des Cultures en Milieu Tropical. Chambre de Commerce et d'Industrie, Marseilles, France. 627p.
- Campanhola, C. 1990.** Resistência de insetos a inseticidas: importância, características e manejo. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 45p. (Documento, 11).
- Carvalho, J.D.V. 2007.** Cultivo do Algodão. Brasília. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília. Brasília, CDT/UnB. 29p. (Dossiê Técnico).
- Castelo Branco, M., F.H. França, L.A. Pontes & P.S.T. Amaral. 2003.** Avaliação da suscetibilidade a inseticidas em populações de traça-das-crucíferas de algumas áreas do Brasil. Hortic. Bras. 21: 549-552.
- Croft, B.A. 1990.** Management of pesticide resistance in arthropod pests, p. 149-168. In M.B. Green, W.K. Moberg & H.M. Lebaron (eds.), Managing Resistance to Agrochemicals: Fundamental and Practical Approaches to Combating Resistance. Washington, J. Amer. Chem. Soc., 498p.

- Daly, J.C. 1992.** Endosulfan resistance in *Helicoverpa armigera*, p. 353-358. In Proceedings of 6th Australian Cotton Growers Research Association Cotton Conference, Broadbeach, Queensland, Australia, 465p..
- Daly, J.C. 1993.** Ecology and genetics of insecticide resistance in *Helicoverpa armigera*: interactions between selection and gene flow. *Genética* 90: 217-226.
- Daly, J.C. & J.H. Fisk. 1992.** Inheritance of metabolic resistance to the synthetic pyrethroids in Australian *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. Entomol. Res.* 82: 5-12.
- Daly, J.C. & J.H. Fisk. 1993.** Expression of pyrethroid resistance in adult *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and selective mortality in field populations. *Bull. Entomol. Res.* 83: 23-28.
- Denholm, I. & Rowland, M. W. 1992.** Tactics for managing pesticide resistance in arthropods: theory and practice. *Annu. Rev. Entomol.* 37: 91-112.
- Denholm, I., L. C. Birnie, P. J. Kennedy, K. E. Shaw, J. N. Perry & W. Powell. 1998.** The complementary roles of laboratory and field testing in ecotoxicological risk assessment. Farnham, UK: British Crop. Prot. 2: 583-590.
- Elzen, G.W., S.H. Martin, B.R. Leonard & J.B. Graves. 1994.** Inheritance, stability, and reversion of insecticide resistance in tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) field populations. *J. Econ. Entomol.* 87: 551-558.
- Finney, D.J. 1971.** Probit Analysis. London: Cambridge University, 333p.
- Forrester, N.W., M. Cahill, L.J. Bird & J.K. Layland. 1993.** Management of pyrethroid and endosulfan resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. *Bull. Ent. Res. Supplement.* 1: 1-132.
- Georghiou, G.P. 1983.** Management of resistance in Arthropods, p. 769-792. In G.P. Georghiou, & T. Saito (eds.), *Pest Resistance to Pesticides: Challenges and Prospects*. New York, Plenum Press, 797p.
- Giannotti, O., A. Orlando, D. Puzzi, D.R. Cavalcante, E.J.R. Mello. 1972.** Noções básicas sobre praguicidas: generalidades e recomendações de uso na agricultura do Estado de São Paulo. *O Biológico.* São Paulo. 38: 223-339.
- Gunning, R.V & C.S. Easton. 1994.** Endosulfan resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. *J. Aust. Entomol. Soc.* 33, 9-12.
- Kerns, D.L. & M.J. Gaylor. 1992.** Insecticide resistance in field populations of the cotton aphid (Homoptera, Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 85: 1-8.
- Knipling, E.F. 1979.** The basic principles of insect population suppression and management. *Agri. Handbook n. 512.* USDA. Washington, D.C., 659p.

- LeOra Software. 2005.** PoloPlus, POLO for Windows, LeOra Software, Petaluma, CA. Disponível em: (www.LeOraSoftware.com).
- Luttrell, R.G., R.T. Roush, A. Ali, J.S. Mink, M.R. Reid & G.L. Snodgrass. 1987.** Pyrethroid resistance in field populations of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Mississippi in 1986. J. Econ. Entomol. 76: 983-986.
- Martinelli, S & C. Omoto. 2006.** Resistência de lepidóteros-praga a inseticidas na cultura do algodão no Brasil. Rev. Bras. Ol. Fibras. 10: 1167-1182.
- Metcalf, R.L. 1980.** Changing role of insecticides in crop protection. Annu. Rev. Entomol, 25: 219-256.
- Miranda, J.E. & P.C. Bettini. 2006.** Resistência ou não. Cultivar. 84: 18-22.
- Miranda, J.E. & A.C.B. Ferreira. 2005.** Contra-ataque. Cad. Téc. Cultivar. 72: 7-10.
- Miranda, J.E & W. A. Lucena. 2003.** Apetite voraz: o curuquerê. Cultivar. 50: 24-25.
- Miranda, J.E & J.E.M. Oliveira. 2006.** Avaliação da suscetibilidade de populações de curuquerê de áreas de Goiás a inseticidas. Campina Grande, Embrapa Algodão, 8p. (Comunicado Técnico 267).
- Nunes, J.C.S., A.L. Silva, S.P. Santos & S.V. Santos. 1999.** Ensaio de campo visando ao controle químico do curuquerê (*Alabama argillacea*) do algodoeiro. Pesqu. Agropecu. Trop. 29: 53-55.
- Oliveira, J.E.M., J.B. Torres, A.F. Carraro-Moreira & F.S. Ramalho. 2002.** Biologia de *Podisus nigrispinus* predando lagartas de *Alabama argillacea* em campo. Pesqu. Agropecu. Bras. 37: 7-14.
- Osman, A.A., T.F. Watson & S. Sivasupramaniam. 1992.** Inheritance of permethrin resistance in the pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae). J. Econ. Entomol. 85: 335-339.
- Payne, G.T., R.G. Blenk & T.M. Brown. 1988.** Inheritance of permethrin resistance in the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 81: 65-73.
- Plapp, F.W.Jr., G.M. McWhorter & W.H. Vance. 1987.** Monitoring for pyrethroid resistance in the tobacco budworm in Texas-1986. In Proceedings 1987 beltwide Cotton Production Conferences, Dallas, Tex. 324-326.
- Robertson, J.L., & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide Bioassays with Arthropods. 1st ed. CRC, Press, Boca Raton, FL, 127 p.
- Santos, W.J. 1999.** Monitoramento e controle das pragas do algodoeiro, p.134-179. In E. Cia, E.C. Freire & W.J. Santos (eds.). Cultura do algodoeiro. Potafós, Piracicaba, 286p.

- Santos, W.J. 2001.** Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro, p. 181-226. In Algodão: Tecnologia de Produção. Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, 296 p.
- Santos, W.J. 2002.** Pragas atacam o algodão. Cultivar, 38 p.
- Santos, R.B., J.B. Torres, C.S. Bastos. 2008.** Desenvolvimento e crescimento populacional de *Alabama argillacea* em algodão de fibra branca e colorida. Pesq. Agropecu. Bras. 43 : 457-463.
- Sayed, A.H. & D.J. Wright. 2006.** Genetics and evidence for an esterase associated mechanism of resistance to indoxacarb in a field population of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). Pestic. Manage. Sci. 62: 1045-1051.
- Sawicki, R.M. & I. Denholm. 1987.** Management of resistance to pesticides in cotton pests. Trop. Pest. Manage. 33: 262–272.
- Shono T. & J.F. Scott. 2003.** Spinosad resistance in the housefly *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) is due to a recessive factor on autosome 1. Pestic. Biochem. Physiol. 75: 1-7.
- Silva, R.B., F.J. Almeida & G. Papa. 1997.** Efeito de novo inseticida no controle do curuquerê *Alabama argillacea* na cultura do algodão. In XVI Congresso Brasileiro de Entomologia, Salvador, 187 p.
- Siqueira, H.A.A., R.N.C. Guedes, M.C. Picanço. 2000.** Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepdoptera: Gelechiidae). Agric. Forest Entomol. 2: 147-153.
- Soares, J.J., A.G. Jácome, J.G. de Sousa, R. H. de Oliveira & D. S. Wanderley. 1997.** Influência do desfolhamento simulado pelo ataque do curuquerê no desenvolvimento vegetativo e no rendimento do algodoeiro. Campina Grande, Embrapa-CNPq, 6p. (Comunicado Técnico, 61).
- Tan, J.G. & A.R. McCaffery. 1999.** Expression and inheritance of nerve insensitivity resistance in larvae of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) from China. Pestic. Sci. 55: 617-625.
- Yu, S.J. 1992.** Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. J. Econ. Entomol. 85: 675-682.
- Yu, S.J. 1993.** Inheritance of insecticide resistance and microsomal oxidases in the diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). J. Econ. Entomol. 86: 680-683.
- Zhao, J.-Z., Y.X. Li, H.L. Collins, L. Gusukuma-Minuto, R.F.L. Mau, G.D. Thompson & A.M. Shelton. 2002.** Monitoring and characterization of diamondback moth resistance to spinosad. J. Econ. Entomol. 95: 430-436.

Zhang, S.Y., S. Kono, T. Murai & T. Miyata. 2008. Mechanisms of resistance to spinosad in the western flower thrip, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Insect Sci.* 15: 125-132.

Tabela 1. Toxicidade relativa de deltametrina a lagartas de *A. argillacea*. Temp.: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; U.R.: $70 \pm 5\%$ e fotofase de 12 h.

População	n ^a	GL ^b	Inclinação \pm IC ^c	CL ₅₀ (IC 95%) ^d	CL ₉₅ (IC 95%) ^d	χ^2 ^e	RR (IC 95%) ^f
Itaporanga - PB	381	5	1,73 \pm 0,15	1,1 (0,9 – 1,3)	10,1 (7,1 – 16,4)	2,8	----
Paulínia - SP	409	5	2,51 \pm 0,21	1,3 (1,1 – 1,5)	5,9 (4,5 – 8,5)	0,9	1,1 (0,8 - 1,5)
Sta Helena de Goiás I - GO	429	6	2,18 \pm 0,26	6,5 (5,1- 7,9)	37,3 (28,3 – 56,9)	5,3	5,7 (4,2 – 7,7)*
Patos – PB	398	6	3,41 \pm 0,36	35,6 (29,3 - 41,0)	108,2 (89,6 – 145,9)	6,0	31,3 (24,5 – 40,0)*
Surubim - PE	517	6	3,44 \pm 0,32	39,2 (34,8 - 43,1)	117,7 (101,6 – 144,4)	2,5	34,5 (27,4 – 43,5)*
Juripiranga - PB	677	7	2,98 \pm 0,25	44,3 (38,7 - 49,5)	157,5 (129,6 – 208,7)	7,0	39,1 (31,1 – 49,2)*
Rondonópolis - MT	458	6	3,56 \pm 0,32	52,6 (46,0 - 59,1)	152,3 (122,5 – 215,8)	7,6	46,2 (36,9 – 57,8)*
Sta Helena de Goiás II - GO	410	6	3,16 \pm 0,30	54,0 (46,9 - 60,5)	178,5 (151,1 – 224,8)	3,4	47,6 (37,4 – 60,6)*
Luís Eduardo Magalhães - BA	527	7	4,18 \pm 0,34	59,6 (53,7 - 65,4)	147,4 (124,6 – 189,0)	9,0	52,3 (42,1 – 65,1)*

^a Número total de insetos testados.

^b Grau de liberdade.

^c Intervalo de confiança.

^d Miligramas de ingrediente ativo por ml de água.

^e Qui-quadrado.

^f Razão de resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. * Razão de resistência significativa para deltametrina, uma vez que o intervalo de confiança não compreende o valor 1,0.

Tabela 2. Toxicidade relativa de clorpirifós a lagartas de *A. argillacea*. Temp.: 25 ± 1°C; U.R.: 70 ± 5% e fotofase de 12 h.

População	n ^a	GL ^b	Inclinação ± IC ^c	CL ₅₀ (IC 95%) ^d	CL ₉₅ (IC 95%) ^d	χ ² ^e	RR (IC 95%) ^f
Itaporanga - PB	383	5	3,21 ± 0,28	2,0 (1,7 – 2,3)	6,5 (5,1 – 8,8)	4,3	----
Sta Helena de Goiás II – GO	378	6	3,24 ± 0,32	6,8 (5,7 – 7,8)	22,1 (18,8 – 27,4)	4,4	3,4 (2,7 – 4,2)*
Juripiranga – PB	417	5	3,60 ± 0,31	9,7 (8,6 – 10,7)	27,7 (24,0 – 33,6)	4,7	4,8 (4,0 – 5,8)*
Rondonópolis – MT	300	6	2,71 ± 0,31	10,2 (8,0 – 12,2)	41,1 (30,8 – 67,4)	6,4	5,1 (4,1 – 6,3)*
Surubim - PE	355	6	6,59 ± 0,79	16,3 (14,8 – 17,5)	29,0 (26,3 – 33,4)	4,0	8,1 (6,8 – 9,6)*
Patos - PB	272	5	3,18 ± 0,41	16,6 (14,7 – 18,8)	54,6 (41,8 – 84,4)	2,7	8,3 (6,8 – 10,1)*
Luís Eduardo Magalhães - BA	318	6	5,19 ± 0,64	17,0 (14,5 – 19,0)	35,2 (29,5 – 48,4)	7,2	8,4 (7,0 – 10,1)*

^a Número total de insetos testados.

^b Grau de liberdade.

^c Intervalo de confiança.

^d Miligramas de ingrediente ativo por ml de água.

^e Qui-quadrado.

^f Razão de resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. * Razão de resistência significativa para clorpirifós, uma vez que o intervalo de confiança não compreendeu o valor 1.0.

Tabela 3. Toxicidade relativa de endosulfan a lagartas de *A. argillacea*. Temp.: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; U.R.: $70 \pm 5\%$ e fotofase de 12 h.

População	n ^a	GL ^b	Inclinação \pm IC ^c	CL ₅₀ (IC 95%) ^d	CL ₉₅ (IC 95%) ^d	χ^2 ^e	RR (IC 95%) ^f
Paulínia - SP	420	5	4,39 \pm 0,37	2,2 (2,0 – 2,5)	5,4 (4,6 – 6,4)	4,5	----
Itaporanga - PB	435	5	4,03 \pm 0,61	3,4 (3,0 – 3,8)	8,8 (7,2 – 12,5)	1,9	1,5 (1,3 – 1,7)*
Surubim - PE	279	5	3,15 \pm 0,40	17,0 (14,3 – 20,7)	56,7 (39,4 – 117,6)	5,8	7,4 (6,3 – 8,7)*
Sta Helena de GO II - GO	275	5	7,51 \pm 1,19	18,9 (15,7 – 21,0)	31,4 (27,4 – 42,1)	5,7	8,3 (7,2 – 9,4)*
Juripiranga - PB	342	5	2,17 \pm 0,25	19,7 (16,3 – 24,4)	113,3 (68,3 – 322,4)	7,0	8,6 (6,9 – 10,7)*
Patos - PB	226	5	5,02 \pm 0,75	22,2 (20,2 – 24,8)	47,2 (38,3 – 68,3)	3,1	9,7 (8,4 – 11,1)*
Luís Eduardo Magalhães - BA	369	6	7,63 \pm 1,01	24,0 (22,4 – 25,5)	39,4 (35,3 – 47,0)	2,5	10,5 (9,3 – 11,8)*
Rondonópolis - MT	274	5	4,82 \pm 0,74	25,3 (22,1 – 31,8)	55,6 (40,5 – 116,8)	5,5	11,1 (9,5 – 12,8)*

^a Número total de insetos testados.

^b Grau de liberdade.

^c Intervalo de confiança.

^d Miligramas de ingrediente ativo por ml de água.

^e Qui-quadrado.

^f Razão de resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. * Razão de resistência significativa para endosulfan, uma vez que o intervalo de confiança não compreendeu o valor 1.0.

Tabela 4. Toxicidade relativa de abamectina a lagartas de *A. argillacea*. Temp.: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; U.R.: $70 \pm 5\%$ e fotofase de 12 h.

População	n ^a	GL ^b	Inclinação \pm IC ^c	CL ₅₀ (IC 95%) ^d	CL ₉₅ (IC 95%) ^d	χ^2 ^e	RR (IC 95%) ^f
Itaporanga - PB	419	5	3,22 \pm 0,28	0,003 (0,003 – 0,004)	0,011 (0,009 – 0,015)	2,64	----
Paulinia - SP	425	5	4,79 \pm 0,49	0,004 (0,003 – 0,004)	0,009 (0,007 – 0,011)	2,3	1,2 (1,0 – 1,4)*
Rondonópolis - MT	341	6	2,68 \pm 0,25	0,008 (0,006 – 0,009)	0,032 (0,025 – 0,047)	2,9	2,2 (1,8 – 2,8)*
Sta Helena de Goiás II - GO	315	5	3,68 \pm 0,51	0,008 (0,006 – 0,011)	0,024 (0,018 – 0,043)	5,5	2,4 (1,9 – 3,1)*
Patos - PB	242	6	3,69 \pm 0,66	0,010 (0,007 – 0,012)	0,028 (0,021 – 0,047)	3,6	2,9 (2,2 – 3,8)*
Juripiranga - PB	273	6	5,25 \pm 1,41	0,014 (0,010 – 0,018)	0,030 (0,024 – 0,057)	4,7	4,2 (3,2 – 5,5)*

^a Número total de insetos testados.

^b Grau de liberdade.

^c Intervalo de confiança.

^d Miligramas de ingrediente ativo por ml de água.

^e Qui-quadrado.

^f Razão de resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. * Razão de resistência significativa para abamectina, uma vez que o intervalo de confiança não compreendeu o valor 1.0.

Tabela 5. Toxicidade relativa de espinosade a lagartas de *A. argillacea*. Temp.: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; U.R.: $70 \pm 5\%$ e fotofase de 12 h.

População	n ^a	GL ^b	Inclinação \pm IC ^c	CL ₅₀ (IC 95%) ^d	CL ₉₅ (IC 95%) ^d	χ^2 ^e	RR (IC 95%) ^f
Rondonópolis - MT	236	6	3,21 \pm 0,53	0,0006 (0,0004 – 0,0008)	0,0021 (0,0014 – 0,0045)	6,0	----
Juripiranga - PB	290	6	4,52 \pm 0,75	0,0024 (0,0020 – 0,0029)	0,0057 (0,0046 – 0,0084)	2,2	3,9 (2,9 – 5,1)*
Paulínia - SP	410	5	2,58 \pm 0,21	0,0088 (0,0076 – 0,0103)	0,0383 (0,0300 – 0,0526)	2,7	13,8 (10,6 – 17,9)*
Itaporanga - PB	406	5	3,75 \pm 0,43	0,0121 (0,0105 – 0,0139)	0,0334 (0,0272 – 0,0450)	1,9	19,1 (14,8 – 24,8)*
Patos - PB	394	8	1,78 \pm 0,30	0,0150 (0,0080 – 0,0213)	0,1254 (0,0798 – 0,2788)	5,1	23,5 (14,6 – 37,6)*

^a Número total de insetos testados.

^b Grau de liberdade.

^c Intervalo de confiança.

^d Miligramas de ingrediente ativo por ml de água.

^e Qui-quadrado.

^f Razão de resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. * Razão de resistência significativa para espinosade, uma vez que o intervalo de confiança não compreendeu o valor 1.0.

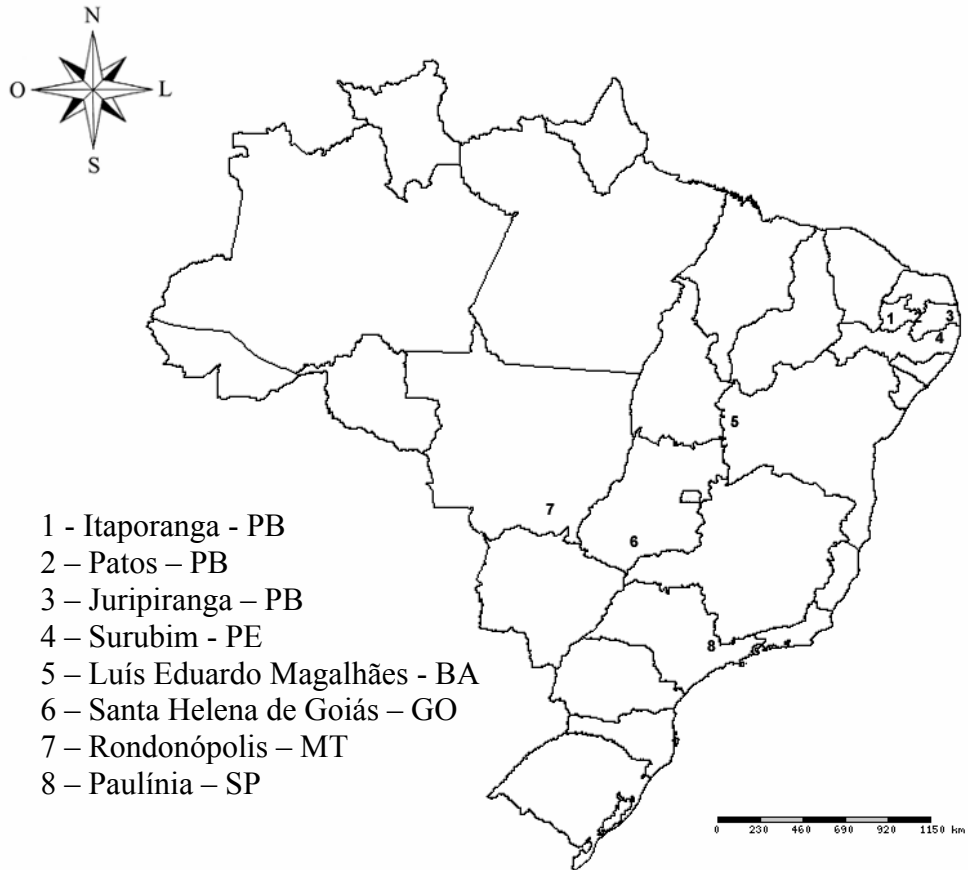


Figura 1. Localização geográfica das coletas de populações de *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae).