



**Universidade Federal do Tocantins  
Câmpus de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

**CARLOS HENRIQUE DE OLIVEIRA LIMA**

**SISTEMA DE TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE *Bemisia tabaci* EM  
CULTIVOS DE MELANCIA**

**GURUPI - TO  
2017**



**Universidade Federal do Tocantins  
Câmpus de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

**CARLOS HENRIQUE DE OLIVEIRA LIMA**

**SISTEMA DE TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE *Bemisia tabaci* EM  
CULTIVOS DE MELANCIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Renato de Almeida Sarmiento

Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Coutinho Picanço

**GURUPI – TO  
2017**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

L732s      Lima, Carlos Henrique de Oliveira .  
              Sistema de tomada de decisão de controle de Bemisia tabaci em  
              cultivos de melancia . / Carlos Henrique de Oliveira Lima. – Gurupi,  
              TO, 2017.  
              141 f.

              Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus  
              Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em  
              Produção Vegetal, 2017.

              Orientador: Renato de Almeida Sarmento

              Coorientador: Marcelos Coutinho Picanco

              1. Bemisia tabaci. 2. Manejo Integrado de Pragas. 3. Citrullus  
              lanatus. 4. Geoestatística. I. Título

**CDD 635**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



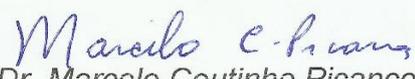
Universidade Federal do Tocantins  
Câmpus de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

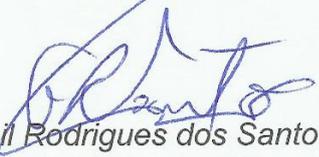
ATA nº 02/2017

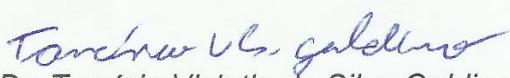
**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE CARLOS HENRIQUE DE OLIVEIRA LIMA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS.**

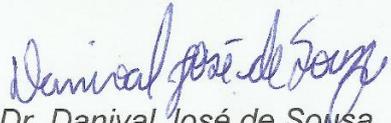
Aos 26 dias do mês de agosto do ano de 2017, às 08 horas, na sala de defesa do Bloco da Pós Graduação em Produção Vegetal, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dr. Renato de Almeida Sarmiento do Câmpus Universitário de Gurupi - TO/ Universidade Federal do Tocantins, Co-orientador Prof. Dr. Marcelo Coutinho Picanço da Universidade Federal de Viçosa, Prof. Dr. Gil Rodrigues dos Santos, Pesquisador Dr. Tarcísio Visintin da Silva Galdino Coordenador de pesquisas – Promip Consultoria e Assessoria em Agronomia Ltda. e Prof. Dr. Danival José de Sousa do Câmpus Universitário de Gurupi - TO/ Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de Carlos Henrique de Oliveira Lima, intitulada "Sistema de tomada de decisão de controle de *Bemisia tabaci* em cultivos de melancia". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, habilitando-o ao título de Doutor em Produção Vegetal.

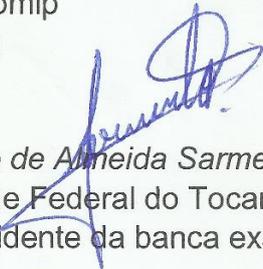
Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

  
Dr. Marcelo Coutinho Picanço  
Universidade Federal de Viçosa  
Co-orientador

  
Dr. Gil Rodrigues dos Santos  
Universidade Federal do Tocantins

  
Dr. Tarcísio Visintin da Silva Galdino  
Coordenador de Pesquisas – Promip  
Consultoria e Assessoria em  
Agronomia Ltda.

  
Dr. Danival José de Sousa  
Universidade Federal do Tocantins

  
Dr. Renato de Almeida Sarmiento  
Universidade Federal do Tocantins  
Orientador e presidente da banca examinadora

Gurupi, 26 de agosto de 2017.

  
Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis  
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal

“Para que os seus corações sejam consolados, e estejam unidos em amor, e enriquecidos da plenitude da inteligência, para conhecimento do mistério de Deus Pai e de Cristo, em quem estão escondidos todos os tesouros da sabedoria e da ciência”.

Colossenses 2:2-3

A Deus, pela a graça e vida e por despertar em mim a curiosidade pela ciência, e alicerçar tudo isso com o amor de minha família e amigos.

Agradeço!

A meus filhos Pablo Cardoso Lima e Pérola Cardoso Lima, assim como minha esposa Fabiola Cardoso Neves, por suportarem a ausência e motivação. Aos meus familiares pelo amor, carinho e incentivo. Em especial aos meus pais, Admilson de Oliveira Lima e Maria Helena Alves de Oliveira, e aos meus irmãos, Gleyjoanne, Wallyngton e Thaylla, pelo apoio e companheirismo.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Renato de Almeida Sarmiento pela, orientação e dedicação ao meu desenvolvimento, minha gratidão.

Ao Prof. Dr. Marcelo Coutinho Picanço, do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, pela coorientação, parceria e ensinamentos imprescindível a realização deste estudo.

Aos amigos e companheiros do Laboratório de Ecologia Funcional e Aplicada, em especial ao grupo de pesquisa INSECT: Tarcisio, Marçal, Joedna, Poliana, Breno, Cleovan, Marcos, Fábio, Ruan, Tânia e Edson e Giovanna por todo o auxílio na coleta dos dados e conclusão dos nossos estudos. E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

À Universidade Federal do Tocantins, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realização deste curso.

À Agencia de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins, por permitir o meu ingresso no curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento do projeto.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>9</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>14</b>
<b>Capítulo 1: Plano de amostragem praticável para tomada de decisão de controle de <i>Bemisia tabaci</i> em cultivos de melancia</b> .....	<b>17</b>
RESUMO .....	17
ABSTRACT .....	19
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS .....	22
RESULTADOS .....	28
DISCUSSÃO.....	31
CONCLUSÃO .....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34
TABELAS E FIGURAS .....	38
<b>Capítulo 2: Dinâmica da colonização espaço-temporal de mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>) em cultivos comerciais de melancia</b> .....	<b>43</b>
RESUMO .....	43
ABSTRACT.....	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS .....	48
RESULTADOS .....	51
DISCUSSÃO.....	52
CONCLUSÃO .....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
TABELAS E FIGURAS .....	60
<b>Capítulo 3: Fatores reguladores e preditivos da incidência de <i>Bemisia tabaci</i> em cultivos de melancia</b> .....	<b>67</b>
RESUMO .....	67
ABSTRACT.....	68
INTRODUÇÃO.....	69
MATERIAL E MÉTODOS .....	71

RESULTADOS .....	75
DISCUSSÃO.....	77
CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	81
TABELAS E FIGURAS .....	86
<b>Capítulo 4: Planos de amostragens sequenciais e tomada de decisão pelos níveis de dano econômico de <i>Bemisia tabaci</i> em cultivos de melancia .....</b>	<b>90</b>
RESUMO .....	90
ABSTRACT.....	91
INTRODUÇÃO.....	92
MATERIAL E MÉTODOS .....	94
RESULTADOS .....	100
DISCUSSÃO.....	103
CONCLUSÕES .....	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	109
TABELAS E FIGURAS .....	114
<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>137</b>

LIMA, Carlos Henrique de Oliveira, D.Sc., Universidade Federal do Tocantins, agosto de 2017. **SISTEMA DE TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE *Bemisia tabaci* EM CULTIVOS DE MELANCIA**. Orientador: Renato de Almeida Sarmiento. Co-orientador: Marcelo Coutinho Picanço.

**RESUMO** – A melancia *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai pertencente à família das cucurbitáceas é muito explorada desde o início da agricultura. O fruto tem grande importância comercial por causa do grande apreço por seus frutos carnosos, suculentos e doces e o valor pago por eles. O cultivo do fruto em 2014, ocupou uma área de 3,48 milhões de hectares no mundo, atingindo uma produção de cerca de 222 milhões de toneladas. Apesar de ser muito explorada e o forte apelo econômico, são vários os fatores de perdas que acometem a cultura da melancia. Entre esses fatores de perda a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) é citada como uma praga importante e de alto potencial causador de perdas na produção do fruto principalmente pela transmissão de vírus que provocam doenças as plantas, como o *Begomovirus* e *Carlavirus*. Perdas de até 100 % em decorrência de doenças transmitidas por *B. tabaci* são relatadas. Por isso estudos que avaliam a interação da praga com a planta que refletem com exatidão a realidade dos agroecossistemas é muito importante para determinar planos de amostragem e modelos de previsão que auxiliem no manejo integrado de pragas e auxiliem no processo de tomada de decisão. Assim, neste estudo objetivou determinar o padrão de dispersão de *B. tabaci*, hábitos de colonização correlacionando isto com fatores climáticos e biológicos. Esses estudos determinam que para amostragem de adultos de *B. tabaci* em cultivos de melancia devem ser realizados por meio de contagem diretamente na 6ª folha mais apical dos ramos. As populações de *B. tabaci* apresentaram alto grau de dependência espacial e o alcance de colonização foi de até 20 m. A intensidade de chuvas assim como as populações de *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) e *Chrysoperla*

sp. (Neuroptera: Chrysopidae) afetaram negativamente as populações de *B. tabaci*. Os níveis de danos econômicos estimados para *B. tabaci* nesta cultura considerando os estádios de desenvolvimento da planta, foram de 0,52, 0,21 e 0,13 insetos por amostra para a fase vegetativa e 1,69, 0,69 e 0,44 insetos por amostra para a fase reprodutiva quando os preços dos frutos foram baixo, médio e alto, respectivamente.

LIMA, Carlos Henrique de Oliveira, D.Sc., Federal University of Tocantins, August, 2017. **SAMPLING PLANS AND SPACE-TEMPORAL DYNAMICS OF WHITE FLY (*Bemisia tabaci*) IN WATER CROPS.** Advisor: Renato de Almeida Sarmiento. Co-advisor: Marcelo Coutinho Picanço.

**ABSTRACT** - The watermelon *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai belonging to the cucurbit family has been extensively explored since the beginning of agriculture. The fruit has great commercial importance because of the great appreciation for its fleshy, succulent and sweet fruits and the value paid by them. The cultivation of the fruit in 2014, occupied an area of 3.48 million hectares in the world, reaching a production of about 222 million tons. Despite being heavily exploited and the strong economic appeal, several factors of losses that affect the watermelon culture. Among these loss factors, the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) is cited as an important and high-potential pest causing losses in fruit production mainly by the transmission of plant-causing viruses, such as *Begomovirus* and *Carlavirus*. Losses of up to 100% due to diseases transmitted by *B. tabaci* are reported. Therefore, studies that evaluate the interaction of the pest with the plant that accurately reflect the reality of agroecosystems is very important to determine sampling plans and forecasting models that assist in integrated pest management and assist in the decision making process. Thus, in this study aimed to determine the dispersion pattern of *B. tabaci*, colonization habits correlating this with climatic and biological factors. These studies determine that sampling of adults of *B. tabaci* in watermelon crops should be performed by counting directly on the 6<sup>th</sup> most apical leaf of the branches. The populations of *B. tabaci* presented a high degree of spatial dependence and the range of colonization was up to 20 m. The rainfall intensity as well as the populations of *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) negatively affected the populations of *B. tabaci*. The estimated economic damage levels for *B. tabaci* in this crop considering the stages of development of the plant were 0.52, 0.21 and 0.13 insects per sample for the vegetative phase and 1.69, 0.69 and 0, 44 insects per sample for the reproductive phase when fruit prices were low, medium and high, respectively.

## INTRODUÇÃO GERAL

A família cucurbitácea possui cerca de 115 gêneros e 960 espécies. Nesta família a melancia *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai é a espécie mais explorada (Santos e Zambolim, 2011). O fruto tem grande importância comercial por causa do grande apreço pelos seus frutos carnosos, suculentos, doces e o valor pago por eles (Chomicki et al. 2015). A planta teve origem a cerca de 60 milhões de anos, no período cretáceo e consumida desde os primórdios da agricultura foi espalhada por todo mundo o que tem dificultado determinar com exatidão o seu centro de origem, sendo reportada como originária do continente africano. Técnicas recentes de marcadores moleculares sugerem que a mesma originaram-se na África Ocidental (Schaefer et al. 2009; Schaefer e Renner, 2011 e Chomicki e Renner, 2015).

O cultivo do fruto em 2014 ocupou uma área de 3,48 milhões de hectares no mundo, atingindo uma produção de cerca de 222 milhões de toneladas. O Brasil ocupa a quarta posição no ranking com 1,95%(2,17milhões de toneladas) da produção mundial do fruto, atrás da China com 67,48%(75,05milhões de toneladas) da Turquia com 3,49%(3,88 milhões de toneladas) e do Iran com 3,20%(3,57 milhões de toneladas) (FAO, 2014).

No Brasil a melancia é o 19<sup>a</sup> produto agrícola mais produzido. Estratificando, a melancia também é o 5<sup>o</sup> fruto e a 5<sup>a</sup> olerícola mais produzida no país (FAO,2014). A melancia é cultivada em todas as unidades da federação. Os maiores produtores por estados são o Rio Grande do Sul que produz cerca de 16,81% de toda melancia colhida no Brasil, seguido do Goiás com 11,38%, Bahia com 11,29% e de São Paulo com 11,09% na frente do Tocantins que é o responsável por 9,06% do fruto colhidos no País (IBGE, 2015). No Tocantins, os municípios de Lagoa da Confusão e Formoso do Araguaia produzem cerca de 92% dos frutos colhidos no estado (IBGE, 2015). A

cultura da melancia é considerada uma cultura muito rentável além de possuir grande importância social pela necessidade de muita mão-de-obra nas realização de práticas culturais (Santos e Zambolim, 2011).



**Figura 01.** Aspectos morfológicos da planta de melancia.

Apesar de ser muito explorada e o forte apelo econômico, são vários os fatores de perdas que acometem a cultura da melancia (Pereira et al., 2017). Entre esses fatores de perda a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) é citada como praga-chave, com alto potencial causador de perdas na produção na cultura da melancia (Bacci et al., 2006; Santos e Zambolim, 2011; Pereira et al., 2017). Esta praga possui 5 estádios de desenvolvimento até a fase adulta, apresentando grande mobilidade no primeiro instar e nenhuma locomoção nos próximos 3 instares, são recobertos por um opérculo e suas pernas ficam atrofiadas. O adulto pode se reproduzir por oviparidade de forma sexuada, porém pode ocorrer partenogênese (Byrne e Bellows Jr, 1991).

O reconhecimento da praga por características morfológicas é muito difícil. O complexo *B. tabaci* possui 11 grupos genéticos e ao menos 24 espécies morfolologicamente indistinguíveis, a não ser pelo uso de técnicas moleculares (Barro et al., 2017). Quando o inseto suga a seiva de uma planta doente os vírion chega até o intestino do inseto, atinge chega a hemolinfa até atingir as glândulas salivares, onde a praga se tornara um vetor de doenças (Ghanim, 2014).

Na cultura de melancia as viroses que ocorrem com mais frequência são as da família Geminivirus do gênero *Begomovirus* (Calegario, et al. 2007) e ainda o gênero *Carlavirus* da família Flexiviridae (Abrahamian e Abou-jawdah, 2014). Associação de vírus infectando melancia também já foi relatada, como o *Melonyellowing-associated virus* (MYaV) (Nagata et al, 2005). Todos estes vírus são transmitidos por mosca-branca. Por isso, estudos que avaliam a interação da praga com a planta que refletem com exatidão a realidade dos agroecossistemas é muito importante para determinar planos de amostragem e modelos de previsão que auxiliem no manejo integrado de pragas e auxiliem no processo de tomada de decisão (Lima et al. 2017).

Os planos de amostragem eficientes devem ser simples de serem executados, rápidos e precisos. Além disso, deve permitir que os produtores decidam sobre o controle da praga a fim de evitar a sua ressurgência e garantir a lucratividade do cultivo (Pedigo et al., 1986; Bacci et al., 2008; Pinto et al., 2017; Lima et al., 2017). Então, pela constante amostragem é possível identificar a gravidade do problema na lavoura para que o produtor decida por quais táticas de controle usar, antes que ocorram surtos populacionais da praga. Para possibilitar o processo de tomada de decisão precisamos determinar os níveis de danos econômicos (NDE), o grau de suscetibilidade da planta, assim como o comportamento da praga. O NDE é o resultado do custo de controle, sobre o valor e eficiência de controle (Capítulo 2). Tudo isso é necessário para a determinação dos planos de amostragens, que podem ser convencional e/ou sequencial. Nos planos de amostragem convencional as considerações sobre o controle de pragas só é realizada após a avaliação de um número fixo de amostras (Lima et al., 2017). Já no plano de amostragem sequencial os números de amostras são variáveis e menores, porém sem perderem a confiabilidade da estimativa populacional de praga. Tornando o plano de amostragem

sequencial um método mais barato, rápido com a mesma precisão e eficiência que o plano de amostragem convencional (Gusmão et al., 2005; Pereira et al., 2016; Capítulo 2).



**Figura 02.** Inseto adulto ovos e ninfas, visto por microscopia de varredura (A). Diferentes estádios de desenvolvimento de *Bemisia tabaci* (B). Ciclo de desenvolvimento de *B. tabaci* em temperatura de cerca de 26°C (C).

Além dos planos de amostragem, dentro do conceito de agricultura de precisão podem ser utilizadas técnicas como a geoestatística para auxiliar na compreensão da dinâmica espaço temporal de pragas como a mosca-branca. Com a técnica geoestatística é possível entender os mecanismos de dispersão da praga, aumentar e melhorar as estratégias de manejo integrado da praga, tratando pontualmente cada problema (Vieira et al., 1983, Oliver e Webster, 1990; Galdino et al., 2017). Assim como os modelos de previsão do tipo média móvel auto-regressiva sazonal (ARIMA), que antes eram utilizados principalmente para fazer previsões do mercado financeiro. Agora testamos essa ferramenta para prever a população de *Bemisia tabaci*, pois uma vez que conseguimos prever surtos podemos evitar a recorrência dessas pragas (Boopathi et al., 2015).

Assim este trabalho teve por objetivo determinar plano de amostragem convencional e sequencial praticáveis para tomada de decisão de controle de *B. tabaci* em cultivos de melancia. Para tanto, foram determinados: (i) a unidade amostral, (ii) a

técnica usada nas avaliações da intensidade de *B. tabaci* e (iii) o número de amostras de plano de amostragem convencional para esta praga em cultivos de melancia. Assim como (iv) o custo de controle para a *B. tabaci*, (v) determinando os níveis de dano econômico, (vi) e a distribuição espaço-temporal da ocorrência de *Bemisia tabaci* e (vii) modelos matemáticos que descrevam e preveem a população dessa praga.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahamian, P. E., Abou-jawdah, Y. 2014. Whitefly-transmitted criniviruses of cucurbits: current status and future prospects. **Virus Disease**, v. 25, n. 1, p. 26-38.
- Bacci, L., Picanço, M. C., Moura, M. F., Della Lucia, T. M. C., Semeão, A. A. 2006. Sampling plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and for hymenopteran parasitoids on cucumber. **J Econ Entomol**, v. 99, p. 2177-2184.
- Bacci, L., Picanço, M. C., Moura, M. F., Semeão, A. A., Fernandes, F. L., Morais, E. G. 2008. Sampling plan for thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. **Neotrop Entomol**, v. 37, p. 582-590.
- Boopathi, T., Singh, S. B., Manju, T., Ramakrishna, Y., Akoijam, R. S., Chowdhury, S., Ngachan, S. V. 2015. Development of temporal modeling for forecasting and prediction of the incidence of lychee, *Tessaratomia papillosa* (Hemiptera: Tessaratomidae), using time-series (ARIMA) analysis. **Journal of Insect Science**. DOI: 10.1093/jisesa/iev034.
- Byrne, D. N., Bellows Jr, T. S. 1991. Whitefly biology. **Annual review of entomology**, v. 36, n. 1, p. 431-457.
- Calegario, R. F., Ferreira, S. S., Andrade, E. C., Zerbini, F. M. 2007. Characterization of Tomato yellow spot virus, a novel tomato-infecting begomovirus in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1335-1343.
- Chomicki, G., Renner, S. S. 2015. Watermelon origin solved with molecular phylogenetics including Linnaean material: another example of museomics. **New Phytologist**, v. 205, n. 2, p. 526-532.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. Disponível em: [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat). Acesso em: 20/04/2017.
- Galdino, T. V. S., Ferreira, D. D. O., Santana Júnior, P. A., Arcanjo, L. D. P., Queiroz, E. A., Sarmiento, R. A., Picanço, M. C. 2017. The Role of the Beetle *Hypocryphalus*

- mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae) in the Spatiotemporal Dynamics of Mango Wilt. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 3, p. 865-874.
- Ghanim, M. 2014. A review of the mechanisms and components that determine the transmission efficiency of Tomato yellow leaf curl virus (Geminiviridae; Begomovirus) by its whitefly vector. **Virus research**, v. 186, p. 47-54.
- Gusmão, M. R., Picanço, M. C., Zanuncio, J. C., Silva, D. J. H., Barrigossi, J. A. F. 2005. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. **Sci Hort**, v. 103, p. 403-412.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Culturas temporárias e permanentes. Produção Agrícola Municipal. Rio de Janeiro, 2015. 57 p.
- Lima, C. H. O., Sarmiento, R. A., Pereira, P. S., Galdino, T. V. S., Santos, F. A., Silva, J., Picanço, M. C. 2017, Feasible sampling plan for *Bemisia tabaci* control decision-making in watermelon fields. **Pest. Manag. Sci.** DOI:10.1002/ps.4621.
- Nagata, T., Alves, D. M. T., Inoue-Nagata, A. K., Tian, T. Y., Kitajima, E. W., Cardoso, J. E., Ávila, A. C. 2005. A novel melon flexivirus transmitted by whitefly. **Archives of virology**, v. 150, n. 2, p. 379-387.
- Oliver, M. A., Webster, R. 1990. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. **International Journal of Geographical Information System**, v. 4, n. 3, p. 313-332.
- Pedigo, L. P., Hutchins, S. H., Higley, L. G. 1986. Economic injury levels in theory and practice. **Annual review of entomology**, v. 31, n. 1, p. 341-368.
- Pereira, P. S., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Lima, C. H. O., Santos, F. A., Silva, J., Santos, G. R., Picanço, M. C. 2016. Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. **Pest Management Science**, v. 73, n. 7, p. 1438-1445.

- Pereira, A. S., Santos, G. R., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Lima, C. H. O., Picanço, M. C. 2017. Key factors affecting watermelon yield loss in different growing seasons. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 205-212.
- Pinto, C. B., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Pereira, P. S., Barbosa, B. G., Lima, C. H. O., Silva, N. R., Picanço, M. C. 2017. Standardized sampling plan for the Thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) on watermelon crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 2, p. 748-754.
- Santos, G. R., Zambolim, L. **Tecnologias para produção sustentável de melancia no Brasil**. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2011. 267 p.
- Schaefer, H., Heibl, C., Renner, S. S. 2009. Gourds afloat: a dated phylogeny reveals an Asian origin of the gourd family (Cucurbitaceae) and numerous oversea dispersal events. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 276, n. 1658, p. 843-851.
- Schaefer, H., Renner, S. S. 2011. Phylogenetic relationships in the order Cucurbitales and a new classification of the gourd family (Cucurbitaceae). **Taxon**, v. 60, n. 1, p. 122-138.
- Vieira, S. R. J. L. Hatfield, J., Nielsen, D., Biggar, J. 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **California Agriculture**, v. 51, n. 3, p. 1-75.
- .

## Capítulo 1: Plano de amostragem praticável para tomada de decisão de controle de *Bemisia tabaci* em cultivos de melancia

*Pest Management Science*, p.4621, Ano: 2017 DOI: 10.1002/ps.4621

**RESUMO** - Os planos de amostragem convencional são o ponto inicial para geração de sistemas de tomada de decisão dos programas de manejo integrado de pragas. Nestes planos de amostragem são determinados a unidade amostral, a técnica e o número de amostras a serem usados nas avaliações da intensidade de ataque das pragas aos cultivos. A mosca branca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) está entre as pragas mais importantes da cultura de melancia em todo o planeta. Assim este trabalho teve por objetivo determinar plano de amostragem convencional para *B. tabaci* em cultivos de melancia. Para tanto, foram realizadas avaliações em cultivos comerciais de melancia em fases vegetativa, floração e frutificação durante dois anos. Nas plantas foram avaliadas as densidades de adultos de *B. tabaci*. A folha ideal para amostragem de adultos de *B. tabaci* foi a 6ª folha mais apical de ramos de plantas de melancia. A contagem direta foi a melhor técnica para amostragem da praga. As densidades da praga nas lavouras se ajustaram à distribuição binomial negativa e elas apresentaram parâmetro de agregação comum ( $K_{comum}$ ). O plano de amostragem foi composto pela avaliação de 103 amostras por talhão. O plano de amostragem determinado neste trabalho tem potencial de ser adotado pelos agricultores por ele possibilitar avaliação adequada das populações de *B. tabaci* em cultivos de melancia (erro máximo de 10% nas avaliações), ter baixo custo (R\$ 7,10 por amostragem), ser de rápida execução (56 minutos por amostragem) e praticável (por ele poder ser utilizado de forma padronizada ao longo do cultivo).

**Palavras chave:** *Citrullus lanatus*, mosca-branca, unidade amostral, técnica de amostragem, tomada de decisão.



## Chapter 1: Practical sampling plan for decision-making to control *Bemisia tabaci* in watermelon crops

**ABSTRACT** - Conventional sampling plans are the starting point for the generation of decision-making systems for integrated pest management programs. In these sampling plans the sample unit, the technique and the number of samples to be used in evaluating the intensity of attack of the pests on the crops are determined. The whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) is among the most important watermelon crop pests on the planet. The aim of this work was to determine the conventional sampling plan for *B. tabaci* in watermelon crops. For this, evaluations were made in commercial crops of watermelon in vegetative phases, flowering and fruiting for two years. The adult densities of *B. tabaci* were evaluated in the plants. The ideal leaf for adult sampling of *B. tabaci* was the 6th most apical leaf of branches of watermelon plants. Direct counting was the best technique for pest sampling. Pest densities in the crops were adjusted to the negative binomial distribution and they presented a common aggregation parameter ( $K_{comum}$ ). The sampling plan was composed by the evaluation of 103 samples per field. The execution of this sampling plan lasts 56 minutes, cost US \$ 2.22 per sampling and a maximum error of 10% in its determinations. The sampling plan determined in this work has the potential to be adopted by farmers because it allows the adequate evaluation of *B. tabaci* populations in watermelon crops (maximum error of 10% in evaluations), low cost (US \$ 2.22 per sampling), be fast (56 minutes per sampling) and feasible (because it can be used in a standardized way throughout the crop).

**Key words:** *Citrullus lanatus*, whitefly, sample unit, sampling technique, decision making.

## INTRODUÇÃO

Os planos de amostragem são partes essenciais dos sistemas de tomada de decisão dos programas de manejo integrado de pragas (MIP) (Moura et al., 2007; Rosado et al., 2014). O plano de amostragem convencional é o ponto inicial de geração dos sistemas de tomada de decisão de controle das pragas. Este plano de amostragem é usado nas determinações dos níveis de dano econômico e na validação dos planos de amostragem sequencial (Bacci et al., 2008; Pereira et al., 2016). No plano de amostragem convencional são determinadas a unidade amostral e técnica a serem usadas na avaliação das populações de pragas nos cultivos. Além disto, no plano de amostragem convencional é determinado o número de amostras a ser usado nas avaliações da intensidade de ataque das pragas aos cultivos (Moura et al., 2007; Bacci et al., 2008; Rosado et al., 2014).

As unidades amostrais e técnicas ideais a serem usadas nos planos de amostragem devem ser precisas, representativas e possibilitarem avaliações rápidas das intensidades de ataque das pragas aos cultivos. O uso de unidades amostrais e técnicas precisas proporcionam amostragens com baixo grau de variação. Isto permite a geração de planos de amostragem praticáveis, de execução rápida e de baixo custo (Moura et al., 2007; Bacci et al., 2008). Por outro lado, o uso de unidades amostrais representativas possibilita a determinação de intensidades de ataque da praga pelos planos de amostragem semelhantes a aquelas que ocorrem em todo o cultivo (Bacci et al., 2006; Moura et al., 2007).

O uso de sistema de tomada de decisão de controle reduz o número de aplicações de pesticidas nos cultivos. Este menor uso de pesticidas traz benefícios econômicos e ambientais (Lima et al., 2014; Picanço et al. 2004; Castle e Naranjo, 2009; Bueno et al., 2011). Apesar destas vantagens, muitas vezes os sistemas de tomada de decisão dos programas de MIP têm baixa adoção pelos agricultores

(Peshin, 2013). Isto ocorre devido à grande complexidade de muitos dos planos de amostragem que compõem os sistemas de tomada de decisão (Coutts et al., 1998; Peshin, 2013). Neste sentido, os planos de amostragem devem ser padronizados de forma a possibilitar a avaliação das pragas em diferentes fases fenológicas da planta usando a mesma unidade e técnica amostral. Característica esta que torna o plano de amostragem praticável devido a sua simplicidade (Pereira et al., 2016).

Os cultivos de plantas frutíferas tem grande importância devido ao valor comercial de sua produção, aos benefícios que o consumo destes frutos traz à saúde humana e aos empregos gerados por esta atividade (Santos e Zambolim, 2011). Neste contexto, os cultivos de melancia (*Citrullus lanatus*) gera grande retorno econômico aos agricultores e tem grande importância social pelo grande número de empregos gerados (Santos e Zambolim, 2011).

Entre as pragas mais importantes da cultura de melancia está a mosca branca *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Santos e Zambolim, 2011). Este inseto é políforo, hospedando se em cerca de 700 espécies de plantas hospedeiras (Greathead, 1986; Li et al., 2011) pertencentes a 63 famílias (Mound e Halsey, 1978). Esta praga tem distribuição ampla ocorrendo em todos os continentes do planeta (Stansly e Naranjo 2010; CABI, 2016). Os danos causados por *B. tabaci* são devido à sucção de seiva, injeção de toxinas no sistema vascular das plantas e transmissão de viroses. Além disto, sobre as excreções açucaradas deste inseto desenvolvem-se fungos oportunistas que formam uma camada escura sobre as folhas que reduz a fotossíntese das plantas (Peterson e Higley, 2000; Gusmão et al., 2005; Stansly e Naranjo, 2010).

As unidades amostrais a serem usadas nos planos de amostragem geralmente são os órgãos da planta atacados pela praga. As plantas de melancia possuem ramos os quais têm várias folhas do seu ápice até sua base. Entre as

técnicas mais usadas na amostragem de insetos sugadores com *B. tabaci* estão à contagem direta e a batida das folhas em bandeja plástica branca com a posterior contagem dos insetos no fundo da bandeja (Gusmão et al., 2005; Moura et al., 2007).

Apesar da importância de *B. tabaci* como praga da cultura de melancia e dos planos de amostragem nos programas de manejo integrado de pragas até o momento não existe qualquer trabalho sobre esta praga nesta cultura envolvendo este assunto. Assim este trabalho teve por objetivo determinar plano de amostragem convencional praticável para tomada de decisão de controle de *B. tabaci* em cultivos de melancia. Para tanto, foram determinados: (i) a unidade amostral, (ii) a técnica a ser usada nas avaliações da intensidade de *B. tabaci* e (iii) o número de amostras do plano de amostragem convencional para esta praga em cultivos de melancia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi conduzido em cultivos comerciais de melancia em Formoso do Araguaia, estado do Tocantins, Brasil (11°54'7.58"S, 49°33'41.77"W, 215m de altitude e clima úmido com verão chuvoso e inverno seco). Os cultivos possuíam cerca de 15 ha e eles foram realizados nos anos de 2014 e 2015. Os cultivos foram conduzidos segundo Santos e Zambolim, (2011). A cultivar utilizada foi a Manchester (planta com grande quantidade de folhas, ligeiramente recortada, e frutos grandes de polpa vermelha), em espaçamento 2,80 x 1,45 m. O trabalho foi dividido em três partes. Na primeira parte foi selecionada a melhor unidade amostral para avaliação de *B. tabaci*. Na segunda parte foi selecionada a melhor técnica a ser usada na amostragem da praga. Já na terceira parte foi determinado o número de amostras do plano de amostragem.

## **Seleção da unidade amostral para avaliação de *B. tabaci* em cultivos de melancia.**

Esta parte do trabalho foi realizada em cultivo de melancia conduzida no ano de 2014 onde foram avaliadas as densidades de adultos de *B. tabaci* em plantas de nas fases vegetativa, floração e frutificação das plantas. Em cada fase fenológica da melancia, 100 plantas foram selecionadas ao acaso. Em cada planta foi avaliada a densidade da praga nas folhas de um ramo. As folhas foram numeradas do ápice para à base do ramo. A folha mais apical do ramo recebeu o número 1, a segunda folha o número 2 e assim sucessivamente (Figura. 1A).

Na seleção das unidades amostrais foram usados os critérios de rapidez, precisão e representatividade da amostragem (Southwood, 1978; Moura et al., 2007; Bacci et al., 2008; Rosado et al., 2014). Inicialmente foram calculadas as frequências de ocorrência de cada folha no ramo usando a fórmula (1):

$$(1) F_i = 100 \times (N_i \div PI), \text{ onde: } F_i = \text{frequência de ocorrência da folha } i \text{ nos ramos em cada fase fenológica, } i = \text{posição da folha no ramo (1 a n) (Figura. 1A), } N_i = \text{número de vezes que a folha } i \text{ esteve presente nas 100 plantas avaliadas e } PI = \text{número total de plantas avaliadas (100 plantas).}$$

Foram selecionadas as folhas com ocorrência nos ramos maior que 80%. Isto foi feito devido às folhas com grande frequência de ocorrência possibilitar amostragens rápidas pela facilidade de encontra-las nos ramos das plantas (Rosado et al., 2014).

Foi calculada a média e o erro padrão das densidades de *B. tabaci* para as folhas em cada posição no ramo nas fases fenológicas da planta. Usando estes dados foi calculada a variância relativa de cada unidade amostral usando a fórmula (2):

$$(2) VR = [100 * S(\bar{X})] \div \bar{X}, \text{ onde: } VR = \text{variância relativa (\%), } S(\bar{X}) = \text{erro padrão da média e } \bar{X} = \text{média dos dados amostrais.}$$

As unidades amostrais selecionadas foram aquelas que apresentaram variância relativa menor do que 25%. Isto foi feito porque estas unidades amostrais geram planos de amostragem precisos, praticáveis, de execução rápida e de baixo custo (Southwood, 1978; Moura et al., 2007; Bacci et al., 2008; Rosado et al., 2014).

Pelo critério da representatividade foram selecionadas as unidades amostrais que apresentaram correlação positiva e significativa entre as densidades relativas (insetos. folha<sup>-1</sup>) e as densidades absolutas (insetos. ramo<sup>-1</sup>) pelo teste t a  $P < 0.05$  (Moura et al., 2007; Bacci et al., 2008; Rosado et al., 2014).

A unidade amostral selecionada foi aquela que esteve entre as melhores tanto para plantas em fase vegetativa, floração e frutificação. Isto foi feito para possibilitar a geração de plano de amostragem padronizado que pudesse ser utilizado em todas as fases fenológicas das plantas.

### **Seleção da melhor técnica a ser usada na amostragem de *B. tabaci*.**

Esta parte do trabalho foi realizada em cultivo de melancia conduzido no ano de 2014. Em cada fase fenológica da melancia (vegetativa, floração e frutificação), 100 plantas foram selecionadas ao acaso. Em cada planta foram selecionados ao acaso dois ramos. Em cada um destes ramos foi avaliada a densidade da praga usando uma das duas técnicas estudadas. As técnicas usadas foram contagem direta (Figura. 1B) e batida das folhas em bandeja branca (Figura. 1C). Estas duas técnicas foram escolhidas por serem muito utilizadas para amostragem de insetos sugadores (Moura et al. 2007).

A unidade amostral utilizada foi àquela selecionada anteriormente (6ª folha mais apical do ramo). A técnica de contagem direta consistiu na avaliação dos adultos de *B. tabaci* na folha (Figura. 1B). Já na técnica de batida da folha em bandeja

constituiu da agitação da folha no interior de bandeja plástica branca (40 x 25 x 3 cm) e a posterior contagem dos insetos no fundo da bandeja (fig. 1C) (Moura et al., 2007). Foi anotado o tempo gasto em cada técnica de amostragem.

Foi calculada a variância relativa usando a fórmula (2). Os dados das densidades de *B. tabaci* foram submetidos ao teste t pareado a  $P < 0.05$ . Foi selecionada a técnica com variância relativa menor que 25% e menor tempo de amostragem.

### **Determinação do número de amostras do plano de amostragem de *B. tabaci* em cultivos de melancia**

Esta parte do trabalho foi dividida em duas etapas. Na primeira foi determinada a distribuição de frequência a que se ajustaram as densidades da praga nos cultivos. Já na segunda etapa foi determinado o erro a ser usado no cálculo do número de amostras do plano de amostragem.

### **Determinação da distribuição de frequência a que se ajustaram as densidades da praga nos cultivos**

Esta parte do trabalho foi realizada em 21 cultivos de melancia conduzidos no ano de 2015. Nos cultivos as plantas estavam nas fases vegetativa, floração e frutificação (sete cultivos em cada fase fenológica).

Em cada lavoura foi avaliada a densidade de adultos de *B. tabaci* em 300 plantas. Estas plantas possuíam localização equidistante umas das outras. Isto foi feito para eliminar as tendências direcionais de avaliação (Midgarden et al., 1993; Bacca et al., 2006; Rosado et al., 2014). Nas avaliações foram usadas a unidade

amostral e a técnica selecionadas anteriormente (avaliação da 6ª folha mais apical do ramo por contagem direta).

Foram calculadas as densidades (média  $\pm$  erro padrão) de adultos de *B. tabaci* em cada lavoura. Foram calculadas as frequências observadas e esperadas usando as distribuições binomial negativa, Poisson e binomial positiva (Binns et al., 2000; Rosado et al., 2014). Os valores das frequências observadas e esperadas foram comparados utilizando o teste de qui-quadrado ( $\chi^2$ ). Foi considerado que os dados das densidades de *B. tabaci* de um cultivo se ajustaram a uma distribuição de frequência quando os valores de  $\chi^2$  das frequências observadas e esperadas não foram significativos ( $P > 0.05$ ). Quando na maioria dos cultivos (em mais de 70% dos cultivos) os dados das densidades da praga se ajustaram a uma distribuição de frequência, foi considerado que esta distribuição foi adequada para representar estes dados (Young e Young, 1998; Bacci et al., 2006; Rosado et al., 2014).

Posteriormente, foi testada a existência do parâmetro de agregação comum ( $K_{comum}$ ) das densidades de *B. tabaci* nas lavouras avaliadas. Para tanto foi calculado o valor do parâmetro de agregação ( $k$ ) para cada uma dos 21 cultivos usando a fórmula (3).

(3)  $k = \bar{x}^2 \div (S^2 - \bar{x})$ , onde:  $k$  = parâmetro de agregação do inseto no cultivo,  $\bar{x}$  = densidade média do inseto no cultivo e  $S^2$  = variância das densidades do inseto no cultivo.

Os dados de  $k$  de cada lavoura foram submetidos à análise de regressão linear simples usando o procedimento descrito por Bliss e Owens (1958). Segundo este procedimento, os cultivos possuem  $K_{comum}$  quando a equação apresenta inclinação significativa e intercepto não significativo pelo teste F a  $P < 0.05$ .

## Determinação do erro a ser usado no cálculo do número de amostras do plano de amostragem

Inicialmente foram calculados os números de amostras usando a fórmula (4). Estes cálculos foram feitos usando valores de erro amostral de 5, 10, 15, 20 e 25% (tabela 4). Isto foi feito, devido a este ser o intervalo de erro (5 a 25%) empregado nos cálculos das estimativas das densidades médias de insetos em sistemas de tomada de decisão de programas de manejo integrado de pragas (Southwood, 1978; Rosado et al., 2014).

$$(4) NA = \frac{1}{C^2} \left( \frac{1}{\bar{x}} + \frac{1}{kc} \right), \text{ onde: } NA = \text{número de unidades amostrais, } C = \text{erro admitido}$$

(se o erro for 5%, então  $C = 0.05$ );  $\bar{x}$  = média da população; e  $kc$  = parâmetro de agregação.

Posteriormente, foram amostradas as populações de adultos de *B. tabaci* em três cultivos de melancia cada um deles com as plantas numa fase fenológica (vegetativa, floração e frutificação). Em cada um dos cultivos foram realizadas cinco amostragens da praga. Nestas amostragens foram usados os números de amostras estimadas usando os erros de 5, 10, 15, 20 e 25%. Foi anotado o tempo e o material (papel, lápis, borracha e prancheta) usado nas amostragens. Foi realizado o cálculo dos custos das amostragens por cultivo. Nestes cálculos foi levado em consideração o salário de um trabalhador rural acrescido dos encargos sociais e gastos com materiais de amostragem como: lápis, borracha, papel e prancheta (Pedigo, 1988; Bacci et al., 2006; Moura et al., 2007, Rosado et al., 2014).

O erro a ser usado no cálculo final do número de amostras do plano de amostragem foi o menor valor de erro que possibilitou a geração de plano de amostragem praticável, isto é com tempo de até uma hora (Gusmão et al., 2005).

## RESULTADOS

### **Seleção da folha do ramo a ser usada na amostragem de *B. tabaci***

Em plantas em fase vegetativa apenas a 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> folha apresentaram frequência de ocorrência nos ramos maior que 80%. Na 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> folha as densidades de adultos de *B. tabaci* apresentaram variâncias relativas menores que 25%. Na 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> folha as densidades relativas de *B. tabaci* apresentaram correções significativas ( $P < 0.05$ ) com as densidades absolutas do inseto no ramo (Tabela 1). Portanto, em plantas de melancia em fase vegetativa a 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> folhas são unidades amostrais que podem ser usadas na amostragem de adultos de *B. tabaci*.

Em plantas de melancia em floração apenas as dezesseis folhas mais apicais dos ramos apresentaram frequência de ocorrência nos ramos maior que 80%. Na 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup>, 15<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> folha as densidades de adultos de *B. tabaci* apresentaram variâncias relativas menores que 25%. Também nestas treze folhas as densidades relativas de *B. tabaci* apresentaram correlações significativas ( $P < 0.05$ ) com as densidades absolutas do inseto no ramo (Tabela 1). Portanto, em plantas de melancia em floração a 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup>, 15<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> folhas são unidades amostrais que podem ser usadas na amostragem de adultos de *B. tabaci*.

Em plantas de melancia em frutificação apenas as 26 folhas mais apicais dos ramos apresentaram frequência de ocorrência nos ramos maior que 80%. Na 6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 17<sup>a</sup>, 18<sup>a</sup>, 19<sup>a</sup>, 20<sup>a</sup>, 21<sup>a</sup>, 22<sup>a</sup>, 23<sup>a</sup>, 24<sup>a</sup>, 25<sup>a</sup> e 26<sup>a</sup> folha as densidades

de adultos de *B. tabaci* apresentaram variâncias relativas menores que 25%. Apenas entre a 3ª e 26ª folhas as densidades relativas de *B. tabaci* apresentaram correlações significativas ( $P < 0.05$ ) com as densidades absolutas deste inseto no ramo (tabela 1). Portanto, em plantas de melancia em floração a 4ª, 5ª, 6ª, 7ª, 8ª, 9ª, 10ª, 11ª, 12ª, 13ª, 14ª, 15ª e 16ª folhas constituem unidades amostrais que podem ser usadas na amostragem de adultos de *B. tabaci*.

Portanto, a única unidade amostral que esteve entre aquelas que foram adequadas para amostragem de adultos de *B. tabaci* tanto em plantas de melancia em fase vegetativa, floração e frutificação foi a 6ª folha mais apical do ramo das plantas. Assim esta é a unidade amostral ideal para a avaliação de adultos de *B. tabaci* em cultivos de melancia.

### **Seleção da melhor técnica de amostragem para *B. tabaci***

A técnica de contagem direta apresentou maior precisão ( $VR < 25\%$ ) e menor tempo de amostragem do que a técnica de batida das folhas em bandeja plástica. Além disto, o uso da técnica de contagem direta possibilitou a avaliação de maiores densidades de adultos de *B. tabaci* do que quando se empregou a técnica de batida das folhas em bandeja plástica (Figura 2). Portanto a técnica ideal a ser usada na amostragem de *B. tabaci* em plantas de melancia foi à contagem direta dos adultos na 6ª folha mais apical do ramo.

## **Determinação do número de amostras em um plano de amostragem de *B. tabaci* em cultivos de melancia**

Em 17 das 21 lavouras avaliadas (81%) as frequências observadas de *B. tabaci*, não diferiam das frequências esperadas para a distribuição binomial negativa. Destas 17 lavouras cinco, seis e seis eram em plantas de melancia nas fases vegetativa, floração e frutificação, respectivamente. Em apenas duas lavouras as frequências observadas de *B. tabaci* não diferiram das frequências esperadas para a distribuição de Poisson. Por outro lado em todas as lavouras as frequências observadas de *B. tabaci* foram significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ) das frequências esperadas para a distribuição binomial negativa (Tabela 2). Portanto, o cálculo do número de amostras de adultos de *B. tabaci* em lavouras de melancia deve ser realizado com a fórmula da distribuição de frequência binomial negativa.

A curva de regressão linear simples do parâmetro de agregação comum ( $K_{comum}$ ) em função do parâmetro  $k$  em cada lavoura de melancia apresentou inclinação significativa ( $F_{1, 18} = 52,38$ ,  $P < 0.0001$ ) e intercepto não significativo ( $F_{1, 18} = 2,90$ ,  $P = 0,1058$ ) (Tabela 3). Portanto, existiu um parâmetro de agregação comum ( $K_{comum}$ ) das densidades de adultos de *B. tabaci* que representou todas as lavouras de melancia.

No plano de amostragem o erro a ser usado para o cálculo do número de amostras a compor o plano de amostragem de adultos de *B. tabaci* foi de 10%. Este deve ser o erro a ser usado, por que um plano de amostragem praticável deve possuir tempo de amostragem de no máximo 1 hora e que nele o erro de amostragem deve ser o menor possível (Gusmão et al., 2005). Este plano de amostragem foi composto por 103 amostras, com tempo de amostragem de 56 minutos e custo de R\$ 7,10 por amostragem (Tabela 4).

## DISCUSSÃO

A folha ideal para amostragem de adultos de *B. tabaci* em plantas de melancia foi a 6ª folha mais apical do ramo. Isto ocorreu porque ela possibilitou uma amostragem adequada em plantas de melancia em todas as fases fenológicas. A seleção de uma única unidade amostral faz com que a amostragem seja padronizada do início até o final do cultivo. Assim, o plano de amostragem terá maior possibilidade de adoção pelos agricultores por ele ser praticável devido a sua simplicidade (Pinto et al., 2017).

A 6ª folha mais apical do ramo possibilitou uma amostragem rápida já que ela está presente em mais de 80% dos ramos o que faz com que seja fácil encontrá-la. Além disto, essa folha possibilitou amostragens precisas ( $VR < 25\%$ ) e representativas (já que nela as densidades relativas se correlacionaram com as densidades absolutas da praga no ramo). Esta boa precisão indica que o plano de amostragem gerado a partir desta unidade amostral deverá ter baixo número de amostras e baixo tempo de amostragem (Gusmão et al., 2005; Bacci et al., 2008; Rosado et al., 2014). Por outro lado, o fato da unidade amostral possibilitar amostragens representativas indica que a intensidade de ataque da praga avaliada deverá representar o que ocorre em todo o cultivo (Bacci et al., 2006; Rosado et al., 2014).

Geralmente as unidades amostrais ideais para avaliação das pragas são aquelas em que ocorre maior densidade destes organismos (Rosado et al., 2014). Tal fato aconteceu neste trabalho, já que a 6ª folha mais apical do ramo esteve entre aquelas com maiores densidades de adultos de *B. tabaci*. Esta maior densidade de *B. tabaci* pode estar relacionada ao fato dela ser uma folha nova e totalmente expandida. Neste contexto, as folhas totalmente expandidas possuem uma menor densidade de

tricomas (Leite et al., 1998; Pereira et al., 2016), o que pode favorecer a ocorrência de altas densidades de *B. tabaci*.

A contagem direta foi uma técnica melhor para amostragem de adultos de *B. tabaci* do que a batida de folhas em badeja plástica devido a ela apresentar menor tempo de amostragem e maior precisão. O fato de uma técnica apresentar menor tempo de amostragem indica que o seu uso gerará planos de amostragem mais praticáveis (Bacci et al., 2008; Rosado et al., 2014). Já o uso de técnicas mais precisas gerarão planos de amostragem com menor tempo de execução (Gusmão et al., 2005; Moura et al., 2007). Geralmente técnicas mais precisas são obtidas da avaliação de maiores densidades da praga (Rosado et al., 2014). Este fato ocorreu neste trabalho, já que por contagem direta foi avaliada maior densidade de adultos de *B. tabaci* do que quando se usou a batida de folhas em badeja plástica.

As densidades dos adultos de *B. tabaci* observadas na grande maioria dos cultivos (81%) se ajustaram à distribuição binomial negativa. Isto ocorreu devido às variâncias terem sido maiores do que as médias das densidades da praga (Tonhasca et al., 1994; Moura et al., 2003; Rosado et al., 2014). Esta grande variação da densidade da praga indica que suas populações possuem um padrão de distribuição espacial agregado nos cultivos (Gusmão et al., 2005; Bacca et al., 2006; Bacci et al., 2008). Também Moura et al., (2003) verificaram que as densidades de adultos de *B. tabaci* em cultivos da Cucurbitaceae pepino seguem a distribuição de frequência binomial negativa.

O fato das densidades de *B. tabaci* nas lavouras de melancia terem apresentado parâmetro de agregação comum ( $K_{comum}$ ) indica que é possível determinar plano de amostragem para esta praga que seja adequado a diversos cultivos desta planta. Outro aspecto relevante é que este parâmetro de agregação comum foi adequado tanto para cultivos em fase vegetativa, floração e frutificação.

Isto indica que é possível determinar plano de amostragem para *B. tabaci* que pode ser usado em cultivos de melancia em todas as fases fenológicas das plantas.

O plano de amostragem de adultos *B. tabaci* em cultivos de melancia gerado neste trabalho foi praticável devido ele possibilitar amostragens rápidas (em menos de 1 hora) e de baixo erro (no máximo 10%). Os planos de amostragens praticáveis são ideais para comporem os programas de manejo integrado de pragas por eles possibilitarem decisões rápidas, de baixo custo e eficientes (Gusmão et al., 2005). Neste contexto, o plano de amostragem gerado neste trabalho possui estas características já que a avaliação das amostras (103 por cultivo) dura 56 minutos e tem custo de R\$ 7,10. A adoção de plano de amostragem em sistemas de tomada de decisão de controle de pragas reduz o uso de inseticidas nos cultivos. Fato este, que reduz o custo de produção e possibilita a preservação de organismos não-alvo como inimigos naturais, polinizadores e detritívoros (Picanço et al., 2004; Castle e Naranjo 2009; Bueno et al., 2011).

## **CONCLUSÃO**

O plano de amostragem determinado neste trabalho para avaliação de *B. tabaci* em cultivos de melancia tem potencial de ser adotado pelos agricultores por ele possibilitar avaliação adequada das populações da praga (erro máximo de 10% nas avaliações), ter baixo custo (R\$ 7,10 por amostragem), ser de rápida execução (56 minutos por amostragem) e praticável (por ele pode ser utilizado de forma padronizada ao longo do cultivo).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

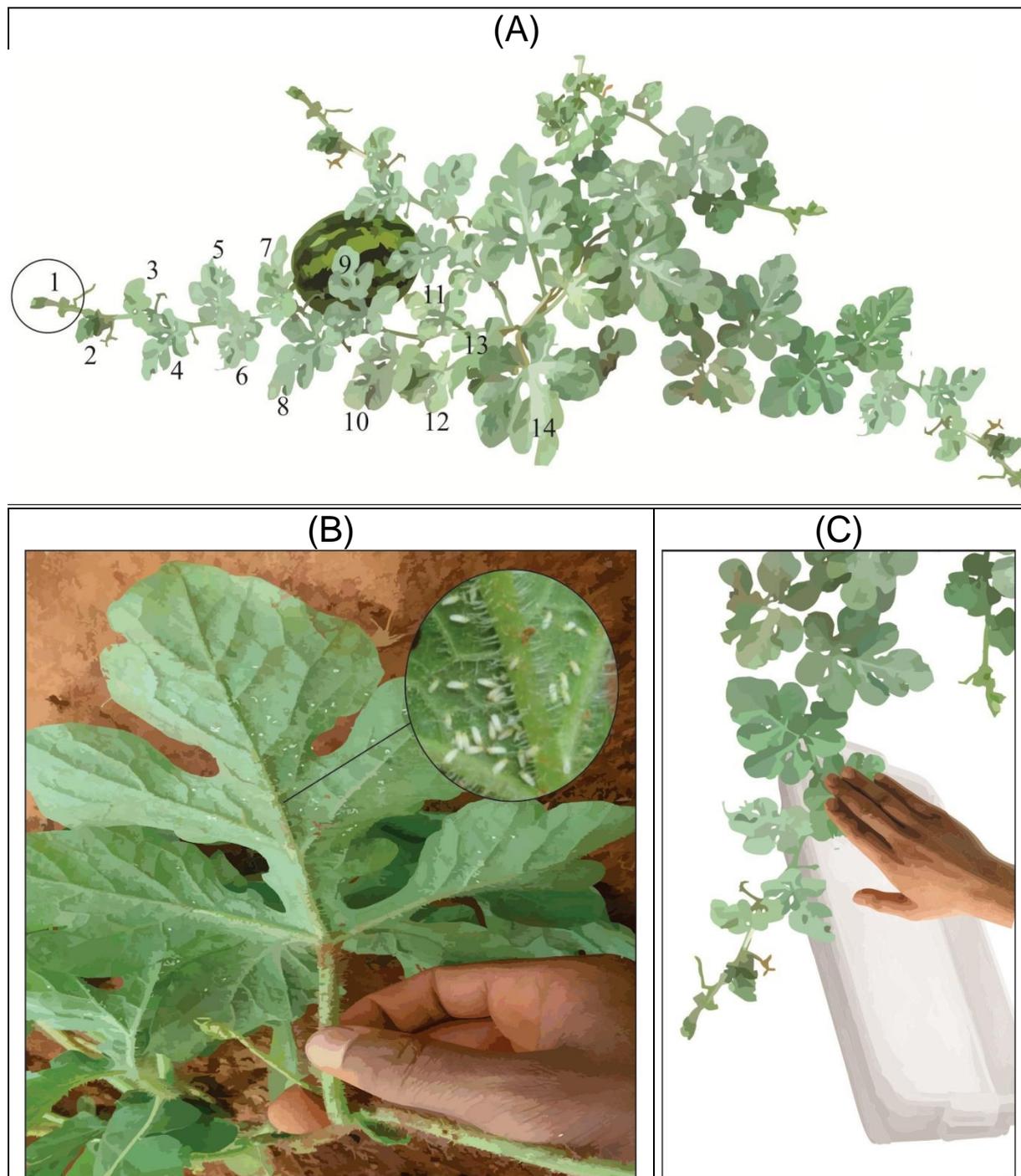
- Bacca, T., Lima, E. R., Picanço, M. C., Guedes, R. N. C., Viana, J. H. M. 2006. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Entomol Exp Appl**, v. 119, p. 39-45.
- Bacci, L., Picanço, M. C., Moura, M. F., Della Lucia, T. M. C., Semeão, A. A. 2006. Sampling plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and for hymenopteran parasitoids on cucumber. **J Econ Entomol**, v. 99, p. 2177-2184.
- Bacci, L., Picanço, M. C., Moura, M. F., Semeão, A. A., Fernandes, F. L., Morais, E. G. 2008. Sampling plan for thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. **Neotrop Entomol**, v. 37, p. 582-590.
- Binns, M. R., Nyrop, J. P., van der Werf, W., Werf, W. **Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides**. New York: CABI. 2000.
- Bliss, C. L., Owens, A. R. G. 1958. Negative binomial distributions with a common  $k$ . **Biometrika**, v. 45, p. 37-58.
- Bueno, A. F., Batistela, M. J., Bueno, R. C. O. F., França-Neto, J. B., Nishikawa, M. A. N., Libério Filho, A. 2011. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Prot**, v. 30, p. 937-945.
- CABI, 2016. Crop protection compendium. Wallingford, UK: CAB International. Disponível em: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/8927>. Acesso em: 24/03/2017.
- Castle, S., Naranjo, S.E. 2009. Sampling plans, selective insecticides and sustainability: the case for IPM as 'informed pest management'. **Pest Manag Sci**, v. 65, p. 1321-1328.
- Coutts, J., Gibb, D., McIntyre, G. 1998. Attitudes to integrated pest management. Sydney, Australian cotton industry.

- Greathead, A. H. Host plants. In: Cock, M. J. W. (Eds.). *Bemisia tabaci*: A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. . London: CAB International, 1986. p. 17-25.
- Gusmão, M. R., Picanço, M. C., Zanuncio, J. C., Silva, D. J. H., Barrigossi, J. A. F. 2005. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. **Sci Hort**, v. 103, p. 403-412.
- Leite, G. L. D., Picanço, M. C., Zanuncio, J. C., Gonring, A. H. R. 1998. Effect of fertilization levels, age and canopy height of *Lycopersicon* spp. on attack rate of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Agron Lusit**, v. 46, p. 53-60.
- Li, S. J., Xue, X., Ahmed, M. Z., Ren, S. X., Du, Y. Z., Wu, J. H., Qiu, B. L. 2011. Host plants and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. **Insect Sci**, v. 18, p. 101-120.
- Midgarden, D. G., Youngman, R. R., Fleischer, S. J. 1993. Spatial analysis of counts of western corn rootworm adults on yellow sticky traps in corn: geostatistics and dispersion indices. **Environ Entomol**, v. 22, p. 1124-1133.
- Mound, L. A., Halsey, S. H. 1978. **Whitefly of the world. A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data**. London: John Wiley and Sons, 1978.
- Moura, M. F., Picanço, M. C., Silva, E. M., Guedes, R. N. C., Pereira, J. L. 2003. Plano de amostragem do biótipo B de *Bemisia tabaci* na cultura do pepino. **Pesq agropec bras**, v. 38, p. 1357-1363.
- Moura, M. F., Picanço, M. C., Guedes, R. N. C., Barros, E. C., Chediak, M., Morais, E. G. F. 2007. Conventional sampling plan for the green leafhopper *Empoasca kraemeri* in common beans. **J Appl Entomol**, v. 131, p. 215-220.
- Pedigo, L. P. **Entomology and pest management**. New York: Macmillan, 1988.

- Pereira, P. S., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Lima, C. H. O., Santos, F. A., Silva, J., Santos, G. R., Picanço, M. C. 2016. Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. **Pest Management Science**, v. 73, n. 7, p. 1438-1445.
- Peshin, R. 2013. Farmers adoptability of integrated pest management of cotton revealed by a new methodology. **Agron Sustain Dev**, v. 33, p. 563-572.
- Picanço, M. C., Paula-Moraes, S. V., Moraes Júnior, A. R., Oliveira, I. R., Semeão, A. A., Rosado, J. F. 2004. Impactos financeiros da adoção de manejo integrado de pragas na cultura do tomateiro. **Acta Sci**, v. 26, p. 245-252.
- Pinto, C. B., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Pereira, P. S., Barbosa, B. G., Lima, C. H. O., Silva, N. R., Picanço, M. C. 2017. Standardized sampling plan for the Thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) on watermelon crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 2, p. 748-754.
- Rosado, J. F., Sarmiento, R. A., Pedro-Neto, M., Galdino, T. V., Marques, R. V., Erasmo, E. A. L., Picanço, M. C. 2014. Sampling plans for pest mites on physic nut. **Exp Appl Acarol**, v. 63, p. 521-534.
- Santos, G. R., Zambolim, L. **Tecnologias para produção sustentável de melancia no Brasil**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 267 p.
- Southwood, T. R. E. **Ecological methods: with particular reference to study of insect populations**. New York: Chapman and Hall, 1978.
- Stansly, P. A., Naranjo, S. E. *Bemisia: bionomics and management of a global pest*. London and New York: Springer, 2010.
- Tonhasca, A., Palumbo, J. C., Byrne, D. N. 1994. Distribution patterns of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cantaloupe fields in Arizona. **Environ Entomol**, v. 23, p. 949-954.

Young, L., Young, J. **Statistical ecology: a population perspective**. Boston: Kulwer, 1998.

## TABELAS E FIGURAS



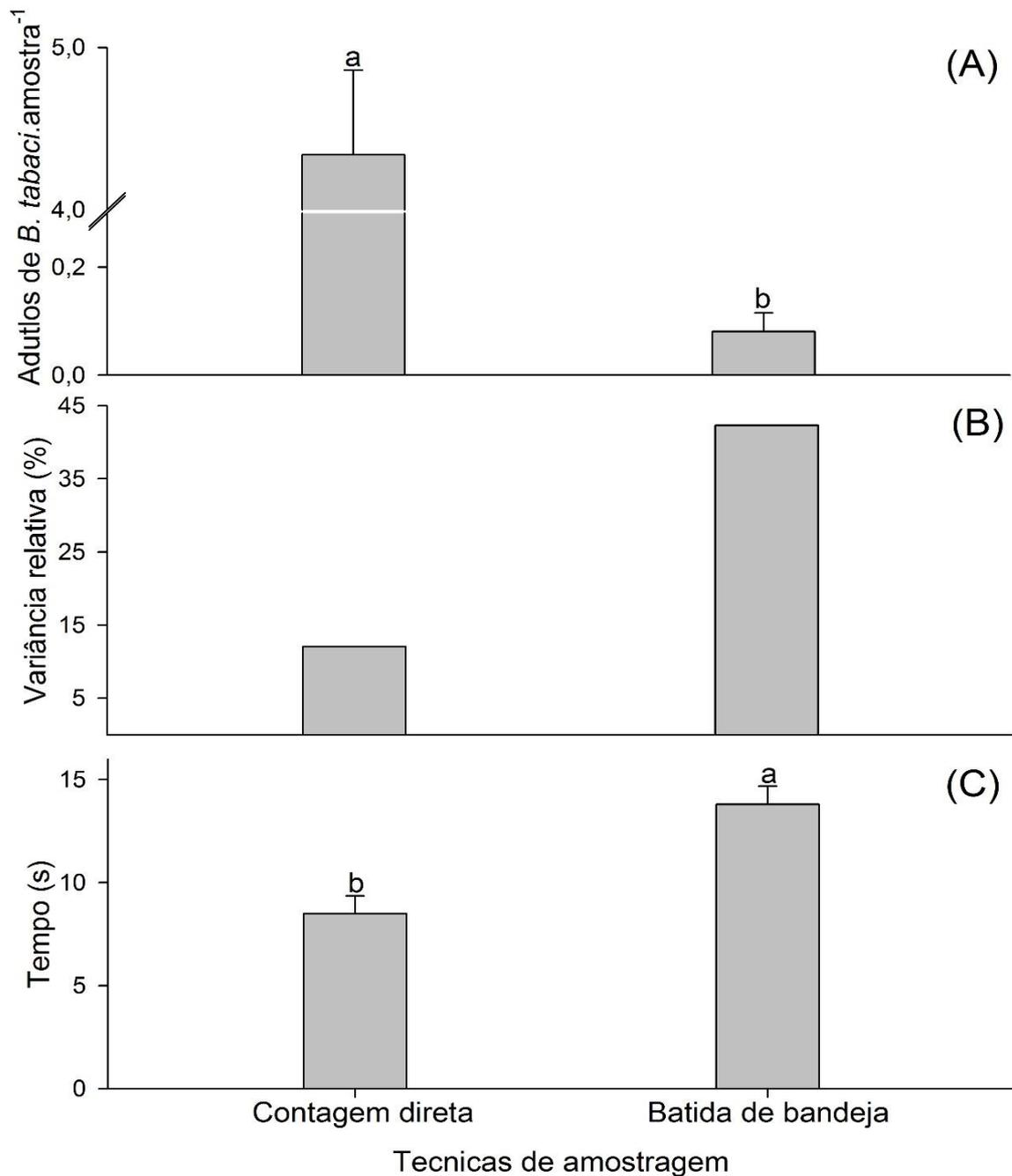
**Figura 1.** (A) Posição das de folhas nos ramos de planta de melancia, uso das técnicas de (B) contagem direta e (C) batida de folha em bandeja plástica na amostragem de adultos de *Bemisia tabaci*. O número um representa à folha mais apical do ramo e o maior número a folha mais basal do ramo

**Tabela 1.** Seleção da posição da folha de melancia a ser usada na amostragem de adultos de *Bemisia tabaci* em plantas na fase vegetativa, floração e frutificação: frequência de ocorrência da folha no ramo (Freq), densidade (média  $\pm$  erro), variância relativa (VR), coeficiente de correlação (r) das densidades relativas (adultos. folha<sup>-1</sup>) com a densidade absoluta (adultos. ramo<sup>-1</sup>) e coeficientes angulares (b) das curvas de regressão linear simples das densidades relativas em função da densidade absoluta

§ Posição da folha no ramo	Frequência (%)	Variáveis da amostragem de <i>B. tabaci</i>		
		Densidade	VR (%)	r
Plantas em fase vegetativa: densidade absoluta = 19.90 $\pm$ 1.68 adultos. ramo <sup>-1</sup>				
1	100	0.11 $\pm$ 0.04	36	0.07
2	100	0.51 $\pm$ 0.10	20	0.19
3	100	2.71 $\pm$ 0.43	16	0.37*
4	100	4.97 $\pm$ 0.49	10	0.60*
5	95	5.80 $\pm$ 0.70	12	0.77*
6	81	4.96 $\pm$ 0.64	13	0.63*
-----				
Plantas em floração: densidade absoluta = 48.12 $\pm$ 4.29 adultos. ramo <sup>-1</sup>				
1	100	0.01 $\pm$ 0.01	100	0.15
2	100	0.02 $\pm$ 0.01	70	0.07
3	100	0.30 $\pm$ 0.08	27	0.02
4	100	1.48 $\pm$ 0.26	18	0.25*
5	100	4.34 $\pm$ 0.52	12	0.45*
6	100	6.52 $\pm$ 0.72	11	0.63*
7	100	6.24 $\pm$ 0.60	10	0.66*
8	100	5.05 $\pm$ 0.53	11	0.59*
9	100	4.68 $\pm$ 0.52	11	0.60*
10	100	3.18 $\pm$ 0.36	11	0.41*
11	100	2.91 $\pm$ 0.41	14	0.56*
12	99	2.13 $\pm$ 0.28	13	0.49*
13	98	1.52 $\pm$ 0.19	12	0.55*
14	98	1.39 $\pm$ 0.27	19	0.51*
15	98	1.48 $\pm$ 0.24	16	0.66*
16	97	1.54 $\pm$ 0.27	18	0.78*
-----				
Plantas em frutificação: densidade absoluta = 68.04 $\pm$ 10.26 adultos. ramo <sup>-1</sup>				
1	100	0.04 $\pm$ 0.02	61	0.08
2	100	0.05 $\pm$ 0.03	52	0.20
3	100	0.54 $\pm$ 0.28	52	0.37*
4	100	1.06 $\pm$ 0.30	29	0.35*
5	100	1.78 $\pm$ 0.54	30	0.36*
6	100	2.23 $\pm$ 0.47	21	0.35*
7	100	2.19 $\pm$ 0.32	15	0.55*
8	100	2.37 $\pm$ 0.34	14	0.68*
9	100	2.10 $\pm$ 0.30	14	0.44*
10	100	2.93 $\pm$ 0.70	24	0.52*
11	100	2.39 $\pm$ 0.38	16	0.67*
12	100	2.19 $\pm$ 0.32	15	0.45*
13	100	3.44 $\pm$ 1.08	31	0.60*
14	100	4.39 $\pm$ 2.02	46	0.53*
15	100	3.39 $\pm$ 1.10	32	0.60*
16	100	4.11 $\pm$ 1.57	38	0.58*
17	100	2.58 $\pm$ 0.53	21	0.69*
18	99	3.07 $\pm$ 0.75	25	0.46*
19	99	1.89 $\pm$ 0.29	15	0.53*
20	99	2.17 $\pm$ 0.34	16	0.50*
21	97	2.13 $\pm$ 0.42	20	0.61*
22	97	1.85 $\pm$ 0.33	18	0.61*
23	97	1.81 $\pm$ 0.27	15	0.51*
24	97	1.68 $\pm$ 0.28	17	0.59*
25	97	1.68 $\pm$ 0.31	18	0.48*
26	96	1.46 $\pm$ 0.21	15	0.70*

§ 1, 2 e n = 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e enésima folha a partir do ápice do ramo, respectivamente. Na tabela só foram representadas as folhas com frequência de ocorrência no ramo maior que 80%.

\*Correlação significativa de acordo com o teste t a  $P < 0.05$ .



**Figura 2.** (A) Densidade (média  $\pm$  erro padrão), (B) variância relativa das densidades e (C) tempo de amostragem de adultos de *Bemisia tabaci* usando as técnicas de contagem direta e batida de folha em bandeja plástica. Os histogramas seguidos pela mesma letra minúscula possuem médias que diferem, entre si, de acordo com o teste F ( $P < 0.05$ ).

**Tabela 2.** Teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) entre as frequências observadas e esperadas pelas distribuições binomial negativa, Poisson e binomial positiva das densidades (média  $\pm$  erro) de adultos de *Bemisia tabaci* em lavouras de melancia com plantas nas fases vegetativa, floração e frutificação

Lavouras	Densidade	Binomial negativa		Poisson		Binomial positiva	
		$\chi^2$	GL	$\chi^2$	GL	$\chi^2$	GL
Plantas em fase vegetativa							
1	0.67 $\pm$ 0.06	5.3 <sup>NS</sup>	3	32.4*	4	4.4x10 <sup>5*</sup>	4
2	1.07 $\pm$ 0.07	3.4 <sup>NS</sup>	6	241.5*	7	6.0x10 <sup>7*</sup>	7
3	3.21 $\pm$ 0.21	12.2 <sup>NS</sup>	9	2.8x10 <sup>3*</sup>	10	2.2x10 <sup>18*</sup>	10
4	13.14 $\pm$ 0.73	43.9*	28	1.9x10 <sup>5*</sup>	29	1.2x10 <sup>42*</sup>	29
5	53.26 $\pm$ 2.55	27.5 <sup>NS</sup>	25	4.2x10 <sup>21*</sup>	26	1.5x10 <sup>5*</sup>	26
6	32.72 $\pm$ 1.37	71.4*	47	8.7x10 <sup>12*</sup>	48	5.4x10 <sup>28*</sup>	48
7	0.04 $\pm$ 0.01	1.3x10 <sup>-02NS</sup>	1	1.9x10 <sup>-2NS</sup>	2	1.9x10 <sup>2*</sup>	2
Plantas em floração							
8	1.23 $\pm$ 0.1	9.4 <sup>NS</sup>	7	5.x10 <sup>3*</sup>	8	2.3x10 <sup>7*</sup>	8
9	0.61 $\pm$ 0.05	3.7 <sup>NS</sup>	3	1.0x10 <sup>2*</sup>	4	3.8x10 <sup>5*</sup>	4
10	2.52 $\pm$ 0.2	42.8*	14	3.4x10 <sup>6*</sup>	15	9.1x10 <sup>13*</sup>	15
11	11.87 $\pm$ 0.52	31.1 <sup>NS</sup>	21	4.2x10 <sup>4*</sup>	22	1.6x10 <sup>9*</sup>	22
12	13.97 $\pm$ 0.54	3.2x10 <sup>-2NS</sup>	3	1.2x10 <sup>3*</sup>	4	5.9x10 <sup>6*</sup>	4
13	0.03 $\pm$ 0.01	1.3 <sup>NS</sup>	1	28.3*	1	1.2x10 <sup>2*</sup>	1
14	0.01 $\pm$ 0.01	3.3x10 <sup>-5NS</sup>	1	3.0x10 <sup>4NS</sup>	1	42.3*	1
Plantas em frutificação							
15	0.56 $\pm$ 0.06	5.1 <sup>NS</sup>	4	1.3x10 <sup>3*</sup>	5	4.7x10 <sup>4*</sup>	5
16	0.45 $\pm$ 0.05	2.1 <sup>NS</sup>	4	5.5x10 <sup>2*</sup>	5	2.7x10 <sup>3*</sup>	5
17	4.63 $\pm$ 0.35	47.4*	12	1.5 x10 <sup>3*</sup>	13	5.4x10 <sup>36*</sup>	13
18	1.15 $\pm$ 0.11	12.5 <sup>NS</sup>	6	3.5 x10 <sup>2*</sup>	7	2.9x10 <sup>06*</sup>	7
19	0.67 $\pm$ 0.07	2.1 <sup>NS</sup>	5	5.9 x10 <sup>2</sup>	6	1.9x10 <sup>5*</sup>	6
20	0.06 $\pm$ 0.02	1.4 <sup>NS</sup>	1	97.8*	2	3.2x10 <sup>5*</sup>	2
21	0.08 $\pm$ 0.02	0.3 <sup>NS</sup>	1	54.3*	2	4.1x10 <sup>5*</sup>	2

<sup>NS</sup>Não-significativo. \*Significativo a 5% de probabilidade. GL= Graus de liberdade.

**Tabela 3.** Análise de variância dos dados de densidades de adultos de *Bemisia tabaci* para verificação do parâmetro de dispersão da distribuição binomial negativa comum ( $K_{\text{comum}}$ )

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F (calculado)	P
Inclinação 1/kc	1	591.3	591.3	52.38*	<0.0001
Interceptação	1	2.9	2.9	0.26 <sup>NS</sup>	0.1058
Erro	18	203.4	11.3		

$K_{\text{comum}} = 1.1324$

<sup>NS</sup>Não-significativo. \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL= Grau de liberdade. SQ= Soma dos quadrados. QM= Quadrado médio.

**Tabela 4.** Número de amostras, tempo e custo requeridos para a amostragem de adultos de *Bemisia tabaci* em cultivos de melancia em função erro máximo admitido neste processo

Erro (%)	Número de amostras	Amostragem	
		Tempo	Custo (R\$)
5	412	3h 45min	28,38
10	103	56min	7,10
15	46	25min	3,17
20	26	14min	1,79
25	17	9min	1,18

## Capítulo 2: Dinâmica da colonização espaço-temporal de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) em cultivos comerciais de melancia

**RESUMO** - Os estudos de dinâmica espaço-temporal das pragas na lavouras possibilitam a determinação do padrão de colonização e dispersão destes insetos na paisagem. A geoestatística é uma ferramenta eficiente a ser usada nestes estudos por determinar o padrão de distribuição espacial da praga nas lavouras e confeccionar mapas que representem esta situação. A análise destes mapas ao longo do desenvolvimento das plantas é uma ferramenta que pode ser utilizada em programas de agricultura de precisão, já que neles é possível localizar os locais onde devem ser tomadas decisões de controle da praga. A melancia (*Citrullus lanatus*) é a segunda fruta mais consumida no mundo e a mosca branca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) é uma praga mais importantes desta cultura. Assim, este trabalho teve por objetivo determinar a distribuição espaço-temporal de *B. tabaci* em lavouras comerciais de melancia usando geoestatística. Durante dois anos nós monitoramos a densidade de adultos de *B. tabaci* em oito cultivos de melancia em região de clima tropical. A localização das amostras e de outras lavouras na paisagem foram georreferenciadas. Os dados experimentais foram submetidos à análise por geoestatística. A colonização dos cultivos por *B. tabaci* teve dois padrões. No primeiro a colonização iniciou pelas partes externas da lavoura. Já no segundo, desde o início do cultivo os insetos ocuparam toda a área da lavoura. A distância máxima entre locais das lavouras de melancia em que ocorreu dependência espacial das densidades *B. tabaci* foi cerca de até 20 m. A existência de plantas hospedeiras na paisagem foram fonte de infestação de *B. tabaci* para as lavouras de melancia. O ataque de *B. tabaci* diminui com o desenvolvimento das plantas de melancia.

**Palavras-chave:** *Citrullus lanatus*; colonization; dispersal; geostatistics; landscape ecology; precision agriculture.

## **Chapter 2: Dynamics of space-temporal colonization of whitefly (*Bemisia tabaci*) in commercial crops of watermelon**

**ABSTRACT** – The spatiotemporal dynamics studies of the pests in the plantations make possible the determination of the colonization pattern and dispersion of these insects in the landscape. Geostatistics is an efficient tool to be used in these studies to determine the spatial distribution pattern of the pest in the crops and to make maps that represent this situation. The analysis of these maps throughout the development of the plants is a tool that can be used in precision agriculture programs, since in them it is possible to locate the places where pest control decisions must be made. Watermelon (*Citrullus lanatus*) is the second most consumed fruit in the world and the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) is one of the most important pests of this crop. Thus, this work aimed to determine the spatiotemporal distribution of *B. tabaci* in commercial watermelon crops using geostatistics. For two years we monitored the adult density of *B. tabaci* on eight watermelon crops in a tropical climate region. The location of the samples and other crops in the landscape were georeferenced. The experimental data were submitted to geostatistical analysis. The colonization of the cultures by *B. tabaci* had two standards. In the first colonization began by the external parts of the crop. Already in the second, from the beginning of the crop the insects occupied the whole area of the crop. The maximum distance between sites of watermelon crops in which spatial dependence of *B. tabaci* densities occurred was up to 20 m. The existence of host plants in the landscape were a source of *B. tabaci* infestation for watermelon crops. The attack of *B. tabaci* decreases with the development of watermelon plants.

**Keywords:** precision agriculture; dispersal; Maps; Geostatistics.

## INTRODUÇÃO

Entre os vários insetos que acometem cultivos de melancia na atualidade a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) causa perda considerada de produção em lavouras comerciais. Acometendo várias outras culturas e ocorrendo em climas temperado, subtropical e tropical (Oliveira et al., 2001; Santos e Zambolim, 2011; Abrahamian e Abou-jawdah, 2014). A mosca-branca é citada como transmissora de vírus e causadora de desordens fisiológicas pela injeção de toxina, provocando redução na produtividade das culturas como abobora, melancia e tomate. Abortamento de flores e diminuição do grau *Brix*, pela interferência na fotossíntese e deficiência na translocação de açúcares, também pode ser consequências de infestações dessa praga (Wintermantel, 2004; Gusmão et al. 2005; Stansly e Naranjo, 2010).

A redução na produtividade das culturas como as cucurbitáceas tem relação direta com o tempo de infestação, com a densidade do inseto na planta e com a susceptibilidade e desenvolvimento de doenças (Peterson e Higley, 2000; Bellotti e Arias, 2001; Moura et al. 2003; Pereira et al., 2016). Em pepino (*Cucumis sativus*) já foram relatadas diminuição do rendimento da produção de 30-50% e de melão (*Cucumis melo*) em até 80% devido ao ataque da mosca-branca. Em melancia (*Citrullus lanatus*) a perda chega a cerca de 80% dependendo da fase fenológica e densidade de plantio da cultura (Abrahamian e Abou-jawdah, 2014, Pereira et al., 2016 e Capítulo 2).

Na cultura de melancia as viroses que ocorrem com mais frequência são as da família *Geminivirus* do gênero *Begomovirus* (Calegario, et al. 2007) e ainda o gênero *Carlavirus* da família *Flexiviridae* (Abrahamian e Abou-jawdah, 2014). Associação de vírus infectando melancia também já foram relatadas, como o *Melonyellowing-associated virus* (MYaV) (Nagata et al, 2005). Todos estes vírus são

transmitidos por mosca-branca. Os vírus que tem associação com a mosca-branca são transmitidos aos insetos de forma semi-persistente e podem se espalhar rapidamente pelo cultivo dependendo da mobilidade da praga (Glick e Noble, 1961; Abrahamian e Abou-jawdah, 2014).

Desse modo compreender a dinâmica espaço temporal desse importante vetor e seu mecanismo de dispersão ajudará a aumentar e melhorar as estratégias de manejo integrado para esta praga (Vieira et al., 1983, Oliver e Webster, 1990; Galdino et al., 2017). Recursos recentes têm tornado técnicas como a geoestatística ferramentas eficientes e estão cada vez mais acessíveis (Galdino et al., 2017). Esta ferramenta estatística utiliza um método que caracteriza a variação espacial, comparando as semelhanças entre pontos distantes e próximos (Matheron, 1963; Isaaks e Srivasta, 1989). Com os resultados obtidos através desta técnica, é possível a confecção de mapas com o zoneamento das diferentes densidades da praga na lavoura. A sequência destes mapas ao longo do cultivo pode indicar pontos que demandam uma atenção maior para aplicação de táticas de controle e ainda descrever o padrão de colonização da praga estudada no espaço e ao longo do tempo.

Com este estudo objetivou-se avaliar e descrever a distribuição espaço-temporal da ocorrência de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) em cultivos comerciais de melancia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Condições experimentais**

Este estudo foi realizado nos anos de 2014 e 2015, em um total de 6 lavouras comerciais de melancia da variedade Manchester em Formoso do Araguaia - TO (11°47'48"S, 49°31'44"O, 215 m de altitude e clima tropical com inverno seco).

As áreas avaliadas estão relacionadas na Figura 1. O sistema de irrigação utilizado foi o de superfície. O espaçamento entre linhas foi de 2,80m e 1,45m entre plantas. As plantas foram submetidas às técnicas de manejo recomendadas para a cultura (Santos e Zambolim, 2011). Os dados climáticos foram fornecidos pela estação meteorológica local, vinculada ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Figura 2).

As densidades de moscas-branca foram avaliadas usando a técnica de contagem direta na 6ª folha a partir do ápice do ramo, conforme Lima et al., (2017). A avaliação da densidade da praga foi realizada uma vez para cada estadio fenológico (vegetativo, florescimento e frutificação) em 300 plantas por cultivo.

As plantas foram georreferenciadas de maneira a obter pontos sistematizados de amostragem, com grid regular (Lima et al. 2017). Calculou-se a densidade e o erro padrão da praga para cada estadio avaliado, em cada uma das lavouras (Figura 1).

### **Análise espacial da colonização de mosca-branca em cultivos de melancia.**

Os mapas de distribuição do inseto para cada lavoura e fase de desenvolvimento da cultura foram gerados com ajuda do Software GS+ (versão de avaliação). Os parâmetros adquiridos pela confecção do semivariograma que

antecipou a confecção dos mapas de distribuição do inseto em cada situação é utilizada para escolha dos melhores modelos estatísticos e validação destes modelos.

Neste tipo de análise o semivariograma é utilizado para avaliar a dependência espacial dos dados, ou seja, entre dois ou mais pontos amostrados (Figura 3) (Matheron, 1963). O semivariograma é calculado a partir dos dados amostrados originalmente que revelará as diferenças entre pares de pontos amostrados em relação às distâncias. Essa diferença entre pares de pontos amostrados em relação às distâncias é o peitoril ( $C_0+C$ ) (Vieira et al., 1983; Warrick e Myers, 1987; Isaaks e Srivasta, 1989). Este procedimento é usado para ajustar o semivariograma teórico (Figura 4) (Warrick e Myers, 1987; Rijal et al., 2014).

Caso a semivariância for crescente, isso significa que existe uma relação de dependência espacial, com o inseto estudado e os pontos amostrados (Figuras 3 e 4). Depois de certa distância, a linha de comportamento do semivariograma torna-se uma constante. O ponto exato onde o semivariograma torna-se uma constante é indicado pelo valor do patamar (C).

Já a distância equivalente do patamar (C) até o eixo (y) é representado pelo alcance (A). Este valor identifica o quanto a densidade do inseto em um ponto amostrado interfere na população de inseto em outro ponto. A altura que o intercepto cruza o eixo (y), chamamos de efeito pepita ( $C_0$ ) (Matheron, 1963; Vieira et al., 1983; Isaaks e Srivasta, 1989; Liebhold et al., 1993). Tanto o efeito pepita e intervalo do peitoril foram calculados para cada um dos modelos.

A isotropia e anisotropia dos dados também foram analisadas em todas as direções no plano cartesiano, (0, 45, 90 e 135°) (Figura 3). A dependência espacial foi a mesma em todas as direções (Matheron, 1963; Isaaks e Srivasta, 1989). Os modelos ajustados foram o esférico, exponencial e Gaussiano (Vieira et al., 1983). Todos os

três modelos foram ajustados para cada densidade de *Bemisia tabaci* em cada um dos cultivos nos diferentes estádios fenológicos da cultura.

Após realizarmos a validação cruzada, os parâmetros  $\beta_0$  (intercepto) e  $\beta_1$  (inclinação) foram obtidos para o ajuste dos modelos de regressão linear. Os valores dos interceptos estão descritos na Tabela 1 (Vieira et al., 1983; Liebhold et al., 1993). Para a confecção dos mapas, foi realizada a regressão linear entre os valores observados e os estimados pelo modelo de semivariograma (Vieira et al., 1983; Oliver e Webster, 1990). A soma residual dos quadrados (SQR) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) também foram utilizados para a validação dos modelos.

Então, os modelos escolhidos foram aqueles com os interceptos menores, maiores inclinações, menores somas residuais de quadrados e maiores coeficientes de regressão (Liebhold et al., 1993; Galdino et al., 2017).

Finalmente, determinou-se o grau de dependência espacial pela relação entre o efeito pepita e o peitoril  $[C/(C_0+C)]$  para as densidades populacionais do inseto de acordo com cada ponto georreferenciado (Vieira et al., 1983; Oliver e Webster, 1990; Cambardella et al., 1994).

### **Distribuição espacial de *B. tabaci* de acordo com os níveis de dano estimados para este inseto em cultivos de melancia.**

Usamos o nível de dano econômico para mosca-branca nestes cultivos de melancia determinadas no capítulo 2 (Tabela 3), para confecção de um segundo mapa de distribuição deste inseto. Esta relação foi elaborada para que fosse possível notar o nível de infestação do inseto pela capacidade deste em provocar prejuízo econômico.

## RESULTADOS

Foram processados cerca de 72 modelos, os melhores para cada cultivo foram selecionados (Tabela1). Dos modelos escolhidos, dez foram exponenciais, quatro gaussianos e dois esféricos. Todos os modelos apresentaram isotropia.

Os ajustes dos modelos dos semivariogramas indicaram existir dependência espacial na ocorrência de *B. tabaci*. O grau de dependência espacial (GDE) dos modelos variaram de 0,0003 a 0,5. Dos modelos, selecionados 4,17% apresentaram efeito pepita bruto. Já os modelos que apresentaram alto grau de dependência espacial foram 87,50%. E apenas 8,33% dos modelos apresentaram moderado grau de dependência espacial (Tabela 1).

Outro parâmetro testado foi o alcance. O parâmetro alcance mede a capacidade do inseto em colonizar novas plantas. No cultivo A o alcance foi de 1,8 a 6,6m. Já no cultivo B o alcance foi de 4,2 a 11,4m e no cultivo C foi de 2,5 a 19,7 m. No cultivo D o alcance foi de 2,70 a 4,24 m e no cultivo E de 3,30 a 6,58 m. Já no cultivo F este alcance foi de 2,20 a 8,40 m e no cultivo G 6,41 a 10,80m. Por fim no cultivo H o alcance variou de 3,46 a 6,58m.

As maiores intensidades de ataque da *B. tabaci* foram nos cultivos C e D correspondentes ao final da época chuvosa na região, com ocorrência de veranicos. A vegetação circundante às áreas cultivadas era de pastagem e cerrado. Intensidades de ataque intermediárias foram verificadas nas áreas A e B, caracterizada pelo início do inverno seco. Já as áreas E e F, tiveram as mais baixas intensidades de ataque de *B. tabaci*. Este cultivo foi realizado no outono, quando a umidade e temperatura da região começa a diminuir.

Analisando as isolinhas coloridas de acordo com a densidade de *B. tabaci* no mapa de distribuição, nota-se que a distribuição dos insetos foi agregada. E a

colonização das áreas se dá principalmente pelas bordaduras para o centro dos cultivos e sempre a favor do vento (Figura 1 e Figura 5). Observando no mapa o centro dos cultivos, nota-se que a população de *B. tabaci* tem migrado constantemente para os cultivos de melancia e que também podem ocorrer do centro para as bordaduras. E esta população de *B. tabaci* tem se mantido em altas densidades na vegetação vizinha. Pelos mapas foi possível identificar os locais de maiores problemas nas lavouras. Identificar estes locais é importante para concentrar as medidas de controle e amostragem de pragas nestes pontos.

## **DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos neste estudo fornecem informações importantes para o manejo de *B. tabaci* com base na previsão meteorológica e informações sobre a suscetibilidade das plantas. Este estudo demonstra pela primeira vez o padrão de colonização de *B. tabaci* em cultivos de melancia em campo aberto.

A partir dos modelos selecionados foi possível observar que as populações deste inseto são altamente influenciadas pelas populações vizinhas em uma distância de até 20m (Tabela 1). Este alcance de voo é considerado baixo, porém *B. tabaci* consegue percorrer esta distância em questão de horas (Van Lenteren e Noldus, 1990). O fato de ter recursos abundantes nas proximidades dos pontos amostrados pode ter contribuído para que o inseto não se disperse muito e isso pode ter contribuído para estes valores de alcances baixos. Há relato na literatura de mosca-branca voando até 300m metros de altitude amostrada de avião (Glick e Noble, 1961). O inseto é uma praga de grande mobilidade e pode se espalhar por toda lavoura e

umentar os perdas de produção pela sucção de seiva, injeção de toxinas e vírus. O problema com este tipo de praga é agravado com a intensificação da agricultura convencional, abundância de plantas espontâneas susceptíveis e falta de inimigos naturais (Van Lenteren e Noldus, 1990). Atualmente o cultivo nesta região é intensivo e realizado duas vezes por ano na mesma área, com sucessão de culturas.

Os modelos escolhidos para *B. tabaci* foram isotrópicos e indicam padrão de dispersão agregada em todas as direções, porém as dispersões do inseto é favorecida pelo vento. Lima et al. (2017), verificaram a existência de um padrão de colonização agregado de *B. tabaci* em 80 % dos cultivos comerciais de melancia se ajustaram a binomial negativa. Matematicamente, isso ocorre segundo Pieters e Sterling, (1973) quando existe heterogeneidade na probabilidade de ocorrência da praga, onde a presença de um indivíduo em uma unidade aumenta a chance de ocorrência de outro indivíduo na amostra próxima. E o processo da nascimento, morte ou imigração é constante ao longo do tempo. Ecologicamente, feromônios, cairomônios, assim como o comportamento da praga de ovipositar áreas restritas espacialmente podem contribuir para explicar o fenômeno (Pieters e Sterling, 1973). Acrescentamos aqui que a grande oferta de alimento e nenhuma diversidade de planta em monocultivos, também podem explicar a ocorrência de padrões agregados, seguidos de grandes populações em lavouras vizinhas.

Na Figura 1 percebe-se campos de soja, pastagem, cerrado e outros cultivos de melancia sobrepondo cultivos de arroz e soja. Desse modo para manter o sistema agrícola produtivo é necessário amostrar estes insetos com planos de amostragem eficientes (Pereira et al., 2016, Lima et al., 2017 Capítulo 2). Assim, como realizar o manejo do cultivo integrando diferentes táticas de controle (Bacci et al., 2006; Bacci et al., 2008; Lima et al., 2014) como a rotação de culturas (Pereira et al., 2017).

Para ajudar nas estratégias de controle de pragas os mapas de colonização desses insetos estão sendo muito estudados na agricultura de precisão com a finalidade de concentrar esforços no problema e diminuir o custo de controle. Uma das estratégias de controle de pragas é a época de cultivo.

A densidade de *B. tabaci* variou de acordo com as épocas de cultivo. Nos cultivos em épocas chuvosas e final das chuvas as densidades do inseto foram mais altas do que nas épocas com ausência de chuva. A época chuvosa na região de estudo é marcada por muitos veranicos o que pode ter contribuído para o aumento da população de *B. tabaci*, mesmo considerando a chuva um componente climático que favorece a mortalidade de pragas, isso não foi notado neste estudo (Peterson e Higley, 2000; Capítulo 4). Outro ponto a ser considerado é que as populações da praga poderiam ser muito grandes nos cultivos vizinhos e favorecendo altas populações nas datas em que os cultivos foram avaliados.

Estes insetos apresentam padrões sazonais de flutuação populacional causando variações de suas densidades ao longo do tempo. Ou seja, apresentam picos populacionais em resposta a variações dos fatores ambientais, especialmente os climáticos e da própria planta hospedeira que fornecem abrigo e alimento (Southwood, 1962; Byrne e Bellows Jr, 1991; Schowalter, 2006). Turechek et al. (2014) cita que a melancia é altamente susceptível as espécies de moscas-branca e a vírus por esta transmitida. Fatores como a arquitetura da planta podem explicar a suscetibilidade da planta ao inseto. Como, folhas mais jovens com razoável quantidade de tricomas (Peterson e Higley, 2000; Van Lenteren e Noldus, 1990 e Lima et al., 2017). Assim, como fatores genéticos que respondem por fatores fisiológicos de atração e suscetibilidade (Pair e Bruton, 1998). A mosca-branca pode transmitir além de vírus, toxinas que causam deformações e debilitam a planta. A alta suscetibilidade da melancia foi demonstrada em estudo realizado no capítulo 2 e

Tabela 2, onde os níveis de dano econômico estimados para *B. tabaci* nesta cultura foi baixa, com média de 0,19 insetos por amostra. Isto significa que mesmo com densidades muito baixas os insetos ainda conseguem provocar grandes perdas de produção.

Essas informações são relevantes, para podermos tratar pontualmente cada local de cultivo, tendo para isso inclusive parâmetros econômicos e de produção (Figura 5). Tratar pontualmente cada local do cultivo, é uma das premissas da agricultura de precisão onde concentrar esforços em locais específicos é possível aprimorar táticas de controle e reduzir custos (Schueller, 1992).

## **CONCLUSÃO**

As populações de *Bemisia tabaci* apresentaram alto grau de dependência espacial. O alcance máximo da interferência da população de *B. tabaci* sobre um outro ponto amostrado foi de 20 metros. Essa deve ser a distância mínima entre os pontos de amostragem de *B. tabaci*. Essa distância de dependência espacial pode variar em razão da abundância de recursos e dos fatores climáticos. A distribuição das densidade de *B. tabaci* nas lavouras confirmam que a distribuição dessa praga é agregada. Com procedimentos de geoestatística foi possível desenhar mapas, que auxiliam na identificação de pontos com altas densidades da praga e que sugerem maior atenção em se tratando de táticas de controle. A colonização dos cultivos por *B. tabaci* se dá principalmente pelas bordaduras mas podem ocorrer infestação primeiramente nos centros dos cultivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahamian, P. E., Abou-jawdah, Y. 2014. Whitefly-transmitted criniviruses of cucurbits: current status and future prospects. **Virus Disease**, v. 25, n. 1, p. 26-38.
- Bacci, L., Picanço, M. C., Moura, M. F., Della Lúcia, T. M., Semeão, A. A. 2006. Sampling plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and for hymenopteran parasitoids on cucumber. **Journal of economic entomology**, v. 99, n 6, p. 2177-2184.
- Bacci, L., Picanço, M. C., Moura, M. F., Semeão, A. A., Fernandes, F. L., Morais, E. G. 2008. Sampling plan for thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. **Neotropical entomology**, v. 37, n 5, p. 582-590.
- Bellotti, A. C., Arias, B. 2001. Host plant resistance to whiteflies with emphasis on cassava as a case study. **Crop Protection**, v. 20, n. 9, p. 813-823.
- BERLINGER, M. J. Host plant resistance to *Bemisia tabaci*. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 17, n. 1-2, p. 69-82, 1986.
- Byrne, D. N., Bellows Jr, T. S. 1991. Whitefly biology. **Annual review of entomology**, v. 36, n. 1, p. 431-457.
- Calegario, R. F., Ferreira, S. D. S., Andrade, E. C. D., Zerbini, F. M. 2007. Characterization of *Tomato yellow spot virus*, a novel tomato-infecting begomovirus in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1335-1343.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Novak, J. M., Turco, R. F., Konopka, A. E. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil science society of America journal**, v. 58, n. 5, p. 1501-1511.
- Galdino, T. V. S., Ferreira, D. D. O., Santana Júnior, P. A., Arcanjo, L. D. P., Queiroz, E. A., Sarmiento, R. A., Picanço, M. C. 2017. The Role of the Beetle *Hypocryphalus mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae) in the Spatiotemporal Dynamics of Mango Wilt. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 3, p. 865-874.

- Glick, P. A.; Noble, L. W. **Airborne movement of the pink bollworm and other arthropods**. US Department of Agriculture, 1961.
- Gusmão, M. R., Picanço, M. C., Zanuncio, J. C., Silva, D. J. H., Barrigossi, J. A. F. 2005. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. **Sci Hort**, v. 103, p. 403-412.
- Isaaks, E. H., Srivastava, R. M. **Applied geostatistics**. Oxford University Press, 1989.
- Liebhold, A. M.; Rossi, R. E.; Kemp, W. P. 1993. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. **Annual review of entomology**, v. 38, n. 1, p. 303-327.
- Lima, C. H. O., Sarmento, R. A., Rosado, J. F., Silveira, M. C. A. C., Santos, G. R., Pedro Neto, M., Erasmo, E. A. L., Nascimento, I. R., Picanço, M. C. 2014. Efficiency and economic feasibility of pest control systems in watermelon cropping. **Journal of Economic Entomology**, v.107, n.3, p.1118-1126.
- Lima, C. H. O., Sarmento, R. A., Pereira, P. S., Galdino, T. V. S., Santos, F. A., Silva, J. and Picanço, M. C., 2017, Feasible sampling plan for *Bemisia tabaci* control decision-making in watermelon fields. **Pest. Manag. Sci.** DOI:10.1002/ps.4621.
- Matheron, G. 1963. Principles of geostatistics. **Economic geology**, v. 58, n. 8, p. 1246-1266.
- Moura, M. F., Picanço, M. C., da Silva, E. M., Guedes, R. N. C., Pereira, J. L. 2003. Plano de amostragem do biótipo B de *Bemisia tabaci* na cultura do pepino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 12, p. 1357-1363.
- Nagata, T., Alves, D. M. T., Inoue-Nagata, A. K., Tian, T.Y. Kitajima, E. W., Cardoso, J. E., Ávila, A. C., 2005. A novel melon flexivirus transmitted by whitefly. **Archives of virology**, v. 150, n. 2, p. 379-387.

- Oliveira, M. R. V., Henneberry, T. J., Anderson, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop protection**, v. 20, n. 9, p. 709-723.
- Oliver, M. A., Webster, R. 1990. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. **International Journal of Geographical Information System**, v. 4, n. 3, p. 313-332.
- Pair, S. D., Bruton, B. D. Relationship of watermelon genotype and ploidy to incidence of yellow vine disease. In: **Cucurbitaceae Proceedings**. 1998.
- Pieters, E. P. e Sterling, W. L., (1973) Inferences on the dispersion of cotton arthropods in Texas. **Environmental Entomology**, v. 2, n. 5, p. 863-868.
- Pereira, P. S., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Lima, C. H. O., Santos, F. A., Silva, J., Santos, G. R., Picanço, M. C. 2016. Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. **Pest Management Science**, v. 73, n. 7, p. 1438-1445.
- Pereira, A. S., Santos, G. R., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Lima, C. H. O., Picanço, M. C., 2017. Key factors affecting watermelon yield loss in different growing seasons. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 205-212.
- Peterson, R. K. D, Higley, L. G. **Biotic stress and yield loss**. CRC Press, 2000.
- Rijal, J. P., Brewster, C. C., Bergh, J. C. 2014. Spatial distribution of grape root borer (Lepidoptera: Sesiidae) infestations in Virginia vineyards and implications for sampling. **Environmental entomology**, v. 43, n. 3, p. 716-728.
- Santos G, R., Zambolim, L. **Tecnologias para produção sustentável de melancia no Brasil**. Visconde do Rio Branco:Suprema. 2011. 267 p.
- Schowalter, T. D. **Insect ecology: an ecosystem approach**. Academic Press, 2016.
- Schueller, J. K. 1992. A review and integrating analysis of spatially-variable control of crop production. **Fertilizer Research**, v. 33, n. 1, p. 1-34.

- Southwood, T. R. E. 1962. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. **Biological reviews**, v. 37, n. 2, p. 171-211.
- Stansly, P. A., Naranjo, S. E. **Bemisia: bionomics and management of a global pest**. London and New York: Springer, 2010.
- Turechek, W. W., Roberts, P. D., Stansly, P. A., Webster, C. G., Kousik, C. S., Adkins, S. 2014. Spatial and Temporal Analysis of Squash vein yellowing virus Infections in Watermelon. **Plant Disease**, v. 98, n. 12, p. 1671-1680.
- Van Lenteren, J. C., Noldus, L. P. J. J. Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. In: Gerling, D. **Whiteflies: their bionomics, pest status and management**, 1990. p. 47-89.
- Vieira, S. R. J. L. Hatfield, J., Nielsen, D., Biggar, J. 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **California Agriculture**, v. 51, n. 3, p. 1-75.
- Warrick, A. W., Myers, D. E. 1987. Optimization of sampling locations for variogram calculations. **Water Resources Research**, v. 23, n. 3, p. 496-500.
- Wintermantel, W. M. 2004. Pumpkin (*Cucurbita maxima* and *C. pepo*), a new host of Beet pseudo yellows virus in California. **Plant Disease**, v. 88, n. 1, p. 82-82.

TABELAS E FIGURAS

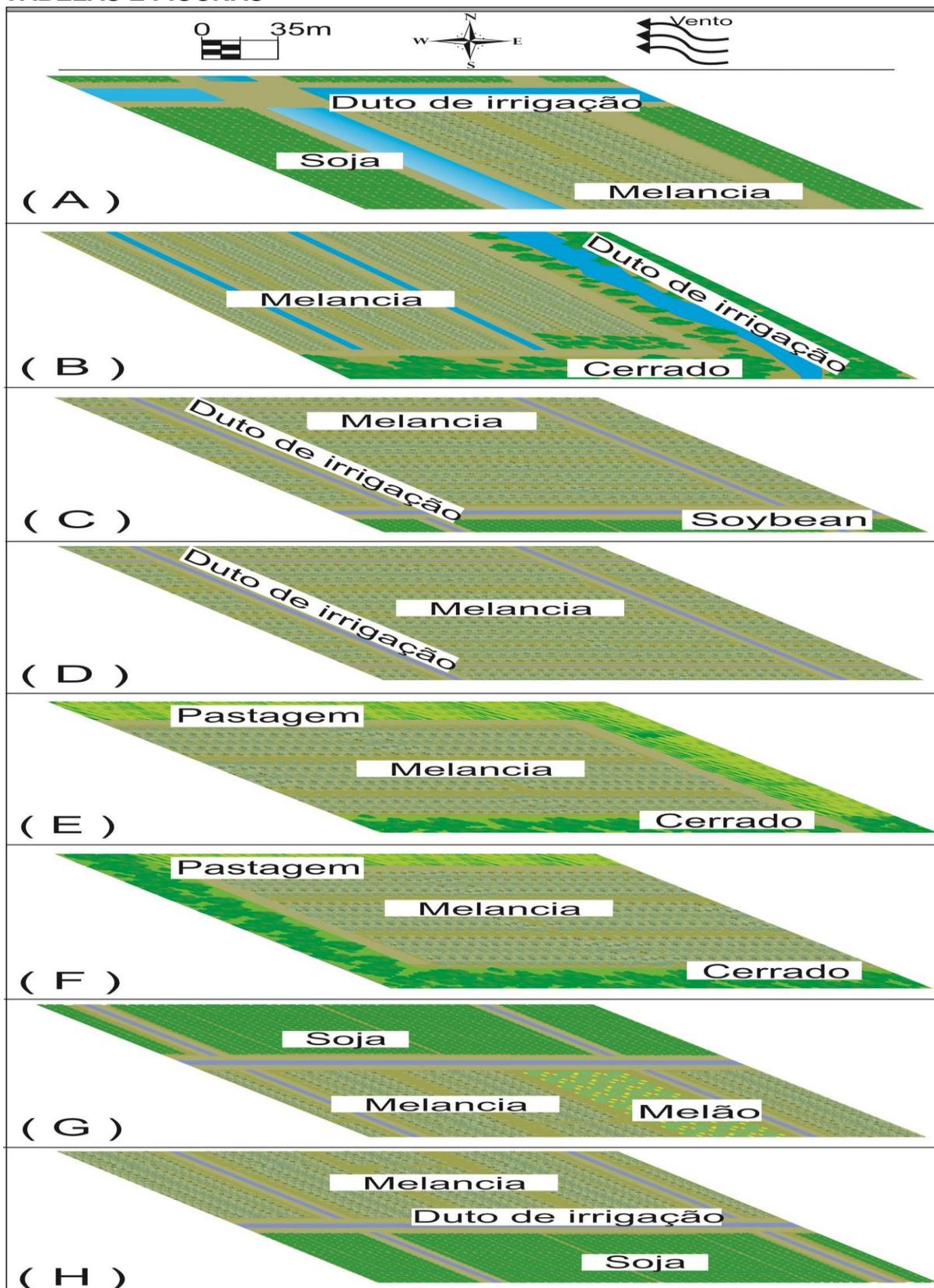
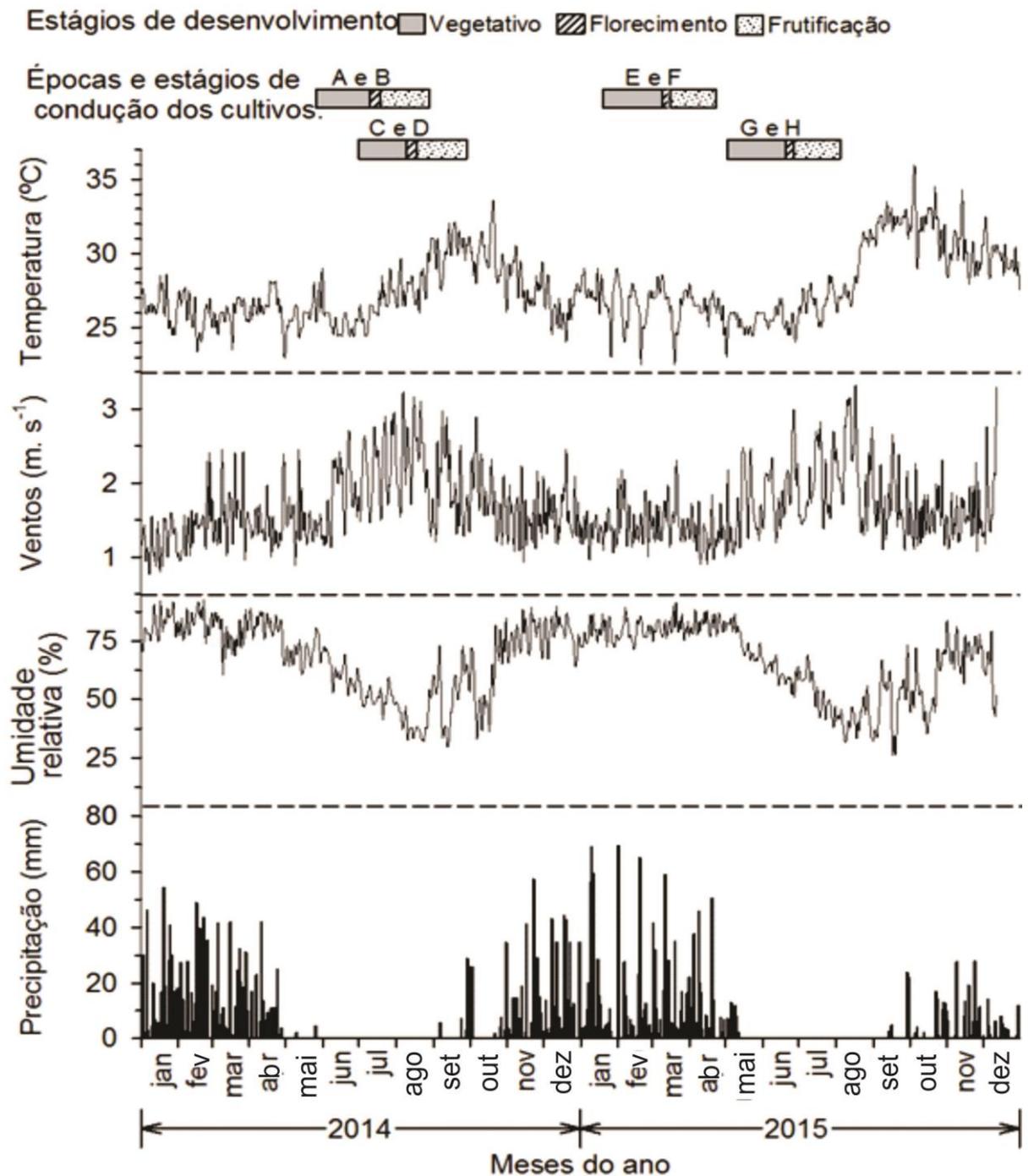


Figura 1. Representação das áreas experimentais avaliadas e vegetação circunvizinha. Todas as lavouras foram avaliadas em Formoso do Araguaia, Tocantins –Brasil, com seus respectivos mapas de distribuição espacial de *Bemisia tabaci* de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura de melancia.

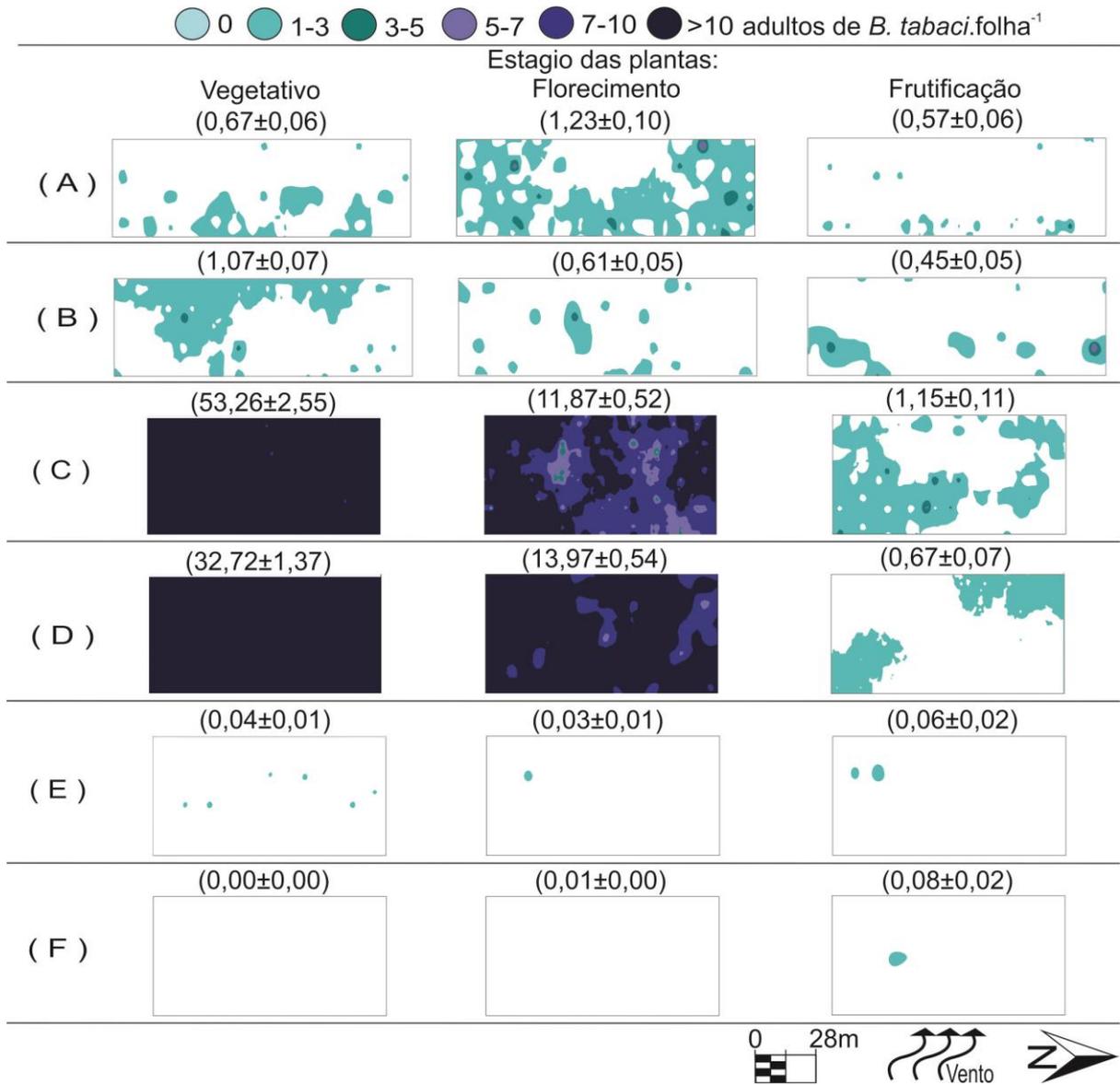


**Figura 2.** Estágios das plantas em oito lavouras de melancia e variação diária da (A) temperatura média do ar, (B) velocidade média dos ventos, (C) umidade relativa média do ar e (D) total precipitação pluviométrica nestes locais.

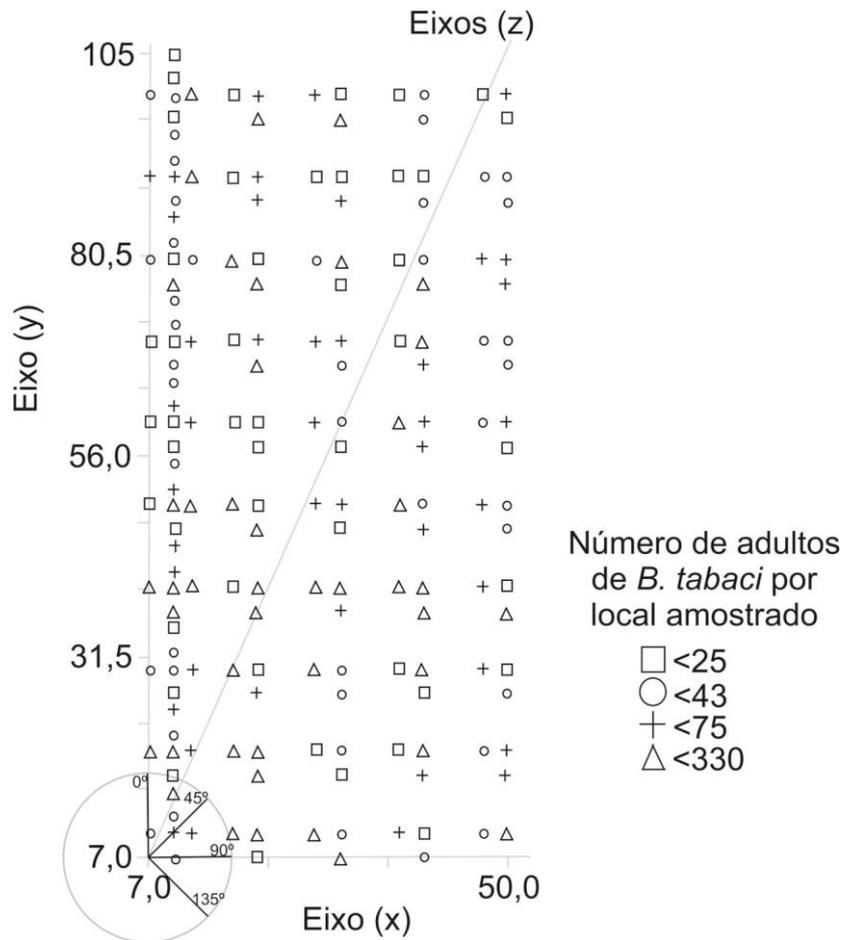
**Tabela 1.** Características dos modelos de distribuição espacial de adultos *Bemisia tabaci* em seis lavouras de melancia com plantas nos estágios vegetativo, floração e frutificação.

Lavouras	Estágio das plantas	Características dos modelos de distribuição espacial								
		Modelos	$\beta_0$	$\beta_1$	SQR	$C_0$	$C_0+C$	Alcance (m)	R <sup>2</sup>	GDE
A	Vegetativo	Exponencial	0.24	0.62	0.01	0.09	0.68	6.60	0.80	0.132
	Floração	Esférico	1.11	0.06	0.36	0.03	1.81	4.60	0.22	0.017
	Frutificação	Exponencial	0.18	0.61	0.03	0.07	0.65	1.80	0.00	0.108
B	Vegetativo	Exponencial	0.36	0.64	0.05	0.17	1.34	4.20	0.24	0.127
	Floração	Esférico	0.53	0.08	0.03	0.35	0.75	11.40	0.66	0.467
	Frutificação	Exponencial	0.26	0.45	0.14	0.01	0.82	9.00	0.32	0.012
C	Vegetativo	Esférico	2.10	0.30	5.38	0.12	10.49	2.50	0.01	0.011
	Floração	Exponencial	2.74	0.56	250.00	3.80	35.64	4.80	0.07	0.107
	Frutificação	Gaussiano	0.94	0.92	7636.00	76.00	152.10	19.69	0.21	0.500
D	Vegetativo	Exponencial	5.45	0.61	2201.00	11.10	156.70	2.70	0.05	0.071
	Floração	Gaussiano	2.12	0.55	148.00	4.50	28.84	4.24	0.09	0.156
	Frutificação	Gaussiano	4.11	0.15	159.00	6.50	41.43	4.20	0.01	0.157
E	Vegetativo	Gaussiano	25.34	0.52	933747.00	156.00	2039.00	6.58	0.65	0.077
	Floração	Exponencial	2.23	0.80	367.00	2.70	60.01	3.30	0.10	0.045
	Frutificação	Exponencial	0.41	0.58	0.16	0.31	1.92	6.30	0.67	0.161
F	Vegetativo	Exponencial	25.61	0.25	30569.00	45.00	546.80	2.2	0.00	0.082
	Floração	Exponencial	-0.46	1.04	349.00	2.00	67.83	8.40	0.73	0.029
	Frutificação	Exponencial	0.27	0.62	0.14	0.10	1.14	2.2	0.00	0.088
G	Vegetativo	Exponencial	0.05	-0.22	0.0013	0.0001	0.04	10.80	0.44	0.003
	Floração	Gaussiano	0.01	0.62	0.0012	0.00001	0.03	6.41	0.33	0.0003
	Frutificação	Gaussiano	0.03	0.49	0.01	0.0001	0.09	6.58	0.40	0.001
H	Vegetativo	Efeito pepita puro								
	Floração	Gaussiano	0.01	-0.07	0.00005	0.00001	0.004	3.46	0.08	0.003
	Frutificação	Gaussiano	0.05	0.26	0.0014	0.009	0.06	6.58	0.56	0.150

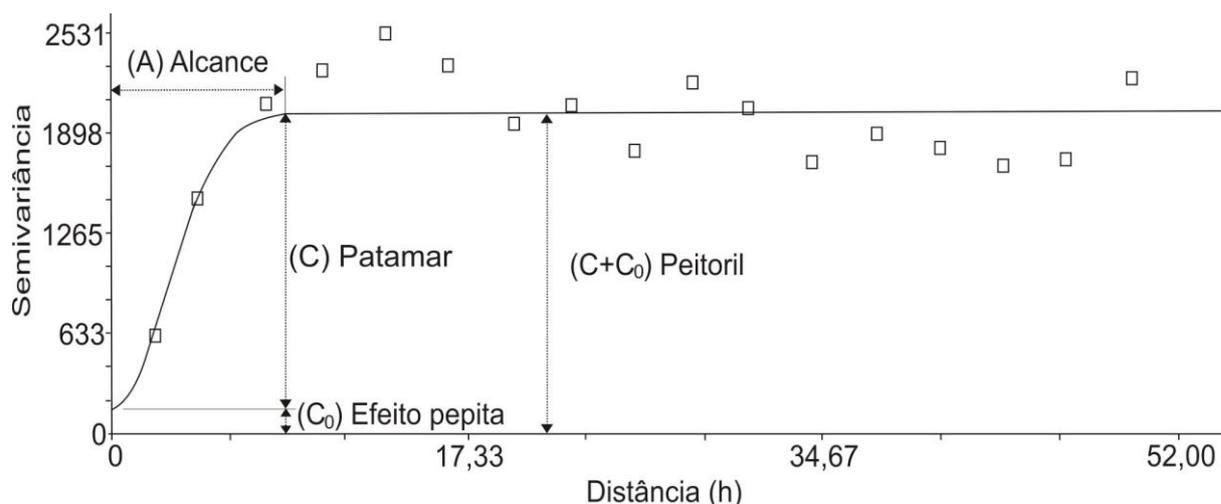
No cabeçalho:  $\beta_0$  = intercepto da curva,  $\beta_1$  = inclinação da curva, SQR = soma do quadrado do resíduo,  $C_0$  = efeito pepita,  $C+C_0$  = patamar, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação e GDE = grau dependência espacial.



**Figura 3.** Mapas de distribuição espacial de adultos *Bemisia tabaci* em seis lavouras (A, B, C, D, E e F) de melancia com plantas nos estágios vegetativo, floração e frutificação.



**Figura 3.** Representação esquemática da arquitetura do cultivo F avaliado, com as variações de densidade de *B. tabaci* representando como é a autocorrelação espacial para obtenção dos semivariogramas e anisotropia das amostras em todas as direções.

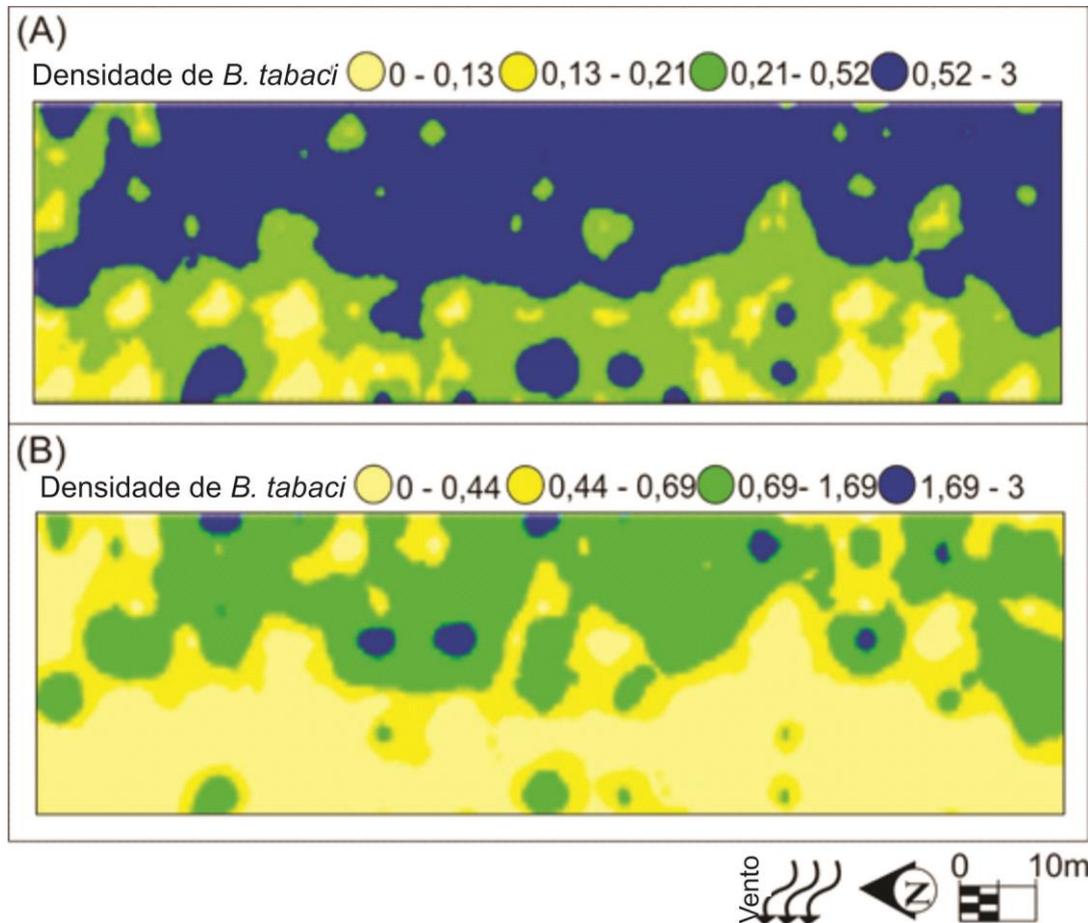


**Figura 4.** Semivariograma da isotropia dos dados de *B. tabaci* no cultivo F, e seus componentes usados para avaliar a dependência espacial dos dados de densidade de mosca-branca, (A) Alcance- Este valor identifica o quanto a densidade do inseto em um ponto amostrado interfere na população de inseto em outro ponto; (C<sub>0</sub>) Efeito pepita- Este valor representa erros de variabilidade natural de amostragem e ou analíticos; (C) Patamar- seu valor está relacionada a variância global dos dados e marca exatamente os pontos na curva se estabilizam; (C+C<sub>0</sub>) Peitoril- diferença entre pares de pontos amostrados em relação às distâncias amostradas.

**Tabela 2.** Níveis de dano econômico para a mosca-branca, na fase vegetativa e reprodutiva, na cultura de melancia em função do preço dos frutos pago aos agricultores (adaptada do capítulo 2).

Preço pago pelo o fruto de melancia	Nível de dano econômico	
	Estádio vegetativo	Estádio reprodutivo
Preço baixo: R\$ 200/t	0,16 <span style="color: yellow;">●</span>	0,53 <span style="color: yellow;">●</span>
Preço médio: R\$ 450/t	0,07 <span style="color: yellow;">●</span>	0,22 <span style="color: yellow;">●</span>
Preço alto: R\$ 700/t	0,04 <span style="color: green;">●</span>	0,14 <span style="color: green;">●</span>

\*Estes valores representaram os preços dos frutos de melancia recebidos pelos agricultores durante o período de condução deste trabalho. ● Nível de dano econômico quando o preço baixo ● Nível de dano econômico quando o preço médio ● Nível de dano econômico quando o preço alto (complemento da figura 5).



**Figura 5.** Distribuição de *B. tabaci* de acordo com as estimativas de níveis de dano econômico para este inseto em cultivos de melancias. Os dados de densidades são os mesmos do cultivo 1 (Figura A) e primeira avaliação.

### **Capítulo 3: Fatores reguladores e preditivos da incidência de *Bemisia tabaci* em cultivos de melancia**

**RESUMO** – A população de *Bemisia tabaci* pode ser influenciada por vários fatores reguladores. Aumentar a compreensão da relação dessa praga com os elementos climáticos, inimigos naturais e o estágio de desenvolvimento das plantas podem ajudar na compreensão da dinâmica populacional deste inseto. Para entender estes fatores modelos preditivos foram testados para prever a população de *B. tabaci* e antecipar estratégias de manejo integrado para esta praga. Desse modo este estudo objetivou determinar os fatores reguladores das populações de *B. tabaci* na cultura da melancia, como: estágio fenológico da cultura, distribuição do dossel da planta, elementos climáticos, época de cultivo, inimigos naturais e testar a previsão de *B. tabaci* baseado em séries temporais. Os dados de densidades de insetos, foram obtidos por amostragem diretamente nas folhas das plantas. Ao longo do estudo foram monitoradas 50 plantas por cultivo. Os dados avaliados foram analisados, usando recurso estatísticos de regressão, correlação linear múltipla e de autoregressão de média móvel. A infestação da praga foi mais uniforme nas folhas mais jovens. As populações de *B. tabaci* foram mais intensas nos períodos secos. As populações de predadores de *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) e *Eriops conexa* (Coleoptera: Coccinellidae) afetaram negativamente a população da praga. Os modelos de média móvel auto regressiva testados foram capazes de prever as populações futuras de *B. tabaci* por influência de tendências anteriores, indicando baixas populações futuras da praga, porém com tendências de crescimento.

**Palavras-chave:** agricultura de precisão; predadores; clima; modelos de predição.

### **Chapter 3: Regulatory and predictive factors of the incidence of *Bemisia tabaci* in watermelon crops**

**ABSTRACT** – The population of *Bemisia tabaci* can be influenced by several regulatory factors. Increasing the understanding of the relationship of this pest with the climatic elements, natural enemies and the stage of development of the plants can help in understanding the population dynamics of this insect. To understand these factors predictive models were tested to predict the population of *B. tabaci* and to anticipate integrated management strategies for this pest. Thus, this study aimed to determine the regulatory factors of the *B. tabaci* populations in the watermelon culture, such as: phenological stage of the crop, distribution of the plant canopy, climatic elements, growing season, natural enemies and test the prediction of *B. tabaci* based on time series. The insect density data were obtained by sampling directly on the leaves of the plants. Throughout the study, 50 plants per crop were monitored. The analyzed data were analyzed using statistical regression, multiple linear correlation and self - regression moving average. The pest infestation was more even in younger leaves. The populations of *B. tabaci* were more intense in the dry periods. Predator populations of *Chrysoperla* sp. and *Eriops connexa* adversely affected the plague population. The autoregressive moving average models were able to predict the future populations of *B. tabaci* by influence of previous trends, indicating low future populations of the pest, but with growing trends.

**Keywords:** precision agriculture; Predators; climate; Prediction models.

## INTRODUÇÃO

A melancia é uma planta cultivada por diversos produtores de vários níveis tecnológicos que geram muitos empregos (Santos e Zambolim, 2011). Por causa da importância comercial e benefícios do consumo de frutas para a saúde, a produção de melancia tem se mantido mundialmente alta. Apesar de a cultura ser bastante explorada, mesmo importantes países produtores do fruto poderiam aumentar sua produtividade se compreenderem melhor os fatores de perdas de produção dessa cultura (Bacci et al., 2006; Pereira et al., 2017).

Nesse contexto a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) é uma praga-chave da cultura da melancia (Santos e Zambolim 2011, Lima et al., 2014; Capítulo 2). O inseto é de difícil controle e recorrentes nas lavouras pois é polífago e são adotadas medidas de controle nesta cultura sem planos de amostragens que auxiliem nos planos de tomada de decisão (Greathead 1986; Li et al., 2011). Os danos causados por *B. tabaci* são devido à sucção de seiva, injeção de toxinas no sistema vascular das plantas e transmissão de viroses reduzindo a produção e o sabor dos frutos (Peterson e Higley, 2000; Gusmão et al. 2005; Bacci et al., 2006; Capítulo 2). O problema com pragas como a mosca-branca pode ser agravado pela agricultura intensiva, ausência de inimigos naturais e fatores climáticos favoráveis (Van Lenteren e Noldus, 1990; Landis et al., 2000; Bacca et al. 2006).

Aumentar a compreensão da relação das populações de *B. tabaci* com os elementos climáticos e inimigos naturais, além de estimar modelos preditivos eficientes traz a vantagem de sugerir antecipadamente estratégias de manejo integrado para esta praga. Desse modo podemos aumentar a eficiência de métodos de controle e a sustentabilidade do agroecossistema (Vieira et al., 1983; Schueller,

1992; Picanço et al., 2002; Aggarwal et al., 2006). Assim, para determinar os vários fatores que regulam a intensidade da praga, os modelos de previsão das mudanças populacionais deste tipo de inseto tem se tornado ferramentas importantes (Jeppson et al., 1975). Modelos como os que serão abordados aqui (regressão linear múltipla e autocorrelação de média móvel autoregressiva) podem se tornar cada vez mais eficientes e precisos se alimentados com uma base de dados grandes e continua (Boopathi et al., 2015). Isso permitirá propor táticas de controles de pragas com maior rapidez de ação e que afetem positivamente o agroecossistema (Bacci et al., 2008; Lima et al. 2014)

Assim, podemos afirmar que pouco se conhece da bioecologia de *Bemisia tabaci* em cultivos de melancia principalmente em ambientes de climas tropicais. Desse modo este estudo objetivou determinar os fatores reguladores das populações de *B. tabaci* na cultura da melancia, como: (i) estágio fenológico da cultura, (ii) distribuição do dossel da planta, (iii) elementos climáticos (iv), época de cultivo (v) inimigos naturais e (vi) testar a previsão de *B. tabaci* baseado em séries temporais anteriores.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Este estudo foi dividido em três etapas. Na primeira etapa foi estudada o comportamento do inseto na colonização de plantas de melancia. Já na segunda etapa foi estudada a variação da intensidade do ataque de *B.tabaci* em duas épocas de cultivo de melancia. E na parte final, realizamos a previsão da densidade de *B. tabaci* a partir de séries temporais dos cultivos avaliados com modelos de previsão de média móvel auto-regressiva integrada.

### **Condições experimentais**

O estudo foi realizado em lavouras comerciais de melancia nos anos de 2014 e 2015 no município de Formoso do Araguaia – Tocantins (11°47'48"S, 49°31'44"O, 215 m de altitude e clima tropical com inverno seco e chuvoso no verão). O sistema de irrigação utilizado foi o de subsuperfície. Os solos predominantes são de várzea e com abundância de plintossolos. O espaçamento entre linhas foi de 2,80 m e 1,45 m entre plantas. As plantas foram submetidas às técnicas de manejo recomendadas para a cultura (Santos e Zambolim, 2011). Os dados climáticos foram fornecidos pela estação meteorológica local, vinculada ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Figura 1).

### **Colonização de *B. tabaci* em plantas de melancia em função da arquitetura do ramo e do estágio fenológico da cultura.**

Para estimar a densidade populacional de ninfas e adultos de *B. tabaci* foram avaliadas 50 plantas por lavoura em cada estágio da cultura. As densidades de *B. tabaci*, foram avaliadas usando a técnica de contagem direta na 6ª folha a partir do ápice do ramo, conforme Lima et al., (2017). A avaliação da densidade do inseto foi

realizada uma vez em cada estágio fenológico (vegetativo, floração e frutificação). As plantas foram georreferenciadas de maneira a obter pontos sistematizados de amostragem (Bacci et al., 2006; Pereira et al., 2016). Esse grupo de cinquenta plantas foram distribuídas de maneira a ocupar toda a área.

Procedimentos de regressões entre o número de *B. tabaci* em função da posição da folha no ramo da planta foram realizados e a média e o erro padrão dos insetos foram processados. As curvas escolhidas foram aquelas significativas a  $P < 0,05$  e com maiores coeficientes de regressão ( $R^2$ ), assim como simplicidade da equação.

### **Relação da intensidade de *B. tabaci* em função da época de cultivo**

A densidade populacional de *B. tabaci* e de inimigos naturais mais abundantes foram estimadas e usadas no modelo de regressão linear múltipla. As amostragens foram realizadas em duas épocas de cultivo para garantir o efeito da sazonalidade sobre a população dos insetos. Em cada amostragem se avaliou o número de adultos e ninfas por amostra em cada planta por estágio de desenvolvimento e mais cinco plantas no entorno de cada uma das cinquenta plantas centrais para aumentar as chances de se encontrar predadores. Os procedimentos de amostragem foram realizados conforme descrito no item anterior.

As densidades da praga e inimigos naturais em cada época de cultivo foram comparadas pelo teste F a  $P < 0.05$ . Os dados climáticos também foram analisados e processados para também comporem a análise de regressão linear múltipla. Isso, para verificar a relação entre a densidade de *B. tabaci* com inimigos naturais, estágio fenológico da planta e elementos climáticos. O modelo testado foi realizado com os dados de chuvas ( $\text{mm. dia}^{-1}$ ), velocidade do vento ( $\text{m. s}^{-1}$ ) e fotoperíodo ( $\text{h. dia}^{-1}$ ). Já

os predadores mais abundantes que compuseram o modelo foram aranhas, *Eriopsis connexa*, *Chrysoperla* sp. e *Geocoris* sp.

### **Previsão da densidade de *B. tabaci* por meio de modelagem automática de média móvel integrada (ARIMA)**

A população de *B. tabaci* foi amostrada em cinquenta pontos distribuídos equidistantes e referenciadas ao longo de cada uma das lavouras, como descrito nos itens anteriores. Cada grupo de 50 plantas foram consideradas uma lavoura, assim foram totalizadas 23 lavouras. As densidades do inseto foram testadas e compuseram o modelo de previsão de média móvel auto-regressiva integrada (ARIMA).

A série temporal envolve a decomposição em uma componente de tendência, sazonal, cíclica e regular. Onde a densidade de praga atual é afetada pelo histórico anterior, pois a regressão nos modelos não contabilizam os relacionamentos através do tempo e estima a relação entre variáveis dependentes e independentes. Assim, os modelos ARIMA são compostos basicamente pelos modelos de média móvel (MA) e os modelos Autoregressivos (AR) (Wangdi et al., 2010 e Katchova, 2013).

Os modelos de média móvel (MA) representam a possibilidade de uma relação entre uma variável e os resíduos de períodos anteriores. Enquanto, os modelos Autoregressivos (AR) são modelos em que o valor de uma variável em um período está relacionado aos seus valores em períodos anteriores (Katchova, 2013). Nestes modelos são estimados os parâmetros " $p$ ,  $q$ " e " $P$ ,  $Q$ " e também " $d$ " e " $D$ " dos chamados (ARIMA). Aqui o " $p$ " é a parte auto-regressiva e o " $P$ " representa valores autoregressivos sazonais. Já o " $q$ " é a ordem da média móvel e o " $Q$ " é o parâmetro da média móvel sazonal. Os parâmetros " $d$ " e " $D$ " representam as diferenças não

sazonais e sazonais. Através destes parâmetros é possível prever a duração do período sazonal (Wangdi et al., 2010).

Os procedimentos de ARIMA, fazem com que os dados brutos se tornem estacionários para que possamos aplicar funções estatísticas para prever os eventos. Neste, caso a estacionaridade dos dados é verificada pela a constância da média e da variância. Os nossos dados brutos não eram estacionários (Figura 3-A), e foram tratados com a função auto-correlação (ACF), para identificar parâmetros de sazonalidade (Figura 3-B e Tabela 4) e função auto-correlações parciais (PACF) da parte não estacionária para verificar o comprimento do período de influência onde o histograma é significativo a  $P < 0,05$  (Figura 3-B).

As funções de auto-correlação (ACFs) e auto-correlações parciais (PACFs), servem principalmente para escolha de melhores modelos, seus componentes foram ainda avaliados pelo o teste Dickey-Fuller (Tabela 3) e Box-Jenkins (Tabela 5). Os melhores modelos, também deviam apresentar baixos valores de Critério de Informação Bayesiano (BIC) e do Critério de Informação de Akaike (AIC) assim como o  $P$ -valor ( $< 0,05$ ). Os testes Dickey-Fuller servem principalmente para testar a estacionança dos dados e Box-Jenkins para identificar *outliers* (Oliveira et al., 2017).

Os modelos de previsão foram desenvolvidos para prever a incidência *B. tabaci*, e montados a partir dos procedimentos sugeridos por Katchova, (2013) e Oliveira et al. (2017). Assim, os modelos ARIMA de predição seriam satisfatórios quando a densidade real e predita de *B. tabaci* estivessem combinados (Figura 5 e Tabela 6). Usamos os dados de 20 lavouras (conjunto de 50 plantas dos anos de 2014 e parte de 2015) para prever a densidade das lavouras 21<sup>a</sup>, 22<sup>a</sup> e 23<sup>a</sup>. Os procedimentos estatísticos de ARIMA foram realizados utilizando o Software R (versão 3.4.0) e pacotes *tseries* e *forecast*.

## RESULTADOS

As populações de *B. tabaci* estiveram distribuídas por todo o dossel dos ramos observados. Essas populações de *B. tabaci* foram influenciadas tanto pelas posições das folhas nos ramos assim como pelo o estágio fenológico da planta.

As populações de *B. tabaci* foram mais grandes em folhas jovens completamente desenvolvidas, com poucos tricomas. Nas folhas mais velhas as populações se mantiveram altas porém com muitas variações de densidades (Figura 2). Em todos os estádios as populações de *B. tabaci* foram significativas a  $P < 0,05$ . A posição da folha no ramo cuja densidade do inseto apresenta pouca variabilidade e constância pode ser utilizada como unidade amostral em planos de amostragem de pragas.

Em todos os ramos de melancia avaliados, as densidades de inseto adultos foram maiores que o de ninfa. Os predadores mais abundantes contabilizados por contagem direta foram as Aranhas, *Eriopis connexa*, *Chysoperla sp.*, *Geocoris sp.* e (Hemíptera: Geocoridae) *Orius sp.* (Hemíptera: Anthocoridae) (Tabela 1).

As densidades de *Orius sp.* e de *B. tabaci* diferiram nas duas épocas de cultivo de acordo com o teste F a  $P < 0,05$ . *Orius sp.* foi mais abundante na época chuvosa e *B. tabaci* na época seca da região. As densidades dos demais predadores não variou em função das épocas de cultivo. A população de *B. tabaci* foi mais abundante que a de predadores em todas as épocas estudadas.

A precipitação e a umidade relativa e o fotoperíodo foram maiores na época chuvosa. Já a velocidade dos ventos e a temperaturas foram maiores na época seca (Figura 1).

O modelo de regressão linear múltipla testado para a intensidade da ocorrência de *B. tabaci* na cultura da melancia foi em função do estágio fenológico das plantas, fotoperíodo ( $\text{h.dia}^{-1}$ ) e aranhas.amostra<sup>-1</sup> foi significativo ( $P = 0,003$ ). Este modelo explicou 82% da variação da ocorrência de *B. tabaci* em cultivos de melancia. Dentre as variáveis avaliadas no modelo de regressão, os coeficientes do estágio fenológico das plantas, a intensidade de chuvas assim como as populações de *Eriopsis connexa* e *Chrysoperla* sp., foram inversamente proporcionais as de *B. tabaci*. Já as variáveis velocidade do vento, fotoperíodo e Aranhas foram diretamente proporcionais (Tabela 2).

A população de *B. tabaci* variou de acordo com o cultivo, apresentando picos populacionais o que sugere que a série de dados brutos não fosse estacionária (Figura 3A). Com a função de autocorrelação o  $Lag=0$  foi significativo sugerindo que a população de *B. tabaci* na próxima avaliação dependia exclusivamente do tratamento dado ao cultivo na avaliação anterior o que já era esperado (Figura 3B e Tabela 4), pois em cultivos comerciais estão sempre sendo aplicadas medidas de controle. Com a função de autocorrelação parcial que é aplicada a parte da série que se comporta como estacionária sugere o  $Lag=0$  e  $Lag=2$  como importantes nessa série de dados, sendo que o primeiro foi significativo a  $P=0,021$  (Figura 3B e Tabela 3). A média móvel predita variou de acordo com o  $Lag$  aplicado, e este atraso nos dados pode ser conferido na Tabela 4. Porém após fazermos com que os dados se tornassem estacionários após aplicarmos a função de autocorrelação novamente o  $Lag=0$  foi significativo a  $P=0,05$  (Figura A e B). A função de autocorrelação parcial não retornou nenhum  $Lag$  como significativo (Figura 4C). A função ARIMA com vários modelos (p.d.q) foram testados e avaliados pelo teste Box-Jenkins. Os melhores modelos foram escolhidos pelo menor valor de AIC, BIC e Chi-quadrado não significativo. Os

modelos ARIMA (0,1,0) e (0,0,0) foram os melhores modelos de predição. A curva de previsão para as próximas 10 lavouras, conseguiram prever a densidade de *B. tabaci* das lavouras 21<sup>a</sup> (0,01), 22<sup>a</sup> (0,08) e 23<sup>a</sup> (0,09) com 95% de precisão aplicando a função *Forecast* (Figura 5). O modelo (0,1,0) escolhido, apresenta uma nuvem de previsão com uma concavidade para parte da média móvel. Enquanto, que o modelo (0,0,0) sua resposta preditiva é contínua em relação aos dados brutos. Ambos os modelos conseguiram prever as populações de *B. tabaci* em cultivos futuros a partir dos dados históricos mesmo em infestações baixas do inseto. Os valores negativos ocorrem porque a aplicação do *Lag* nos dados altera a média original dos dados.

## DISCUSSÃO

As densidades de adultos de *B. tabaci* foram bem mais altas que a de ninfas e estiveram distribuídas ao longo de todo o ramo em razão do constante controle de pragas e migração destes insetos (Glick e Noble, 1961; Moura et al., 2003; Gusmão et al., 2005; Campo et al., 2011). As populações de *B. tabaci* se mantiveram altas em todos os estádios da cultura, porém variaram conforme a posição das folhas no ramo. Dessa forma as folhas mais apicais obtiveram menores variações da praga, isso se deve ao fato da associação deste inseto com as folhas jovens e totalmente expandidas possuírem uma menor densidade de tricomas e serem mais nutritivas (Leite et al., 1998; Schoonhoven et al., 2005; Lima et al., 2017).

Identificar partes da planta com altas infestações da praga e poucas variações é importante para se determinar a melhor unidade amostral que irá compor os planos

de amostragens possibilitando estimar com acurácia a população de toda a lavoura (Bacci et al., 2006; Lima et al., 2017).

No modelo de regressão linear múltipla é possível notar que a população de *B. tabaci* apresentou relação inversamente proporcional ao estágio fenológico. Isto é, quanto mais velhas as plantas, menor é a população da praga. Essa verificação é importante pois ocorrem mudanças estruturais e de alocação de nutrientes na planta de acordo com sua idade, fazendo com que ela se torne menos atrativa (Campos et al., 2003). Apesar dessa constatação no capítulo 2 foi observado que o inseto foi igualmente capaz de causar prejuízos em todos os estádios da planta.

Os componentes climáticos também foram testados no modelo de regressão linear múltipla e foi constatado que a infestação de *B. tabaci* teve maior incidência na época seca com maior intensidade de ventos e maior fotoperíodo. A chuva é um importante fator de mortalidade de pragas, proporcionando controle físico dos insetos e ainda contribuem para limitar a sua locomoção (Bacca et al., 2006; Pereira et al., 2007). O vento é um agente dispersor de pragas, o que torna importante o planejamento de plantio escalonado (Gatehouse, 1997). Já o fotoperíodo maior aumentam as chances de predadores e parasitóides encontrarem as pragas, mais também a chance da praga causar danos. Pois quanto maior o tempo de exposição da praga à planta maior as chances de perdas (Zilahi-Balogh et al., 2006).

As populações de predadores (*E. conexa* e *Chrysoperla* sp.) aumentou com o aumento de *B. tabaci*. As aranhas foram diretamente proporcionais à praga, isso se deve ao fato desses aracnídeos serem generalistas e podiam estar predando presas mais fáceis (Nyffeler e Benz, 1987). É esperado populações de predadores menores que as da praga, ainda assim as populações de *Eriopsis connexa* e *Chrysoperla* sp. obtiveram relação inversamente proporcional ao de *B. tabaci* contribuindo para a

diminuição dessa praga. Isso indica uma forte associação desses dois predadores com *B. tabaci* (Gerling et al., 2001). Por isso é válido ressaltar a importância de se adotar manejo de pragas eficientes que interfiram o mínimo possível na comunidade desses importantes predadores (Landis et al., 2000). Para se manejar com eficiência uma lavoura, ferramentas de previsão podem auxiliar nos diversos processos de tomada de decisão (Bange et al., 2004).

Até o momento não há informação do quanto a população anterior de *B. tabaci* interferia sobre as novas populações. Nesse contexto, os modelos ARIMA pode fornecer uma investigação para prever a densidade de pragas como *B. tabaci*, em cultivos futuros baseados em dados históricos. E assim pode se propor intervenções direcionadas para fornecer o controle mais efetivo da praga. Os modelos ARIMA, podem ser usados após um período de tempo e estima padrão pela estabilidade de todas as outras condições, como fatores climáticos e medidas de controle. Desse modo modelos ARIMA mais complexos podem correlacionar a infestação com estes elementos citados em conjunto. E ainda estes modelos podem se tornar cada vez mais precisos se alimentados por um período longo de tempo (Wangdi et al., 2010; Boopathi et al., 2015).

Neste estudo as previsões dos modelos ARIMA complementaram o modelos de regressão linear múltipla afirmando baixa incidência da praga no período vindouro que era de chuvas. Em se tratando de previsões de alta infestação no campo o produtor poderia aplicar táticas para estabilizar as populações antes de causar prejuízos

Este estudo ajudará ainda no fortalecimento de preceitos apregoadas em agricultura de precisão onde se busca maior eficiência de controle com menor custo e sustentabilidade (Schueller, 1992; Aggarwal et al., 2006).

## CONCLUSÃO

O ataque de *B. tabaci* foi importante nos cultivos de melancia em todos os ciclos de desenvolvimento da cultura. A infestação da praga se deu ao longo de todo o ramo só que mais uniformes nas folhas mais jovens e mais apicais. As populações de *B. tabaci* foram mais intensas nos períodos secos, com ventos mais fortes e fotoperíodo mais longos. As populações de predadores aumentaram com o aumento de *B. tabaci* porém *Chrysoperla* sp. e *Eriopis connexa* afetaram negativamente a população da praga. Os modelos de média móvel auto regressiva foram capazes de prever as populações futuras de *B. tabaci* por influência de tendências anteriores, indicando baixas populações futuras da praga, porém com tendências de crescimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aggarwal, P. K., Kalra, N., Chander, S., Pathak, H. 2006. InfoCrop: a dynamic simulation model for the assessment of crop yields, losses due to pests, and environmental impact of agro-ecosystems in tropical environments. I. Model description. **Agricultural systems**, v. 89, n. 1, p. 1-25.
- Bacca, T., Lima, E. R., Picanço, M. C., Guedes, R. N. C., Viana, J. H. M. 2006. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Entomol Exp Appl**, v. 119, p. 39-45.
- Bacci, L., Picanco, M. C., Gonring, A. H. R., Guedes, R. N. C., Crespo, A. L. B. 2006. Critical yield components and key loss factors of tropical cucumber crops. **Crop Prot.** v. 25, p. 1117–1125.
- Bacci, L., Picanço, M. C., Moura, M. F., Semeão, A. A., Fernandes, F. L., Morais, E. G. 2008. Sampling plan for thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. **Neotrop Entomol**, v. 37, p. 582-590.
- Bange, M. P., Deutscher, S. A., Larsen, D., Linsley, D., Whiteside, S. 2004. A handheld decision support system to facilitate improved insect pest management in Australian cotton systems. **Computers and electronics in agriculture**, v. 43, n. 2, p. 131-147.
- Boopathi, T., Singh, S. B., Manju, T., Ramakrishna, Y., Akoijam, R. S., Chowdhury, S., Ngachan, S. V. 2015. Development of temporal modeling for forecasting and prediction of the incidence of lychee, *Tessaratomia papillosa* (Hemiptera: Tessaratomidae), using time-series (ARIMA) analysis. **Journal of Insect Science**. DOI: 10.1093/jisesa/iev034.

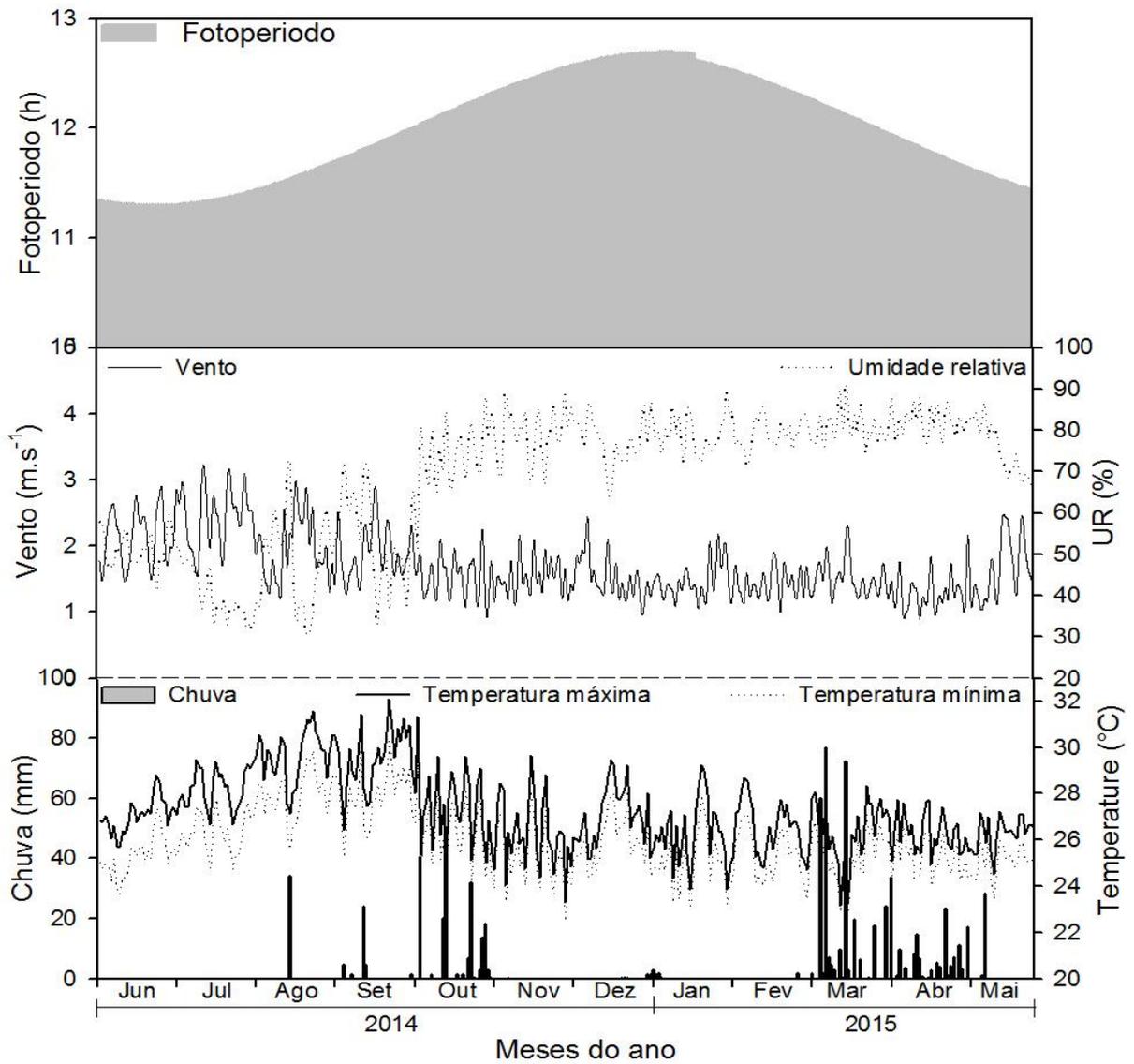
- Campo, B. V. H., Hyman, G., Bellotti, A. 2011. Threats to cassava production: known and potential geographic distribution of four key biotic constraints. **Food Security**, v. 3, n. 3, p. 329.
- Campos, W. G., Schoereder, J. H., Picanço, M. C. 2003. Performance of an oligophagous insect in relation to the age of the host plant. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 4, p. 671-676.5
- Gatehouse, A. G. 1997. Behavior and ecological genetics of wind-borne migration by insects. **Annual review of entomology**, v. 42, n. 1, p. 475-502.
- Gerling, D., Alomar, Ò., Arnò, J. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. **Crop Protection**, v. 20, n. 9, p. 779-799.
- Glick, P. A., Noble, L. W. **Airborne movement of the pink bollworm and other arthropods**. US Department of Agriculture. 1961.
- Greathead, A. H. Host plants. In: Cock, M. J. W. (Eds.). *Bemisia tabaci*: A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. . London: CAB International, 1986. p. 17-25.
- Gusmão, M. R., Picanço, M. C., Zanuncio, J. C., Silva, D. J. H., Barrigossi, J. A. F. 2005. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. **Sci Hort**, v. 103, p. 403-412.
- Jeppson, L. R., Keifer, H. H., Baker, E. W. **Mites injurious to economic plants**. Univ of California Press, 1975.
- KATCHOVA, Ani. Time Series ARIMA Models. 2013. R version 3.4.0 (2017).  
Copyright© The R foundation for statistical computing.

- Landis, D. A., Wratten, S. D., Gurr, G. M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual review of entomology**, v. 45, n. 1, p. 175-201.
- Leite, G. L. D., Picanço, M. C., Zanuncio, J. C., Gonring, A. H. R. 1998. Effect of fertilization levels, age and canopy height of *Lycopersicon* spp. on attack rate of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Agron Lusit**, v. 46, p. 53-60.
- Li, S. J., Xue, X., Ahmed, M. Z., Ren, S. X., Du, Y. Z., Wu, J. H., Qiu, B. L. 2011. Host plants and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. **Insect Sci**, v. 18, p. 101-120.
- Lima, C. H. O., Sarmiento, R. A., Rosado, J. F., Silveira, M. C. A. C., Santos, G. R., Pedro Neto, M., Erasmo, E. A. L., Nascimento, I. R., Picanço, M. C. 2014. Efficiency and economic feasibility of pest control systems in watermelon cropping. **Journal of Economic Entomology**, v.107, n.3, p.1118-1126.
- Lima, C. H. O., Sarmiento, R. A., Pereira, P. S., Galdino, T. V. S., Santos, F. A., Silva, J. and Picanço, M. C., 2017, Feasible sampling plan for *Bemisia tabaci* control decision-making in watermelon fields. **Pest. Manag. Sci.** DOI: 10.1002/ps.4621.
- Moura, M. F., Picanço, M. C., da Silva, E. M., Guedes, R. N. C., Pereira, J. L. 2003. Plano de amostragem do biótipo B de *Bemisia tabaci* na cultura do pepino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 12, p. 1357-1363.
- Nyffeler, M., Benz, G. 1987. Spiders in natural pest control: a review. **Journal of Applied Entomology**, v. 103, n.1-5, p. 321-339.
- Oliveira, A. A., Batista, J. L. F., Prado, P. I. K. L. **Curso de ecologia usando o R**. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/bie5782/doku.php>. Acessado em: 21/05/2017.

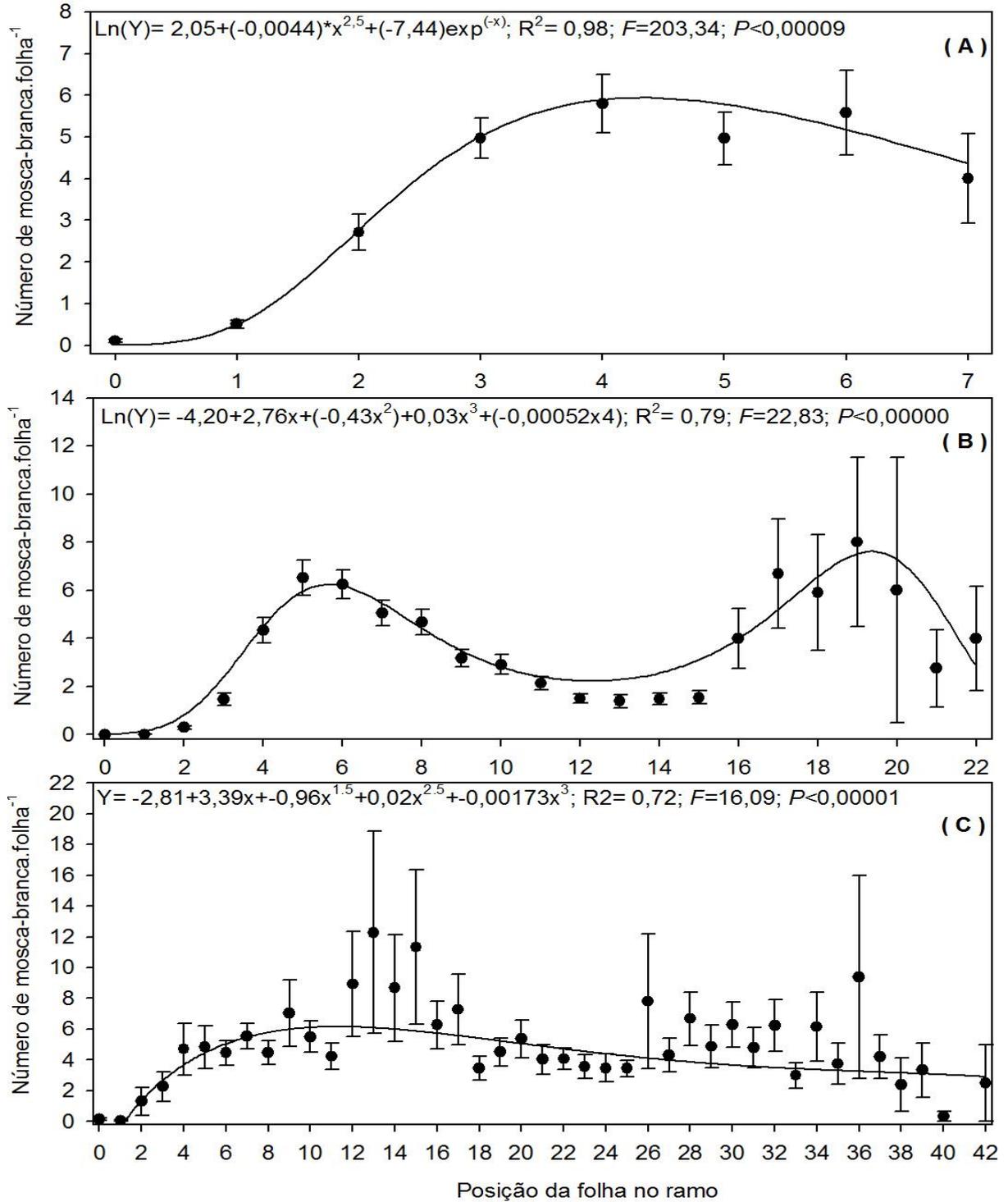
- Pereira, E. J. G., Picanço, M. C., Bacci, L., Della Lucia, T. M. C., Silva, E. M., Fernandes, F. L. 2007. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol science and technology**, v. 17, n. 5, p. 441-455.
- Pereira, P. S., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Lima, C. H. O., Santos, F. A., Silva, J., Santos, G. R., Picanço, M. C. 2016. Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. **Pest Management Science**, v. 73, n. 7, p. 1438-1445.
- Pereira, A. S., Santos, G. R., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Lima, C. H. O., Picanço, M. C. 2017. Key factors affecting watermelon yield loss in different growing seasons. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 205-212.
- Picanço M. C., Pereira, E. J. G., Crespo, A. L. B., Semeão, A. A., Bacci, L. Manejo integrado das pragas das fruteiras tropicais. In: Zambolim, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais: doenças e pragas**. Viçosa: UFV, 2002. p. 513-578.
- Santos, G. R., Zambolim, L. **Tecnologias para produção sustentável de melancia no Brasil**. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2011. 267 p.
- Schoonhoven, L. M., Van Loon, J. J., Dicke, M. **Insect-plant biology**. Oxford University Press, 2005.
- Schueller, J. K. 1992. A review and integrating analysis of spatially-variable control of crop production. **Fertilizer Research**, v. 33, n. 1, p. 1-34.
- Van Lenteren, J. C., Noldus, L. P. J. J. Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. In: Gerling, D. **Whiteflies: their bionomics, pest status and management**, 1990. p. 47-89.

- Vieira, S. R. J. L. Hatfield, J., Nielsen, D., Biggar, J. 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **California Agriculture**, v. 51, n. 3, p. 1-75.
- Wangdi, K., Singhasivanon, P., Silawan, T., Lawpoolsri, S., White, N. J., Kaewkungwal, J. 2010. Development of temporal modelling for forecasting and prediction of malaria infections using time-series and ARIMAX analyses: a case study in endemic districts of Bhutan. **Malaria Journal**, v. 9, n. 1, p. 251.
- Zilahi-Balogh, G. M. G., Shipp, J. L., Cloutier, C., Brodeur, J. 2006. Influence of light intensity, photoperiod, and temperature on the efficacy of two aphelinid parasitoids of the greenhouse whitefly. **Environmental entomology**, v. 35, n. 3, p. 581-589.

## TABELAS E FIGURAS



**Figura 1.** Dados climáticos: temperatura do ar, velocidade dos ventos, fotoperíodo, umidade relativa e chuvas durante as duas épocas de cultivo da melancia.



**Figura 2.** Densidade de *Bemisia tabaci* em função da posição da folha no ramo em plantas de melancia nos estádios (A) vegetativo, (B) floração e (C) frutificação.

**Tabela 1.** Densidades de *Bemisia tabaci* e de predadores em cultivos de melancia.

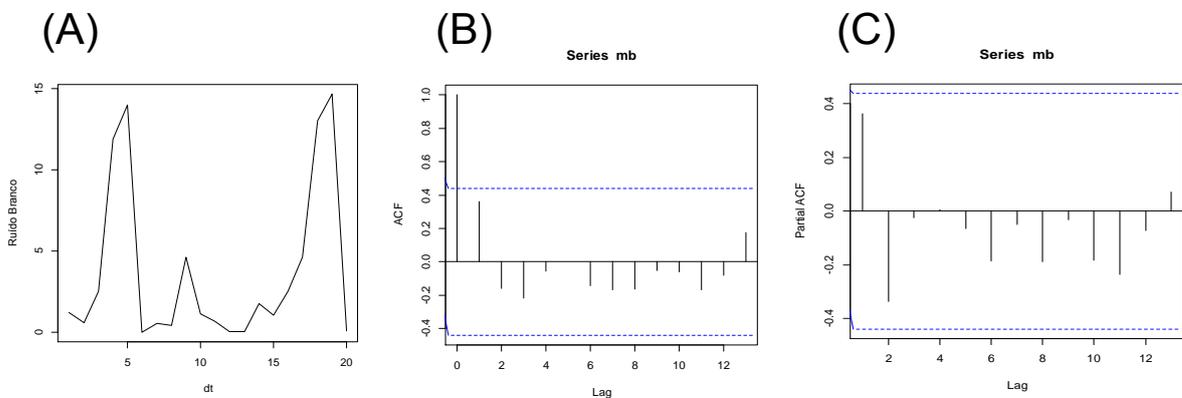
Taxon	Densidades*	
	Época seca	Época
<i>Bemisia tabaci</i>		
Adultos	18,95 ± 0,12 a	1,76±2,20 b
Ninfas	0,00056±1,80	0,0019±5,96
Total	18,94±0,12	1,72±2,19
Aranhas		
<i>Eriopsis connexa</i>	0,001±1,58	0,005±4,42
<i>Chrysoperla sp.</i>	0,0005±2,00	0,033±2,05
<i>Geocoris sp.</i>	0,0012±8,50	0,042±1,32
<i>Orius sp.</i>		0,0157±1,70
Total predadores	0,0127±13,38	0,12±12,38

\* As amostras foram constituídas por cinco folhas.

**Tabela 2.** Coeficientes angulares da regressão linear múltipla da densidade de *Bemisia tabaci* em função do estágio fenológico das plantas, elementos climáticos e densidades dos predadores.

Variável independente	Coeficientes angulares da regressão linear múltipla
Estádio fenológico das plantas	*-0,29
Elementos climáticos	
Chuvas (mm. dia <sup>-1</sup> )	-0,31
Velocidade média dos ventos (m. s <sup>-1</sup> )	0,17
Fotoperíodo (h.dia <sup>-1</sup> )	*0,85
Predadores	
Aranhas. amostra <sup>-1</sup>	*0,44
<i>Eriopsis connexa</i> . amostra <sup>-1</sup>	-0,24
<i>Chrysoperla sp.</i> amostra <sup>-1</sup>	-0,11
Características do modelo	
R <sup>2</sup>	0,82
F	9,23
P	0,003

\* Coeficientes significativos pelo teste F a  $P < 0,05$ .



**Figura 3.** A. Ruído branco (comportamento dos dados brutos/ densidades observadas em 2014 e 2015); B. Função da autocorrelação amostral (ACF); e C. Função de autocorrelação parcial (PACF).

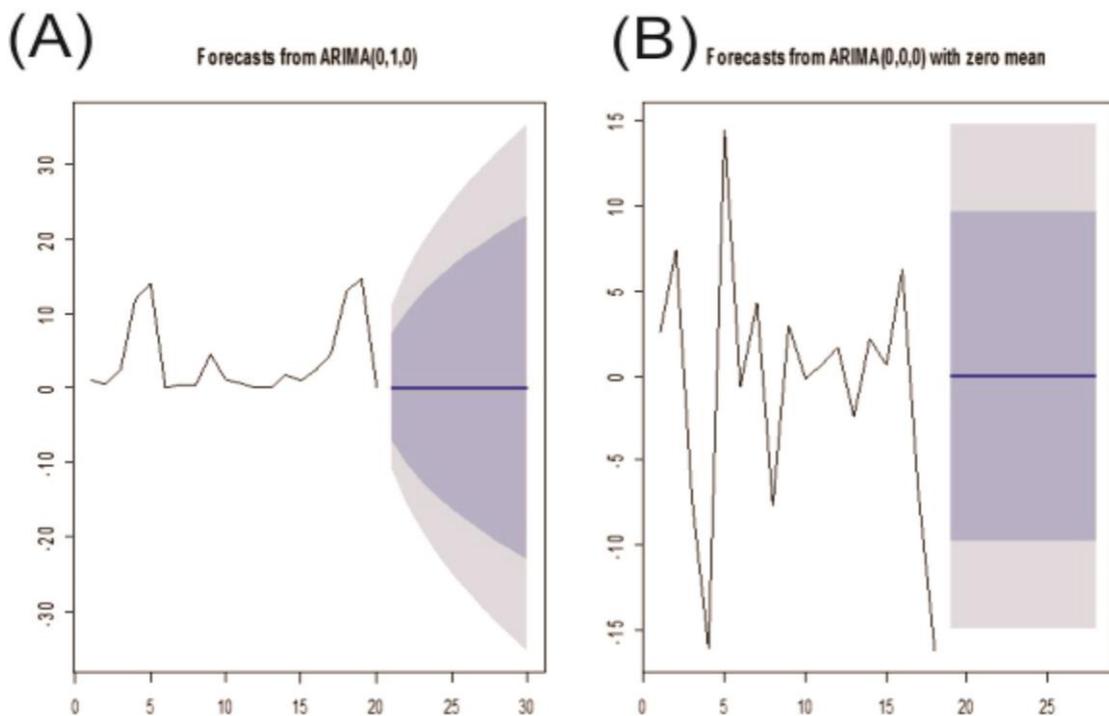
**Tabela 3.** Teste Dickey-Fuller, para identificar a ordem do modelo.

Dickey-Fuller	Ordem lag	P-valor
-4.0511	0	0.02147*
-3.3322	2	0.08719 <sup>NS</sup>

\*, significativo a  $P < 0,05$ ; <sup>NS</sup>, não significativo.

**Tabela 5.** Teste Box-Jenkins

$\chi^2$ -Qui-quadrado	Dif	P-valor
0.0010725 FIT1	0	$2,2e^{-16}$ *
0.49762 FIT2	0	$2,2e^{-16}$ *



☆ Densidades de *B. tabaci* nas lavouras de numero 21<sup>a</sup> (0,01 ), 22<sup>a</sup>(0,08) e 23<sup>a</sup>(0,09).

**Figura 5.** (A) Gráfico de previsão para as próximas 10 lavouras pelos valores autoregressivos; e (B) gráfico de previsão para as próximas 10 lavouras pelos valores autoregressivos parciais.

#### **Capítulo 4: Planos de amostragens sequenciais e tomada de decisão pelos níveis de dano econômico de *Bemisia tabaci* em cultivos de melancia**

**RESUMO** - Apesar de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) ser uma importante praga para a melancia, ainda não foram determinados níveis de dano econômico e planos de amostragens sequenciais para esta praga nesta cultura. Os planos de amostragem sequencial tem a vantagem de tomar decisões com poucos números de amostras e com muita eficiência. Este estudo teve o objetivo de determinar planos de amostragens sequenciais para *B. tabaci* em lavouras comerciais de melancia, com diferentes situações de mercado e estágio de desenvolvimento da cultura. A infestação de *B. tabaci* resultou em diminuição da produtividade da cultura nas fases vegetativa e reprodutiva. Os níveis de dano econômico para *B. tabaci* na fase vegetativa foram 0,13, 0,21 e 0,52 insetos por amostra quando o preço pago pelo fruto foi baixo, médio e alto, respectivamente. Já na fase reprodutiva, os níveis de dano foram 0,44, 0,69 e 1,69, para as mesmas condições de mercado citadas. Os planos de amostragem sequencial para *B. tabaci* gerados para cada nível de dano econômico tomaram decisões semelhantes e mais rápidas do que o plano convencional. Os níveis de dano econômico e os planos de amostragem sequencial gerados neste estudo podem ser incorporados aos programas de manejo integrado de *B. tabaci* da cultura de melancia.

**Palavras-chave:** mosca-branca; *Citrullus lanatus*; tomada de decisão; manejo de praga.

## Chapter 4: Sequential Sampling Plans and Decision-Making by Levels of Economic Damage of *Bemisia tabaci* on Watermelon Crops

**ABSTRACT** - Although *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) is an important pest for watermelon, there have not yet been determined levels of economic damage and sequential sampling plans for this pest in this crop. Sequential sampling plans have the advantage of making decisions with few sample numbers and with great efficiency. The aim of this study was to determine sequential samplings for *B. tabaci* in commercial watermelon crops, with different market situations and stage of development of the crop. The infestation of *B. tabaci* resulted in a decrease in crop productivity in the vegetative and reproductive phases. The economic damage levels for *B. tabaci* in the vegetative phase were 0.13, 0.21 and 0.52 insects per sample when the price paid for the fruit were low, medium and high, respectively. In the reproductive phase, the damage levels were 0.44, 0.69 and 1.69, for the same market conditions. The sequential sampling plans for *B. tabaci* generated for each level of economic damage have made similar and faster decisions than the conventional plan. The levels of economic damage and the sequential sampling plans generated in this study can be incorporated into the programs of integrated management of *B. tabaci* of the watermelon culture.

**Keywords:** whitefly; *Citrullus lanatus*; Decision making; Pest management.

## INTRODUÇÃO

Atualmente existem cultivares de melancia adaptadas para todas as regiões do globo terrestre. O cultivo de melancia é uma atividade que busca atender uma grande demanda e emprega muita mão-de-obra nas práticas culturais (Santos e Zambolim, 2011; Moradi et al., 2015). Isso faz com que a melancia seja uma das hortaliças mais produzidas mundialmente, ocupando uma área colhida de 2.693,688ha (FAO, 2014).

Porém são vários os fatores de perdas que acometem a cultura da melancia (Pereira et al., 2017). Entre esses fatores de perda, a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) é citada como uma praga-chave de alto potencial causador de perdas na produção de melancia (Bacci et al., 2006; Santos e Zambolim, 2011; Abrahamian e Abou-jawdah, 2014). Essa praga pode transmitir toxinas que alteram a fisiologia da planta bem como vírus causadores de doenças, que podem reduzir a produção na ordem de 10 a 80%. Pela grande mobilidade do inseto, patógenos de doenças podem ser dispersados rapidamente por todo cultivo (Glick e Noble, 1961; Peterson e Higley, 2000; Gu et al., 2011; e Naranjo, 2010; Abrahamian e Abou-jawdah, 2014). Normalmente em estudos que avaliam a interação da praga sobre a produtividade de plantas é feita de forma indireta e em ambientes controlados. Esta determinação é indireta porque avaliam a redução na produção pela interação da doença transmitida pelo inseto (Abrahamian e Abou-jawdah, 2014). Já neste estudo contabilizou-se a redução da produção pela presença do inseto na planta de cultivos comerciais de melancia, refletindo com exatidão a realidade dos agroecossistemas.

Problemas com pragas como mosca-branca, pode ser agravado pela intensificação da agricultura convencional, abundancia de plantas hospedeiras e falta de inimigos naturais (Van Lenteren e Noldus, 1990; Campo et al., 2011 e Abrahamian

e Abou-jawdah, 2014). Isso demonstra a importância de se elaborar planos de amostragem eficientes para manejo de *Bemisia tabaci* que sejam simples de serem executados, rápidos e precisos. Além disso, deve permitir que os produtores decidam sobre o controle da praga a fim de evitar a ressurgência e garantir a lucratividade do cultivo (Pedigo et al., 1986; Bacci et al., 2008; Pinto et al., 2017; Lima et al., 2017)., de decisão precisa ser avaliado de acordo com critérios técnicos. Desse modo, determinar os níveis de danos econômicos (NDE) são muito importantes. Na prática o NDE, é o limite tolerável de insetos por amostra sem que esse cause prejuízos econômicos igual ou superior ao custo de controle da praga (Pedigo et al., 1986). Então, o preço da produção também são parâmetros equacionados na determinação do NDE que auxiliará na tomada de decisão, bem como o nível de tecnificação e produtividade esperada (Stern et al., 1959; Pedigo et al., 1986; Pedigo e Rice, 2014; Lima et al., 2014). O NDE passa então a ser um coeficiente variável inverso ao valor da produção (Higley e Pedigo, 1996; Pedigo e Rice, 2014).

Para a tomada de decisão é necessário o uso dos planos de amostragens, que podem ser convencional e/ou sequencial. Nos planos de amostragem convencional as considerações sobre o controle de pragas só é realizada após avaliação de um número fixo de amostras (Lima et al., 2017). Já no plano de amostragem sequencial quando o ajuste é possível, os números de amostras são variáveis e menores, porém sem perderem a confiabilidade da estimativa populacional de praga. Tornando este método mais barato, rápido e com a mesma precisão e eficiência (Gusmão et al., 2006; Pereira et al., 2016). Entretanto, esta precisão necessita ser testada comparando o tempo de amostragem e a tomada de decisão com as do plano convencional, para validação do método (Gusmão et al., 2006; Pereira et al., 2016).

Apesar da importância deste método de amostragem, ainda não existem trabalhos a respeito dos níveis de dano econômico e planos de amostragens sequenciais para a *B. tabaci* na cultura de melancia. Desta maneira, este trabalho teve por objetivo determinar níveis de dano econômico e planos de amostragens sequenciais para a mosca-branca (*Bemisia tabaci*) em cultivos comerciais de melancia. Assim foram: (i) determinado o custo de controle para a *B. tabaci*, (ii) determinado os níveis de dano econômico e planos de amostragem sequencial para a praga, de acordo com oscilações de preço do fruto no mercado e estádios fenológico da melancia, e (iii) validados os planos de amostragens sequenciais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Condições experimentais**

O trabalho foi realizado nos anos 2014 e 2015, num total de 71 lavouras comerciais de melancia da variedade Manchester (ciclo de 75-90dias), localizadas no município de Formoso do Araguaia - TO (11°47'48"S, 49°31'44"O, 240m de altitude e clima tropical com inverno seco). As lavouras possuíam sistema de irrigação de superfície, por elevação do lençol freático até o nível das raízes das plantas. Cada lavoura possuía cerca de 15 hectares em cultivos escalonados. O espaçamento entre linhas era de 2,80m entre linhas e de 1,45m entre plantas. As plantas foram manejadas de acordo com as técnicas culturais recomendadas para a cultura (Santos e Zambolim, 2011).

Nas lavouras foram avaliadas as densidades de *B. tabaci*, usando a técnica de contagem direta na 6ª folha mais apical por ser a melhor técnica e unidade amostral (Lima et al., 2017)

As plantas foram georreferenciadas de maneira a obter pontos sistematizados de amostragem e eliminar tendências direcionais (Rosado et. al, 2014; Pereira et al., 2016; Pinto et al., 2017). Inicialmente foram determinados os níveis de dano econômico para a *B. tabaci*. Em seguida foram determinados os planos de amostragens sequenciais. Finalmente, foram realizadas simulações para validação dos planos de amostragem sequencial. Isso é feito usando se o mesmo número de amostras sugeridos no plano convencional, para a praga na cultura estuda. Após, utiliza-se o NDE para comparar a quantidade de amostras utilizadas no plano de amostragem sequencial para se tomar a mesma decisão de controle que o plano de amostragem convencional.

### **Determinação dos níveis de dano econômico**

Nesta parte foi determinado o custo de controle de *B. tabaci*, a relação da produtividade e o valor da produção da cultura com a intensidade de ataque da praga nas fases vegetativa e reprodutiva.

### **Custo de controle**

Foi realizado um levantamento do preço médio de todos os inseticidas licenciados para o controle de *B. tabaci* em cultivos de melancias, utilizados nas principais regiões produtoras no Brasil. Considerando os princípios de rotação de produtos de modo de ação diferentes em programas de manejo de resistência de insetos praga. O preço de adjuvantes, equipamentos e número de ações de controle tomadas para o controle desse inseto em cultivos do fruto, também foi considerado (Tabela 1). A partir destes dados foi estimado o custo de controle para *B. tabaci* em cultivos de melancia.

## **Relação entre a intensidade de herbívora de *B. tabaci* e a produtividade da cultura**

Foram monitoradas as densidades de *B. tabaci* em 300 plantas por lavoura, ao longo do ciclo da cultura. Ao todo foram sete cultivos comerciais, avaliados para cada fase. No final do cultivo, os frutos foram colhidos, pesados e classificados. Com estes valores, foi estimada a produtividade das lavouras (produção/unidade de área) em toneladas por hectare.

A interação entre o nível de infestação de *B. tabaci* e a produtividade da cultura foi estudada por meio de análise de regressão ( $P < 0,05$ ). Estas análises foram realizadas levando em consideração o estágio de desenvolvimento da cultura (vegetativo e reprodutivo).

Os modelos de regressão hiperbólico decrescente, linear simples e exponencial negativo, foram testados. Pois estes modelos são descritos como capazes de estimar a relação da produtividade de plantas com os níveis de infestação de pragas (Higley e Pedigo, 1996).

## **Relação entre o preço pago pela produção de melancias e a densidade de *B. tabaci***

Foram estimados os preços baixo, médio e alto praticados nos anos de 2014 e 2015, e pagos aos produtores pela produção do fruto (Agriannual, 2015). Com os dados da produtividade, foi calculado o valor da produção (VP) em R\$ por hectare usando a fórmula (1):

(1)  $VP = Pd * Pu$ , onde:  $Pd$  = produtividade (t/ha) e  $Pu$  = preço unitário (R\$/t).

Foram usados nos cálculos do valor de produção três preços unitários: preço baixo (R\$ 200/t), preço médio (R\$ 450/t) e preço alto (R\$ 700/t). Estes três cenários foram avaliados em função da variação de preço do fruto em relação a sazonalidade, bem como a relação entre oferta e procura. Os valores da produção da cultura em função da intensidade de ataque de *B. tabaci* foram submetidos à análise de regressão ( $P < 0,05$ ).

### **Cálculo dos níveis de dano econômico**

Foi verificada a redução na produtividade da cultura de melancia que correspondem aos níveis de dano econômico ( $Pp$ ) em porcentagem. Para isso foi aplicada a equação (2) (Stone e Pedigo, 1972):

(2)  $Pp = \frac{C * 100}{V * K}$ , onde:  $C$  = custo de controle (R\$/ha);  $V$  = valor da produção quando a cultura não é atacada pela praga em R\$/ha (que foram R\$ 6.000,00, R\$ 13.000,00 e R\$ 19.800,00 para os custos R\$ 200, R\$ 450 e R\$ 700 por tonelada de frutos, respectivamente) na fase vegetativa; (R\$ 5.800,00, R\$ 13.000,00 e R\$ 20.000,00 para os custos R\$ 200, R\$ 450 e R\$ 700 por tonelada de frutos, respectivamente) na fase reprodutiva; e  $K$  = coeficiente de eficiência de controle (0,8 que corresponde a 80% de eficiência) (Pedigo et al., 1986; Pedigo e Rice, 2014). Foi utilizado o nível de 80%, pois esta é a eficiência de controle usada para se realizar o registro de um inseticida para o controle de pragas no Brasil (Silva et al., 2011; Pereira et al., 2016). A fase de florescimento pleno nesta cultura tem curta duração. Os final da fase de florescimento é de difícil determinação, pois a planta continua emitindo flores mesmo na época de colheita, por isso esse período foi somado ao de frutificação.

Em seguida foram calculados os valores de produção da cultura considerando que o ataque da praga fosse igual ao nível de dano econômico ( $V_{ND}$ ) usando a fórmula (3) (Gusmão et al., 2006):

$$(3) V_{ND} = V * Pp \div 100.$$

Por fim, os níveis de dano econômico foram estimados para quando os preços dos frutos foram: baixo, médio e alto. Cada um destes preços dos frutos foi usado nas equações do valor de produção da cultura em função da densidade de ataque de *B. tabaci*. Detalhes da estimativa se encontram no item anterior. Em resumo, os valores de produção corresponderam a variável dependente (Y) e os níveis de dano econômico a variável independente (X).

### **Determinação dos planos de amostragem sequencial**

Foram elaborados planos de amostragem sequencial para *B. tabaci* na cultura da melancia, na fase vegetativa e reprodutiva, para cada um dos três níveis de dano econômico determinado anteriormente.

As determinações dos planos de amostragem sequencial foram baseadas no teste sequencial da razão de verossimilhança proposto por Wald, (1945). Para compor os planos de amostragem sequencial, foram determinados os números mínimo e máximo de amostras e os limites inferior e superior de tomada de decisão.

Os limites de decisão inferior e superior foram calculados usando as equações (4) e (5) (Wald, 1945; Young e Young, 1998):

$$(4) LB_n = h_0 + S * n$$

(5)  $UB_n = h_1 + S * n$ , onde: onde:  $LB_n$  = limite inferior de decisão,  $n$  = número de unidades amostrais utilizadas (1 a 103),  $h_0$  = intercepto no eixo das ordenadas das curvas do limite inferior de decisão,  $S$  = inclinação das curvas dos limites inferior e

superior de decisão,  $UB_n$  = limite superior de decisão e  $h_1$  = intercepto no eixo das ordenadas da curva do limite superior de decisão.

Os valores de  $h_0$ ,  $h_1$ , e  $S$  foram calculados usando as fórmulas (6), (7) e (8)

(Young e Young, 1998):

$$(6) \quad h_0 = \frac{\ln\left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right)}{\ln\left[\frac{m_1(m_0+k)}{m_0(m_1+k)}\right]}$$

$$(7) \quad h_1 = \frac{\ln\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)}{\ln\left[\frac{m_1(m_0+k)}{m_0(m_1+k)}\right]}$$

$$(8) \quad S = k \frac{\ln\left[\frac{m_1+k}{m_0+k}\right]}{\ln\left[\frac{m_1(m_0+k)}{m_0(m_1+k)}\right]}, \text{ onde: } \ln = \text{logarítmo neperiano, } \alpha = \text{erro tipo I, } \beta = \text{erro tipo II,}$$

$m_0$  = densidade crítica do limite inferior,  $m_1$  = densidade crítica do limite superior e  $k$  = parâmetro de agregação comum da distribuição de frequência binomial negativa.

Para os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  foram adotados os valores de 0,10 (Fowler e Lynch, 1987; Young e Young, 1998). Para o parâmetro  $m_0$  foram adotados os valores de 50% dos níveis de controle (0,26, 0,11 e 0,07 para fase vegetativa) e (0,85, 0,35 e 0,22 para a fase reprodutiva). Para o parâmetro  $m_1$  foram adotados os valores dos níveis de dano (0,52, 0,21 e 0,13 para fase vegetativa) e (1,69, 0,69 e 0,44 para a fase reprodutiva). Já para o parâmetro  $k$  foi adotado o valor de 1,1324 (Lima et al., 2017).

### **Validação dos planos de amostragem sequencial**

Para a validação dos planos de amostragem sequencial foram utilizados dois métodos. O primeiro método foi baseado nas curvas características de operação ( $CO_p$ ) e nas curvas do tamanho esperado de amostras para a tomada de decisão ( $Ep_n$ ). No segundo método de validação comparamos os resultados dos planos sequenciais e convencionais.

Na determinação das  $CO_p$  e  $EP_n$  foram utilizadas as equações (9) e (10)

(Young e Young, 1998):

$$(9) \quad CO_p = \frac{\frac{(1-\beta)^h - 1}{\alpha}}{\frac{(1-\beta)^h}{\alpha} - \frac{1}{1-\alpha}}$$

(10)  $EP_n = \frac{CO_n(h_0 - h_1) + h_1}{m - S}$ , onde:  $m$  = número médio de *B. tabaci* por amostra e  $h$  = variável auxiliar dependente de  $m$ . Os valores de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $h_0$ ,  $h_1$  e  $S$  foram determinados usando-se as equações (6), (7) e (8).

No segundo método de validação foi avaliada a densidade real da praga em 64 lavouras usando os planos de amostragens sequenciais e convencionais. O plano de amostragem convencional é composto por 103 amostras por lavoura (Lima et al., 2017). Em cada lavoura foi determinada a densidade de *B. tabaci* (média  $\pm$  erro padrão), o número de amostras necessárias para se tomar decisão e o tipo de decisão a ser tomada (controle, reamostragem ou não controle).

Para os dois métodos de validação se determinaram a porcentagem de acertos nas tomadas de decisão e a economia de tempo quando adotado o plano de amostragem sequencial, em substituição ao plano convencional.

## RESULTADOS

O custo unitário estimado para o controle de *B. tabaci* na cultura de melancia foi de R\$ 174,55. O número médio de aplicações foi de três aplicações por cultivo. Os componentes do custo para a aplicação de defensivos estão descritos na Tabela 1.

Em termos de percentagem, o adjuvante ocupou 0,04% do custo total, equipamentos e inseticidas ocuparam 11,22% e 84,78% respectivamente.

Foram confeccionadas curvas de produtividade da cultura da melancia em relação à intensidade de ataque de *B. tabaci*, para as fases em que esta interação foi significativa ( $P < 0,05$ ), vegetativa e reprodutiva (Figuras 1 e 2). Estas curvas seguiram uma função exponencial decrescente com coeficiente de 0,92 na fase vegetativa e 0,94 na fase reprodutiva. Na fase vegetativa, a curva foi mais acentuada em relação à fase reprodutiva. Nesta fase a planta suportou uma intensidade menor de infestação (Figura 1). Foi constatado que a partir de 3 insetos por amostra na fase vegetativa e de 10 insetos por amostra na fase reprodutiva, há uma redução acentuada na produtividade da cultura, pela sucção de seiva por parte do inseto (Figuras 1 e 2).

As curvas que retratam a intensidade de ataque de *B. tabaci*, em função das variações da rentabilidade financeira, explicada pela variação do preço pago pelo fruto, também foram significativas ( $P < 0,05$ ). Nestas curvas de valor de produção em função da intensidade de ataque da *B. tabaci*, é possível notar que ocorreram perdas médias de 57% na fase vegetativa (Figura 1A) e 55% na fase reprodutiva (Figura 1B).

Os níveis de danos econômicos estimados considerando os estádios de desenvolvimento da cultura, foram de 0,52, 0,21 e 0,13 insetos por amostra para a fase vegetativa e, 1,69, 0,69 e 0,44 insetos por amostra para a fase reprodutiva quando os preços dos frutos foram baixo, médio e alto, respectivamente (Tabelas 2 e 3).

Os limites inferiores ( $m_0$ ) e superiores ( $m_1$ ) dos planos de amostragens sequenciais para os níveis de dano econômico de 0,13, 0,21 e 0,52 insetos por amostra no estágio vegetativo foram  $m_0 = 0,07, 0,11$  e  $0,26$  e  $m_1 = 0,13, 0,21$  e  $0,52$ , respectivamente. A inclinação dos limites de tomada de decisão para os planos de amostragem foram  $S = 0,09, 0,15$  e  $0,37$ . Os interceptos do limite inferior ( $h_0$ ) e superior

( $h_1$ ) foram  $h_0 = -3,43$  e  $h_1 = 3,43$ ,  $h_0 = -3,59$  e  $h_1 = 3,59$ ;  $h_0 = -4,21$  e  $h_1 = 4,2$  para os níveis de dano econômico de 0,13, 0,21 e 0,52 insetos por amostra, respectivamente (Figuras 4 e 6).

No estágio reprodutivo, os limites inferiores ( $m_0$ ) foram de 0,22, 0,35 e 0,85 e superiores ( $m_1$ ) de 0,44, 0,69 e 1,69 para os níveis de dano econômico de 0,44, 0,69 e 1,69 respectivamente. A inclinação dos limites de tomada de decisão para os planos de amostragem foram  $S = 0,31$ , 0,49 e 1,19. Já os interceptos do limite inferior ( $h_0$ ) e superior ( $h_1$ ) foram  $h_0 = -4,05$  e  $h_1 = 4,05$ ;  $h_0 = -4,55$  e  $h_1 = 4,55$ ;  $h_0 = -6,51$  e  $h_1 = 6,5$  para os níveis de dano econômico de 0,44, 0,69 e 1,69 inseto por amostra, respectivamente (Figura 5 e 7).

O número mínimo de amostras para a decisão de controle para os três níveis de dano econômico na fase vegetativa foi de 1 amostra (Figura 5). O plano de amostragem sequencial para os níveis de dano econômico de 0,13 e 0,21 e 0,52 insetos por amostra geraram a região de não controle da praga em 38, 25 e 12 amostras, respectivamente (Figuras 4A, 4B e 4C). Já na fase reprodutiva o número mínimo de amostras para a decisão de controle foi de 1 amostra para os níveis de dano econômico 0,44, 0,69 e 1,69 (Figuras 5A, 5B e 5C), e de 12, 9 e 5 amostras para tomar a decisão de não controle da praga, respectivamente.

A validação dos planos de amostragens sequenciais usando o método de curvas das características operacionais indicou que a probabilidade de não controlar *B. tabaci* é de 90% quando a densidade do inseto for menor que os limites inferiores de tomada de decisão (0,07, 0,11 e 0,26 insetos por amostra). Já a probabilidade de não controlar a praga foi de 10% quando a densidade de *B. tabaci* for igual aos limites superiores de tomada de decisão (0,13, 0,21 e 0,52 insetos por amostra). O mesmo ocorre na fase reprodutiva com o limite inferior de 0,22, 0,35 e 0,85 insetos por amostra e superior 0,44, 0,69 e 1,69 insetos por amostra.

Neste método de validação as curvas estimadas indicam que seriam necessárias mais de 6 amostras para que fosse tomada a decisão de não controle da praga na fase vegetativa (Figura 6), e mais de 3 amostras para a fase reprodutiva (Figura 7).

Na validação dos planos de amostragens usando o método de monitoramento da praga em 64 lavouras de melancia, verificou-se que em 97,40% das lavouras os planos sequenciais e convencionais tomaram a mesma decisão de controlar a praga na fase vegetativa. Semelhantemente, na fase reprodutiva 91,15% das lavouras os planos sequenciais e convencionais tomaram a mesma decisão de controlar a praga (Figura 8).

A redução no tempo de amostragem quando utilizado o sistema de amostragem sequencial em relação à amostragem convencional foi de 90% na fase vegetativa e de 75% na fase reprodutiva. A redução do número de amostras reduziu o tempo de amostragem resultando em menor custo, para executar os planos de amostragens sequenciais (Figura 9).

## **DISCUSSÃO**

Buscando atender todas as situações de mercado, e levando em consideração os estádios da cultura, desenvolvemos 6 planos de amostragem sequencial para a *B. tabaci* (3 para a fase vegetativa e 3 para a fase reprodutiva). Estes planos são essenciais para a tomada de decisão de controle de pragas. A tomada de decisão é realizada após análises de diversas variáveis, como: custo de

controle, potencial de causar danos a cultura, condições climáticas e os níveis de dano econômico.

O custo de controle de *B. tabaci* representa cerca de 4,11% do valor da produção. Este valor é baixo se considerarmos o potencial de redução de produtividade provocada por poucos insetos foi de 57% e 55%, podendo variar com o estágio de desenvolvimento da planta. Para alguns autores, as cucurbitáceas em geral podem sofrer redução de produção na ordem de 10 a 80%, em decorrência do ataque de mosca-branca (Gu et al., 2011; Stansly e Naranjo 2010; Abrahamian e Abou-jawdah, 2014). O que evidencia a necessidade dos índices de tomada de decisão, bem como a importância de manejar de forma eficiente as pragas, para que o produtor tenha a certeza de lucratividade, evite a ressurgência da praga e eficiência dos defensivos (Leite et al., 2006; Lima et al., 2014). O inseto *B. tabaci* pode transmitir cerca de 90 vírus causadores de doenças, ocorrendo nas regiões tropicais, subtropicais e temperadas (Hilji, 1996 e Schuster et al., 1996). No Brasil, ocorre a família Geminivirus do gênero *Begomovirus* e ainda o gênero *Carlavirus* da família Flexiviridae. Como o *Melon yellowing-associated virus* (MYaV), todos estes vírus são transmitidos por mosca-branca (Nagata et al, 2005; Calegario, et al. 2007). Essa transmissão ocorre enquanto a mosca-branca succiona a seiva da planta infectada e em seguida coloniza uma planta saudável, o que torna o inseto um vetor por toda a sua vida. A maioria dos vírus que se associam com mosca-branca são transmitidos ao inseto de forma semi-persistente (Abrahamian e Abou-jawdah, 2014).

Devido à grande quantidade de hospedeiros de *B. tabaci*, o seu potencial biótico, sua adaptação ao clima com alta temperatura e baixa umidade e a alta suscetibilidade da cultura, se esta praga não for bem manejada ocasionará perda, durante todo o ciclo da cultura (Moura et al., 2003; Boissot, 2010; Campo et al., 2011). A interação do ataque de *B. tabaci* na produção da melancia foi significativa (Figura 1

A e B). Isto ocorre porque *B. tabaci* é um inseto sugador de seiva que injeta toxinas na planta, provocando alterações na morfologia e fisiologia da planta, podendo ainda transmitir vírus. O fato é que plantas estressadas são menos produtivas (Peterson e Higley, 2000; Liu e Trumble, 2004; Bacci et al., 2008; Bonning et al., 2014).

A própria característica de produção de melancia em campo aberto, pode favorecer a incidência de mosca-branca (Pasek, 1988, Gabarra et al., 2004; Abrahamian e Abou-jawdah, 2014). Pois a arquitetura da planta que é rasteira, com folhas grandes e ramos que se adensam muito, servem de abrigo para o inseto e dificulta as aplicações efetivas de defensivos químicos (Leite et al., 2006).

O estudo desse tipo de praga que não provoca danos perceptíveis rápidos na parte comercializada do fruto é difícil (Higley e Pedigo, 1996). Por isso modelos estatísticos são bem estudados neste tipo de pesquisa. Para que seja possível quantificar a interferência do inseto na produtividade da cultura (Higley e Pedigo, 1996; Hao et al., 2002; Pereira et al., 2016). Apesar das muitas variáveis que influenciam qualquer cultivo, foi possível descrever com grande precisão a relação da densidade de inseto com a perda de produtividade. Como pode ser observado nas figuras 1 e 2 com  $R^2 = 0,92$  e  $R^2 = 0,94$  nas fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente. O modelo que melhor descreve a relação praga/planta foi uma exponencial, o que indica alta susceptibilidade da melancia a infestação de *B. tabaci* (Higley e Pedigo, 1996). Isso é notável quando se percebe decréscimo acentuado da produtividade com um acréscimo pequeno de insetos. A exemplo disso na fase vegetativa a produtividade cai 31% com apenas 2 insetos por amostra, e na fase reprodutiva 28% com 6 insetos por amostra.

O nível de dano econômico diminui com o aumento do preço do fruto, ou seja, são grandezas inversamente proporcionais. Na prática, a tomada de decisão para o controle da praga é tomada quando a densidade de praga é ainda menor que quando

o preço do fruto é mais baixo. Em nossas análises, a variação do nível de dano não teve grandes variações em relação ao preço pago pelo fruto (Tabelas 2 e 3). Em termos práticos, quando no estágio vegetativo for encontrado 1 mosca-branca a cada 8 amostras (se preço alto R\$700,00, NDE=0,13), 1 mosca-branca a cada 5 amostras (se preço médio R\$450,00, NDE=0,21) e 1 mosca-branca a cada 2 amostras (se preço baixo R\$200,00, NDE=0,52), deve-se fazer o controle da praga. A mesma consideração é feita quando a planta estiver no estágio reprodutivo, ou seja, se 2 moscas-branca a cada 5 amostras (NDE=0,44), 2 moscas-branca a cada 3 amostras (NDE=0,69), 5 moscas-branca a cada 3 amostras (NDE=1,69). Estes níveis dão um indicativo de que o produtor deve monitorar o cultivo constantemente, para que se evite prejuízos financeiros.

Já era esperado que a planta na fase vegetativa suportasse uma menor quantidade de inseto, do que na fase reprodutiva. Na fase vegetativa, a planta possui uma arquitetura pequena, com poucos tricomas e possui assim pouca capacidade de fazer a translocação de recursos e a compensação pelo estresse sofrido pelo ataque do inseto, para ativar seus mecanismos de defesa (Pair e Bruton, 1998; Peterson e Higley, 2000). O inseto por outro lado suga a seiva da planta diminuindo ainda mais as defesas da planta e suas reservas nutricionais. O problema pode ser agravado pela injeção de toxinas pela praga e de vírus que entopem os feixes vasculares alterando a fisiologia e a morfologia da planta (Van Lenteren e Noldus, 1994; Byrne e Bellows Jr, 1991). Desse modo, quanto maior o tempo de convivência com a praga maiores os danos e menores serão as produtividades da cultura (Peterson e Higley, 2000).

Um dos pontos fortes e importantes deste trabalho é que a pesquisa foi feita em cultivos comerciais de melancia. Os dados aqui levantados demonstram a realidade dos produtores e a influência do agroecossistema de maneira única. Assim como todos os processos de composição de preço e custo.

A distribuição de frequência deste inseto segue uma binomial negativa, com fator de agregação comum (Moura et al., 2003; Leite et al., 2006). Isso determinou o processo de estimativa do plano de amostragem sequencial como praticável, rápido, barato e eficiente, para os mais diferentes cenários estudados. Neste tipo de plano é possível tomar decisão de controle ou não controle da praga com poucas amostras. Tornando o processo de tomada de decisão mais rápido de ser executado e mais barato. Isso ocorre devido o menor tempo gasto no monitoramento das lavouras, em relação ao plano de amostragem convencional (Gusmão et al., 2006; Cocco et al., 2015; Pereira et al., 2016). Isso fica bem evidente nas validações destes planos pois as curvas das características operacionais indicaram que estes planos tomam decisões semelhantes ao plano convencional gerado. Além disso, o método de validação pela aplicação do plano em 64 lavouras simulam essa afirmativa com ênfase em decisões com menor número de amostra e redução do tempo, mais com a mesma resposta. Como já citamos, a redução no tempo de amostragem reduziu entre 90% e 75% quando comparado com o plano de amostragem convencional.

## **CONCLUSÕES**

O ataque de *B. tabaci*, provoca redução na produtividade de cultivos de melancia, durante todo o ciclo da cultura. Os níveis de dano econômico para *B. tabaci* na fase vegetativa são 0,13, 0,21 e 0,52 insetos por amostra considerando o preço pago pelo fruto de melancia, sendo alto (R\$ 700/t), médio (R\$ 450/t) e baixo (R\$ 200/t), respectivamente. E na fase reprodutiva, os níveis de dano são 0,44, 0,69 e 1,69 para as mesmas condições de mercado citadas.

Todos os planos de amostragem sequenciais testados tomam decisões semelhantes ao plano convencional, com a vantagem de reduzir o tempo de amostragem e o número de amostras com alta eficiência de acertos na tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahamian, P. E., Abou-jawdah, Y. 2014. Whitefly-transmitted criniviruses of cucurbits: current status and future prospects. **Virus Disease**, v. 25, n. 1, p. 26-38.
- Agriannual. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos. 2015. 512 p.
- Bacci, L., Picanço, M. C., Moura, M. F., Della Lucia, T.M.C., Semeão, A. A. 2006. Sampling plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and for hymenopteran parasitoids on cucumber. **J Econ Entomol**, v. 99, p. 2177-2184.
- Bacci, L., Picanço, M. C., Moura, M. F., Semeão, A. A., Fernandes, F. L., Morais, E. G. 2008. Sampling plan for thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. **Neotrop Entomol**, v. 37, p. 582-590.
- Boissot, N., Thomas, S., Sauvion, N., Marchal, C., Pavis, C., Dogimont, C. 2010. Mapping and validation of QTLs for resistance to aphids and whiteflies in melon. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 121, n. 1, p. 9-20.
- Bonning, B. C., Pal, N., Liu, S., Wang, Z., Sivakumar, S., Dixon, P. M., Miller, W. A. 2014. Toxin delivery by the coat protein of an aphid-vectoring plant virus provides plant resistance to aphids. **Nature biotechnology**, v. 32, n. 1, p. 102-105.
- Byrne, D. N., Bellows Jr, T. S. 1991. Whitefly biology. **Annual review of entomology**, v. 36, n. 1, p. 431-457.
- Calegario, R. F., Ferreira, S. S., Andrade, E. C., Zerbini, F. M. 2007. Characterization of Tomato yellow spot virus, a novel tomato-infecting begomovirus in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1335-1343.
- Campo, B. V. H., Hyman, G., Bellotti, A. 2011. Threats to cassava production: known and potential geographic distribution of four key biotic constraints. **Food Security**, v. 3, n. 3, p. 329.

- Cocco, A., Serra, G., Lentini, A., Deliperi, S., Delrio, G. 2015. Spatial distribution and sequential sampling plans for *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato crops. **Pest Management Science**, v.71, n.9, p.1311-1323.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. Disponível em: [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat). Acesso em: 20/04/2017.
- Fowler, G. W., Lynch, A. M. 1987. Sampling Plans in Insect Pest Management Based on Wald's Sequential Probability Ratio Test. **Environmental Entomology**, v.16, n.2, p.345-354.
- Gabarra, R., Alomar, Ò., Castañé, C., Goula, M., Albajes, R. 2004. Movement of greenhouse whitefly and its predators between in-and outside of Mediterranean greenhouses. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 102, n. 3, p. 341-348.
- Glick, P. A., Noble, L. W. **Airborne movement of the pink bollworm and other arthropods**. US Department of Agriculture. 1961.
- Gu, Q. S., Liu, Y. H., Wang, Y. H., Huangfu, W. G., Gu, H. F., Xu, L., Song, F. M., Brown, J. K. 2011. First Report of Cucurbit chlorotic yellows virus in Cucumber, Melon, and Watermelon in China. **Planta Dis**, v. 95, n. 1, p. 73.
- Gusmão, M. R., Picanço, M. C., Guedes, R. N. C., Galvan, T. L., Pereira, E. J. G. 2006. Economic injury level and sequential sampling plan for *Bemisia tabaci* in outdoor tomato. **Journal of Applied Entomology**, v.130, n.3, p.160-166.
- Hao, X., Shipp, J. L., Wang, K., Papadopoulos, A. P., Binns, M. R. 2002. Impact of western flower thrips on growth, photosynthesis and productivity of greenhouse cucumber. **Scientia Horticulturae**, v. 92, n. 3-4, p.187-203
- Higley, L. G., Pedigo, L. P. **Economic thresholds for integrated pest management**. Lincoln: University of Nebraska Press. 1996.
- Hilje, L. **Metodologias para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus**. Catie, 1996.

- Leite, G. L. D., Picanço, M. C., Guedes, R. N. C., Ecole, C. C. 2006. Factors affecting the attack rate of *Bemisia tabaci* on cucumber. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.41, p.1241-1245.
- Lima, C. H. O., Sarmento, R. A., Rosado, J. F., Silveira, M. C. A. C., Santos, G. R., Pedro Neto, M., Erasmo, E. A. L., Nascimento, I. R., Picanço, M. C. 2014. Efficiency and economic feasibility of pest control systems in watermelon cropping. **Journal of Economic Entomology**, v.107, n.3, p.1118-1126.
- Lima, C. H. O., Sarmento, R. A., Pereira, P. S., Galdino, T. V. S., Santos, F. A., Silva, J. and Picanço, M. C., 2017. Feasible sampling plan for *Bemisia tabaci* control decision-making in watermelon fields. **Pest. Manag. Sci.** DOI:10.1002/ps.4621.
- Liu, D., TRUMBLE, J. T. 2004. Tomato psyllid behavioral responses to tomato plant lines and interactions of plant lines with insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 3, p. 1078-1085.
- Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Mansoori, H. 2015. Energy use and economical analysis of seedy watermelon production for different irrigation systems in Iran. **Energy Reports**, v. 1, p. 36-42.
- Moura M. F., Picanço M. C., Silva E. M., Guedes R. N. C., Pereira J.L. 2003. Plano de amostragem do biótipo B de *Bemisia tabaci* na cultura do pepino. **Pesq agropec bras**, v. 38, p. 1357-1363.
- Nagata, T., Alves, D. M. T., Inoue-Nagata, A. K., Tian, T.Y. Kitajima, E. W., Cardoso, J. E., Ávila, A. C., 2005. A novel melon flexivirus transmitted by whitefly. **Archives of virology**, v. 150, n. 2, p. 379-387.
- Pair, S. D., Bruton, B. D. Relationship of watermelon genotype and ploidy to incidence of yellow vine disease. In: **Cucurbitaceae Proceedings**. 1998.
- Pasek, J. E., 1988. Influence of wind and windbreaks on local dispersal of insects. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 22, p. 539-554.

- Pedigo, L. P., Hutchins, S. H., Higley, L. G. 1986. Economic Injury Levels in Theory and Practice. **Annual Review of Entomology**, v.31, n.1, p.341-368.
- Pedigo, L. P., Rice, M. E. **Entomology and pest management**. Long Grove:Waveland Press. 2014. 784 p.
- Pereira, P. S., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Lima, C. H. O., Santos, F. A., Silva, J., Santos, G. R., Picanço, M. C. 2016. Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. **Pest Management Science**, v. 73, n. 7, p. 1438-1445.
- Pereira, A. S., Santos, G. R., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Lima, C. H. O., Picanço, M. C., 2017. Key factors affecting watermelon yield loss in different growing seasons. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 205-212.
- Peterson, R. K. D, Higley, L. G. **Biotic stress and yield loss**. CRC Press, 2000.
- Pinto, C. B., Sarmiento, R. A., Galdino, T. V. S., Pereira, P. S., Barbosa, B. G., Lima, C. H. O., Silva, N. R. and Picanço, M. C., 2017. Standardized sampling plan for the Thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) on watermelon crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 2, p. 748-754.
- Rosado, J. F., Sarmiento, R. A., Pedro-Neto, M., Galdino, T. V. S., Marques, R. V., Erasmo, E. A. L., Picanço, M. C. 2014. Sampling plans for pest mites on physic nut. **Experimental and Applied Acarology**, v. 63, n.4, p.521-534.
- Santos G, R., Zambolim, L. **Tecnologias para produção sustentável de melancia no Brasil**. Visconde do Rio Branco:Suprema. 2011. 267 p.
- Schuster, D. J., Philip, A. S., Jane, E. P.. Expressions of plant damage by Bemisia. In: **Bemisia: 1995. Taxonomy, biology, damage, control and management**, 1996.
- Silva, G. A., Picanço, M. C., Bacci, L., Crespo, A. L. B., Rosado, J. F., Guedes, R. N. C. 2011. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance

- in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. **Pest Management Science**, v. 67, n. 8, p. 913-920.
- Stansly, P. A., Naranjo, S. E. 2010. **Bemisia: bionomics and management of a global pest**. London and New York: Springer. 2010.
- Stern, V., Smith, R., Van Den Bosch, R., Hagen, K. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: The integrated control concept. **Hilgardia**, v. 29, n. 2, p. 81-101.
- Stone, J. D., Pedigo, L. P. 1972. Development and economic injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. **Journal of Economic Entomology**, v. 65, n. 1, p. 197-201.
- Van Lenteren, J. C., Noldus, L. P. J. J. Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. In: Gerling, D. **Whiteflies: their bionomics, pest status and management**, 1990. p. 47-89.
- Wald, A. 1945. Sequential Tests of Statistical Hypotheses. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 16, n. 2, p. 117-186.
- Young, L. J., Young, J. H. **Statistical ecology: a population perspective**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 565 p.

## TABELAS E FIGURAS

**Tabela 1.** Custo (por hectare) de equipamentos, inseticidas e adjuvante usados nas pulverizações para o controle de *B. tabaci* na cultura de melancia.

### (Custo de uma pulverização)

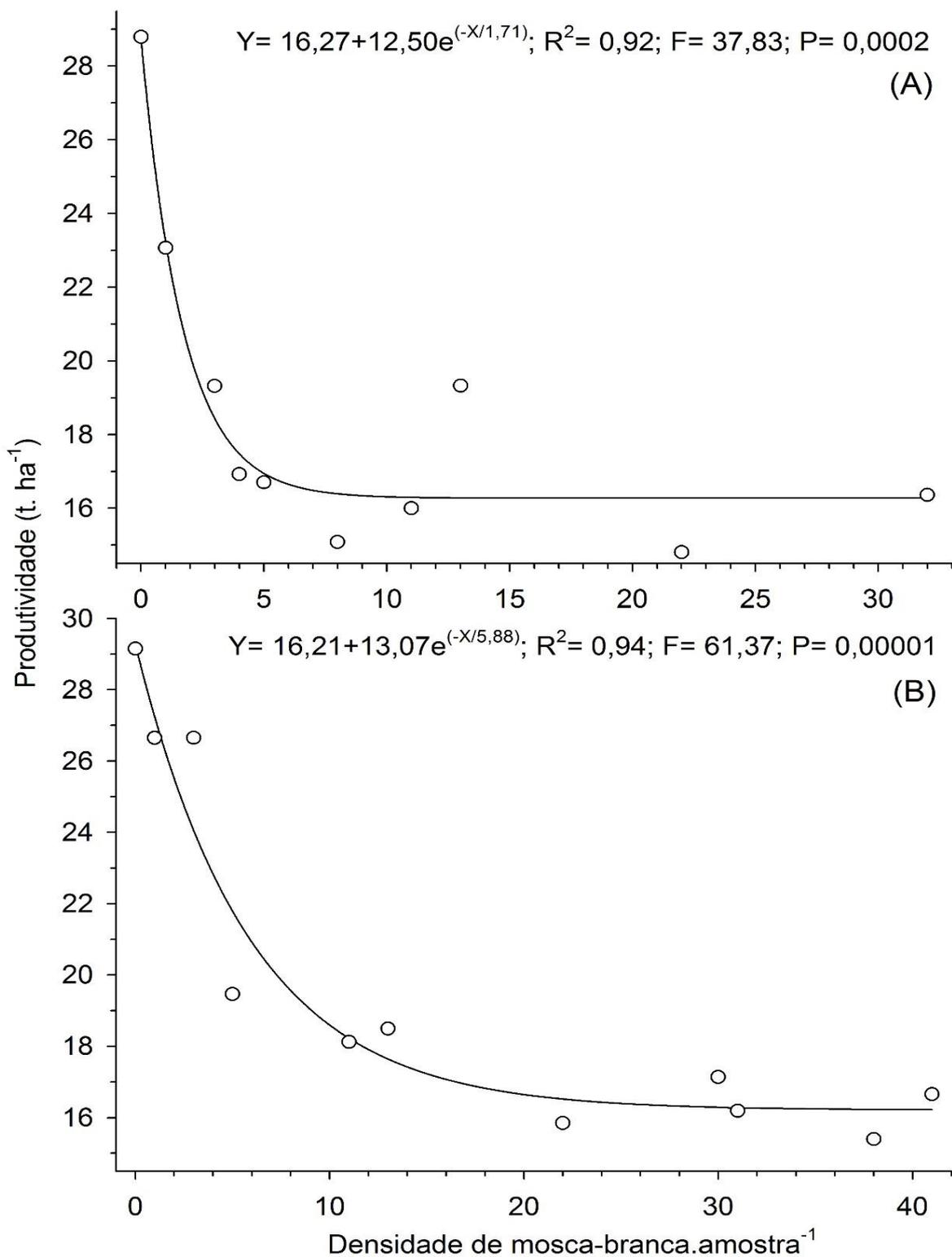
Insumos	Ud	Custo unitário (R\$)	Qtde	Custo/ aplicação (R\$)
(Equipamentos)				
Equipamento de proteção individual*	ud	125,85	0,10	12,59
Trator	h	70,00	0,10	7,00
(1) Subtotal				19,59
(Inseticidas)				
Acetamiprido SP	Kg	154,00	0,275	42,35
Azadiractina CE	L	45,00	4,00	180,00
Buprofezina 250 WP	Kg	260,00	1,50	390,00
Imidacloprido 700WG	Kg	160,00	0,30	48,00
Piriproxifem 100 EC	L	270,00	0,875	236,25
Tiacloprido SC	L	600,00	0,20	120,00
Tiametoxam 250 WG	Kg	213,00	0,09	19,17
(2) Custo médio de inseticida/aplicação				147,97
(Adjuvante)				
(3) Óleo de laranja	L	14,00	0,50	7,00
(4) Custo de uma pulverização (1) + (2) + (3)				174,55

### (Custo total de controle)

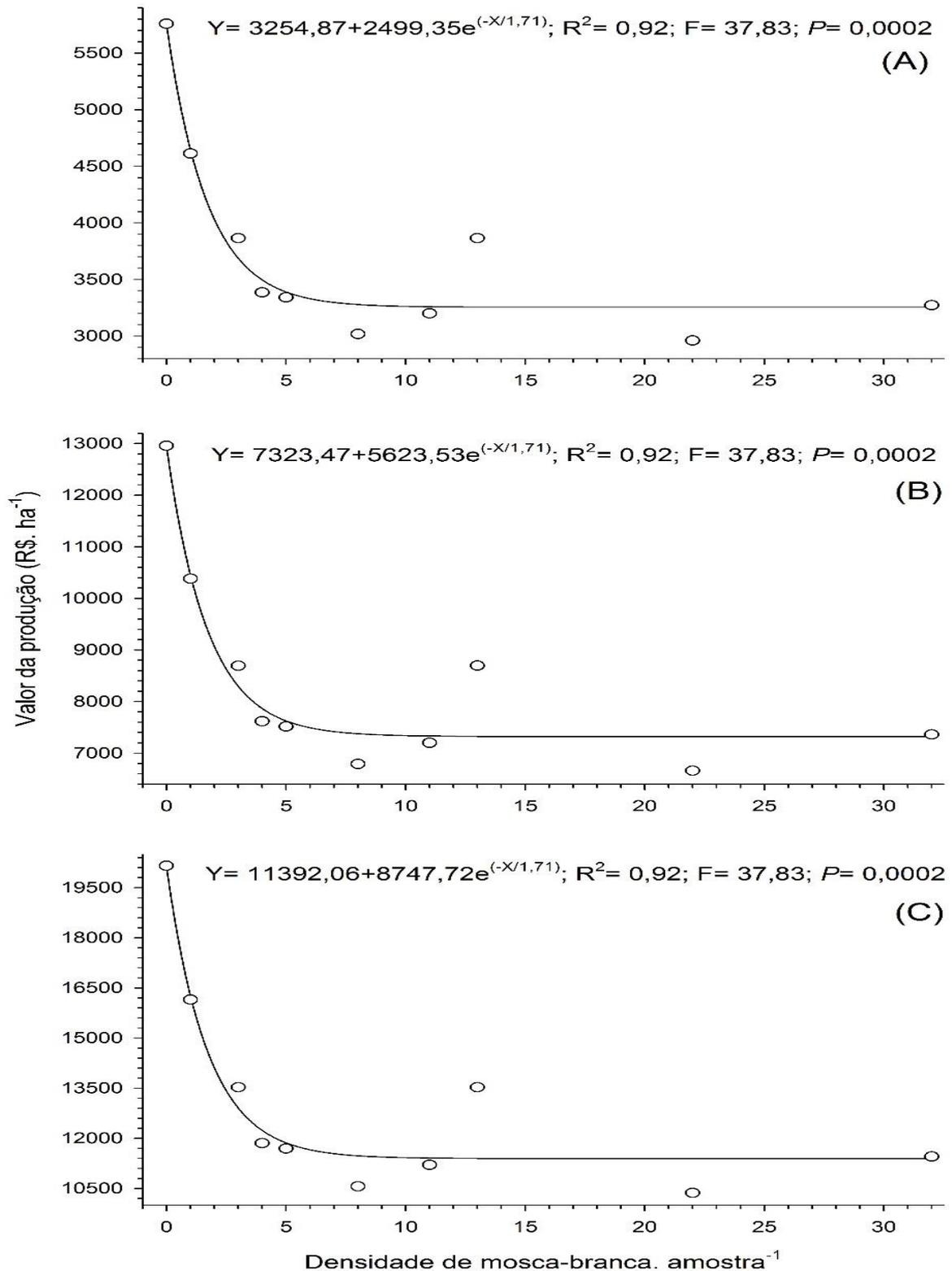
Custo unitário por aplicação (R\$)	Número de aplicações por cultivo	Custo total de controle (R\$)
174,55	3	523,66

No cabeçalho: Ud = unidade. Qtde = quantidade.

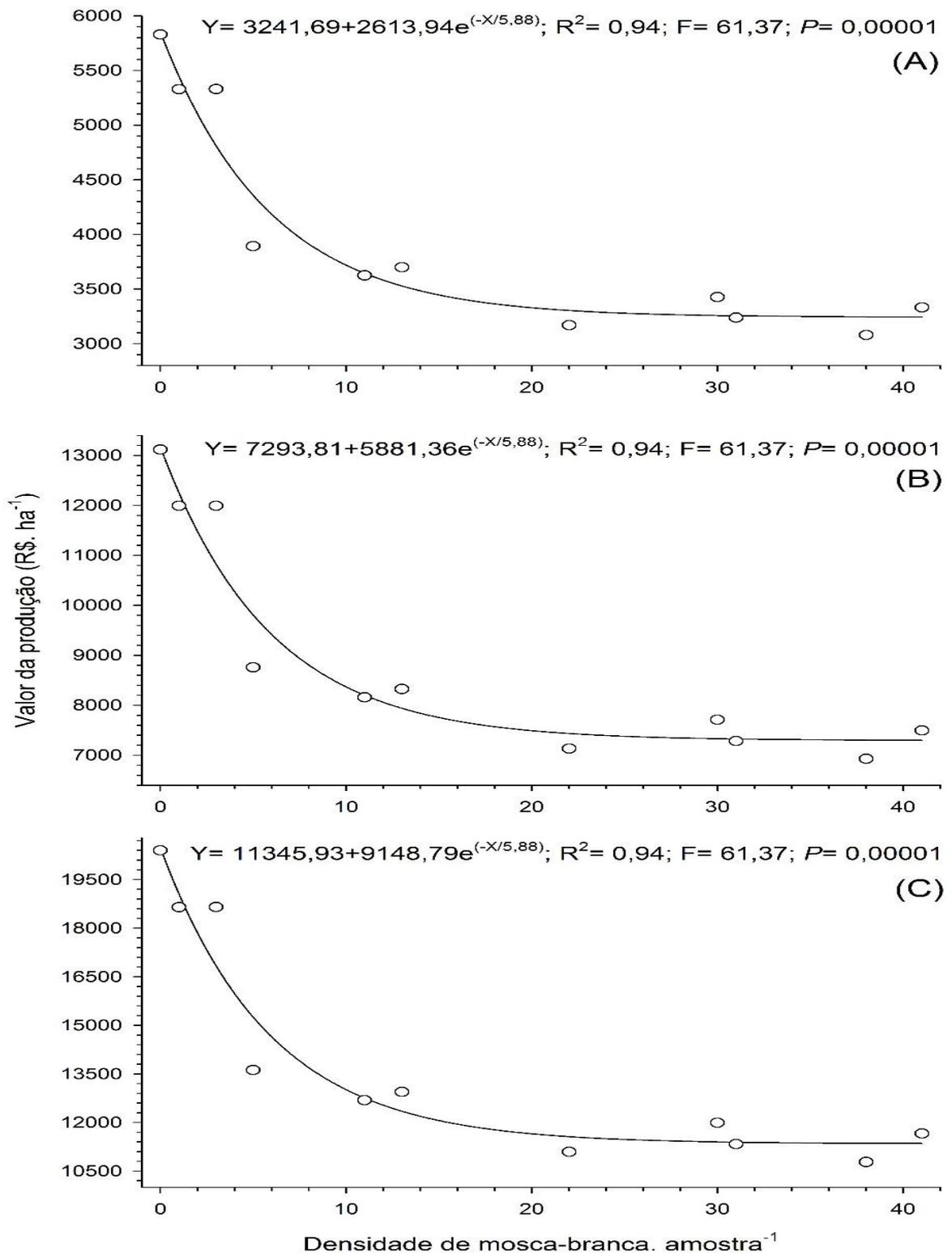
\* Os equipamentos de proteção individual foram boné bico de pato, protetor facial, máscara protetora, calça, blusão de manga longa, avental impermeável, luvas e botas impermeáveis.



**Figura 1.** Produtividade da cultura de melancia em função da intensidade de ataque da mosca-branca às plantas na fase vegetativa (A). Produtividade da cultura de melancia em função da intensidade de ataque da *B. tabaci* às plantas na fase reprodutiva (B).



**Figura 2.** Valor da produção da cultura de melancia na fase vegetativa em função da intensidade de ataque da mosca-branca em situações de: (A) preço baixo (R\$ 200/t), (B) preço médio (R\$ 450/t) e (C) preço alto (R\$ 700/t).

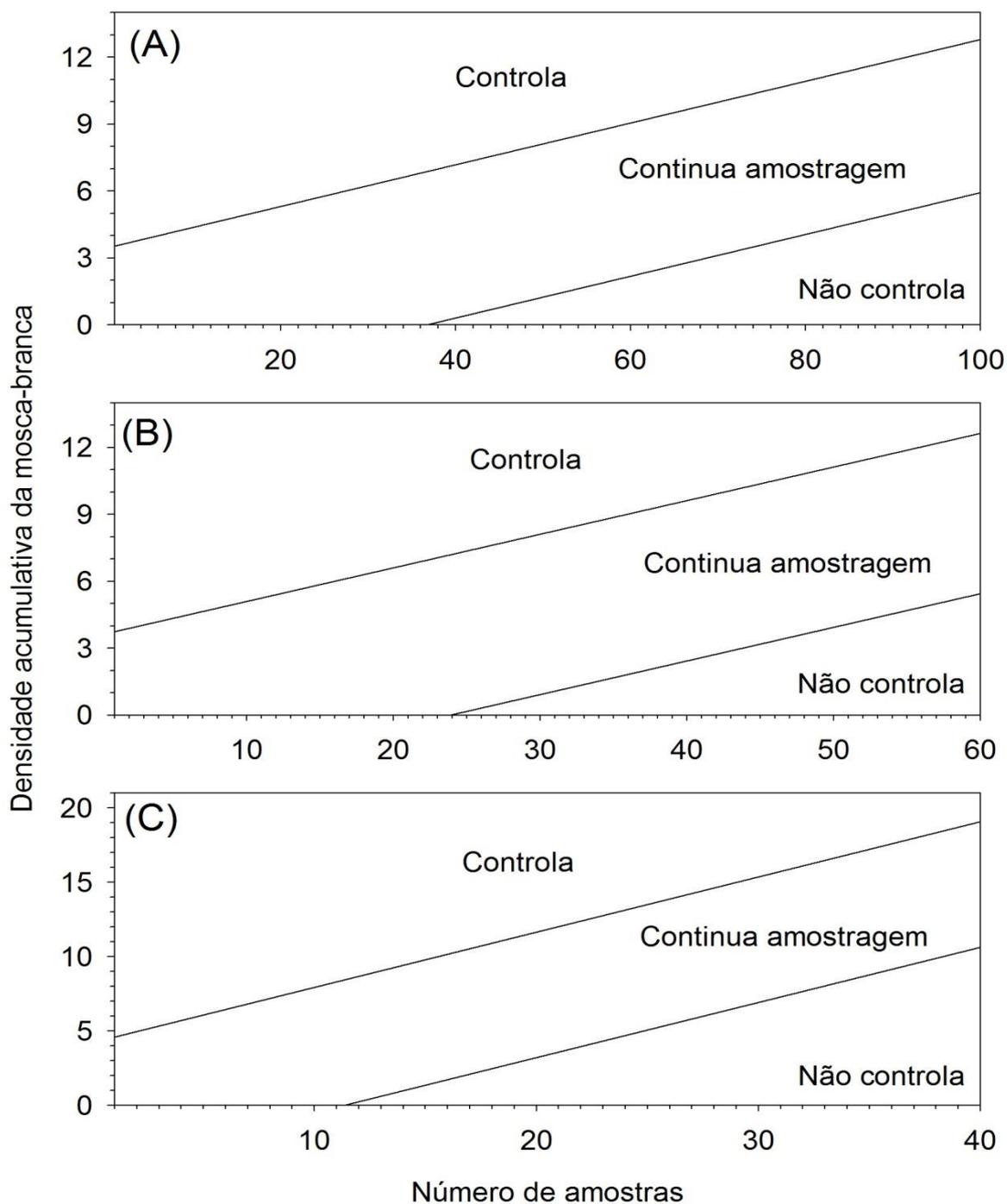


**Figura 3.** Valor da produção da cultura de melancia na fase reprodutiva em função da intensidade de ataque da mosca-branca em situações de: (A) preço baixo (R\$ 200/t), (B) preço médio (R\$ 450/t) e (C) preço alto (R\$ 700/t).

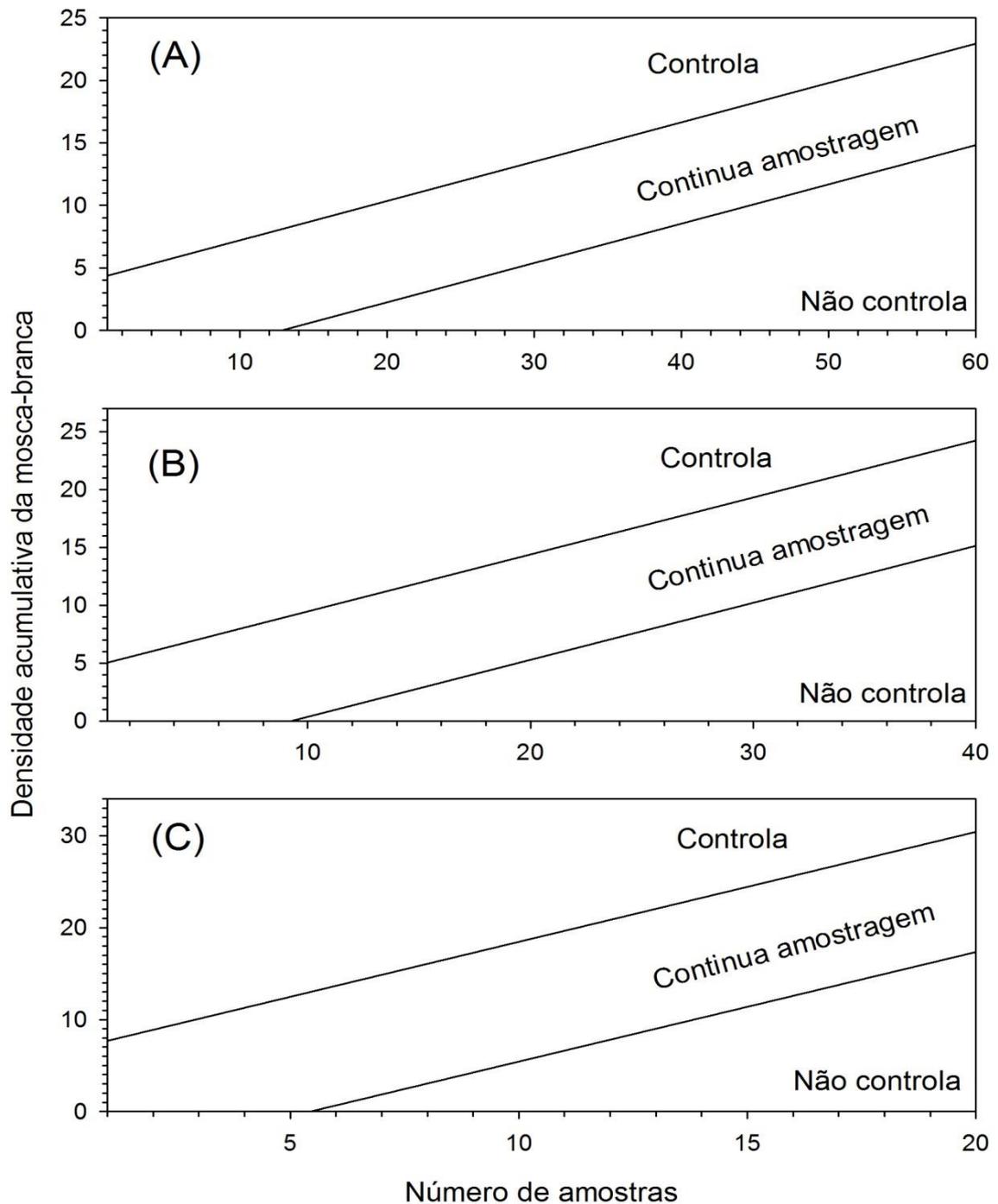
**Tabela 2.** Níveis de dano econômico para a mosca-branca na fase vegetativa e reprodutiva, na cultura de melancia em função do preço dos frutos recebido pelos agricultores.

Preço do fruto de melancia*	Nível de dano econômico ( <i>B. tabaci</i> . amostra <sup>-1</sup> )	
	Fase vegetativa	Fase reprodutiva
Preço baixo: R\$ 200/t	0,52	1,69
Preço médio: R\$ 450/t	0,21	0,69
Preço alto: R\$ 700/t	0,13	0,44

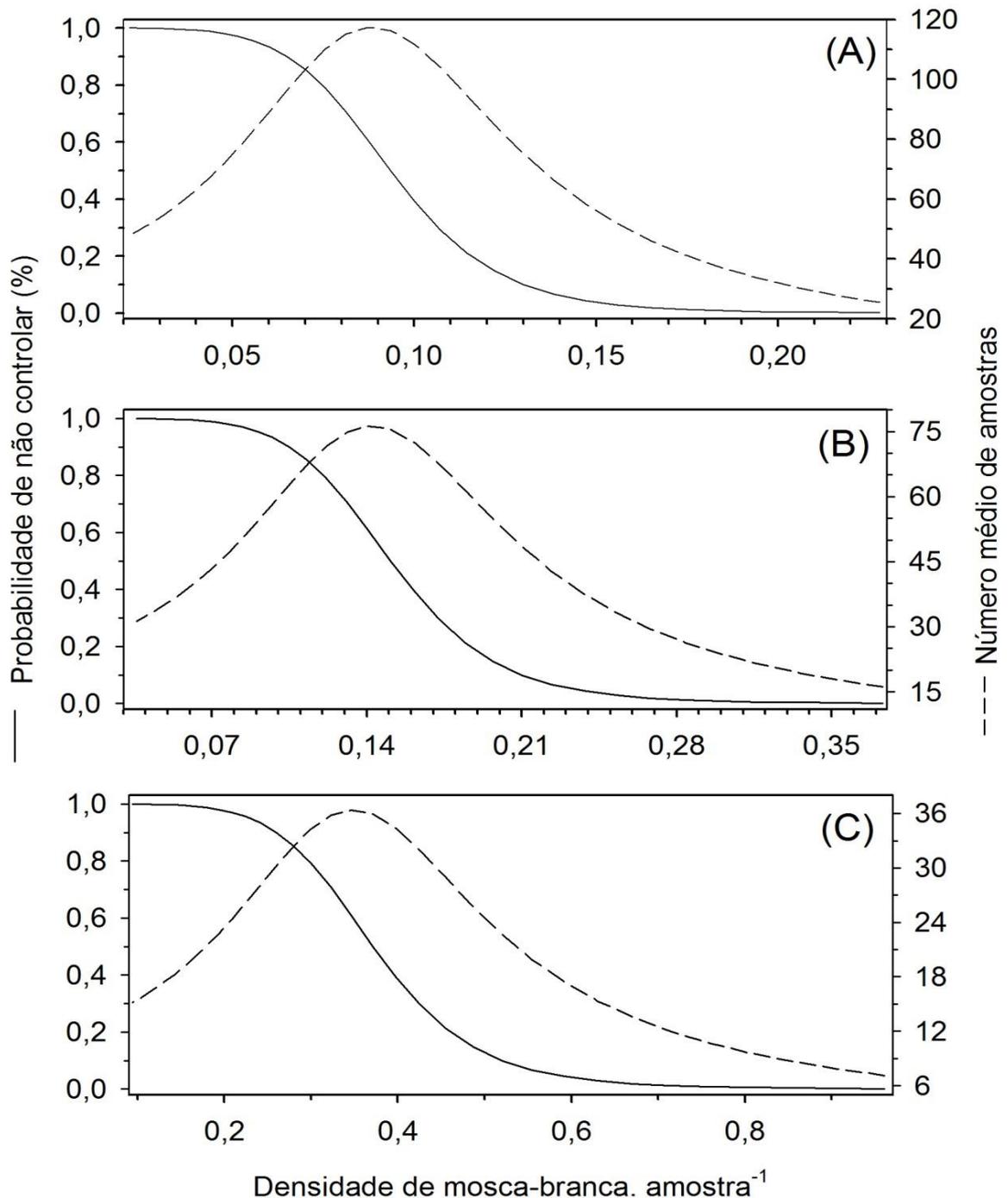
\*Estes valores representaram os preços dos frutos de melancia recebidos pelos agricultores durante o período de condução deste trabalho.



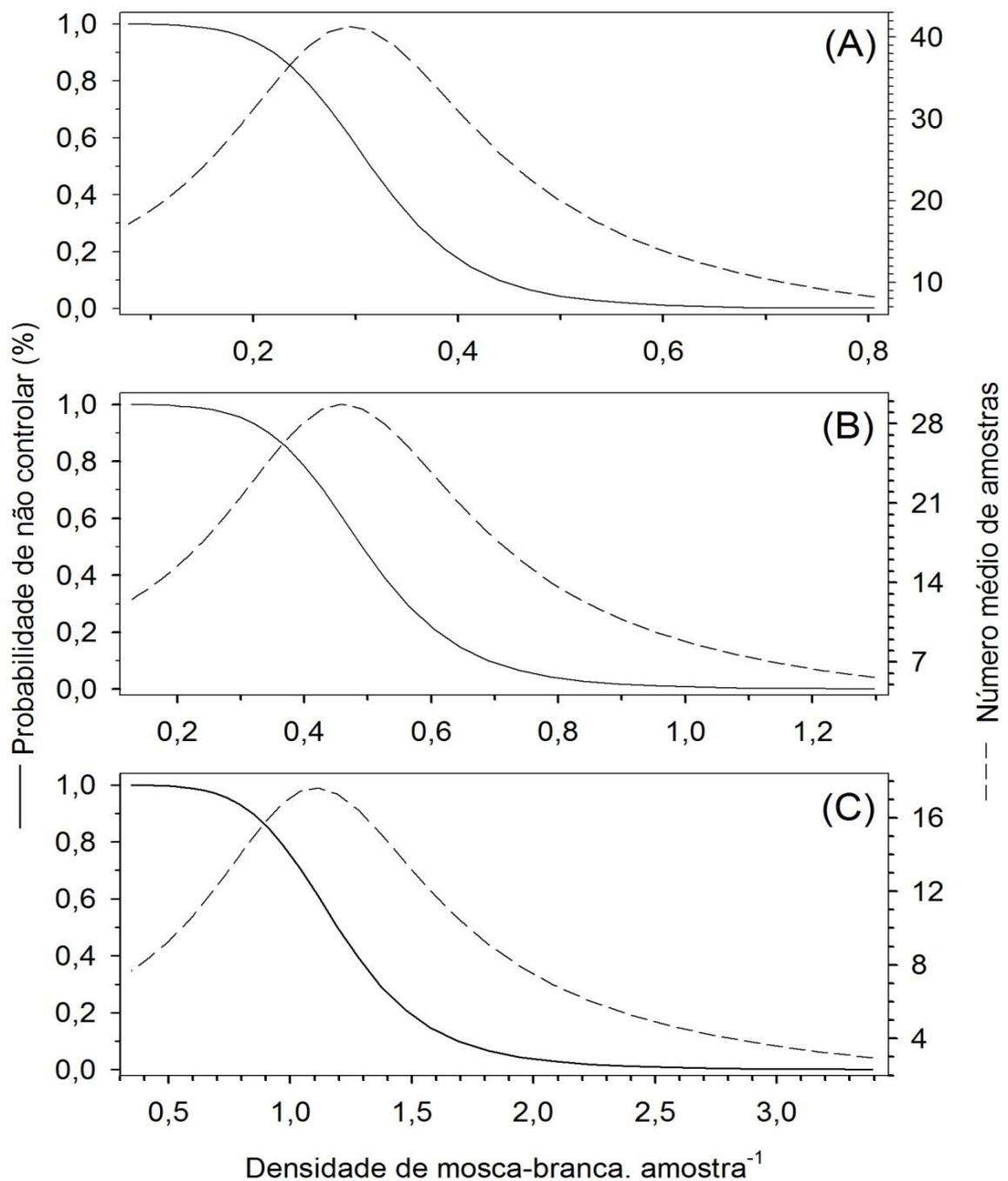
**Figura 4.** Limites de tomada de decisão de planos de amostragem sequencial para mosca-branca em cultivos de melancia usando três níveis de dano econômico: (A) 0,13 mosca-branca por amostra, (B) 0,21 mosca-branca por amostra e (C) 0,52 mosca-branca por amostra, na fase vegetativa.



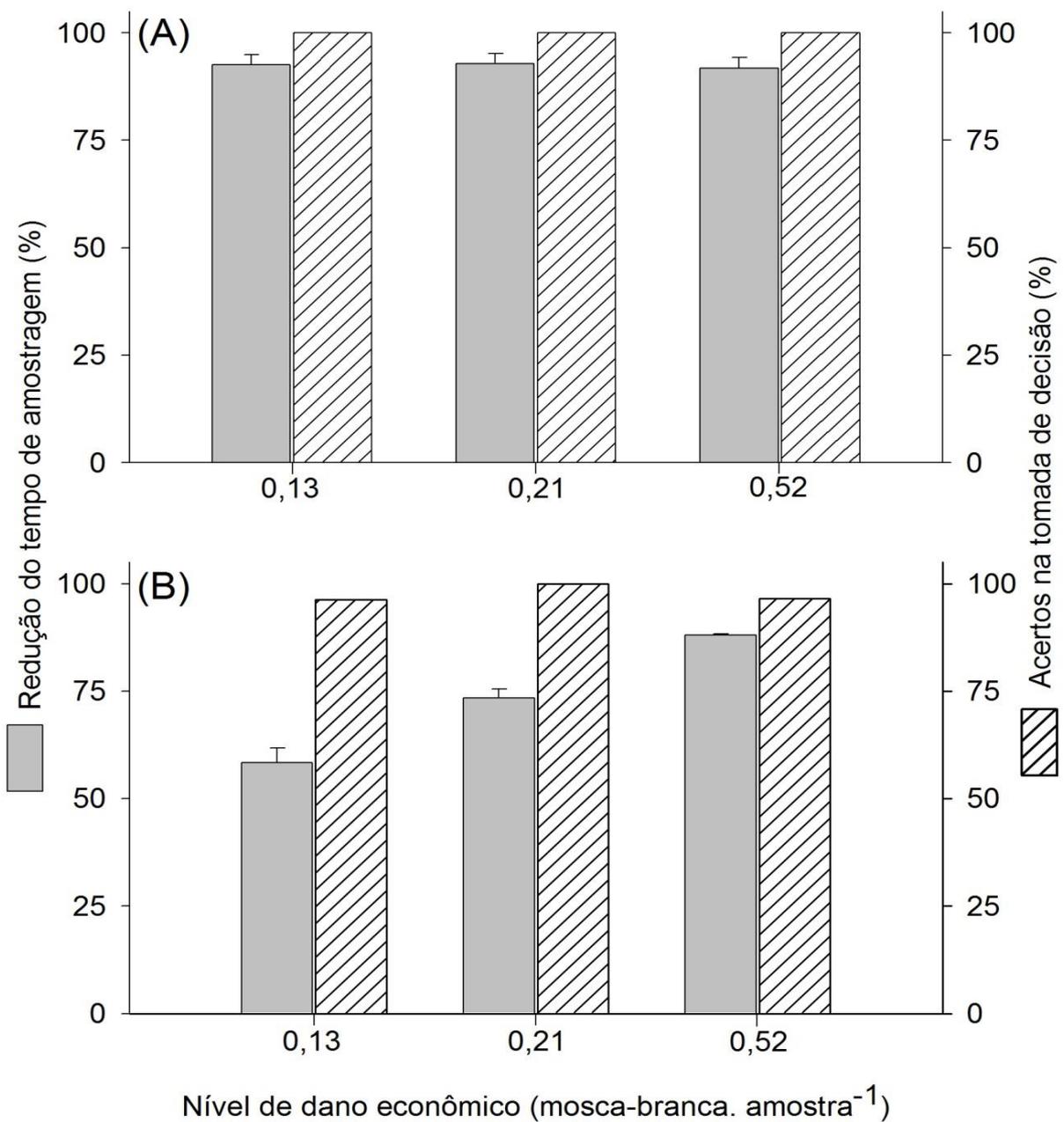
**Figura 5.** Limites de tomada de decisão de planos de amostragem sequencial para mosca-branca em cultivos de melancia usando três níveis de dano econômico: (A) 0,44 mosca-branca por amostra, (B) 0,69 mosca-branca por amostra e (C) 1,69 mosca-branca por amostra, na fase reprodutiva.



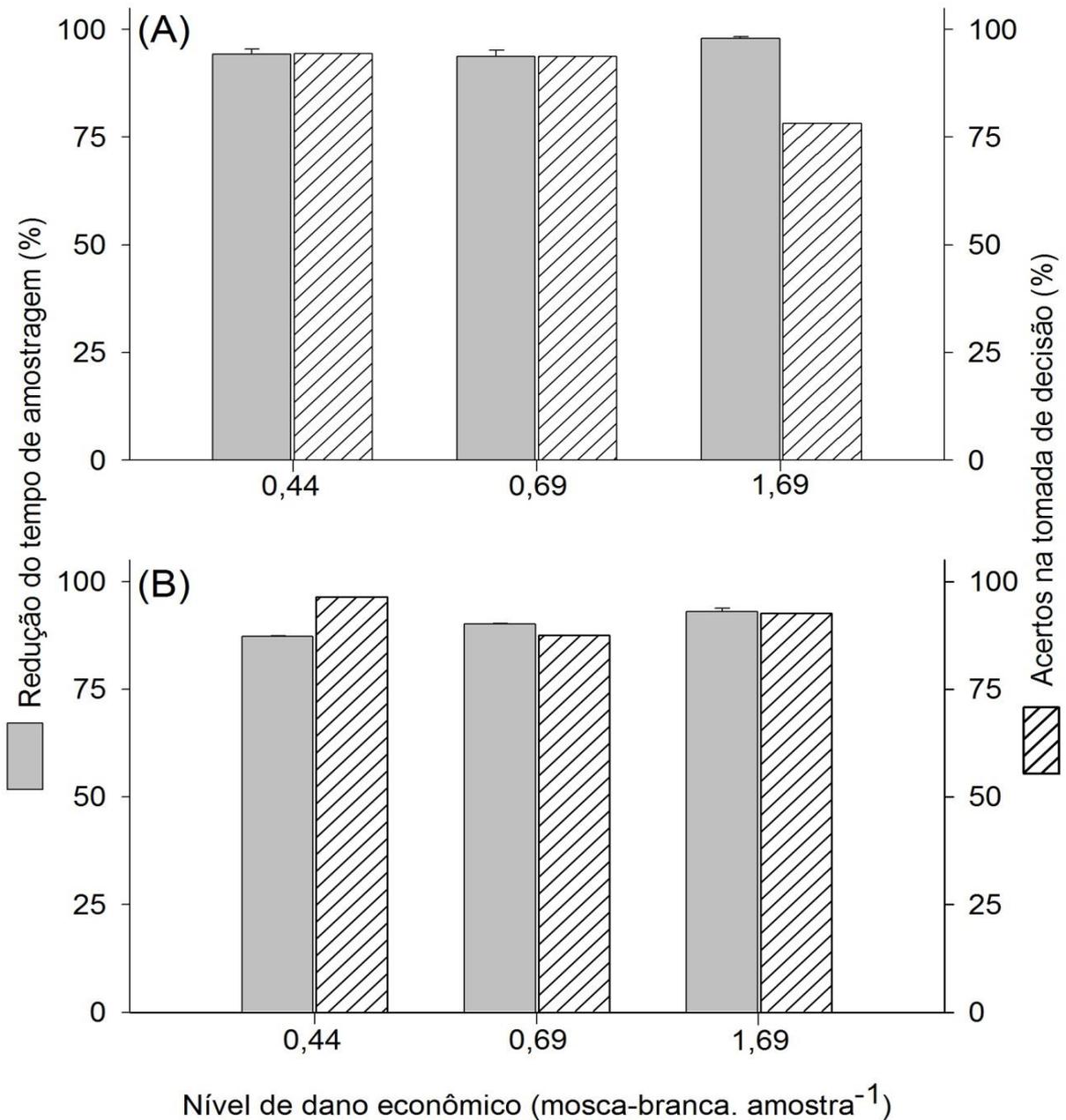
**Figura 6.** Validação dos planos de amostragem sequencial para mosca-branca em cultivos de melancia gerados para três níveis de dano econômico: (A) 0,13 mosca-branca por amostra, (B) 0,21 mosca-branca por amostra e (C) 0,52 mosca-branca por amostra, na fase vegetativa, usando as curvas operacionais (probabilidade de não controlar a praga) e número de amostras usadas no plano de amostragem em função da densidade da praga.



**Figura 7.** Validação dos planos de amostragem sequencial para mosca-branca em cultivos de melancia gerados para três níveis de dano econômico: (A) 0,44 mosca-branca por amostra, (B) 0,69 mosca-branca por amostra e (C) 1,69 mosca-branca por amostra, na fase reprodutiva, usando as curvas operacionais (probabilidade de não controlar a praga) e número de amostras usadas no plano de amostragem em função da densidade da praga.



**Figura 8.** Validação dos planos de amostragem sequencial para mosca-branca em cultivos de melancia, na fase vegetativa gerados para três níveis de dano econômico pela avaliação da redução do tempo de amostragem em relação ao plano convencional e acertos na tomada de decisão calculados no monitoramento da praga em 64 lavouras de melancia em que se tomaram as decisões de: (A) controle e (B) não controle.



**Figura 9.** Validação dos planos de amostragem sequencial para mosca-branca em cultivos de melancia, na fase reprodutiva gerados para três níveis de dano econômico pela avaliação da redução do tempo de amostragem em relação ao plano convencional e acertos na tomada de decisão calculados no monitoramento da praga em 64 lavouras de melancia em que se tomaram as decisões de: (A) controle e (B) não controle.

**Tabela 4.** Validação do plano de amostragem sequencial gerado para o nível de dano econômico de 0,13 mosca-branca por amostra pelo monitoramento da praga em 64 lavouras de melancia usando os planos convencional e sequencial, na fase vegetativa.

Lav	Dens Conv		Dens Seq		Nº amostras		Decisão		RTp (%)
	(Méd	± Erro)	(Méd	± Erro)	Conv	Seq	Conv	Seq	
1	1.14	± 0.11	0.50	± 0.26	103	12	Controla	Controla	88.35
2	0.53	± 0.09	2.00	± 0.00	103	2	Controla	Controla	98.06
3	0.36	± 0.07	0.27	± 0.10	103	26	Controla	Controla	74.76
4	1.48	± 0.14	1.20	± 0.97	103	5	Controla	Controla	95.15
5	0.96	± 0.14	9.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
6	0.81	± 0.10	0.56	± 0.29	103	9	Controla	Controla	91.26
7	3.15	± 0.40	0.56	± 0.38	103	9	Controla	Controla	91.26
8	3.62	± 0.40	1.33	± 0.33	103	3	Controla	Controla	97.09
9	2.57	± 0.23	2.50	± 0.50	103	2	Controla	Controla	98.06
10	0.04	± 0.02	0.02	± 0.02	103	48	Não controla	Não controla	53.40
11	0.08	± 0.03	0.08	± 0.03	103	103	Não controla	Reamostragem	0.00
12	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
13	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
14	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
15	10.42	± 2.50	0.87	± 0.87	103	83	Controla	Controla	19.42
16	54.55	± 5.43	158.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
17	53.84	± 3.50	42.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
18	48.90	± 3.66	23.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
19	33.39	± 2.35	10.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
20	27.44	± 1.95	16.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
21	25.91	± 2.50	6.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
22	11.55	± 1.10	6.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
23	14.72	± 1.32	38.00	± 35.00	103	2	Controla	Controla	98.06
24	8.95	± 1.24	34.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
25	1.29	± 0.13	0.83	± 0.65	103	6	Controla	Controla	94.17
26	1.02	± 0.18	0.83	± 0.48	103	6	Controla	Controla	94.17
27	0.61	± 0.08	0.42	± 0.19	103	12	Controla	Controla	88.35
28	0.56	± 0.09	0.42	± 0.23	103	12	Controla	Controla	88.35
29	0.60	± 0.09	0.60	± 0.22	103	10	Controla	Controla	90.29
30	2.10	± 0.27	0.63	± 0.26	103	8	Controla	Controla	92.23
31	2.38	± 0.35	2.00	± 1.00	103	2	Controla	Controla	98.06
32	2.28	± 0.34	1.00	± 0.71	103	4	Controla	Controla	96.12
33	1.07	± 0.22	3.00	± 1.00	103	2	Controla	Controla	98.06
34	0.08	± 0.03	0.08	± 0.03	103	103	Não controla	Reamostragem	0.00
35	0.01	± 0.01	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
36	0.02	± 0.01	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
37	0.01	± 0.01	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
38	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
39	8.94	± 0.97	0.20	± 0.20	103	35	Controla	Controla	66.02
40	9.70	± 0.71	4.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
41	13.75	± 1.00	14.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
42	13.36	± 0.96	12.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
43	14.40	± 1.03	13.00	± 0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
44	13.13	± 0.75	9.00	± 6.00	103	2	Controla	Controla	98.06
45	1.99	± 0.55	4.50	± 1.50	103	2	Controla	Controla	98.06
46	0.03	± 0.03	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
47	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
48	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
49	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
50	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
51	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
52	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
53	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
54	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
55	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08

56	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
57	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
58	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
59	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
60	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	37	Não controla	Não controla	64.08
61	0.01	±	0.01	0.02	±	0.02	103	48	Não controla	Não controla	53.40
62	0.14	±	0.05	0.00	±	0.00	103	37	Controla	Não controla	64.08
63	0.88	±	0.14	0.45	±	0.21	103	11	Controla	Controla	89.32
64	0.64	±	0.10	1.00	±	0.77	103	5	Controla	Controla	95.15

No cabeçalho da tabela: Lav = lavoura, Dens = densidade da praga (mosca-branca por amostra), Conv = plano de amostragem convencional, Seq = plano de amostragem sequencial e RTP = redução do tempo de amostragem em relação ao plano convencional.

**Tabela 5.** Validação do plano de amostragem sequencial gerado para o nível de dano econômico de 0,21 mosca-branca por amostra pelo monitoramento da praga em 64 lavouras de melancia usando os planos convencional e sequencial, na fase vegetativa.

LV	Dens Conv			Dens Seq			Nº amostras		Decisão		RTp (%)
	(Méd	±	Erro)	(Méd	±	Erro)	Conv	Seq	Conv	Seq	
1	1.14	±	0.11	0.50	±	0.26	103	12	Controla	Controla	88.35
2	0.53	±	0.09	2.00	±	0.00	103	2	Controla	Controla	98.06
3	0.36	±	0.07	0.33	±	0.12	103	27	Controla	Controla	73.79
4	1.48	±	0.14	1.20	±	0.97	103	5	Controla	Controla	95.15
5	0.96	±	0.14	9.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
6	0.81	±	0.10	0.56	±	0.29	103	9	Controla	Controla	91.26
7	3.15	±	0.40	0.56	±	0.38	103	9	Controla	Controla	91.26
8	3.62	±	0.40	1.75	±	0.48	103	4	Controla	Controla	96.12
9	2.57	±	0.23	2.50	±	0.50	103	2	Controla	Controla	98.06
10	0.04	±	0.02	0.03	±	0.03	103	31	Não controla	Não controla	69.90
11	0.08	±	0.03	0.07	±	0.04	103	45	Não controla	Não controla	56.31
12	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
13	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
14	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
15	10.42	±	2.50	0.87	±	0.87	103	83	Controla	Controla	19.42
16	54.55	±	5.43	158.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
17	53.84	±	3.50	42.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
18	48.90	±	3.66	23.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
19	33.39	±	2.35	10.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
20	27.44	±	1.95	16.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
21	25.91	±	2.50	6.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
22	11.55	±	1.10	6.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
23	14.72	±	1.32	38.00	±	35.00	103	2	Controla	Controla	98.06
24	8.95	±	1.24	34.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
25	1.29	±	0.13	0.83	±	0.65	103	6	Controla	Controla	94.17
26	1.02	±	0.18	0.83	±	0.48	103	6	Controla	Controla	94.17
27	0.61	±	0.08	0.43	±	0.17	103	14	Controla	Controla	86.41
28	0.56	±	0.09	0.46	±	0.22	103	13	Controla	Controla	87.38
29	0.60	±	0.09	0.60	±	0.22	103	10	Controla	Controla	90.29
30	2.10	±	0.27	0.63	±	0.26	103	8	Controla	Controla	92.23
31	2.38	±	0.35	2.00	±	1.00	103	2	Controla	Controla	98.06
32	2.28	±	0.34	1.00	±	0.52	103	6	Controla	Controla	94.17
33	1.07	±	0.22	3.00	±	1.00	103	2	Controla	Controla	98.06
34	0.08	±	0.03	0.10	±	0.04	103	78	Não controla	Não controla	24.27
35	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
36	0.02	±	0.01	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
37	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
38	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
39	8.94	±	0.97	1.25	±	1.07	103	36	Controla	Controla	65.05
40	9.70	±	0.71	4.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
41	13.75	±	1.00	14.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
42	13.36	±	0.96	12.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
43	14.40	±	1.03	13.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
44	13.13	±	0.75	9.00	±	6.00	103	2	Controla	Controla	98.06
45	1.99	±	0.55	4.50	±	1.50	103	2	Controla	Controla	98.06
46	0.03	±	0.03	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
47	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
48	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
49	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
50	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
51	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
52	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
53	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
54	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
55	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70

56	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
57	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
58	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
59	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
60	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	24	Não controla	Não controla	76.70
61	0.01	±	0.01	0.03	±	0.03	103	31	Não controla	Não controla	69.90
62	0.14	±	0.05	0.00	±	0.00	103	24	Controla	Não controla	76.70
63	0.88	±	0.14	0.58	±	0.23	103	12	Controla	Controla	88.35
64	0.64	±	0.10	1.00	±	0.77	103	5	Controla	Controla	95.15

No cabeçalho da tabela: Lav = lavoura, Dens = densidade da praga (mosca-branca por amostra), Conv = plano de amostragem convencional, Seq = plano de amostragem sequencial e RTp = redução do tempo de amostragem em relação ao plano convencional.

**Tabela 6.** Validação do plano de amostragem sequencial gerado para o nível de dano econômico de 0,52 mosca-branca por amostra pelo monitoramento da praga em 64 lavouras de melancia usando os planos convencional e sequencial, na fase vegetativa.

LV	Dens Conv			Dens Seq			Nº amostras		Decisão		RTp (%)
	Méd	±	Erro	Méd	±	Erro	Conv	Seq	Conv	Seq	
1	1.14	±	0.11	0.81	±	0.31	103	16	Controla	Controla	84.47
2	0.53	±	0.09	1.33	±	0.49	103	6	Controla	Controla	94.17
3	0.36	±	0.07	0.12	±	0.08	103	17	Não controla	Não controla	83.50
4	1.48	±	0.14	1.33	±	0.80	103	6	Controla	Controla	94.17
5	0.96	±	0.14	9.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
6	0.81	±	0.10	0.60	±	0.21	103	25	Controla	Controla	75.73
7	3.15	±	0.40	0.90	±	0.48	103	10	Controla	Controla	90.29
8	3.62	±	0.40	1.75	±	0.48	103	4	Controla	Controla	96.12
9	2.57	±	0.23	2.50	±	0.50	103	2	Controla	Controla	98.06
10	0.04	±	0.02	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
11	0.08	±	0.03	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
12	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
13	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
14	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
15	10.42	±	2.50	0.87	±	0.87	103	83	Controla	Controla	19.42
16	54.55	±	5.43	158.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
17	53.84	±	3.50	42.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
18	48.90	±	3.66	23.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
19	33.39	±	2.35	10.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
20	27.44	±	1.95	16.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
21	25.91	±	2.50	6.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
22	11.55	±	1.10	6.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
23	14.72	±	1.32	38.00	±	35.00	103	2	Controla	Controla	98.06
24	8.95	±	1.24	34.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
25	1.29	±	0.13	0.86	±	0.35	103	14	Controla	Controla	86.41
26	1.02	±	0.18	1.29	±	0.61	103	7	Controla	Controla	93.20
27	0.61	±	0.08	0.60	±	0.18	103	20	Controla	Controla	80.58
28	0.56	±	0.09	0.61	±	0.18	103	18	Controla	Controla	82.52
29	0.60	±	0.09	0.71	±	0.19	103	14	Controla	Controla	86.41
30	2.10	±	0.27	0.77	±	0.20	103	13	Controla	Controla	87.38
31	2.38	±	0.35	2.00	±	0.58	103	3	Controla	Controla	97.09
32	2.28	±	0.34	1.00	±	0.42	103	8	Controla	Controla	92.23
33	1.07	±	0.22	3.00	±	1.00	103	2	Controla	Controla	98.06
34	0.08	±	0.03	0.07	±	0.07	103	15	Não controla	Não controla	85.44
35	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
36	0.02	±	0.01	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
37	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
38	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
39	8.94	±	0.97	0.00	±	0.00	103	12	Controla	Não controla	88.35
40	9.70	±	0.71	12.00	±	8.00	103	2	Controla	Controla	98.06
41	13.75	±	1.00	14.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
42	13.36	±	0.96	12.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
43	14.40	±	1.03	13.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
44	13.13	±	0.75	9.00	±	6.00	103	2	Controla	Controla	98.06
45	1.99	±	0.55	4.50	±	1.50	103	2	Controla	Controla	98.06
46	0.03	±	0.03	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
47	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
48	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
49	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
50	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
51	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
52	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
53	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
54	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
55	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35

56	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
57	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
58	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
59	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
60	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
61	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
62	0.14	±	0.05	0.00	±	0.00	103	12	Não controla	Não controla	88.35
63	0.88	±	0.14	0.71	±	0.24	103	17	Controla	Controla	83.50
64	0.64	±	0.10	1.00	±	0.53	103	7	Controla	Controla	93.20

No cabeçalho da tabela: Lav = lavoura, Dens = densidade da praga (mosca-branca por amostra), Conv = plano de amostragem convencional, Seq = plano de amostragem sequencial e RTP = redução do tempo de amostragem em relação ao plano convencional.

**Tabela 7.** Validação do plano de amostragem sequencial gerado para o nível de dano econômico de 0,44 mosca-branca por amostra pelo monitoramento da praga em 64 lavouras de melancia usando os planos convencional e sequencial, na fase reprodutiva.

LV	Dens Conv			Dens Seq			Nº amostras		Decisão		RTp (%)
	Méd	±	Erro	Méd	±	Erro	Conv	Seq	Conv	Seq	
1	1.14	±	0.11	0.60	±	0.24	103	15	Controla	Controla	85.44
2	0.53	±	0.09	1.33	±	0.49	103	6	Controla	Controla	94.17
3	0.36	±	0.07	0.39	±	0.08	103	96	Não controla	Controla	6.80
4	1.48	±	0.14	1.20	±	0.97	103	5	Controla	Controla	95.15
5	0.96	±	0.14	9.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
6	0.81	±	0.10	0.60	±	0.21	103	25	Controla	Controla	75.73
7	3.15	±	0.40	0.90	±	0.48	103	10	Controla	Controla	90.29
8	3.62	±	0.40	1.75	±	0.48	103	4	Controla	Controla	96.12
9	2.57	±	0.23	2.50	±	0.50	103	2	Controla	Controla	98.06
10	0.04	±	0.02	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
11	0.08	±	0.03	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
12	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
13	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
14	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
15	10.42	±	2.50	0.00	±	0.00	103	13	Controla	Não controla	87.38
16	54.55	±	5.43	158.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
17	53.84	±	3.50	42.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
18	48.90	±	3.66	23.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
19	33.39	±	2.35	10.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
20	27.44	±	1.95	16.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
21	25.91	±	2.50	6.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
22	11.55	±	1.10	6.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
23	14.72	±	1.32	38.00	±	35.00	103	2	Controla	Controla	98.06
24	8.95	±	1.24	34.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
25	1.29	±	0.13	0.69	±	0.33	103	13	Controla	Controla	87.38
26	1.02	±	0.18	1.29	±	0.61	103	7	Controla	Controla	93.20
27	0.61	±	0.08	0.59	±	0.21	103	17	Controla	Controla	83.50
28	0.56	±	0.09	0.60	±	0.21	103	15	Controla	Controla	85.44
29	0.60	±	0.09	0.69	±	0.21	103	13	Controla	Controla	87.38
30	2.10	±	0.27	0.67	±	0.19	103	12	Controla	Controla	88.35
31	2.38	±	0.35	2.00	±	0.58	103	3	Controla	Controla	97.09
32	2.28	±	0.34	1.00	±	0.52	103	6	Controla	Controla	94.17
33	1.07	±	0.22	3.00	±	1.00	103	2	Controla	Controla	98.06
34	0.08	±	0.03	0.06	±	0.06	103	17	Não controla	Não controla	83.50
35	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
36	0.02	±	0.01	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
37	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
38	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
39	8.94	±	0.97	0.00	±	0.00	103	13	Controla	Não controla	87.38
40	9.70	±	0.71	12.00	±	8.00	103	2	Controla	Controla	98.06
41	13.75	±	1.00	14.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
42	13.36	±	0.96	12.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
43	14.40	±	1.03	13.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
44	13.13	±	0.75	9.00	±	6.00	103	2	Controla	Controla	98.06
45	1.99	±	0.55	4.50	±	1.50	103	2	Controla	Controla	98.06
46	0.03	±	0.03	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
47	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
48	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
49	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
50	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
51	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
52	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
53	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
54	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38

55	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
56	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
57	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
58	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
59	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
60	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
61	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
62	0.14	±	0.05	0.00	±	0.00	103	13	Não controla	Não controla	87.38
63	0.88	±	0.14	0.71	±	0.24	103	17	Controla	Controla	83.50
64	0.64	±	0.10	1.00	±	0.63	103	6	Controla	Controla	94.17

No cabeçalho da tabela: Lav = lavoura, Dens = densidade da praga (mosca-branca por amostra), Conv = plano de amostragem convencional, Seq = plano de amostragem sequencial e RTp = redução do tempo de amostragem em relação ao plano convencional.

**Tabela 8.** Validação do plano de amostragem sequencial gerado para o nível de dano econômico de 0,69 mosca-branca por amostra pelo monitoramento da praga em 64 lavouras de melancia usando os planos convencional e sequencial, na fase reprodutiva.

LV	Dens Conv			Dens Seq			Nº amostras		Decisão		RTp (%)
	Méd	±	Erro	Méd	±	Erro	Conv	Seq	Conv	Seq	
1	1.14	±	0.11	0.81	±	0.31	103	16	Controla	Controla	84.47
2	0.53	±	0.09	1.33	±	0.49	103	6	Não controla	Controla	94.17
3	0.36	±	0.07	0.14	±	0.10	103	14	Não controla	Não controla	86.41
4	1.48	±	0.14	1.33	±	0.80	103	6	Controla	Controla	94.17
5	0.96	±	0.14	9.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
6	0.81	±	0.10	0.64	±	0.17	103	33	Controla	Controla	67.96
7	3.15	±	0.40	0.85	±	0.37	103	13	Controla	Controla	87.38
8	3.62	±	0.40	1.75	±	0.48	103	4	Controla	Controla	96.12
9	2.57	±	0.23	3.00	±	0.58	103	3	Controla	Controla	97.09
10	0.04	±	0.02	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
11	0.08	±	0.03	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
12	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
13	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
14	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
15	10.42	±	2.50	0.00	±	0.00	103	11	Controla	Não controla	89.32
16	54.55	±	5.43	158.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
17	53.84	±	3.50	42.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
18	48.90	±	3.66	23.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
19	33.39	±	2.35	10.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
20	27.44	±	1.95	16.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
21	25.91	±	2.50	6.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
22	11.55	±	1.10	6.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
23	14.72	±	1.32	38.00	±	35.00	103	2	Controla	Controla	98.06
24	8.95	±	1.24	34.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
25	1.29	±	0.13	0.86	±	0.35	103	14	Controla	Controla	86.41
26	1.02	±	0.18	1.29	±	0.61	103	7	Controla	Controla	93.20
27	0.61	±	0.08	0.70	±	0.17	103	23	Não controla	Controla	77.67
28	0.56	±	0.09	0.56	±	0.11	103	77	Não controla	Controla	25.24
29	0.60	±	0.09	0.64	±	0.14	103	39	Não controla	Controla	62.14
30	2.10	±	0.27	0.76	±	0.17	103	21	Controla	Controla	79.61
31	2.38	±	0.35	2.25	±	0.48	103	4	Controla	Controla	96.12
32	2.28	±	0.34	0.79	±	0.30	103	19	Controla	Controla	81.55
33	1.07	±	0.22	3.00	±	1.00	103	2	Controla	Controla	98.06
34	0.08	±	0.03	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
35	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
36	0.02	±	0.01	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
37	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
38	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
39	8.94	±	0.97	0.00	±	0.00	103	10	Controla	Não controla	90.29
40	9.70	±	0.71	12.00	±	8.00	103	2	Controla	Controla	98.06
41	13.75	±	1.00	14.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
42	13.36	±	0.96	12.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
43	14.40	±	1.03	13.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
44	13.13	±	0.75	9.00	±	6.00	103	2	Controla	Controla	98.06
45	1.99	±	0.55	4.50	±	1.50	103	2	Controla	Controla	98.06
46	0.03	±	0.03	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
47	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
48	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
49	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
50	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
51	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
52	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
53	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
54	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29

55	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
56	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
57	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
58	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
59	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
60	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
61	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
62	0.14	±	0.05	0.00	±	0.00	103	10	Não controla	Não controla	90.29
63	0.88	±	0.14	0.91	±	0.30	103	23	Controla	Controla	77.67
64	0.64	±	0.10	1.25	±	0.53	103	8	Controla	Controla	92.23

No cabeçalho da tabela: Lav = lavoura, Dens = densidade da praga (mosca-branca por amostra), Conv = plano de amostragem convencional, Seq = plano de amostragem sequencial e RTP = redução do tempo de amostragem em relação ao plano convencional.

**Tabela 9.** Validação do plano de amostragem sequencial gerado para o nível de dano econômico de 1,69 mosca-branca por amostra pelo monitoramento da praga em 64 lavouras de melancia usando os planos convencional e sequencial, na fase reprodutiva.

LV	Dens Conv			Dens Seq			Nº amostras		Decisão		RTp (%)
	Méd	±	Erro	Méd	±	Erro	Conv	Seq	Conv	Seq	
1	1.14	±	0.11	0.25	±	0.16	103	8	Não controla	Não controla	92.23
2	0.53	±	0.09	1.02	±	0.18	103	41	Não controla	Não controla	60.19
3	0.36	±	0.07	0.25	±	0.18	103	8	Não controla	Não controla	92.23
4	1.48	±	0.14	1.57	±	0.16	103	21	Não controla	Controla	79.61
5	0.96	±	0.14	9.00	±	0.00	103	1	Não controla	Controla	99.03
6	0.81	±	0.10	0.38	±	0.26	103	8	Não controla	Não controla	92.23
7	3.15	±	0.40	0.00	±	0.00	103	6	Controla	Não controla	94.17
8	3.62	±	0.40	2.67	±	0.67	103	6	Controla	Controla	94.17
9	2.57	±	0.23	3.50	±	0.65	103	4	Controla	Controla	96.12
10	0.04	±	0.02	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
11	0.08	±	0.03	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
12	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
13	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
14	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
15	10.42	±	2.50	0.00	±	0.00	103	6	Controla	Não controla	94.17
16	54.55	±	5.43	158.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
17	53.84	±	3.50	42.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
18	48.90	±	3.66	23.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
19	33.39	±	2.35	10.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
20	27.44	±	1.95	16.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
21	25.91	±	2.50	18.50	±	12.50	103	2	Controla	Controla	98.06
22	11.55	±	1.10	6.00	±	0.00	103	2	Controla	Controla	98.06
23	14.72	±	1.32	38.00	±	35.00	103	2	Controla	Controla	98.06
24	8.95	±	1.24	34.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
25	1.29	±	0.13	0.58	±	0.34	103	12	Não controla	Não controla	88.35
26	1.02	±	0.18	0.87	±	0.25	103	23	Não controla	Não controla	77.67
27	0.61	±	0.08	0.38	±	0.18	103	8	Não controla	Não controla	92.23
28	0.56	±	0.09	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
29	0.60	±	0.09	0.38	±	0.18	103	8	Não controla	Não controla	92.23
30	2.10	±	0.27	0.71	±	0.19	103	14	Controla	Não controla	86.41
31	2.38	±	0.35	5.17	±	2.98	103	6	Controla	Controla	94.17
32	2.28	±	0.34	0.62	±	0.29	103	13	Controla	Não controla	87.38
33	1.07	±	0.22	2.80	±	0.37	103	5	Não controla	Controla	95.15
34	0.08	±	0.03	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
35	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
36	0.02	±	0.01	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
37	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
38	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
39	8.94	±	0.97	0.00	±	0.00	103	6	Controla	Não controla	94.17
40	9.70	±	0.71	12.00	±	8.00	103	2	Controla	Controla	98.06
41	13.75	±	1.00	14.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
42	13.36	±	0.96	12.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
43	14.40	±	1.03	13.00	±	0.00	103	1	Controla	Controla	99.03
44	13.13	±	0.75	9.00	±	6.00	103	2	Controla	Controla	98.06
45	1.99	±	0.55	4.50	±	1.50	103	2	Controla	Controla	98.06
46	0.03	±	0.03	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
47	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
48	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
49	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
50	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
51	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
52	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17

53	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
54	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
55	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
56	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
57	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
58	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
59	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
60	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
61	0.01	±	0.01	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
62	0.14	±	0.05	0.00	±	0.00	103	6	Não controla	Não controla	94.17
63	0.88	±	0.14	0.38	±	0.26	103	8	Não controla	Não controla	92.23
64	0.64	±	0.10	0.93	±	0.22	103	28	Não controla	Não controla	72.82

No cabeçalho da tabela: Lav = lavoura, Dens = densidade da praga (mosca-branca por amostra), Conv = plano de amostragem convencional, Seq = plano de amostragem sequencial e RTp = redução do tempo de amostragem em relação ao plano convencional.

## CONCLUSÕES GERAIS

A 6ª folha dos ramos de melancia é o melhor local para amostrar adultos de *Bemisia tabaci*.

As populações da praga nos cultivos avaliados ocorreram de forma agregada, revelando grande dependência espacial entre os pontos amostrados, onde a sua frequência se ajustou à Binomial negativa.

O plano de amostragem convencional definido neste estudo é simples de ser executado, rápido e barato.

O alcance da interferência da população de *B. tabaci* sobre um outro ponto amostrado variou de 0,3 a 20 metros. Nos planos de amostragem essa seria a distância mínima entre os pontos para se amostrar *B. tabaci*.

O alcance da interferência da população de *B. tabaci* pode variar em razão da abundância de recursos e dos fatores climáticos.

A colonização dos cultivos por *B. tabaci* se dá principalmente pelas bordaduras, mas podem ocorrer infestação primeiramente nos centros dos cultivos.

As populações de *B. tabaci* se estabelecem por todo o ramo da planta, porém têm menor variação nas partes mais jovens da planta. A posição da folha no ramo cuja densidade do inseto apresenta pouca variabilidade e constância, pode ser utilizada como unidade amostral em planos de amostragem de pragas.

O estágio fenológico das plantas, a intensidade de chuvas assim como as populações de *Eriopsis connexa* e *Chrysoperla* sp., foram inversamente proporcionais as populações de *B. tabaci*. Enquanto que a velocidade do vento, fotoperíodo e Aranhas foram diretamente proporcionais.

Os modelos ARIMA testados, indicam que a população de *B. tabaci* na próxima avaliação depende exclusivamente do tratamento dado ao cultivo após a avaliação anterior.

A intensidade do ataque de *B. tabaci* na cultura da melancia é importante em todas as fases da cultura, porém a planta na fase vegetativa é mais sensível a infestação.

As perdas pela infestação direta de *B. tabaci* na cultura da melancia foram de 57% na fase vegetativa e de 55% na fase reprodutiva.

Os níveis de danos econômicos estimados no estágio vegetativo da planta, foram de 0,52, 0,21 e 0,13 insetos por amostra e de 1,69, 0,69 e 0,44 insetos por amostra para a fase reprodutiva quando os preços dos frutos foram baixo, médio e alto, respectivamente.

Todos os planos de amostragem sequenciais testados tomam decisões semelhantes ao plano convencional, com a vantagem de reduzir o tempo de amostragem e o número de amostras com alta eficiência de acertos na tomada de decisão.