



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**PLANO DE AMOSTRAGEM CONVENCIONAL PARA A
MOSCA-NEGRA-DOS-CITROS (*Aleurocanthus woglumi* Ashby)
EM CULTIVOS DE LARANJA**

ALISSON DA SILVA SANTANA

2019



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

ALISSON DA SILVA SANTANA

**PLANO DE AMOSTRAGEM CONVENCIONAL PARA A MOSCA-NEGRA-DOS-
CITROS (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) EM CULTIVOS DE LARANJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Leandro Bacci

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2019

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S232p Santana, Alisson da Silva
Planos de amostragem para a mosca-negra-dos-citros
Aleurocanthus woglumi (Hemiptera : Aleyrodidae / Alisson da
Silva Santana ; orientador Leandro Bacci. – São Cristóvão, 2019.
50 f. ; il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) –
Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. *Citrus sinensis*. 2. Processo decisório. 3. Amostragem. 4.
Doenças e pragas - Frequência de distribuição. I. Bacci, Leandro,
orient. II. Título

CDU: 634.31:595.773.4

ALISSON DA SILVA SANTANA

PLANOS DE AMOSTRAGEM CONVENCIONAL PARA A MOSCA-NEGRA-DOS-CITROS *Aleurocanthus woglumi* (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EM CULTIVOS DE LARANJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Paulo Fellipe Cristaldo
UFRPE

Prof. Dr. Vinícius Albano Araújo
UFRJ

Prof. Dr. Leandro Bacci
UFS
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

*A minha mãe Marli Rosa;
A meu pai Adilson e minhas irmãs Amanda e Alana;
A minha amada noiva Ana Paula;
A todos que lutam para erguer a educação em nosso país.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me dar condições de lutar por todos os meus sonhos e me cercar de pessoas excelentes que contribuem significativamente para torná-los possíveis.

A minha mãe Marli Rosa, por ser minha primeira e maior incentivadora. Obrigado por fazer muito mais do que estava ao nosso alcance.

A minha família, especialmente minhas irmãs (Alana e Amanda), meu pai (Adilson), meus tios (tia Eliene e tio Aparecido) e minha querida vó Tide, por todo carinho e apoio.

Agradeço a minha noiva, amiga e conselheira Ana Paula, por me fazer feliz em todos os momentos dessa trajetória. Obrigado por oferecer o sorriso que me inspira todos os dias e me dar o amor que trouxe mais graça a minha vida.

Ao meu orientador e ídolo, Prof. Dr. Leandro Bacci, por acreditar no meu potencial, por me apresentar a pesquisa e torná-la uma paixão para mim. Obrigado por todos os ensinamentos e por ser um exemplo de pessoa e de profissional.

Agradeço à Profa. Dra. Ana Paula Albano Araújo, por contribuir com o desenvolvimento dessa dissertação e pelo auxílio à minha formação acadêmica. Agradeço também ao professor Paulo Cristaldo, que é um exemplo de competência, obrigado pela grande contribuição.

À banca examinadora, pela contribuição imprescindível a esta dissertação.

A todos os atuais e antigos componentes do laboratório Clínica Fitossanitária (UFS). Obrigado ao Alexandre, Morg e Bia que me acolheram de braços abertos no laboratório. Ao Abraão, a quem tenho grande admiração. A minha afilhada Ane da qual nunca esquecerei, obrigado por toda a ajuda. À panda (Emile), uma pessoa e amiga fantástica. À Ângela, pelos ensinamentos e conselhos muito valiosos. Aos Doutores Bruna e Carlisson, pela amizade e por proporcionarem as melhores resenhas. Ao Ruan e Wallace, grandes companheiros de laboratório e vida. Aos mais novos, Aline (desculpa pelo 'banho' de *imidacloprid*), Claudia (Camila), Rafa e Dhiogo, que tiveram papel crucial no desenvolvimento dessa dissertação. Ao Jefferson por toda a contribuição. Muito obrigado a todos, por tudo!

À Dona Édila, Seu Ailton, Seu Daniel, Augusto e o pequeno xará Alisson, por todo o suporte durante a coleta de dados, vocês tornaram-se uma família para mim. A simplicidade e humildade de vocês fizeram minha vida melhor. Nunca os esquecerei.

Aos brilhantes Adriano e Clézia, por todo o suporte e amizade.

Aos amigos motoristas da UFS, que se tornaram grandes amigos.

Aos meus amigos que contribuíram direta e indiretamente, obrigado Laza, Tammy, Gencivaldo e Airan Miguel. Agradeço, especialmente, a Luís (seu menino) por se disponibilizar a ajudar na coleta de dados e, principalmente, pela amizade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A Universidade Federal de Sergipe (UFS), ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e a Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC) pelos auxílios financeiros.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade (PPGAGRI) pela oportunidade de cursar o mestrado. Agradeço à coordenação, à equipe da secretaria e a todo corpo docente.

BIOGRAFIA

ALISSON DA SILVA SANTANA, filho de Marli Rosa da Silva e José Adilson de Jesus Santana, nasceu em 28 de dezembro de 1994 em Poço Verde – Sergipe – Brasil.

No ano de 2012 ingressou no curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal de Sergipe. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica, inovação tecnológica e extensão na área de entomologia, sob a orientação do Prof. Dr. Leandro Bacci. Durante o curso foi premiado como ‘Aluno destaque de Iniciação Científica’ e ‘Estudante de Engenharia Agrônoma do ano de 2016’.

Em março de 2017 ingressou no curso de mestrado em Agricultura e Biodiversidade, defendendo sua dissertação em fevereiro de 2019.

Em novembro de 2018 foi aprovado para o doutorado em Proteção de Plantas na Universidade Estadual Paulista (UNESP) e em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
4. ARTIGO 1: PLANOS CONVENCIONAIS PARA AMOSTRAGEM DE MASSAS DE OVOS E NINFAS DA MOSCA-NEGRA-DOS-CITROS <i>Aleurocanthus woglumi</i> Ashby (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE)	17
Resumo	17
Abstract	18
4.1. Introdução	19
4.2. Material e Métodos	19
4.3. Resultados	21
4.4. Discussão	22
4.5. Agradecimentos	23
4.6. Referências Bibliográficas	23
Figuras e Tabelas	27
5. ARTIGO 2: PLANO DE AMOSTRAGEM VIÁVEL PARA ADULTOS DE <i>Aleurocanthus woglumi</i> EM POMARES DE LARANJA	33
Resumo	33
Abstract	34
5.1. Introdução	35
5.2. Material e Métodos	36
5.3. Resultados	38
5.4. Discussão	38
5.5. Conclusões	40
5.6. Agradecimentos	40
5.7. Referências Bibliográficas	40
Figuras e Tabelas	44
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura	Página
1 (A) Divisão da copa de plantas de laranja em quadrantes ao longo das direções colaterais: NO (Noroeste), NE (Nordeste), SO (Sudoeste) e SE (Sudeste). (B) Posição das folhas usadas como unidades de amostragem nos ramos de plantas de laranja: #1 representa a folha mais basal do ramo e #n representa a folha mais apical do ramo.....	30
2 Nível de erro a ser utilizado para calcular o número de amostras dentro dos planos de amostragem para massas de ovos e ninfas de <i>Aleurocanthus woglumi</i> com base em um plano de amostragem viável (< 1 hora)	31
3 Número de amostras necessárias para compor planos de amostragem para massas de ovos e ninfas de <i>Aleurocanthus woglumi</i> em função do nível de erro.....	32

ARTIGO 2

Figura	Página
1 (A) Divisão da copa de plantas de laranja em quadrantes (Q1, Q2, Q3, Q4). (B) Posição das folhas usadas como unidades de amostragem nos ramos de plantas de laranja: A folha #1 é a primeira folha do ramo e 'n' representa a última folha do ramo (da base para o ápice).....	48
2 Níveis de erro a serem usados para calcular o número de amostras dentro do plano de amostragem para adultos de <i>Aleurocanthus woglumi</i>	49

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela	Página	
1	Equação a ser utilizada para calcular o número de amostras em função dos modelos de distribuição de frequência teórica (YOUNG; YOUNG, 1998)...	6

ARTIGO 1

Tabela	Página	
1	Seleção da unidade amostral (posição da folha) a ser usada na amostragem de massas de ovos e ninfas de <i>Aleurocanthus woglumi</i> em plantas de laranja	27
2	Densidades, variância e teste qui-quadrado (χ^2) entre as frequências observadas e esperadas pelas distribuições binomial negativa, Poisson e binomial positiva das densidades de massas de ovos e ninfas de <i>Aleurocanthus woglumi</i> amostradas por contagem direta em plantas de laranja.....	28
3	Teste para verificação de homogeneidade para o parâmetro K da distribuição binomial negativa para os dados de densidade de massas de ovos de <i>Aleurocanthus woglumi</i> amostrados nos 10 pomares de laranja	29

ARTIGO 2

Tabela	Página	
1	Seleção da unidade amostral (posição da folha) a ser usada na amostragem de adultos de <i>Aleurocanthus woglumi</i> em plantas de laranja	44
2	Densidades e teste qui-quadrado (χ^2) entre as frequências observadas e esperadas pelas distribuições binomial negativa, Poisson e binomial positiva das densidades de adultos de <i>Aleurocanthus woglumi</i> amostradas por contagem direta em plantas de laranja.	45
3	Teste para verificação de homogeneidade para o parâmetro K da distribuição binomial negativa para os dados de densidade de adultos de <i>Aleurocanthus woglumi</i> amostrados nas 10 lavouras de laranja	46
4	Número de amostras, tempo e custo necessários para compor o plano de amostragem para adultos de <i>Aleurocanthus woglumi</i> em função dos níveis de erro que garantem a criação de um plano amostral viável.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

MIP	Manejo Integrado de Pragas
NDE	Nível de Dano Econômico
NC	Nível de Controle
NNA	Nível de Não-ação

RESUMO

SANTANA, Alisson da Silva. **Plano de amostragem convencional para a mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) em cultivos de laranja**. São Cristóvão: UFS, 2019. 50p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).*

A elaboração de planos de amostragem convencional é um ponto crucial para a geração de programas de manejo integrado de pragas (MIP). A mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* é uma praga importante em cultivos de laranja. No entanto, não há planos amostrais definidos para esta praga, assim a implementação do MIP é dificultada. Desta forma, o objetivo deste estudo foi estabelecer planos viáveis para amostragem convencional de *A. woglumi* em cultivos de laranja. Para isso, foram determinadas as unidades amostrais, número de amostras, tempo e custos necessários para realizar um eficiente levantamento populacional de massa de ovos, ninfas e adultos de *A. woglumi*. Nossos resultados mostraram que a amostragem de *A. woglumi* deve ser realizada nas folhas mais basais do ramo. A terceira folha mais basal foi a melhor unidade amostral para massas de ovos e adultos enquanto que a segunda folha foi a unidade ideal para amostragem de ninfas de *A. woglumi*. Os planos desenvolvidos são compostos por 54, 35 e 58 amostras para massas de ovos, ninfas e adultos, respectivamente. A avaliação de todas as amostras de cada plano exige baixo esforço de amostragem (são concluídos em menos de uma hora) e custam menos que R\$ 10,00. Assim, os planos de amostragem desenvolvidos permitem tomadas de decisão rápidas, eficientes e de baixo custo. Além disso, os planos permitem realizar amostragens precisas e representativas.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*; sistemas de tomada de decisão; unidade amostral; frequência de distribuição.

* Comitê Orientador: Leandro Bacci – UFS (Orientador).

ABSTRACT

SANTANA, Alisson da Silva. **Conventional sampling plans for citrus blackfly *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) on orange crops.** São Cristóvão: UFS, 2019. 50p. (Thesis – Master of Science in Agriculture and Biodiversity).*

The establishment of conventional sampling plans is essential for the generation of integrated pest management (IPM) programs. The citrus blackfly *Aleurocanthus woglumi* is a serious pest of orange orchards. However, no sampling plans have been defined for this pest, thus hampering the implementation of IPM. Thus, the objective of this study was to establish feasible plans for conventional sampling schemes of *A. woglumi* in orange orchards. To this end, the sampled plant parts, number of samples and the time and cost required for an efficient population survey of egg mass, nymphs and adults of *A. woglumi* were determined. Our results showed that *A. woglumi* should be collected from the most basal leaves of a branch. The third basal leaf was the most appropriate sampling unit for egg mass and adults, while the second leaf was best suited for *A. woglumi* nymph sampling. The plans indicated 54, 35 and 58 samples for egg mass, nymphs and adults, respectively. The sampling effort required for the evaluation of all samples of each plan is low (possible in less than one hour) and costs less than R\$ 10,00. Therefore, the developed sampling plans enable fast, efficient and low-cost decision-making as well as accurate and representative sampling.

Key-words: *Citrus sinensis*; decision-making system; sampling unit; frequency distribution.

* Supervising Committee: Leandro Bacci – UFS (Orientador).

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os planos de amostragem convencional, que especificam quais unidades amostrais devem ser coletadas e quantas amostras devem ser retiradas, são base para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas (MIP) (CASTLE; NARANJO, 2009; YAMAMOTO, 2008). Esses planos possibilitam a determinação do nível de dano econômico e validação de planos de amostragem sequencial, sendo cruciais para o desenvolvimento de sistemas de tomada de decisão para o controle de pragas (PEREIRA et al., 2016), um elemento-chave do MIP (CASTLE; NARANJO, 2009).

No MIP, a abundância de pragas é normalmente avaliada em termos de densidade média de indivíduos por unidade amostral. Essas unidades compreendem, na maioria das vezes, a unidades ecológicas, como uma folha, um agrupamento de folhas ou uma planta inteira (PÉREZ et al., 2015; RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009). Como unidades menores tendem a ser mais baratas, pois exigem menos mão-de-obra e materiais para avaliação, estas devem ser preferidas no desenvolvimento de planos de amostragem (RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009). Além disso, a unidade amostral deve representar a densidade absoluta de pragas na lavoura com elevada precisão (BACCI et al., 2008; BARBOSA PINTO et al., 2017; SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000), já que padroniza a amostragem desde o início até o final do ciclo da cultura (LIMA et al., 2017). O levantamento populacional usando unidades de amostragem apropriadas permite ajustar as densidades observadas na lavoura a modelos de distribuição de frequência teórica, que irão estimar o número de amostras para compor o plano de amostragem (BACCI et al., 2008; ROSADO et al., 2014).

O ataque de insetos-praga reduz o potencial produtivo da cultura da laranja, a principal frutífera cultivada no Brasil. As perdas produtivas decorrentes desse ataque chegam a 2 milhões de toneladas por ano e os prejuízos atingem R\$ 1,5 bilhão (OLIVEIRA et al., 2014). Na tentativa de reduzir tais perdas, o controle químico com inseticidas sintéticos tem sido amplamente utilizado por citricultores (OLIVEIRA et al., 2014; VIEIRA et al., 2017). Com isso, 10 mil toneladas de inseticidas são utilizados por ano nos pomares de laranja do Brasil, um gasto na ordem de R\$ 260 milhões (OLIVEIRA et al., 2013, 2014).

A mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) é uma das mais importantes pragas da laranjeira (VENDRAMIM; PENA; SILVA, 2015). Esse inseto acarreta danos diretos, pela sucção de seiva do floema, e indiretos, por meio da indução do aparecimento de fungos causadores da fumagina (*Capnodium* spp.) em folhas e frutos (MOLINA et al., 2014). Isso prejudica o desenvolvimento da planta, reduzem a produção da cultura e o valor comercial dos frutos (SILVA et al., 2011). Apesar de ser uma praga recente no Brasil, a mosca-negra-dos-citros já ocorre em todos os estados produtores (SILVA; FARIAS; JUNIOR, 2011), sendo amplamente controlada com o uso de inseticidas organossintéticos, que na maioria das vezes são usados de forma excessiva e inadequada, uma vez que não existem sistemas de tomada de decisão estabelecidos para esta praga.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi determinar planos de amostragem viáveis para o monitoramento de populações de *A. woglumi* em pomares de laranja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manejo Integrado de Pragas: desenvolvimento histórico

Desde o início da prática da agricultura, tem-se lutado para reduzir os efeitos adversos do ataque de insetos em plantações (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996). Isso envolvia, possivelmente, o aprendizado sobre o reconhecimento de pragas e a implementação de técnicas de controle cultural e mecânico (CASTLE; NARANJO, 2009). Ao longo dos anos, o desenvolvimento de sistemas de cultivo diversos, seleção de plantas tolerantes e resistentes e práticas culturais benéficas ajudaram a aumentar a produção e reduzir as perdas ocasionadas por pragas (DENT, 2000; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996).

A introdução de inseticidas sintéticos após a Segunda Guerra Mundial revolucionou o controle de pragas na agricultura (RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009). Inicialmente, acreditava-se que a utilização de inseticidas não traria grandes desvantagens (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996). Contudo, o uso excessivo desses produtos logo gerou diversos problemas, como resistência de pragas a inseticidas, acumulação de inseticidas ao longo da cadeia alimentar, declínios significativos de populações de inimigos naturais, surtos de pragas secundárias, ressurgimento de pragas primárias e aparecimento de resíduos em alimentos (DENT, 2000; EHLER, 2006; RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009).

Os problemas advindos do uso indiscriminado de inseticidas sintéticos intensificaram a busca por abordagens alternativas para o controle de pragas. Foi nesse cenário que Stern et al. (1959) definiram o conceito de ‘controle integrado de pragas’, que tornou-se a base de conhecimento para todos os modernos programas de manejo integrado de pragas (MIP) (CASTLE; NARANJO, 2009; NARANJO; ELLSWORTH, 2009). Segundo esses autores, ‘controle integrado de pragas’ é o controle aplicado que combina e integra o controle biológico e químico, onde o controle químico é usado conforme necessário e de uma maneira que seja menos prejudicial para o controle biológico (STERN et al., 1959). Adicionalmente, muitos termos e conceitos, hoje bem conhecidos por entomologistas praticantes de MIP, foram popularizados por esses autores, como nível de controle, nível de dano econômico e controle supervisionado baseado em amostragem, que serviram como base para a compreensão da relação entre artrópodes prejudiciais e benéficos no agroecossistema (BENTLEY, 2009).

Com o surgimento e aperfeiçoamento de táticas de manejo (por exemplo: resistência de plantas hospedeiras, controle comportamental etc.), o controle integrado, conforme originalmente formulado, revelou possuir um foco relativamente estreito (EHLER, 2006). Nesse contexto, surgiu o conceito de ‘manejo de pragas’, que incluía uma gama mais ampla de táticas de controle de pragas do que o conceito de controle integrado (KOGAN, 1998; PROKOPY; KOGAN, 2009).

Mais tarde, convencionou-se que um sistema de controle de pragas deveria ter uma abordagem fortemente ecológica (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996). Essa abordagem começa com foco na ecologia da população de uma única espécie e pode se expandir para a consideração de estruturas e processos associados a comunidades e ecossistemas (PROKOPY; KOGAN, 2009). Além disso, o sistema deveria integrar todos os procedimentos de controle e práticas de produção de maneira organizada (PROKOPY; KOGAN, 2009; RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009). A esse novo sistema de manejo deu-se o nome de manejo integrado de pragas (MIP).

O MIP entrou em uso em todo o mundo por possuir uma abordagem mais completa para o controle de pragas (EHLER, 2006; PROKOPY; KOGAN, 2009). De acordo com essa nova abordagem, ‘manejo’ refere-se a um conjunto de regras de decisão baseado em princípios ecológicos, econômicos e sociais, ‘integrado’ diz respeito ao uso harmonioso de múltiplos métodos para controlar uma ou várias pragas e ‘praga’ é qualquer organismo fitófago que causa danos econômicos (KOGAN, 1998; PEDIGO; RICE, 2009).

Mais que uma alternativa para o controle de insetos, o MIP é uma filosofia de manejo que busca preservar e incrementar os fatores de mortalidade natural de pragas por meio do uso integrado de todas as técnicas possíveis (BINNS; NYROP; VAN DER WERF, 2000; PEDIGO; RICE, 2009). O sistema é baseado em análises de custo-benefício que levam em conta os interesses e os impactos sobre os produtores, a sociedade e o meio ambiente (PROKOPY; KOGAN, 2009) e se fundamenta em alguns componentes básicos (GALLO et al., 2002; PEDIGO; RICE, 2009): (i) avaliação do agroecossistema; (ii) sistema de tomada de decisão; (iii) estratégias de manejo; e (iv) táticas de controle.

2.2 Sistemas de tomada de decisão

O sistema de tomada de decisão, composto pelos índices de tomada de decisão e sistemas de amostragem, é um elemento-chave do MIP (CASTLE; NARANJO, 2009) e foco da maioria dos estudos envolvendo o manejo integrado de pragas em todas as partes do mundo (PEDIGO; RICE, 2009; PROKOPY; KOGAN, 2009).

Qualquer programa de MIP inclui planos de amostragem e índices de tomada de decisão, que são componentes básicos indispensáveis para o seu desenvolvimento e implementação (KOGAN, 1998). Por conta dessa relevância, os sistemas de tomada de decisão têm sido abordados em diversas revisões, livros e artigos científicos recentes (BARBOSA PINTO et al., 2017; BENTLEY, 2009; BINNS; NYROP; VAN DER WERF, 2000; CASTLE; NARANJO, 2009; LIMA et al., 2017; NARANJO; ELLSWORTH, 2009; PEDIGO; RICE, 2009; PÉREZ-RODRÍGUEZ et al., 2017; RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009; SILVA et al., 2017).

O MIP é baseado na premissa de que certos níveis de pragas são toleráveis e os índices de tomada de decisão determinam quando é necessário utilizar táticas de controle para reduzir esses níveis populacionais (CASTLE; NARANJO, 2009). O nível de dano econômico (NDE) e nível de controle (NC) são os principais índices de tomada de decisão para controle de pragas. Esses termos foram introduzidos por Stern et al. (1959). Segundo esses autores o NDE é a menor densidade populacional da praga que ocasionará dano econômico, enquanto o NC é a densidade na qual uma medida de controle deve ser determinada para evitar que uma crescente população de pragas atinja o nível de dano econômico (STERN et al., 1959). O nível de dano econômico e o nível de controle levam em conta diferenças entre as espécies de pragas, bem como diferenças entre espécies vegetais cultivadas, condições climáticas, áreas de cultivo e interesses do homem (STERN et al., 1959). Por causa dessa amplitude conceitual, o NDE e NC permitiram que uma estrutura de tomada de decisões dentro do manejo de pragas fosse estabelecida para virtualmente qualquer cultura e pragas agrícolas (CASTLE; NARANJO, 2009).

O conceito de NDE foi ampliado quando Higley e Pedigo (1993) introduziram a qualidade ambiental no processo de tomada de decisão. Com isso, os efeitos negativos dos inseticidas sobre inimigos naturais passaram a ser tratados como custos adicionais aos custos monetários da aplicação de inseticidas (HIGLEY; PEDIGO, 1993; PROKOPY; KOGAN, 2009). A preocupação com os efeitos adversos aos inimigos naturais fez surgir o conceito de 'nível de não-ação', que é a densidade de inimigos naturais suficientes para manter a população de uma praga abaixo do NDE (PROKOPY; KOGAN, 2009; STERLING, 1984). Desta forma, nenhuma medida de controle seria tomada se a abundância de populações de inimigos naturais fosse igual ou superior ao nível de não-ação (NNA) (HIGLEY; PEDIGO, 1993; PEDIGO; RICE, 2009).

Os planos de amostragem são indispensáveis ao processo de tomada de decisão, pois permitem estimar as densidades de populações de pragas e inimigos naturais, e compará-las com os índices de tomada de decisão (FERNANDES et al., 2015; PÉREZ et al., 2015). Adicionalmente, planos de amostragem são ferramentas fundamentais para o estudo da dinâmica populacional de insetos e determinação de níveis de tomada de decisão em um programa de controle de pragas (NARANJO; ELLSWORTH, 2009).

2.3 Planos de amostragem

Idealmente, um programa de MIP deveria considerar uma contagem precisa do número de indivíduos de uma espécie presente em uma área, no entanto, obter informações sobre densidades absolutas de insetos é inviável, por exigir custo e tempo elevados (PROKOPY; KOGAN, 2009). Por isso, os programas de MIP baseiam-se em estimativas da densidade populacional de insetos, obtidas por meio de planos de amostragem (BACCI et al., 2008; BARBOSA PINTO et al., 2017; PEREIRA et al., 2016; PROKOPY; KOGAN, 2009). Os planos de amostragem devem ser rápidos e precisos para estimar as populações de insetos e assim compará-los com os índices de tomada de decisão (GUSMÃO et al., 2006; LIMA et al., 2017; SILVA et al., 2017).

Algumas recomendações são importantes para o desenvolvimento de planos de amostragem para uso na tomada de decisões no manejo de pragas (BINNS; NYROP; VAN DER WERF, 2000): (i) deve-se obter uma boa estimativa da densidade crítica de insetos no cultivo; (ii) ao desenvolver planos de amostragem, deve-se determinar a frequência de distribuição que melhor se ajusta às densidades de insetos nos cultivos; (iii) a amostragem deve ser precisa e representativa, ou seja, a informação da amostra deve ser um bom indicador de abundância ou incidência de pragas no cultivo; e (iv) o levantamento de informações por meio de amostragem deve ser rápida e envolver baixo custo.

A amostragem de pragas pode ser realizada seguindo planos convencionais ou sequenciais (BARBOSA PINTO et al., 2017; GUSMÃO et al., 2005; PEREIRA et al., 2016). No plano de amostragem convencional a decisão é tomada após a avaliação de um número de amostras pré-determinado. Já no plano sequencial, a decisão de controle pode ser tomada após a avaliação de cada amostra (PEREIRA et al., 2016).

2.3.1 Plano de amostragem convencional

Por possibilitar a determinação de índices de tomada de decisão e validação de planos de amostragem sequencial, o plano de amostragem convencional consiste no primeiro passo para o desenvolvimento de sistemas de tomada de decisão (BACCI et al., 2008; BARBOSA PINTO et al., 2017; PEREIRA et al., 2016; ROSADO et al., 2014). Em adição, os planos de amostragem especificam os protocolos gerais de como as amostras devem ser coletadas (técnica e unidade amostral: como e onde amostrar) e quantas amostras devem ser tomadas (CASTLE; NARANJO, 2009).

Os planos de amostragem convencionais são adotados para realizar levantamentos populacionais de insetos usando um número fixo de amostras e a tomada de decisão de controle ou não controle é determinada após a avaliação de todas as amostras (BARBOSA PINTO et al., 2017; GUSMÃO et al., 2005). Desta forma, o trabalho e a despesa não são variáveis, pois independentemente da densidade da praga, o mesmo número de amostras é realizado (BACCI et al., 2008). Por isso, os planos convencionais devem ser viáveis, precisos e envolverem baixo custo de execução (BACCI et al., 2006; BARBOSA PINTO et al., 2017; GUSMÃO et al., 2005; LIMA et al., 2017).

Grande parte dos estudos para determinar planos de amostragem convencionais aborda a escolha de uma unidade amostral e/ou a determinação do número ideal de amostras para compor o plano. Isso foi verificado em estudos recentes para pragas importantes, como *Frankliniella schultzei* em cultivos de alface (SILVA et al., 2017) e melancia (BARBOSA PINTO et al., 2017), *Bemisia tabaci* em cultivos de melancia (LIMA et al., 2017), *Liriomyza huidobrensis* em lavouras de batata (ALVES et al., 2014), entre outras (FERNANDES et al., 2015; KAFESHANI et al., 2018; PAVLU; MOLIN, 2016; PÉREZ-RODRÍGUEZ et al., 2017; ROSADO et al., 2014).

2.3.1.1 Unidade de amostragem

No MIP, a abundância de pragas é comumente avaliada pela proporção de unidades infestadas, ou como densidade média (número de indivíduos) por unidade amostral (BINNS;

NYROP; VAN DER WERF, 2000; RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009). Essas unidades compreendem a unidade de espaço (por exemplo, metros de linha de plantio, metro quadrado de cultivo, volume de solo etc.) ou unidades ecológicas (como uma planta inteira, uma folha, um conjunto de folhas ou qualquer outro órgão vegetal etc.) (PÉREZ et al., 2015).

Uma recomendação geral é escolher unidades que sejam fisicamente pequenas, pois um número maior de amostras podem ser processadas de forma acessível, e as estimativas resultantes tendem a ser mais precisas do que se unidades maiores fossem usadas (PÉREZ et al., 2015; RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009). Além disso, como as amostragens em unidades menores tendem a ser mais baratas, já que exigem menos mão-de-obra e materiais para avaliação, estas devem ser preferidas no desenvolvimento de planos de amostragem (PROKOPY; KOGAN, 2009; RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009).

A unidade de amostragem deve ser fácil de localizar e representar de forma precisa as densidades de insetos nas lavouras (BARBOSA PINTO et al., 2017; LIMA et al., 2017). Por este motivo, a unidade amostral ideal para compor planos de amostragem deve atender aos critérios de: (i) frequência de ocorrência- a unidade amostral deve ocorrer na maioria das folhas; (ii) precisão- a unidade deve possuir baixa variância relativa; e (iii) representatividade- a unidade deve ser representativa da densidade presente no ramo (BACCI et al., 2008; BARBOSA PINTO et al., 2017; LIMA et al., 2017).

De acordo com o critério de ocorrência, a unidade amostral deve ocorrer na maioria dos ramos das plantas amostradas. O esforço gasto na busca por unidades com baixa frequência de ocorrência aumenta o tempo e o custo do processo de amostragem (BARBOSA PINTO et al., 2017). Já o critério da precisão leva em conta a variância relativa (VR), pois esta mede a variabilidade dos dados da amostra (PEDIGO et al., 1972). Unidades com baixa VR possibilitam a geração de planos de amostragem precisos, viáveis, rápidos e de baixo custo (BACCI et al., 2008; PEDIGO; RICE, 2009; SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000). Por último, unidades que atendem ao critério da representatividade podem representar a intensidade de ataque ao longo do ciclo da cultura (LIMA et al., 2017; ROSADO et al., 2014).

A informação da unidade amostral deve ser um bom indicador de abundância ou incidência de pragas no campo (BINNS; NYROP; VAN DER WERF, 2000). Unidades amostrais precisas e representativas permitem o correto e rápido monitoramento de pragas e, conseqüentemente, reduzem o custo e aumentam a eficiência dos sistemas de controle (BACCI et al., 2008; BARBOSA PINTO et al., 2017; BINNS; NYROP; VAN DER WERF, 2000; ROSADO et al., 2014; SOUTHWOOD, 2000).

2.3.1.2 Número de amostras

O número de amostras é o menor número que satisfaz os objetivos do programa de amostragem e alcançam a precisão desejada de estimativas (PEDIGO; BUNTIN, 1994). A determinação do número de amostras a serem coletadas é essencial para o desenvolvimento de programas de amostragem (PEDIGO; BUNTIN, 1994).

A estimativa da quantidade de amostras para compor um plano de amostragem requer conhecimento básico sobre os modelos de distribuição de frequência teórica as quais as densidades de insetos podem se ajustar (CASTLE; NARANJO, 2009; FERNANDES et al., 2015). Isso porque esses modelos determinam a equação a ser utilizada no cálculo do número de amostras (Tabela 1) (BACCI et al., 2008; ROSADO et al., 2014). O ajuste das densidades de insetos em uma lavoura pode se dar a três modelos de distribuição de frequência: (i) binomial negativo; (ii) binomial positivo; e (iii) Poisson. Esse ajuste é verificado por meio da comparação entre a frequência observada nas lavouras e a frequência calculada por cada modelo de distribuição (BARBOSA PINTO et al., 2017; BINNS; NYROP; VAN DER WERF, 2000).

TABELA 1. Equação a ser utilizada para calcular o número de amostras em função dos modelos de distribuição de frequência teórica (YOUNG; YOUNG, 1998).

Modelo de distribuição	Número de amostras
Poisson	$\frac{1}{\mu C^2}$
Binomial	$\frac{1-p}{pC^2}$
Binomial negativa	$\frac{1}{C^2} \left(\frac{1}{\mu} + \frac{1}{k} \right)$
Ausência de ajuste	$\left(\frac{t * s}{C * \mu} \right)^2$

μ = Média da população; C = Nível de precisão; p = porcentagem de infestação; k = parâmetro da distribuição binomial negativa; s = desvio padrão; t = valor tabelado do teste de Student a 5% de probabilidade.

Em comum, todos os modelos de distribuição teórica exigem o uso de níveis de erro (=níveis de precisão) para calcular o número de amostras. Portanto, tão importante quanto a distribuição de frequência, é o nível de erro a ser utilizado para calcular o número de amostras. Os níveis de erro entre 5 e 25% são considerados aceitáveis para tomada de decisão em programas MIP (SOUTHWOOD, 1978). A viabilidade e precisão do plano amostral estão ligados a esse nível de erro (BACCI et al., 2008; PÉREZ et al., 2015; SILVA et al., 2017).

A retirada de poucas amostras pode reduzir a confiabilidade da estimativa da densidade, enquanto que a avaliação de muitas unidades amostrais pode aumentar o tempo e, conseqüentemente, o custo do programa de amostragem (DENT, 2000; PÉREZ et al., 2015). Desse modo, o número ideal de amostras deve ser aquele que permita a geração de um plano de amostragem viável (duração máxima de 1h) (BACCI et al., 2006), preciso (MOERKENS et al., 2018) e de baixo custo (RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009).

2.4 Cultura da laranja

A laranjeira *Citrus sinensis* (L.) Osbeck é originária das regiões tropicais e subtropicais do sudeste asiático, mais especificamente da China (KE et al., 2017; QIN et al., 2016). Na Idade Média, a cultura foi introduzida na Europa e, em seguida, espalhou-se pelo mundo (KE et al., 2017; NEVES et al., 2011; QIN et al., 2016). Hoje, a laranja é uma das culturas frutíferas mais cultivadas no planeta (NEVES et al., 2011) depois da banana (*Musa* spp. L.), melancia (*Citrullus lanatus*), macieira (*Malus domestica*) e uva (*Vitis vinifera* L.) (FAO, 2017a).

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja e a fruta é a mais produzida no território nacional. Os citricultores brasileiros colheram aproximadamente 17 milhões de toneladas de laranja em 2018 (IBGE, 2019), o que corresponde a aproximadamente 41% das colheitas totais da fruticultura brasileira (IBGE, 2017; SEAB/DERAL, 2017). O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de suco de laranja, o país detém atualmente mais da metade da produção mundial e exporta 98% da sua produção (USDA, 2017). Em termos econômicos, a produção de laranja rendeu aproximadamente R\$ 12,5 bilhões em 2018 (MAPA, 2017). Grande parte dessa renda é devido às indústrias produtoras e exportadoras de suco, que movimentam 5 bilhões de reais por ano (USDA, 2017).

A laranjeira apresenta características que garantem sua ampla utilização no Brasil e justificam o potencial produtivo desta cultura no país. Plantas de laranja suportam uma grande

variação nos tipos de solos, desenvolvem-se bem em terrenos planos ou suavemente ondulados com temperaturas que variam entre 23 e 32 °C e precipitação anual entre 1.000 e 1.300 mm (COLTRO et al., 2009; EMBRAPA, 2003, 2005; QIN et al., 2016).

Apesar do elevado potencial produtivo, alguns fatores limitam a produção de laranja, sendo o ataque de pragas um dos principais. Se não identificadas, monitoradas e controladas de forma eficiente, as pragas podem causar enormes perdas à cultura da laranja, pois reduzem o rendimento e a longevidade dos pomares, além de elevar os custos de produção (MELO; SILVA, 2006; SILVA et al., 2016).

2.5 Insetos-praga da laranjeira

O número total de espécies de insetos ultrapassa em muito o de qualquer outra categoria de animais. Mais de um milhão de espécies de insetos já foram descritas (ALVES, 1998; CHAPMAN, 2009; FINKLER, 2013) e estima-se que existam aproximadamente 6 milhões (HAMILTON et al., 2010; STORK et al., 2015). Apenas 0,5% do número total de espécies de insetos conhecidas são pragas, e prejudicam plantas, animais domésticos e o próprio homem direta ou indiretamente (FAO, 2017b; OFFOR; WAKA; JUMBO, 2014). Em um cultivo agrícola, os insetos são considerados pragas quando causam danos econômicos (PEDIGO; RICE, 2009; STONE; PEDIGO, 1972).

Os prejuízos causados por pragas no Brasil atingem US\$ 17,7 bilhões (cerca de 55 bilhões de reais). Em termos produtivos, 7,7% da produção total brasileira é perdida devido ao ataque de pragas, isso equivale a aproximadamente 25 milhões de toneladas de alimentos, fibras e biocombustíveis. Somente na cultura da laranja, os prejuízos alcançam R\$ 1,5 bilhão, com 2 milhões de toneladas perdidas anualmente (OLIVEIRA et al., 2013, 2014).

Além das perdas diretas, as medidas tomadas para controlar esses organismos também podem causar danos econômicos indiretos relacionados à compra e aplicação de inseticidas (BUENO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013, 2014). No Brasil, gasta-se aproximadamente 170 mil toneladas de inseticidas sintéticos anualmente, uma despesa de mais de R\$ 9 bilhões (OLIVEIRA et al., 2014). Em pomares de laranja, o consumo atinge aproximadamente 10 mil toneladas, que representa um gasto de R\$ 260 milhões (OLIVEIRA et al., 2014; SINDAG, 2013).

A severidade dos danos à cultura da laranja é justificada pelo grande número de pragas que podem atacar a cultura. As pragas mais importantes desta cultura são agrupadas em: i) pragas de folhas; ii) pragas do tronco e ramos; iii) pragas de frutos e, iv) insetos vetores de doenças (GALLO et al., 2002; TEODORO et al., 2014). O ataque a diferentes partes da planta é, de modo geral, uma forma de evitar competição, pois esta pode acarretar diversos efeitos negativos sobre indivíduos e populações (CORNELL; HAWKINS, 1995; JANSSEN et al., 1995a, 1995b, 1998). A importância dos diferentes grupos de pragas depende da finalidade do cultivo e do grau de infestação e varia entre as regiões de cultivo ou dentro da mesma região. Desta forma, o ponto chave para o sucesso na produção de laranja está na eficiência de estratégias de reconhecimento, quantificação e manejo de pragas (TENNANT et al., 2009).

As pragas de folhas são representadas por insetos sugadores, minadores e mastigadores. Os danos causados por esses insetos incluem desfolha, introdução de toxinas, sucção de seiva, transmissão de viroses, indução do aparecimento de fumagina, entre outros. A larva-minadora-dos-citros (*Phyllocnistis citrella* Stainton), a cochonilha ortézia (*Orthezia praelonga* Douglas), a mosca-negra (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) e o pulgão preto dos citros (*Toxoptera citricida* Kirkaldy) são algumas das pragas que atacam folhas de laranjeira (TEODORO et al., 2014; VENDRAMIM; PENA; SILVA, 2015; YAMAMOTO, 2008).

2.5.1 Mosca-negra-dos-citros

Dentre as pragas da cultura da laranja, a mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) é uma das mais importantes (VENDRAMIM; PENA; SILVA, 2015). Esse inseto pertence à família Aleyrodidae e é originário do continente asiático, principal centro de origem da laranja (KE et al., 2017; QIN

et al., 2016). Hoje, a praga apresenta-se amplamente distribuída em diversas partes do mundo (NGUYEN et al., 2007).

A primeira ocorrência de mosca-negra no Brasil foi constatada no ano de 2001 em Belém-PA (SILVA; FARIAS; JUNIOR, 2011), desde então, a praga se espalhou por todo território nacional e sua ocorrência é relatada em todos os estados produtores. Por conta disso, a mosca-negra deixou de ser uma praga quarentenária e se tornou uma praga de ocorrência geral, já que não é mais restrita a determinadas áreas (ABCSEM, 2017; FUNDECITRUS, 2014).

A mosca-negra apresenta reprodução sexuada com oviparidade, mas pode ocorrer partenogênese. Possui ciclo de vida curto (45 a 133 dias) à temperatura de 20-34°C, permitindo a ocorrência de vários ciclos no ano (NGUYEN et al., 2007; SILVA et al., 2011). A espécie tem alto poder de dispersão na planta (dispersão vertical) e entre plantas (horizontal) (SILVA; FARIAS; JUNIOR, 2011). Esses fatores justificam o grande potencial de infestação de *A. woglumi* em pomares cítricos. Além de atacar os citros, a mosca-negra ocorre em mais de 300 plantas hospedeiras (SILVA; FARIAS; JUNIOR, 2011).

A. woglumi acarreta danos diretos e indiretos prejudicando o desenvolvimento e produção de pomares (TEODORO et al., 2014). Os danos diretos ocorrem devido à sucção de seiva do floema e injeção de toxinas e os indiretos são caracterizados pela indução do aparecimento de fungos que causam a fumagina (MOLINA et al., 2014; SILVA; FARIAS; JUNIOR, 2011).

Em termos produtivos, o ataque da mosca-negra pode resultar em perdas significativas, com redução estimada no rendimento de até 80% (SILVA et al., 2011). Essa redução na produção de frutos pode chegar a 90% quando as infestações excedem 5 a 7 ninfas/cm²/folha (SILVA; FARIAS; JUNIOR, 2011). O ataque severo em plantas mais jovens ou em fase de mudas pode levá-las à morte (PARKINSON; SEALES, 2000).

Apesar de haver controle biológico indicado para mosca-negra em cultivos de laranja, o controle desta praga geralmente é realizado por meio de inseticidas organossintéticos (FUNDECITRUS, 2017; MOLINA et al., 2014; SILVA et al., 2012). No entanto, o uso inadequado e, muitas vezes, contínuo destes produtos, causa diversos problemas ambientais, sociais e econômicos (FONSECA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2017). Uma maneira de contornar esse problema de forma social, econômica e ambientalmente viável é a adoção do manejo integrado de pragas (MIP).

O monitoramento de pragas promove redução da dependência de inseticidas sintéticos onerosos e prejudiciais ao meio ambiente (BUENO et al., 2011; MEISSLE et al., 2009; SHARMA; PESHIN, 2016). Assim, a implementação de programas de manejo integrado de pragas em lavouras por meio de sistemas de amostragem permite a redução dos custos de produção, maximização da produtividade e preservação de organismos não-alvos (LIMA et al., 2017; PICANÇO et al., 2004).

Desta forma, o objetivo desse estudo é determinar as unidades amostrais, número de amostras, custo e tempo necessários para compor planos amostrais viáveis para o levantamento populacional de massas de ovos, ninfas e adultos de *A. woglumi* em pomares de laranja.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM. Mosca Negra *Aleurocanthus woglumi* - Unidades federativas com ocorrência comprovada da praga. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/flores-e-plantas-ornamentais/anos-anteriores/mosca-negra-abcsem-43.pdf/view>>. Acesso em: 7 out. 2017.

AKTAR, M. W.; SENGUPTA, D.; CHOWDHURY, A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. **Interdisciplinary toxicology**, v. 2, n. 1, p. 1–12, mar. 2009.

ALVES, F. M.; DINIZ, J. F. S.; DA SILVA, Í. W.; FERNANDES, F. L.; DA SILVA, P. R.; GORRI, J. E. R. A Sampling Plan for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on a Potato (*Solanum tuberosum*) Plantation. **American Journal of Potato Research**, v. 91, n. 6, p. 663–672, 17 dez. 2014.

ALVES, S. B. **Controle Microbiano de Insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1998.

BACCI, L.; PICANÇO, M. C.; MOURA, M. F.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SEMEA, A. A.. Sampling Plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and for Hymenopteran Parasitoids on Cucumber. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 6, p. 2177–2184, 2006.

BACCI, L.; PICANÇO, M. C.; MOURA, M. F.; SEMEÃO, A. A.; FERNANDES, F. L.; MORAIS, E. G. F. Sampling plan for Thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 5, p. 582–590, out. 2008.

BARBOSA PINTO, C.; ALMEIDA SARMENTO, R.; VISINTIN DA SILVA GALDINO, T.; SILVESTRE PEREIRA, P.; GOMES BARBOSA, B.; HENRIQUE OLIVEIRA LIMA, C.; RODRIGUES DA SILVA, N.; COUTINHO PICANÇO, M. Standardized Sampling Plan for the Thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) on Watermelon Crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 2, p. 748–754, abr. 2017.

BENTLEY, W. J. The integrated control concept and its relevance to current integrated pest management in California fresh market grapes. **Pest Management Science**, v. 65, n. 12, p. 1298–1304, 1 dez. 2009.

BINNS, M. R.; NYROP, J. P.; VAN DER WERF, W. **Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides**. 1. ed. London, UK: CAB International Publishing, 2000.

BLISS, C. I.; OWEN, A. R. G. Negative Binomial Distributions with a Common k. **Biometrika**, v. 45, n. 1/2, p. 37, jun. 1958.

BUENO, A. de F.; BATISTELA, M. J.; BUENO, R. C. O. de F.; FRANÇA-NETO, J. de B.; NAIME NISHIKAWA, M. A.; FILHO, A. L. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Protection**, v. 30, n. 7, p. 937–945, 1 jul. 2011.

CARLETON, R. D.; HEARD, S. B.; SILK, P. J. A simulation approach to assessing sampling strategies for insect pests: an example with the balsam gall midge. **PloS one**, v. 8, n. 12, p. e82618, 2013.

CASTLE, S.; NARANJO, S. E. Sampling plans, selective insecticides and sustainability: the

- case for IPM as ‘informed pest management’. **Pest Management Science**, v. 65, n. 12, p. 1321–1328, dez. 2009.
- CHAPMAN, A. D. Numbers of Living Species in Australia and the World. **Heritage**, v. 2nd, n. September, p. 84, 2009.
- COLTRO, L.; MOURAD, A. L.; KLETECKE, R. M.; MENDONÇA, T. A.; GERMER, S. P. M. Assessing the environmental profile of orange production in Brazil. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 14, n. 7, p. 656–664, 4 nov. 2009.
- CORNELL, H. V.; HAWKINS, B. A. Survival Patterns and Mortality Sources of Herbivorous Insects: Some Demographic Trends. **The American Naturalist**, v. 145, p. 563–593, 1995.
- DENT, D. **Insect pest management**. 2. ed. Wallingford, U.K.: CABI, 2000.
- DOWELL, R. V.; CHERRY, R. H. Detection of, and sampling procedures for, the citrus blackfly in urban southern Florida. **Researches on Population Ecology**, v. 23, n. 1, p. 19–26, jun. 1981.
- EHLER, L. E. Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. **Pest Management Science**, v. 62, n. 9, p. 787–789, 1 set. 2006.
- EMBRAPA. **Sistema de Produção de Citros para o Nordeste**. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste/index.htm>>. Acesso em: 22 set. 2017.
- EMBRAPA. **Citros : o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.
- FAO. **Faostat-crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 25 jun. 2017a.
- FAO. **INSECT DAMAGE: Damage on Post-harvest**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-av013e.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2017b.
- FERNANDES, F. L.; PICANÇO, M. C.; FERNANDES, M. E. S.; DÂNGELO, R. A. C.; SOUZA, F. F.; GUEDES, R. N. C. A new and highly effective sampling plan using attractant-baited traps for the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). **Journal of Pest Science**, v. 88, n. 2, p. 289–299, 7 jun. 2015.
- FINKLER, C. L. L. Controle De Insetos: Uma Breve Revisão. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 8, n. 0, p. 169–189, 2013.
- FONSECA, A. R.; BATISTA, D. R.; AMARAL, D. P.; CAMPOS, R. B. F.; SILVA, C. G.; SILVA, C. G. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) urbanas em um hospital no município de Luz, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Science**, v. 32, n. 1, p. 29–34, 1 jan. 2010.
- FUNDECITRUS. **Mosca Negra dos Citros sai da lista de pragas quarentenárias**. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/mosca-negra-dos-citros-sai-da-lista-de-pragas-quarentenarias/283>>. Acesso em: 7 out. 2017.
- FUNDECITRUS. **Doenças e Pragas- Mosca negra**. Disponível em:

<<http://www.fundecitrus.com.br/doencas/mosca-negra/22>>. Acesso em: 7 out. 2017.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; NETO, S. S. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GUSMÃO, M. R.; PICANÇO, M. C.; ZANUNCIO, J. C.; SILVA, D. J. H.; BARRIGOSI, J. A. F. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 103, n. 4, p. 403–412, 2005.

GUSMÃO, M. R.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C.; GALVAN, T. L.; PEREIRA, E. J. G. Economic injury level and sequential sampling plan for *Bemisia tabaci* in outdoor tomato. **Journal of Applied Entomology**, v. 130, n. 3, p. 160–166, 2006.

HAMILTON, A. J.; BASSET, Y.; BENKE, K. K.; GRIMBACHER, P. S.; MILLER, S. E.; NOVOTNÝ, V.; SAMUELSON, G. A.; STORK, N. E.; WEIBLEN, G. D.; YEN, J. D. L. Quantifying Uncertainty in Estimation of Tropical Arthropod Species Richness. **The American Naturalist**, v. 176, n. 1, p. 90–95, 2010.

HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. Economic injury level concepts and their use in sustaining environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 46, n. 1–4, p. 233–243, 1 set. 1993.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2017.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (Dezembro 2018)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 7 fev. 2019.

JANSSEN, A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; SABELIS, M. W. Specificity of odour-mediated avoidance of competition in *Drosophila* parasitoids. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 36, n. 4, p. 229–235, abr. 1995a.

JANSSEN, A.; VAN ALPHEN, J. J. M.; SABELIS, M. W.; BAKKER, K. Odour-Mediated Avoidance of Competition in *Drosophila* parasitoids: The Ghost of Competition. **Oikos**, v. 73, n. 3, p. 356, set. 1995b.

JANSSEN, A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; SABELIS, M. W. Review Behaviour and indirect interactions in food webs of plant-inhabiting arthropods. **Experimental & Applied Acarology**, v. 22, n. 9, p. 497–521, 1998.

KAFESHANI, F. A.; RAJABPOUR, A.; AGHAJANZADEH, S.; GHOLAMIAN, E.; FARKHARI, M. Spatial Distribution and Sampling Plans With Fixed Level of Precision for Citrus Aphids (Hom., Aphididae) on Two Orange Species. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 2, p. 931–941, 2 abr. 2018.

KE, Z.; YANG, Y.; TAN, S.; ZHOU, Z. Characterization of Polymethoxylated Flavonoids in the Peels of Chinese Wild Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) by UPLC-Q-TOF-MS/MS. **Food Analytical Methods**, v. 10, n. 5, p. 1328–1338, 2017.

KOGAN, M. Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments. **Annual Review of Entomology**, v. 43, n. 1, p. 243–270, jan. 1998.

LIMA, C. H.; SARMENTO, R. A.; PEREIRA, P. S.; GALDINO, T. V.; SANTOS, F. A.; SILVA, J.; PICANÇO, M. C. Feasible sampling plan for *Bemisia tabaci* control decision-

making in watermelon fields. **Pest Management Science**, v. 73, n. 11, p. 2345–2352, 1 nov. 2017.

MAPA. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) — Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

MAPA. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>>. Acesso em: 1 fev. 2019.

MARTÍNEZ-FERRER, M. T.; CAMPOS-RIVELA, J. M. Diversity, spatial distribution, and sampling for ant management decision-making in integrated pest management programs in citrus groves. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 162, n. 2, p. 251–260, 1 fev. 2017.

MELO, M. B. DE; SILVA, L. M. S. DA. **Aspectos Técnicos dos Citros em Sergipe**. Aracaju-SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006.

MCKEY, D. The distribution of secondary compounds within plant. In: ROSENTHAL, G. A.; BERENBAUM, M. R. (Eds.). **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites**. London, UK: Academic Press, 1979. p. 55–134.

MEISSE, M.; MOURON, P.; MUSA, T.; BIGLER, F.; PONS, X.; VASILEIADIS, V. P.; OTTO, S.; ANTICHI, D.; KISS, J.; PÁLINKÁS, Z.; DORNER, Z.; VAN DER WEIDE, R.; GROTEN, J.; CZEMBOR, E.; ADAMCZYK, J.; THIBORD, J.-B.; MELANDER, B.; NIELSEN, G. C.; POULSEN, R. T.; ZIMMERMANN, O.; VERSCHWELE, A.; OLDENBURG, E. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. **Journal of Applied Entomology**, v. 134, n. 5, p. 357–375, 23 dez. 2009.

MOERKENS, R.; VANLOMMEL, W.; REYBROECK, E.; WITTEMANS, L.; DE CLERCQ, P.; VAN LEEUWEN, T.; DE VIS, R. Binomial sampling plan for tomato russet mite (*Aculops lycopersici* (Tryon) (Acari: Eriophyidae) in protected tomato crops. **Journal of Applied Entomology**, v. 142, n. 9, p. 820–827, 1 nov. 2018.

MOLINA, R. O.; NUNES, W. M. C.; GIL, L. G.; RINALDI, D. A. M. F.; CROCE FILHO, J.; CARVALHO, R. C. Z.; MOLINA, R. O.; NUNES, W. M. C.; GIL, L. G.; RINALDI, D. A. M. F.; CROCE FILHO, J.; CARVALHO, R. C. Z.. First Report of Citrus *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae) in the State of Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 57, n. 4, p. 472–475, ago. 2014.

NARANJO, S. E.; CASTLE, S. J. Sequential sampling plans for estimating density of glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca vitripennis* (Hemiptera: Cicadellidae) on citrus. **Crop Protection**, v. 29, n. 11, p. 1363–1370, 1 nov. 2010.

NARANJO, S. E.; ELLSWORTH, P. C. Fifty years of the integrated control concept: moving the model and implementation forward in Arizona. **Pest management science**, v. 65, n. 12, p. 1267–86, dez. 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ecologically Based Pest Management: New Solutions for a New Century**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996.

NAVARRO-CAMPOS, C.; AGUILAR, A.; GARCIA-MARÍ, F. Aggregation pattern,

- sampling plan, and intervention threshold for *Pezothrips kellyanus* in citrus groves. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 142, n. 2, p. 130–139, 1 fev. 2012.
- NEVES, M. F.; TROMBIM, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto-SP: CitrusBR, 2011.
- NGUYEN, R.; AVAS, B. H.; FASULO, T. R. Citrus Blackfly, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). **Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida**, p. 5, 2007.
- OFFOR, U. .; WAKA, N. – U. S.; JUMBO, D. D. Local Methods Of Insect Pest Control In Ogoni Lands Rivers State -A Review. **Researcher**, v. 6, n. 1, p. 73–76, 2014.
- OLIVEIRA, B.; MELO, C.; ALVES, P.; SANTOS, A.; SANTOS, A.; SANTANA, A.; ARAÚJO, A.; NASCIMENTO, P.; BLANK, A.; BACCI, L. Essential Oil of *Aristolochia trilobata*: Synthesis, Routes of Exposure, Acute Toxicity, Binary Mixtures and Behavioral Effects on Leaf-Cutting Ants. **Molecules**, v. 22, n. 3, p. 335, 25 fev. 2017.
- OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1–2, p. 1–15, 1 fev. 2013.
- OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50–54, 2014.
- PARAJULEE, M. N.; SHRESTHA, R. B.; LESER, J. F. Sampling Methods, Dispersion Patterns, and Fixed Precision Sequential Sampling Plans for Western Flower Thrips (Thysanoptera: Thripidae) and Cotton Fleahoppers (Hemiptera: Miridae) in Cotton. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 2, p. 568–577, 1 abr. 2006.
- PARKINSON, K.; SEALES, J. Citrus blackfly, its presence and management in Trinidad and Tobago. **Procaribe News: Network**, p. 11, 2000.
- PAVLU, F. A.; MOLIN, J. P. A sampling plan and spatial distribution for site-specific control of *Sphenophorus levis* in sugarcane. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 3, p. 279, 24 jun. 2016.
- PEDIGO, L. P.; BUNTIN, G. D. **Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture**. CRC Press, 1994.
- PEDIGO, L. P.; LENTZ, G. L.; STONE, J. D.; COX, D. F. Green Cloverworm Populations in Iowa Soybean with Special Reference to Sampling Procedure. **Journal of Economic Entomology**, v. 65, n. 2, p. 414–421, 1 abr. 1972.
- PEDIGO, L. P.; HUTCHINS, S. H.; HIGLEY, L. G. Economic Injury Levels in Theory and Practice. **Annual Review of Entomology**, v. 31, n. 1, p. 341–368, 28 jan. 1986.
- PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. **Entomology and pest management**. 6^a ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2009.
- PEREIRA, P. S.; SARMENTO, R. A.; GALDINO, T. V. S.; LIMA, C. H. O.; DOS SANTOS, F. A.; SILVA, J.; DOS SANTOS, G. R.; PICANÇO, M. C. Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. **Pest Management**

Science, 2016.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, J.; MARTÍNEZ-BLAY, V.; SOTO, A.; SELFA, J.; MONZÓ, C.; URBANEJA, A.; TENA, A. Aggregation Patterns, Sampling Plan, and Economic Injury Levels for the New Citrus Pest *Delottococcus aberiae* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 6, p. 2699–2706, 5 dez. 2017.

PÉREZ, M. L. del P.; ISAS, M. G.; SALVATORE, A. R.; GASTAMINZA, G.; TRUMPER, E. V. Optimizing a fixed-precision sequential sampling plan for adult *Acrotomopus atropunctellus* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae), new pest on sugarcane. **Crop Protection**, v. 74, p. 9–17, 1 ago. 2015.

PICANÇO, M. C.; PAULA, S. V. De; MORAES JUNIOR, A. R.; OLIVEIRA, I. R. De; SEMEÃO, A. A.; ROSADO, J. F. Impactos financeiros da adoção de manejo integrado de pragas na cultura do tomateiro. **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 2, p. 245–252, 2004.

PROKOPY, R.; KOGAN, M. Integrated Pest Management. In: RESH, V. H.; CARDÉ, R. T. (Eds.). . **Encyclopedia of Insects**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2009. p. 523–528.

QIN, W.; HEINEN, M.; ASSINCK, F. B. T.; OENEMA, O. Exploring optimal fertigation strategies for orange production, using soil-crop modelling. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 223, p. 31–40, 2016.

RADCLIFFE, E. B.; HUTCHINSON, W. D.; CANCELADO, R. E. **Integrated Pest Management: Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

RHOADES, D. F. Evolution of plant chemical defense against herbivor. In: ROSENTHAL, G. .; JANSEN, D. H. (Eds.). . **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolit**. London, UK: Academic Press, 1979. p. 3–54.

ROSADO, J. F.; SARMENTO, R. A.; PEDRO-NETO, M.; GALDINO, T. V. S.; MARQUES, R. V.; ERASMO, E. A. L.; PICANÇO, M. C. Sampling plans for pest mites on physic nut. **Experimental and Applied Acarology**, v. 63, n. 4, p. 521–534, 2014.

SEAB/DERAL. **Análise da Conjuntura Agropecuária Safra 2016/17-Fruticultura**. Curitiba-Paraná, 2017.

SHARMA, R.; PESHIN, R. Impact of integrated pest management of vegetables on pesticide use in subtropical Jammu, India. **Crop Protection**, v. 84, p. 105–112, 1 jun. 2016.

SILVA, A. G.; FARIAS, P. R. S.; JUNIOR, A. L. B. Mosca-Negra-dos-Citros: Características Gerais, Bioecologia e Métodos de Controle dessa Importante Praga Quarentenária da Citricultura Brasileira. **EntomoBrasilis**, v. 4, n. 3, p. 85–91, 2011.

SILVA, A. R.; RODRIGUES-SILVA, N.; PEREIRA, P. S.; SARMENTO, R. A.; COSTA, T. L.; GALDINO, T. V. S.; PICANÇO, M. C. Sampling Plans for the Thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in Three Lettuce Varieties. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 6, p. 2490–2496, 5 dez. 2017.

SILVA, A. G.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C. Infestação da mosca-negra-dos-citros em pomares de citros, em sistema de plantio convencional e agroflorestal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 053–060, mar. 2011.

SILVA, J. L. G.; BATISTA, J. de L.; SILVA, J. G.; BRITO, C. H. Use of vegetable oils in the control of the citrus black fly, *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 38, n. 2, p. 182–186, 2012.

SILVA, R. R.; TEODORO, A. V.; VASCONCELOS, J. F.; MARTINS, C. R.; SOARES FILHO, W. S.; CARVALHO, H. W. L.; GUZZO, E. C. Citrus rootstocks influence the population densities of pest mites. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 1–6, 2016.

SINDAG. **Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola. Dados básicos**. São Paulo: SINDAG, 2013.

SOUTHWOOD, T. R. **Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations**. 2. ed. New York: Chapman and Hall, 1978.

SOUTHWOOD, T. R. E.; HENDERSON, P. A. **Ecological Methods**. 3. ed. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, 2000.

STERLING, W. **Action and Inaction Levels in Pest Management**. Texas: Texas Agricultural and Mechanical College System, Bulletin 1480, 1984.

STERN, V. M. et al. The integrated control concept. **Hilgardia**, v. 29, n. 2, p. 81–101, 1959.

STONE, J. D.; PEDIGO, L. P. Development and Economic-Injury Level of the Green Cloverworm on Soybean in Iowa¹²³. **Journal of Economic Entomology**, v. 65, n. 1, p. 197–201, 1 fev. 1972.

STORK, N. E.; MCBROOM, J.; GELY, C.; HAMILTON, A. J. New approaches narrow global species estimates for beetles, insects, and terrestrial arthropods. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 24, p. 7519–7523, 16 jun. 2015.

TENNANT, P. F.; ROBINSON, D.; FISHER, L.; HUTTON, D.; WAYNE, P. C.; LAUGHLIN, M. Diseases and Pests of Citrus (*Citrus* spp.). **Tree and Forestry Science and Biotechnology**, v. 3, n. 2, p. 81–107, 2009.

TEODORO, A. V.; MENDONÇA, M. C.; NASCIMENTO, A. S.; SILVA, L. M. S.; FARIAS, A. P. **Características e Medidas de Controle das Principais Pragas dos Citros, nos Estados da Bahia e Sergipe**. Aracaju-SE: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2014.

USDA. **Citrus: World Markets and Trade (2016/2017)**. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade>>. Acesso em: 20 set. 2017.

USDA. **Citrus: World Markets and Trade**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2019.

VENDRAMIM, J. D.; PENA, M. R.; SILVA, N. M. DA. Mosca-negra-dos-citros, *Aleurocanthus woglumi* Ashby. In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. 1. ed. Piracicaba: Fealq, 2015. p. 345–357.

VIEIRA, D. L.; BATISTA, J. de L.; DE OLIVEIRA, R.; MALAQUIAS, J. B.; DE SOUZA, G. M. M. *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Citrus: Opportunities and Challenges to Implement a Sustainable Management. In: GILL, H.; HARSH, G. (Eds.). **Citrus Pathology**. [s.l.] InTech, 2017. p. 121–136.

YAMAMOTO, P. T. **Manejo Integrado de Pragas dos Citros**. 1. ed. Piracicaba: CP 2,

2008.

YOUNG, L. J.; YOUNG, J. H. **Statistical Ecology**. Boston, MA: Springer US, 1998.

4. ARTIGO 1

PLANOS CONVENCIONAIS PARA AMOSTRAGEM DE MASSAS DE OVOS E NINFAS DA MOSCA-NEGRA-DOS-CITROS *Aleurocanthus woglumi* ashby (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE)

RESUMO

A mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) é uma praga importante em cultivos de laranja. A principal alternativa aos métodos tradicionais de manejo dessa praga e racionalização do uso de inseticidas organossintéticos é a adoção do manejo integrado de pragas (MIP). O plano de amostragem convencional é o primeiro passo para a geração de programas de MIP. No entanto, não há planos amostrais definidos para a *A. woglumi*. Desta forma, objetivou-se com esta pesquisa criar planos de amostragem convencional para massas de ovos e ninfas de *A. woglumi* em pomares de laranja. Para isso, as densidades de massas de ovos e ninfas foram avaliadas em pomares comerciais a fim de determinar a melhor unidade amostral, o número necessário de amostras, o tempo e o custo do plano amostral. A terceira folha mais basal do ramo foi a melhor unidade amostral para massas de ovos enquanto que a segunda folha foi o local ideal para amostragem de ninfas de *A. woglumi*. Os planos de amostragem desenvolvidos são compostos por 54 e 35 amostras para massas de ovos e ninfas, respectivamente. Esses planos exigem curto tempo de amostragem (inferior à 1h) e custam menos que US\$ 3. Assim, os planos de amostragem criados permitem tomada de decisão rápida e eficiente, além de possibilitar a realização de amostragens precisas, representativas e de baixo custo.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*; sistemas de amostragem; unidade amostral; frequência de distribuição; plano de amostragem viável.

ABSTRACT

Conventional sampling plans for egg mass and nymphs of the citrus blackfly *Aleurocanthus woglumi* ashby (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE)

The citrus blackfly *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) is a serious pest of orange orchards. The main alternative to traditional methods of pest management and reduction of synthetic insecticides is the adoption of integrated pest management (IPM). The conventional sampling plan is the first step for the generation of IPM programs. However, there are no defined sampling plans for *A. woglumi*. In this way, the purpose of this study was to establish conventional sampling plans for egg mass and nymphs of *A. woglumi* in orange orchards. For this purpose, egg weight and nymph density were evaluated in commercial orchards, with a view to determining the ideal plant unit for sampling, number of samples and the time and cost required for the sampling plan. The third basal leaf of orange tree branches was the most appropriate sampling unit for egg mass, whereas the second leaf was most adequate for sampling *A. woglumi* nymphs. These sampling plans indicate taking 54 and 35 samples for egg mass and nymphs, respectively. The plans require short sampling times (less than 1h) and cost less than US\$ 3. Thus, the plans allow quick and efficient decision-making, as well as accurate, representative and low-cost sampling.

Key-words: *Citrus sinensis*; sampling systems; sampling unit; frequency distribution; sound sampling plan.

4.1. Introdução

A laranjeira (*Citrus sinensis*) é uma das principais frutíferas cultivadas no mundo. No Brasil, a produção dessa cultura gerou uma receita bruta de aproximadamente US\$ 3,5 bilhões na safra 2018 (MAPA, [s.d.]). No entanto, perdas decorrentes do ataque de insetos-praga provocam prejuízos de cerca de US\$ 520 milhões anuais (OLIVEIRA et al., 2013, 2014). Somente nos pomares de laranja do Brasil são utilizadas 10 mil toneladas de inseticidas por ano, um gasto na ordem de US\$ 80 milhões (OLIVEIRA et al., 2014). Devido à elevada importância econômica e as perdas significativas na produção, a adoção de um efetivo manejo integrado de pragas (MIP), com sistemas de tomada de decisão, representa papel central na viabilidade da produção e na conservação dos ecossistemas a longo prazo. As vantagens deste sistema incluem o aumento da produtividade aliado à racionalização do uso de inseticidas, reduzindo assim os efeitos negativos destes produtos no ambiente (AKTAR; SENGUPTA; CHOWDHURY, 2009; BUENO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2017; SILVA et al., 2016).

A mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) é uma das principais pragas responsáveis por perdas nos pomares de laranja. Recém introduzida no Brasil, a mosca-negra-dos-citros já encontra-se distribuída por todo o território nacional (SILVA; FARIAS; JUNIOR, 2011), sendo amplamente controlada com o uso de inseticidas organossintéticos uma vez que não existem planos de amostragem estabelecidos para esta praga.

O plano de amostragem convencional consiste no primeiro passo para o desenvolvimento de sistemas de tomada de decisão para o controle de pragas por permitir determinar o nível de dano econômico e validar planos de amostragem sequencial (PEREIRA et al., 2016). Esse plano é composto basicamente pela determinação da unidade e técnica amostral (onde e como amostrar) e do número ideal de amostras (BACCI et al., 2008; BARBOSA PINTO et al., 2017; GUSMÃO et al., 2005). A unidade amostral deve apresentar elevada precisão a fim de representar a densidade absoluta de pragas na lavoura (BACCI et al., 2008; BARBOSA PINTO et al., 2017; SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000). O adequado levantamento populacional permite ajustar a densidade observada na lavoura aos modelos de distribuição de frequência teórica, que irão estimar o número de amostras para compor o plano amostral (BACCI et al., 2008; ROSADO et al., 2014). Por um lado, amostragens muito grandes podem ser onerosas, enquanto muito pequenas podem não ser representativas da população real (PEDIGO; RICE, 2009). Dessa forma, o número ideal de amostras deve ser o maior valor que permite a geração de um plano de amostragem viável (duração máxima de 1h) (BACCI et al., 2006).

Assim, o objetivo desse estudo é estabelecer planos de amostragem viáveis para o monitoramento de *A. woglumi* em pomares de laranja. Para isso, foram determinadas as unidades amostrais, número de amostras, custo e tempo necessários para realizar um eficiente levantamento populacional de massas de ovos e ninfas de *A. woglumi*.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Condições experimentais

O estudo foi realizado entre 2017 e 2018, em 10 pomares comerciais de laranja (variedade Pêra) no município de Boquim (11°8'45,17"S 37°37'10,84"O; 160m de altitude) estado de Sergipe, Brasil. A variedade 'Pêra' é uma das mais comercializáveis no Brasil, utilizada como fruta fresca e pela indústria (BASTOS et al., 2014; NEVES et al., 2011). Os pomares possuíam aproximadamente cinco hectares e foram conduzidos de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (EMBRAPA, 2005).

O trabalho foi dividido em duas partes. A primeira parte consistiu na escolha da melhor unidade para amostragem de massas de ovos e ninfas de *A. woglumi*. Na segunda parte, os dados de densidade populacional foram ajustados a distribuições de frequência

teórica a fim de calcular o número de amostras necessárias para compor o plano de amostragem.

4.2.2. Seleção da unidade amostral

Um total de 100 plantas foram amostradas em quatro quadrantes ao longo das direções colaterais de suas copas (Sudoeste, Sudeste, Noroeste e Nordeste) (Figura 1A) (KAFESHANI et al., 2018; SÉTAMOU et al., 2008). Foram avaliados dois ramos/quadrante, sendo 8 ramos/planta e 800 ramos no pomar. Em cada ramo, foi registrada a posição de cada folha, sendo a mais basal classificada como #1 e assim sucessivamente (Figura 1B). A densidade de massas de ovos e ninfas de *A. woglumi* foi avaliada em cada folha utilizando a técnica da contagem direta. Cada massa de ovos correspondeu à postura de uma fêmea, a qual é realizada de forma espiral e agrupada (DOWELL; CHERRY, 1981).

As folhas que representaram as melhores unidades amostrais foram consideradas seguindo os critérios de frequência de ocorrência das folhas nas diferentes posições dos ramos, precisão e representatividade (BACCI et al., 2008; BARBOSA PINTO et al., 2017; SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000).

Critério da frequência de ocorrência foliar nos ramos. De acordo com o ‘critério da frequência de ocorrência foliar nos ramos’, folhas posicionadas a partir da parte basal com frequência de ocorrência inferior a 80% não foram selecionadas, já que tempo gasto na busca por um ramo com folhas nessas posições aumentaria o tempo de amostragem (BARBOSA PINTO et al., 2017). A frequência de ocorrência foliar foi determinada com base na equação (1):

$$(1) \text{Freq}_i = (100 * Fi)/800$$

onde Freq_i é frequência de ocorrência da folha i (%), i é a posição da folha no ramo (1 a n) e Fi é o número de vezes que a folha i apareceu em todos os 800 ramos avaliados.

Critério da precisão. O ‘critério da precisão’ foi empregado através da variância relativa (VR) (PEDIGO et al., 1972; ROSADO et al., 2014; SOUTHWOOD, 1978). De acordo com esse critério foram selecionadas unidades amostrais com VRs inferiores a 25%. Isso possibilita a geração de planos de amostragem precisos, viáveis, rápidos e de baixo custo (BACCI et al., 2008; SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000). A VR foi calculada com base na equação (2):

$$(2) VR = 100 * (EP/\mu)$$

onde VR é a variância relativa (%), EP é o erro padrão da média das densidades e μ é a média das densidades.

Critério da representatividade. As folhas consideradas mais representativas foram as que apresentaram correlações positivas e significativas ($P < 0,05$) entre densidades relativa e absoluta pelo teste t (BACCI et al., 2006; PEDIGO; RICE, 2009; SOUTHWOOD, 1978). A densidade relativa correspondeu às densidades de massas de ovos ou ninfas em cada folha; enquanto as densidades no ramo foram consideradas as densidades absolutas. Quando mais de uma unidade apresentou correlação positiva significativa, foi realizada análise de regressão linear simples entre as densidades relativa e absoluta. As inclinações das curvas foram comparadas usando seus intervalos de confiança, sendo selecionada a unidade amostral com maior inclinação pelo critério de não sobreposição do intervalo de confiança ($IC_{95\%}$) com a origem do intervalo.

4.2.3. Determinação do número de amostras

A determinação do número de amostras foi realizada: (i) através de análise para determinar a frequência de distribuição que melhor se ajustou aos dados da amostragem; e (ii) definindo o erro utilizado para determinar o número de amostras.

Determinação da frequência de distribuição. Foram selecionados 10 pomares, onde as densidades de massas de ovos e ninfas de *A. woglumi* foram avaliadas em 300 plantas equidistantes de cada pomar utilizando as unidades amostrais pré-definidas. Os dados foram

ajustados aos modelos de distribuição de frequência: binomial negativa, Poisson e binomial positiva. As frequências observadas e previstas por cada modelo foram comparadas pelo teste do qui-quadrado ($p > 0,05$). As densidades de massas de ovos e ninfas se ajustaram a uma distribuição de frequência quando a diferença entre as frequências observadas e previstas pelo modelo não foi significativa (BACCI et al., 2006).

O número de amostras foi determinado considerando-se a distribuição de frequência que melhor se ajustou aos dados da maioria das culturas (no mínimo 70% dos pomares) (LIMA et al., 2017; YOUNG; YOUNG, 1998).

Quando os dados de densidade da maioria dos pomares se ajustaram ao modelo de distribuição binomial negativa, foi calculado o valor do parâmetro de agregação (K) para cada pomar, com base na equação (3):

$$(3) K = \mu^2 / (S^2 - \mu)$$

onde K é o parâmetro de agregação da distribuição binomial negativa, S^2 é a variância dos dados de amostragem e μ é a média amostral.

Uma vez que o valor de K nem sempre é constante e varia de acordo com a média da população, um parâmetro de agregação comum (k_{comum} ou k_c) é necessário para calcular o número de amostras (BACCA et al., 2008; BACCI et al., 2006; BINNS; NYROP; VAN DER WERF, 2000). Para verificar a existência de um valor de k_{comum} , os valores parciais de K de cada pomar foram submetidos à análise de regressão linear simples em função do k_{comum} (BLISS; OWEN, 1958). O valor de k_{comum} foi considerado significativo quando apresentou inclinação significativa ($p < 0,05$) e intercepto não significativo ($p > 0,05$) através do teste F (BLISS; OWEN, 1958).

Determinação do erro para calcular o número de amostras. Quando os dados de densidade da maioria dos pomares se ajustaram ao modelo de distribuição binomial negativa, o número de amostras foi calculado de acordo com a equação (4) (YOUNG; YOUNG, 1998):

$$(4) NA = C^{-2} * (\mu^{-1} + Kc^{-1})$$

onde NA é o número de amostras, C é o nível de erro admitido, μ é a densidade média e Kc é o parâmetro de agregação comum.

Quando os dados de amostragem não se ajustaram a uma distribuição de frequência teórica, o número de amostras foi calculado através da equação (5) (PEDIGO; HUTCHINS; HIGLEY, 1986):

$$(5) NA = [(t * s / C * \mu)]^2$$

onde NA é o número de amostras, t é o valor tabelado do teste de Student a 5% de probabilidade, s é o desvio padrão, C é o nível de erro e μ é a densidade média.

O tempo gasto para retirada de cada amostra e para passar de uma amostra para outra foi quantificado. O número de amostras foi calculado em função dos níveis de erro (5, 10, 15, 20 e 25%). A faixa de erro entre 5 e 25% é considerada aceitável para tomada de decisão em programas MIP (SOUTHWOOD, 1978). Em seguida, o tempo para retirar todas as amostras em cada nível de erro foi calculado.

Com isso, foi possível obter o nível de erro que permitiu retirar o maior número de amostras obedecendo ao critério da viabilidade. Segundo esse critério, o nível de erro para uso no cálculo do número de amostras deve ter duração máxima de 1 hora (BACCI et al., 2006; GUSMÃO et al., 2005; LIMA et al., 2017).

Com base no tempo para retirar todas as amostras, o custo de amostragem foi calculado pela soma dos custos fixos (lápiz, papel, borracha e prancheta) (US\$ 0,027/h) e mão de obra (US\$ 2,88/h). Cada material teve seu custo calculado levando em consideração um período de 2 meses de durabilidade (ROSADO et al., 2014). O custo com mão de obra foi calculado para um par de amostradores de acordo com o salário pago a um trabalhador rural no Brasil acrescido dos encargos sociais (FGTS, INSS, 13º salário e férias).

4.3. Resultados

4.3.1. Seleção das unidades amostrais

Os ramos de laranja continuam entre 3 e 21 folhas. No entanto, apenas as seis folhas mais basais apresentaram frequência de ocorrência superior a 80%, sendo assim, selecionadas para a amostragem de massas de ovos e ninfas de *A. woglumi* (Figura 1 B e Tabela 1).

As densidades de massas de ovos e ninfas nas seis folhas mais basais apresentaram baixa variância relativa (< 25%) (Tabela 1).

As maiores densidades de ovos foram observadas entre a 2ª e 5ª folha. Houve correlações positivas e significativas ($p < 0,01$) entre as densidades relativas e absolutas em todas as folhas, sendo que as maiores inclinações da curva ocorreram na 3ª, 4ª e 5ª. Dentre estas, apenas a 3ª folha ocorreu em 100% dos ramos amostrados (Tabela 1). Portanto, a 3ª folha mais basal foi considerada a unidade amostral ideal para compor um plano de amostragem convencional para massas de ovos de *A. woglumi*.

As maiores densidades de ninfas foram observadas na 2ª e 3ª folhas. Houve correlações positivas significativas ($p < 0,01$) entre as densidades relativas e absolutas em todas as folhas, exceto na 6ª folha. A maior inclinação da curva (densidade relativa x absoluta) foi observada para a 2ª folha do ramo. Além disso, esta unidade esteve presente em todos os ramos avaliados (Freq = 100%) (Tabela 1). Desta forma, a 2ª folha foi considerada a melhor unidade amostral para compor o plano de amostragem convencional para ninfas de *A. woglumi*.

4.3.2 Determinação do número de amostras para compor os planos de amostragem

Em sete dos dez pomares amostrados, os dados de densidade de massas de ovos ajustaram-se ao modelo de distribuição binomial negativa, enquanto nos demais pomares os dados não se ajustaram às distribuições de frequência (Tabela 2). Desta forma, o número de amostras foi calculado com base no parâmetro de agregação comum (Kc). A regressão entre o Kc dos dez pomares em função dos K parciais de cada pomar exibiu inclinação significativa ($F_{1;7} = 103,97$; $P < 0,001$) e intercepto não significativo ($F_{1;7} = 5,08$, $P = 0,059$) (Tabela 3).

Os dados de densidade de ninfas se ajustaram à distribuição binomial negativa em cinco dos dez pomares amostrados, enquanto nos demais pomares os dados não se ajustaram a nenhum modelo de distribuição de frequência (Tabela 2). Desta forma, o número de amostras foi calculado com base na equação geral de Pedigo (PEDIGO; RICE, 2009).

Os erros usados para calcular o número de amostras foram 13 e 18% para massas de ovos e ninfas, respectivamente. Esses níveis de erro permitem a retirada do maior número de amostras dentro de um plano de amostragem viável (< 1 hora) (Figura 2). Assim, são necessárias 54 amostras para compor um plano de amostragem viável para massas de ovos de *A. woglumi* em pomares de laranja (Figura 3). Esse plano tem duração de 54,9 minutos e custa US\$ 2,67 por amostragem. Já para ninfas, o plano amostral consiste em 35 amostras (Figura 3), dura 54,3 minutos e custa US\$ 2,63.

4.4. Discussão

A elaboração de planos de amostragem representa um ponto crucial em sistemas de tomada de decisão no MIP. Os resultados do presente trabalho mostraram que o plano ideal para amostragem de *A. woglumi* deve ser realizado nas folhas mais basais do ramo, com um esforço de cerca de 54 minutos, o qual apresenta um custo inferior a US\$ 3,0.

As folhas mais basais (unidades amostrais) exibiram as maiores densidades de massas de ovos e ninfas e estiveram presentes em 100% dos ramos avaliados. Isto permite maior rapidez no encontro da praga (BARBOSA PINTO et al., 2017; LIMA et al., 2017; YOUNG; YOUNG, 1998), possibilitando uma amostragem representativa e precisa (BARBOSA PINTO et al., 2017; LIMA et al., 2017; ROSADO et al., 2014). Folhas mais basais podem apresentar maiores densidades de insetos por serem mais aparentes tanto no espaço - devido à sua maior área específica em relação às folhas mais novas (BACCI et al., 2006; GUSMÃO et

al., 2005) - como também no tempo (BACCI et al., 2006). Adicionalmente, as folhas mais basais podem ser preferencialmente selecionadas pelos insetos por oferecem melhor proteção contra condições climáticas adversas e inimigos naturais (MOURA et al., 2007; ROSADO et al., 2014) ou ainda menores níveis de compostos defensivos do que nas folhas apicais (MCKEY, 1979; RHOADES, 1979).

As unidades selecionadas possibilitaram amostragens precisas devido às baixas variâncias relativas observadas ($VR < 25\%$) (BARBOSA PINTO et al., 2017; PEDIGO et al., 1972; SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000). Além disso, a densidade verificada na unidade amostral pode representar a intensidade de ataque ao longo do ciclo da cultura, uma vez que houve correlações positivas e significativas entre as densidades relativa e absoluta nas unidades selecionadas (LIMA et al., 2017; ROSADO et al., 2014). Na maioria das lavouras (70%), as massas de ovos de *A. woglumi* se ajustaram à distribuição binomial negativa, apresentando variâncias superiores às densidades médias. Isto ocorre quando há alta frequência de amostras com densidades extremas (BACCI et al., 2006; ROSADO et al., 2014). Neste trabalho, foi encontrado um parâmetro de agregação comum (kc) para as densidades de massas de ovos de *A. woglumi* em diferentes culturas. Assim, o número de amostras torna-se padrão para todos os pomares, sendo calculado através da equação da distribuição binomial negativa (BACCI et al., 2006; BLISS; OWEN, 1958; LIMA et al., 2017; YOUNG; YOUNG, 1998).

Por outro lado, as densidades de ninfas não se ajustaram aos modelos de distribuição em 50% dos pomares avaliados. A amostragem de ninfas revelou elevado número de registros iguais a zero, o que sugere uma agregação extrema (ROSADO et al., 2014). Desta forma, o kc não pode ser calculado e o número de amostras deve ser estabelecido por meio de equações matemáticas independentes da distribuição.

Os planos de amostragem devem possibilitar a realização de amostragens precisas e representativas (BARBOSA PINTO et al., 2017; LIMA et al., 2017; SILVA et al., 2017). O tempo amostral deve ser viável para permitir que a amostragem, processamento de dados e tomada de decisão ocorram dentro do mesmo período do dia (MOURA et al., 2007). Neste trabalho, os níveis de erro escolhidos (13 e 18% para massas de ovos e ninfas de *A. woglumi*, respectivamente) possibilitaram a retirada do maior número de amostras em um período inferior à uma hora. Isso permite tomada de decisões rápidas para o controle de pragas antes que estas causem danos econômicos (BARBOSA PINTO et al., 2017; ROSADO et al., 2014).

A utilização do MIP em lavouras através de sistemas de amostragem permite a redução dos custos de produção, maximização da produtividade e preservação de organismos não-alvos (como predadores, parasitoides, polinizadores e detritívoros) (LIMA et al., 2017; PICANÇO et al., 2004). Isso ocorre, pois o monitoramento de pragas promove redução da dependência de inseticidas sintéticos onerosos e prejudiciais ao meio ambiente (BUENO et al., 2011; MEISSLE et al., 2009; SHARMA; PESHIN, 2016).

Os planos amostrais gerados neste estudo são ideais para planejar programas de MIP, pois permitem tomada de decisão rápida (leva <1 h para conclusão), eficiente (nível de erro inferior a 25%) e de baixo custo (custa < US\$ 3 por amostragem). Esses planos, portanto, podem ser incorporados em programas de manejo integrado de pragas na cultura da laranja.

4.5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Adicionalmente, nós agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) pelo apoio financeiro a este trabalho.

4.6. Referências Bibliográficas

- Aktar, M. W., D. Sengupta, and A. Chowdhury. 2009.** Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdiscip. Toxicol.* 2: 1–12.
- Bacca, T., E. R. Lima, M. C. Picanço, R. N. C. Guedes, and J. H. M. Viana. 2008.** Sampling plan for the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* with sex pheromone traps. *J. Appl. Entomol.* 132: 430–438.
- Bacci, L., M. C. Picanço, M. F. Moura, T. M. C. Della Lucia, and A. A. Semea. 2006.** Sampling Plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and for Hymenopteran Parasitoids on Cucumber. *J. Econ. Entomol.* 99: 2177–2184.
- Bacci, L., M. C. Picanço, M. F. Moura, A. A. Semeão, F. L. Fernandes, and E. G. F. Morais. 2008.** Sampling plan for Thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. *Neotrop. Entomol.* 37: 582–590.
- Barbosa Pinto, C., R. Almeida Sarmiento, T. Visintin da Silva Galdino, P. Silvestre Pereira, B. Gomes Barbosa, C. Henrique Oliveira Lima, N. Rodrigues da Silva, and M. Coutinho Picanço. 2017.** Standardized Sampling Plan for the Thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) on Watermelon Crops. *J. Econ. Entomol.* 110: 748–754.
- Bastos, D. C., E. A. Ferreira, O. S. Passos, J. F. Sá, E. M. Ataíde, and M. Calgaro. 2014.** Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. *Inf. Agropecuário.* 35: 36–45.
- Binns, M. R., J. P. Nyrop, and W. Van Der Werf. 2000.** Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides., 1st ed. CAB International Publishing, London, UK.
- Bliss, C. I., and A. R. G. Owen. 1958.** Negative Binomial Distributions with a Common k. *Biometrika.* 45: 37.
- Bueno, A. de F., M. J. Batistela, R. C. O. de F. Bueno, J. de B. França-Neto, M. A. Naime Nishikawa, and A. L. Filho. 2011.** Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. *Crop Prot.* 30: 937–945.
- Dowell, R. V., and R. H. Cherry. 1981.** Detection of, and sampling procedures for, the citrus blackfly in urban southern Florida. *Res. Popul. Ecol. (Kyoto).* 23: 19–26.
- EMBRAPA. 2005.** Citros : o produtor pergunta, a Embrapa responde. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília-DF.
- Gusmão, M. R., M. C. Picanço, J. C. Zanuncio, D. J. H. Silva, and J. A. F. Barrigossi. 2005.** Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. *Sci. Hortic. (Amsterdam).* 103: 403–412.
- Kafeshani, F. A., A. Rajabpour, S. Aghajanzadeh, E. Gholamian, and M. Farkhari. 2018.** Spatial Distribution and Sampling Plans With Fixed Level of Precision for Citrus Aphids (Hom., Aphididae) on Two Orange Species. *J. Econ. Entomol.* 111: 931–941.
- Lima, C. H., R. A. Sarmiento, P. S. Pereira, T. V. Galdino, F. A. Santos, J. Silva, and M. C. Picanço. 2017.** Feasible sampling plan for *Bemisia tabaci* control decision-making in watermelon fields. *Pest Manag. Sci.* 73: 2345–2352.
- MAPA. 2018.** Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) — Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>).
- Mckey, D. 1979.** The distribution of secondary compounds within plant, pp. 55–134. *In* Rosenthal, G.A., Berenbaum, M.R. (eds.), *Herbiv. Their Interact. with Second. Plant Metab.* Academic Press, London, UK.
- Meissle, M., P. Mouron, T. Musa, F. Bigler, X. Pons, V. P. Vasileiadis, S. Otto, D. Antichi, J. Kiss, Z. Pálkás, Z. Dorner, R. Van Der Weide, J. Groten, E. Czembor, J. Adamczyk, J.-B. Thibord, B. Melander, G. C. Nielsen, R. T. Poulsen, O. Zimmermann, A. Verschwele, and E. Oldenburg. 2009.** Pests, pesticide use and

- alternative options in European maize production: current status and future prospects. *J. Appl. Entomol.* 134: 357–375.
- Moura, M. F., M. C. Picanço, R. N. C. Guedes, E. C. Barros, M. Chediak, and E. G. F. Morais. 2007.** Conventional sampling plan for the green leafhopper *Empoasca kraemeri* in common beans. *J. Appl. Entomol.* 131: 215–220.
- Neves, M. F., V. G. Trombim, P. Milan, F. F. Lopes, F. Cressoni, and R. Kalaki. 2011.** O retrato da citricultura brasileira. *CitrusBR, Ribeirão Preto-SP.*
- Oliveira, C. M., A. M. Auad, S. M. Mendes, and M. R. Frizzas. 2013.** Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. *J. Appl. Entomol.* 137: 1–15.
- Oliveira, C. M., A. M. Auad, S. M. Mendes, and M. R. Frizzas. 2014.** Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. *Crop Prot.* 56: 50–54.
- Pedigo, L. P., S. H. Hutchins, and L. G. Higley. 1986.** Economic Injury Levels in Theory and Practice. *Annu. Rev. Entomol.* 31: 341–368.
- Pedigo, L. P., G. L. Lentz, J. D. Stone, and D. F. Cox. 1972.** Green Cloverworm Populations in Iowa Soybean with Special Reference to Sampling Procedure. *J. Econ. Entomol.* 65: 414–421.
- Pedigo, L. P., and M. E. Rice. 2009.** Entomology and pest management, 6^a. ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Pereira, P. S., R. A. Sarmiento, T. V. S. Galdino, C. H. O. Lima, F. A. dos Santos, J. Silva, G. R. dos Santos, and M. C. Picanço. 2016.** Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. *Pest Manag. Sci.*
- Picanço, M. C., S. V. de Paula, A. R. Moraes Junior, I. R. de Oliveira, A. A. Semeão, and J. F. Rosado. 2004.** Impactos financeiros da adoção de manejo integrado de pragas na cultura do tomateiro. *Acta Sci.* 26: 245–252.
- Rhoades, D. F. 1979.** Evolution of plant chemical defense against herbivor, pp. 3–54. *In* Rosenthal, G., Jansen, D.H. (eds.), *Herbiv. Their Interact. with Second. Plant Metab.* Academic Press, London, UK.
- Ribeiro, L. M. S., H. A. A. Siqueira, V. Wanderley-Teixeira, H. N. Ferreira, W. M. Silva, J. E. Silva, and Á. A. C. Teixeira. 2017.** Field resistance of Brazilian *Plutella xylostella* to diamides is not metabolism-mediated. *Crop Prot.* 93: 82–88.
- Rosado, J. F., R. A. Sarmiento, M. Pedro-Neto, T. V. S. Galdino, R. V. Marques, E. A. L. Erasmo, and M. C. Picanço. 2014.** Sampling plans for pest mites on physic nut. *Exp. Appl. Acarol.* 63: 521–534.
- Sétamou, M., D. Flores, J. V. French, and D. G. Hall. 2008.** Dispersion patterns and sampling plans for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *J. Econ. Entomol.* 101: 1478–87.
- Sharma, R., and R. Peshin. 2016.** Impact of integrated pest management of vegetables on pesticide use in subtropical Jammu, India. *Crop Prot.* 84: 105–112.
- Silva, A. G., Farias, P. R. S. and Junior, A. L. B. 2011.** Mosca-Negra-dos-Citros: Características Gerais, Bioecologia e Métodos de Controle dessa Importante Praga Quarentenária da Citricultura Brasileira. *EntomoBrasilis.* 4: 85–91.
- Silva, A. R., N. Rodrigues-Silva, P. S. Pereira, R. A. Sarmiento, T. L. Costa, T. V. S. Galdino, and M. C. Picanço. 2017.** Sampling Plans for the Thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in Three Lettuce Varieties. *J. Econ. Entomol.* 110: 2490–2496.
- Silva, J. E., C. P. O. Assis, L. M. S. Ribeiro, and H. A. A. Siqueira. 2016.** Field-Evolved Resistance and Cross-Resistance of Brazilian *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Populations to Diamide Insecticides. *J. Econ. Entomol.* 109: 2190–2195.
- Southwood, T. R. 1978.** Ecological methods : with particular reference to the study of insect populations, 2nd ed. Chapman and Hall, New York.
- Southwood, T. R. E., and P. A. Henderson. 2000.** Ecological Methods, 3rd ed. Blackwell

Science Ltd, Oxford, UK.

Young, L. J., and J. H. Young. 1998. Statistical Ecology. Springer US, Boston, MA.

Tabela 1 Seleção da unidade amostral (posição da folha) a ser usada na amostragem de massas de ovos e ninfas de *Aleurocanthus woglumi* em plantas de laranja.

Posição da folha ¹	Freq (%)	Variáveis			
		Densidade ²	VR (%)	r	b (IC95%)
Massa de ovos					
1	100	8,2838 ± 0,3903b	4,7115	0,4981**	0,0844 (0,0742-0,0947)
2	100	10,4613 ± 0,4456a	4,2595	0,5425**	0,1050 (0,0937-0,1163)
3	100	10,9788 ± 0,5390a	4,9091	0,5754**	0,1347 (0,1214-0,1480)
4	99,75	10,6125 ± 0,4738a	4,4646	0,6258**	0,1288 (0,1176-0,1400)
5	98,38	10,3938 ± 0,4718a	4,5391	0,6477**	0,1327 (0,1218-0,1436)
6	81,13	8,0875 ± 0,4269b	5,2791	0,6109**	0,1133 (0,1031-0,1235)
Ninfas					
1	100	78,7112 ± 4,1193b	5,2335	0,5920**	0,1369 (0,1239-0,1498)
2	100	89,0613 ± 4,2955a	4,8231	0,6327**	0,1525 (0,1395-0,1655)
3	100	82,7038 ± 4,0469a	4,8933	0,5851**	0,1329 (0,1201-0,1457)
4	99,75	79,3663 ± 4,0768b	5,1367	0,6089**	0,1393 (0,1267-0,1519)
5	98,38	70,8863 ± 3,6045b	5,0849	0,2016**	0,0408 (0,0270-0,0546)
6	81,13	48,1263 ± 2,8367c	5,8944	0,0087 ^{ns}	0,0014 (-0,0097-0,0124)

Frequência de ocorrência da folha no ramo (Freq), densidade (densidade relativa em massas de ovos.folha⁻¹ ou ninfas.folha⁻¹), variância relativa (VR), coeficiente de correlação (r) entre as densidades relativas (massas de ovos.folha⁻¹ ou ninfas.folha⁻¹) e densidades absolutas (massas de ovos.ramo⁻¹ ou ninfas.ramo⁻¹, respectivamente), e coeficientes angulares (b) das curvas de regressão linear simples das densidades relativas em função da densidade absoluta e seus intervalos de confiança a 95% de probabilidade (IC_{95%}).

¹ 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª e 6ª folha a partir da base do ramo (Figura 1 B). Na tabela só foram representadas as folhas com frequência de ocorrência no ramo maior que 80%.

² As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

* Correlação significativa de acordo com o teste t a P <0,01.

Tabela 2 Densidades, variância e teste qui-quadrado (χ^2) entre as frequências observadas e esperadas pelas distribuições binomial negativa, Poisson e binomial positiva das densidades de massas de ovos e ninfas de *Aleurocanthus woglumi* amostradas por contagem direta em plantas de laranja.

Pomar	Densidade	Variância	Binomial negativa		Poisson		Binomial positiva	
			χ^2	GL	χ^2	GL	χ^2	GL
Massas de ovos								
1	46,53	1312,19	156,05 ^{ns}	132	2,03E+24*	133	-	-
2	34,40	959,32	64,48 ^{ns}	74	1,40E+13*	75	-	-
3	12,65	242,17	87,55*	30	9,23E+05*	31	4,18E+175*	31
4	12,75	114,70	53,41 ^{ns}	45	4,61E+11*	46	4,18E+88*	46
5	59,55	2080,48	120,25 ^{ns}	111	2,19E+24*	112	-	-
6	23,04	492,80	63,56 ^{ns}	53	1,90E+09*	54	1,71E+265*	54
7	5,66	39,82	27,29 ^{ns}	17	7,28E+04*	18	3,86E+55*	18
8	5,08	40,78	43,69*	13	4,31E+03*	14	1,28E+61*	14
9	4,20	26,35	33,12*	17	1,67E+06*	18	1,35E+31*	18
10	20,26	340,72	69,08 ^{ns}	54	1,93E+10*	55	3,00E+240*	55
Ninfas								
1	464,36	134200,79	1414,89*	196	7,6E+199*	197	-	-
2	148,35	15000,45	403,25*	283	1,15E+62*	284	-	-
3	117,96	10687,42	212,94 ^{ns}	185	1,89E+44*	186	-	-
4	105,77	5812,93	232,46 ^{ns}	215	1,16E+44*	216	-	-
5	63,54	1858,70	363,68*	133	3,32E+26*	134	-	-
6	108,32	5400,88	232,14 ^{ns}	208	6,27E+40*	209	-	-
7	23,85	733,39	111,34 ^{ns}	91	3,61E+25*	92	1,6E+212*	92
8	25,09	1001,38	69,31 ^{ns}	52	3,79E+11*	53	1,3E+145*	53
9	15,38	626,33	65,85*	30	35610009*	31	9,5E+210*	31
10	58,55	2546,50	124,68*	100	5,68E+24*	101	-	-

^{NS} Não-significativo. *Significativo a 5% de probabilidade. GL= Graus de liberdade. - Não foi possível determinar o valor do qui quadrado.

Tabela 3 Teste para verificação de homogeneidade para o parâmetro K da distribuição binomial negativa para os dados de densidade de massas de ovos de *Aleurocanthus woglumi* amostrados nos 10 pomares de laranja.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrados médios	F
Inclinação 1/kc	1	652,50	652,50	103,97*
Intercepto	1	31,89	31,89	5,08 ^{ns}
Erro	7	43,93	6,28	
Kcomum=	1,102365			

^{NS} Não-significativo. *Significativo a 5% de probabilidade. GL= Graus de liberdade

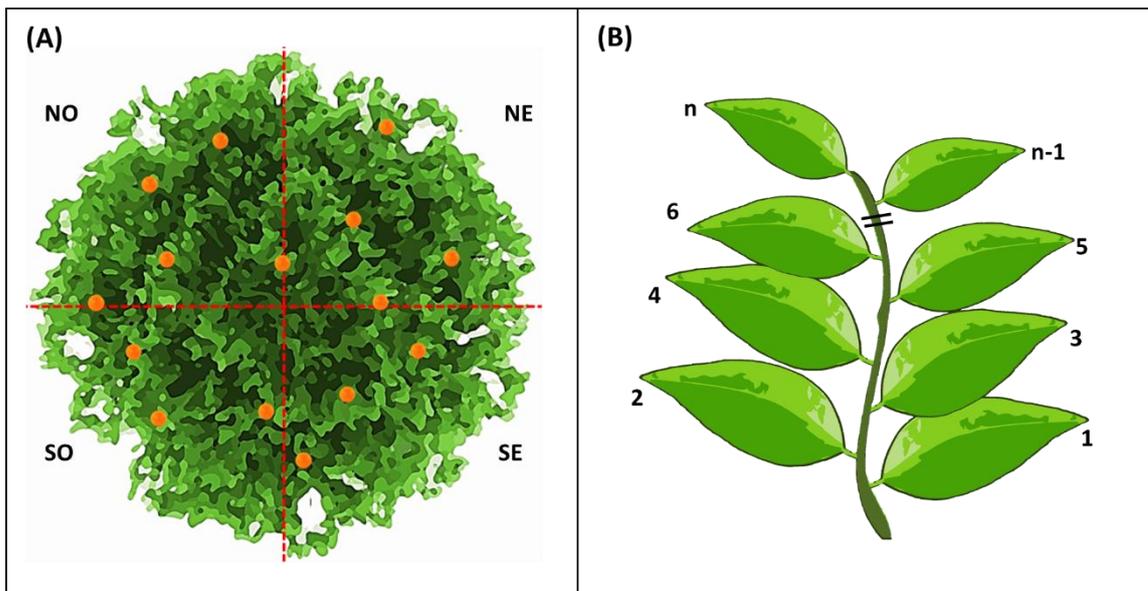


Figura 1 (A) Divisão da copa de plantas de laranja em quadrantes ao longo das direções colaterais: NO (Noroeste), NE (Nordeste), SO (Sudoeste) e SE (Sudeste). (B) Posição das folhas usadas como unidades de amostragem nos ramos de plantas de laranja: #1 representa a folha mais basal do ramo e #n representa a folha mais apical do ramo.

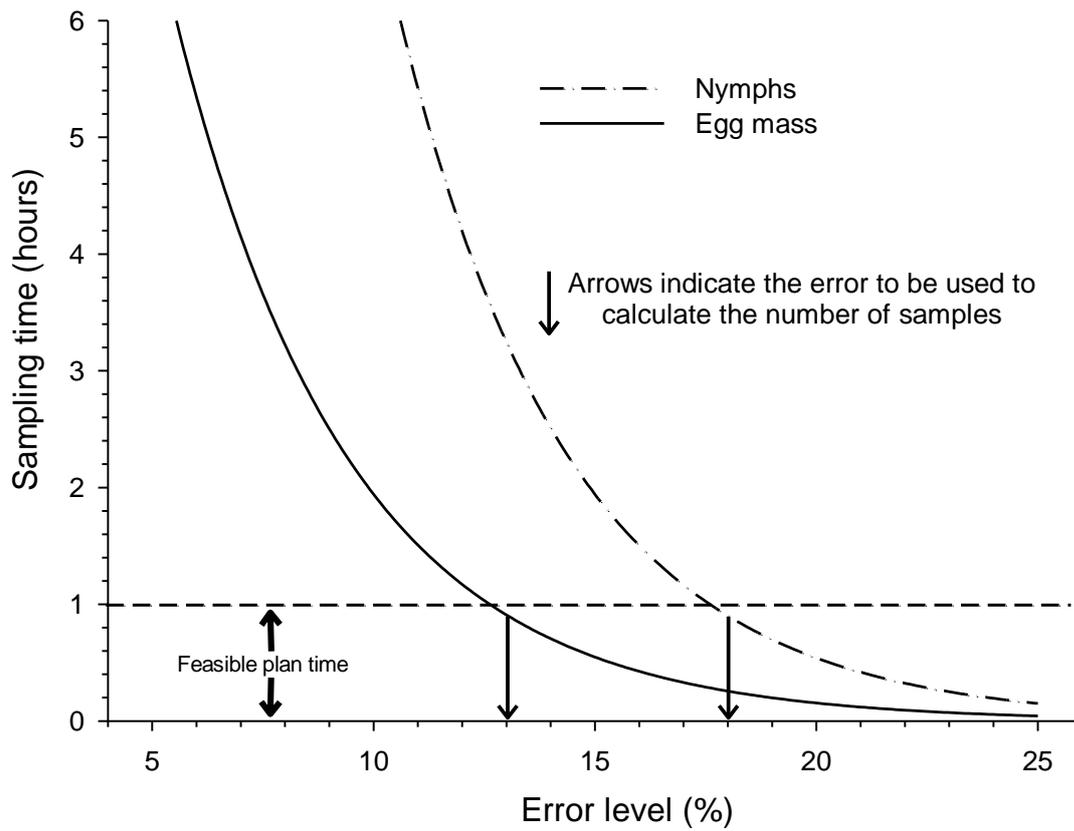


Figura 2 Nível de erro a ser utilizado para calcular o número de amostras dentro dos planos de amostragem para massas de ovos e ninfas de *Aleurocanthus woglumi* com base em um plano de amostragem viável (< 1 hora).

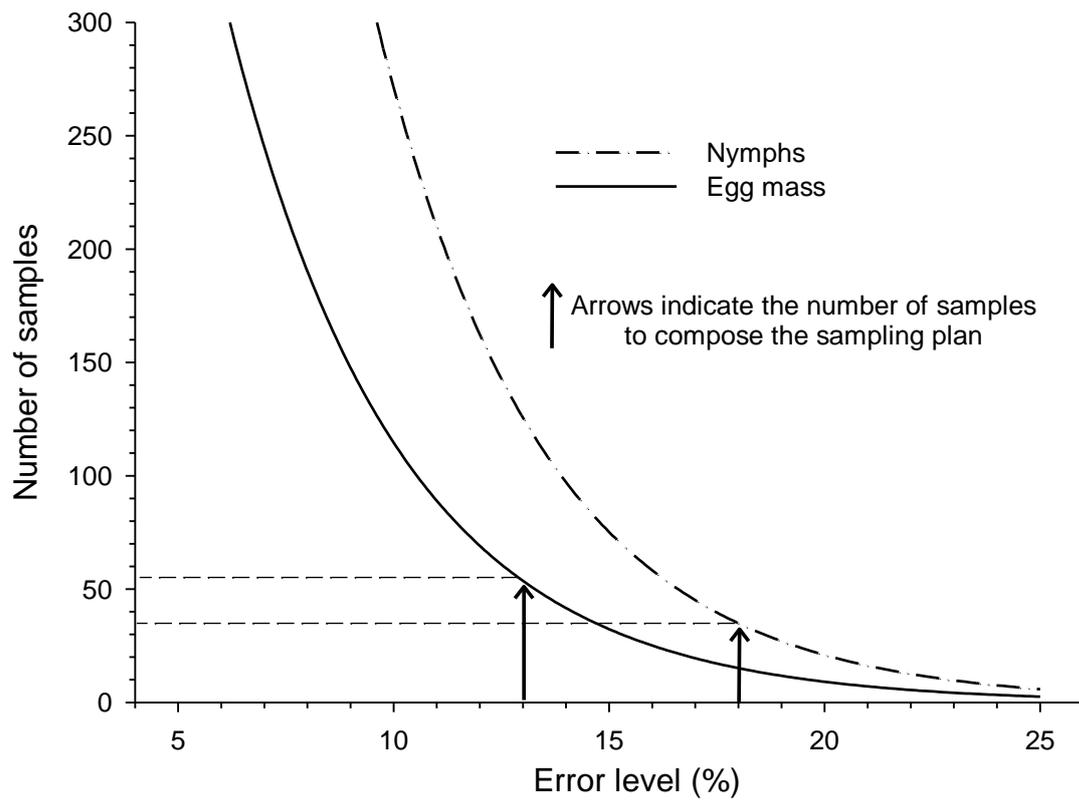


Figura 3 Número de amostras necessárias para compor planos de amostragem para massas de ovos e ninfas de *Aleurocanthus woglumi* em função do nível de erro.

5. ARTIGO 2

PLANO DE AMOSTRAGEM VIÁVEL PARA ADULTOS DE *Aleurocanthus woglumi* EM POMARES DE LARANJA

RESUMO

JUSTIFICATIVA: A mosca-negra-dos-citros *Aleurocanthus woglumi* é uma praga de importância mundial para o cultivo de laranja. O sucesso de uma estratégia de manejo integrado depende da utilização de planos de amostragem eficientes. Neste estudo determinamos um plano de amostragem convencional para adultos de *A. woglumi* em pomares de laranja.

RESULTADOS: A terceira folha mais basal do ramo consistiu na unidade amostral ideal para monitorar adultos de *A. woglumi*. O modelo binomial negativo foi o que melhor se ajustou aos dados de densidade. O plano de amostragem envolve 58 amostras, sendo conduzido em 55,26 minutos, a um preço de US\$ 2,68.

CONCLUSÕES: O plano amostral desenvolvido aqui é uma ferramenta precisa, viável e de baixo custo, que pode ser utilizada em sistemas de tomada de decisão para o manejo integrado de adultos de *A. woglumi* em pomares de laranja.

Palavras-chave: Mosca-negra-dos-citros; sistemas de tomada de decisão; amostragem convencional; unidade amostral; número de amostras.

ABSTRACT**Title: Sound sampling plan for *Aleurocanthus woglumi* adults in orange orchards**

BACKGROUND: The citrus blackfly *Aleurocanthus woglumi* is a global pest affecting orange orchards. The success of an integrated management strategy depends on the efficiency of the sampling plans. This study developed a conventional sampling plan for *A. woglumi* adults in orange orchards.

RESULTS: The third basal leaf of orange tree branches was found to be the ideal sampling unit to monitor *A. woglumi* adults. A negative binomial model fit the density data best. The sampling plan involves 58 samples and is doable in 55.26 minutes, at a price of US\$ 2.68.

CONCLUSIONS: The sampling plan developed here is an accurate, feasible and low-cost tool that can be used in decision-making systems with regard to the integrated management of *A. woglumi* adults in orange orchards.

Key-words: Citrus blackfly; decision-making systems; conventional sampling; sampling unit; number of samples.

5.1. Introdução

O cultivo da laranja tem importância global, chegando a gerar uma renda bruta estimada em 34 bilhões de dólares somente na safra 2016/2017 (USDA, 2018). No entanto, a ocorrência de pragas limita o potencial produtivo desta cultura. Somente no Brasil, o ataque de pragas aos cultivos de laranja causa perdas de US\$ 520 milhões a cada ano (OLIVEIRA et al., 2013, 2014). Tais perdas resultam no uso de inseticidas de forma indiscriminada, o que tem ocasionado inúmeros problemas, como aumento dos custos de produção, desequilíbrios ecológicos, desenvolvimento de populações resistentes e surgimento de pragas secundárias que assumem o *status* de pragas primárias (BUENO et al., 2011; MEISSLE et al., 2009; PARRA et al., 2008; SHARMA; PESHIN, 2016; VIEIRA et al., 2017).

A mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) está entre as pragas mais importantes da laranjeira por causar danos diretos e indiretos (SILVA et al., 2011; VENDRAMIM; PENA; SILVA, 2015), devido à sucção de seiva do floema e à indução do aparecimento de fungos causadores da fumagina (*Capnodium* spp.), respectivamente. Tais danos em folhas e frutos, reduzem a capacidade fotossintética da planta e o valor comercial da produção (MOLINA et al., 2014). Por não haver planos de amostragem adequados para esta praga, os inseticidas sintéticos - amplamente utilizados para controlar populações de *A. woglumi* (VIEIRA et al., 2017) - têm sido utilizados de forma inadequada.

A base de conhecimento para gerar programas de manejo integrado de pragas (MIP) eficientes e sustentáveis começa com o levantamento correto dos níveis de infestação das pragas nas lavouras (FERNANDES et al., 2015; NARANJO; CASTLE, 2010). Para isso, torna-se imprescindível o desenvolvimento de planos de amostragem (FERNANDES et al., 2015; PÉREZ et al., 2015), os quais especificam, no mínimo, quais unidades amostrais devem ser coletadas e quantas amostras devem ser retiradas (CASTLE; NARANJO, 2009; YAMAMOTO, 2008). No MIP, a abundância de pragas é normalmente avaliada em termos de densidade média de indivíduos por unidade amostral. A unidade amostral compreende, na maioria das vezes, unidades ecológicas (ex. uma folha, um agrupamento de folhas ou uma planta inteira) (PÉREZ et al., 2015; RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009) e permite padronizar a amostragem do início ao final do ciclo da cultura (LIMA et al., 2017). O plano ideal deve incluir unidades amostrais menores por serem mais baratas e exigirem menos mão de obra e materiais para avaliação (RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009) e serem ao mesmo tempo representativas, ou seja, fáceis de localizar e que permitam uma avaliação precisa das densidades de insetos nas lavouras (BARBOSA PINTO et al., 2017; LIMA et al., 2017).

A criação de um plano de amostragem requer conhecimento básico sobre o padrão de distribuição dos insetos nas lavouras e dos modelos de distribuição de frequência das densidades de pragas (CASTLE; NARANJO, 2009; FERNANDES et al., 2015). De forma geral, já foi observado que a maioria das espécies apresentam indivíduos com distribuição agregada (RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009). Esse padrão é, de fato, observado em populações de pragas que atacam a cultura da laranja, como *Brevipalpus phoenicis*, *Pezothrips kellyanus* e *Toxoptera aurantii* (MALDONADO JR et al., 2016; NAVARRO-CAMPOS; AGUILAR; GARCIA-MARÍ, 2012; PÉREZ-RODRÍGUEZ et al., 2017). A agregação é comumente modelada estatisticamente através de uma distribuição binomial negativa (RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009), sendo este modelo usado para estimar o número de amostras para compor o plano amostral (BACCI et al., 2008; PÉREZ et al., 2015; ROSADO et al., 2014).

O número de amostras pode afetar a precisão e o custo da amostragem. Por um lado, planos de amostragem com poucas amostras podem reduzir a confiabilidade da estimativa da densidade, enquanto a retirada de muitas amostras pode aumentar o tempo e, conseqüentemente, o custo do programa de amostragem (DENT, 2000; PÉREZ et al., 2015). O número ideal de amostras deve ser aquele que permita a geração de um plano de

amostragem viável (duração máxima de 1h)(BACCI et al., 2006), preciso (MOERKENS et al., 2018) e de baixo custo (RADCLIFFE; HUTCHINSON; CANCELADO, 2009). A precisão do plano amostral depende do erro utilizado para calcular o número de amostras, enquanto o custo é determinado pela mão de obra requerida para retirada de todas as amostras (BACCI et al., 2008; PÉREZ et al., 2015; SILVA et al., 2017).

Tendo em vista a importância da mosca-negra-dos-citros em pomares de laranja e dos planos de amostragem em sistemas de manejo integrado de pragas, objetivamos com este trabalho elaborar um plano viável para amostragem de adultos de *A. woglumi*.

5.2. Material e Métodos

Esta pesquisa foi desenvolvida no município de Boquim (11°8'45,17"S 37°37'10,84"O; 160m de altitude) estado de Sergipe, Brasil. Foram realizadas amostragens em pomares comerciais de laranja entre os anos de 2017 e 2018. A variedade 'Pêra' foi utilizada e os pomares foram conduzidos em espaçamento de 4 por 6m, de acordo com recomendações da EMBRAPA (EMBRAPA, 2005). Inicialmente foi determinada a melhor unidade para amostragem de adultos de *A. woglumi*. Em seguida, os dados de densidade foram ajustados a modelos de distribuição de frequência teórica. Por último, o número de amostras, o tempo e o custo da amostragem foram calculados.

5.2.1. Seleção da melhor unidade amostral

Essa fase do estudo foi realizada em 100 plantas de um pomar comercial. Nesse pomar, a copa de cada planta amostrada foi dividida em quatro quadrantes (Q1, Q2, Q3 e Q4) (Figura 1A) e a avaliação foi realizada em dois ramos de cada quadrante. Com isso, foram amostrados oito ramos por planta e 800 ramos no pomar. O número de adultos de *A. woglumi* foi quantificado em todas as folhas dos ramos.

A unidade amostral para compor o plano de amostragem para adultos de *A. woglumi* deve: (i) ocorrer na maioria das folhas (critério da frequência foliar nos ramos); (ii) possuir baixa variância relativa (critério da precisão); e (iii) ser representativa da densidade presente no ramo (critério da representatividade) (BACCI et al., 2008; BARBOSA PINTO et al., 2017; SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000).

Nos ramos amostrados, cada folha recebeu uma classificação de acordo com o local de ocorrência. A folha mais basal do ramo foi classificada como número 1, a segunda folha mais basal foi classificada como número 2 e assim sucessivamente (Figura 1B). Com isso, foi possível calcular a frequência de ocorrência foliar nos ramos, através da equação (1):

$$(1) Fqi = \frac{100 * Fi}{800}$$

onde, Fqi é frequência de ocorrência da folha i (%), i é a posição da folha no ramo (1 a 23) e Fi é a quantidade de vezes que a folha 'i' foi observada em todos os 800 ramos avaliados.

A média e o erro padrão das densidades de adultos de *A. woglumi* em cada folha foram calculados. Assim, foi possível determinar a variância relativa (VR) das densidades em cada folha, com base na equação (2):

$$(2) VR = 100 * \left(\frac{EP}{\mu} \right)$$

onde, VR é a variância relativa (%), EP é o erro padrão da média das densidades e μ é a média das densidades.

Foram selecionadas folhas com alta frequência de ocorrência (>80%) e baixa variância relativa (<25%). Folhas com ocorrência inferior a 80% não foram selecionadas, já que o tempo gasto na busca por um ramo com essa folha aumentaria o tempo de amostragem (BARBOSA PINTO et al., 2017). Unidades amostrais com baixa VR (<25%) foram

selecionadas, pois possibilitam a geração de planos de amostragem precisos, viáveis, rápidos e de baixo custo (BACCI et al., 2008; SOUTHWOOD; HENDERSON, 2000).

Por último, as densidades de adultos de *A. woglumi* em cada folha (densidade relativa) e de adultos por ramo (densidade absoluta) foram submetidas à análise de correlação linear, seguido do teste t a 5% de probabilidade. Foram selecionadas as folhas mais representativas, isto é, aquelas que apresentam correlações positivas e significativas ($P < 0,05$) entre densidades relativa e absoluta com base no teste t (BACCI et al., 2006; PEDIGO; RICE, 2009; SOUTHWOOD, 1978). Quando mais de uma unidade apresentou correlação positiva significativa, foi realizada análise de regressão linear simples entre as densidades relativa e absoluta. As inclinações das curvas foram comparadas usando seus intervalos de confiança de 95%.

5.2.2. Determinação da frequência de distribuição e número de amostras para compor o plano amostral

Nessa fase do estudo, a unidade amostral pré-definida foi usada para avaliar a densidade de adultos de *A. woglumi* em 10 pomares diferentes. Em cada pomar, 300 plantas equidistantes foram avaliadas. A frequência esperada dos dados de densidade da praga em cada pomar foi calculada para três modelos de distribuição de frequência - binomial negativa, Poisson e binomial positiva. O modelo de distribuição de frequência foi considerado ideal para representar os dados de densidade de adultos de *A. woglumi* quando a diferença entre as frequências observadas e previstas pelo modelo não foi significativa pelo teste do qui-quadrado ($P > 0,05$) (BACCI et al., 2006).

O modelo de distribuição de frequência teórica é usado para obter a equação que permite estimar o número de amostras para compor o plano amostral (BACCI et al., 2008; ROSADO et al., 2014). O modelo binomial negativo foi selecionado, pois foi o que melhor se ajustou aos dados da maioria das culturas (LIMA et al., 2017; YOUNG; YOUNG, 1998). Como os dados se ajustaram a esse modelo, foi calculado o valor do parâmetro de agregação ($k_{parcial}$) para cada uma das 10 lavouras com base na equação (3):

$$(3) k_{parcial} = \mu^2 / (S^2 - \mu)$$

onde, $k_{parcial}$ é o parâmetro de agregação da distribuição binomial negativa, S^2 é a variância dos dados de amostragem e μ é a média amostral.

Os valores de $k_{parciais}$ das 10 lavouras foram submetidos à análise de regressão linear a fim de verificar a existência de um parâmetro de agregação comum (k_{comum}) (BLISS; OWEN, 1958). Esse valor é necessário para calcular o número de amostras (BACCA et al., 2008; BACCI et al., 2006; BINNS; NYROP; VAN DER WERF, 2000). O valor de k_{comum} é considerado significativo quando a curva de regressão apresenta inclinação significativa ($P < 0,05$) e intercepto não significativo ($P > 0,05$) através do teste F (BLISS; OWEN, 1958). O número de amostras foi calculado de acordo com a equação (4) (YOUNG; YOUNG, 1998):

$$(4) NA = C^{-2} * (\mu^{-1} + Kc^{-1})$$

onde, NA é o número de amostras, C é o nível de erro (de 5 a 25%), μ é a densidade média e Kc é o parâmetro de agregação comum.

A faixa de erro entre 5 e 25% foi utilizada por ser considerada aceitável para tomada de decisão em programas de manejo integrado de pragas (SOUTHWOOD, 1978).

O nível de erro foi escolhido com base no critério da viabilidade. Segundo esse critério, o plano de amostragem deve permitir a retirada do maior número de amostras em um período inferior a uma hora (BACCI et al., 2006; GUSMÃO et al., 2005; LIMA et al., 2017). O tempo para avaliar cada planta e para passar de uma planta para outra foi quantificado e usado para calcular o tempo total por amostra. Em seguida, o tempo para retirar todas as amostras em cada nível de erro foi calculado.

Cada material utilizado na amostragem teve seu custo calculado levando em consideração um período de dois meses de durabilidade (ROSADO et al., 2014). O custo da mão de obra de um par de amostradores foi calculado de acordo com o salário pago a um

trabalhador rural no Brasil acrescido dos encargos sociais (FGTS, INSS, 13º salário e férias). Com base no tempo para retirar todas as amostras, o custo do plano amostral foi obtido pela soma dos custos com materiais (lápiz, papel, borracha e prancheta) e mão de obra.

5.3. Resultados

5.3.1. Seleção da folha para ser usada na amostragem de *A. woglumi* em pomares de laranja

As seis folhas mais basais dos ramos de laranjeira foram pré-selecionadas por apresentarem frequência de ocorrência superior a 80% (Tabela 1 e Figura 1B).

As menores variâncias relativas foram observadas na 3ª e 6ª folhas (VR inferior a 25%). Nessas folhas, não foram observadas diferenças significativas entre as densidades de adultos de *A. woglumi* e ambas apresentaram correlação positiva e significativa ($p < 0,01$) entre a densidade relativa (número de adultos por folha) e absoluta (número de adultos por ramo) (Tabela 1).

A 3ª folha apresentou maior inclinação da reta de densidade relativa em função da densidade absoluta e esteve presente em todos os ramos avaliados (Freq = 100%) (Tabela 1). Assim, essa folha foi selecionada como unidade de amostragem para avaliar a densidade de adultos de *A. woglumi* em pomares de laranja.

5.3.2 Seleção do número de amostras para compor o plano amostral para adultos de *A. woglumi*

Os dados de densidade de adultos de *A. woglumi* ajustaram-se à distribuição binomial negativa em oito dos dez pomares amostrados (80%). Nos demais pomares as densidades não se ajustaram aos modelos de distribuição teórica. Além disso, não houve ajuste aos modelos de distribuição binomial positiva e Poisson em nenhum dos 10 pomares amostrados (Tabela 2).

A regressão entre o parâmetro de agregação comum (K_c) de todos os pomares em função dos parâmetros K de cada pomar (k_{parcial}) apresentou inclinação significativa ($F_{1;7} = 13,28$; $P < 0,01$) e intercepto não significativo ($F_{1;7} = 0,58$, $P = 0,357$) (Tabela 3). Assim, há um parâmetro de agregação comum das densidades de adultos de *A. woglumi* ($k_c = 0,2185$) que representa as densidades desses insetos em todos os pomares amostrados (Tabela 3). Esse valor foi utilizado para calcular o número de amostras.

Os níveis de erro entre 19 e 25% permitiram a realização da amostragem em menos de uma hora e, portanto, obedecem ao critério da viabilidade (Figura 2). Por possuir maior precisão e permitir a retirada do maior número de amostras em menos de uma hora, o nível de erro utilizado para calcular o número de amostras foi de 19%. Desta forma, 58 amostras foram necessárias para compor o plano de amostragem para adultos de *A. woglumi*. Esse plano de amostragem custa US\$ 2,68 e o tempo gasto para retirar todas as amostras foi de 55,26 minutos (Tabela 4).

5.4. Discussão

A utilização de estratégias integradas para manejar pragas de forma efetiva e sustentável deve basear-se, entre outros princípios, no conhecimento sobre a relação entre níveis de infestação e danos a lavoura (NARANJO; CASTLE, 2010; PÉREZ et al., 2015). Para isso, faz-se necessário utilizar ferramentas de amostragem eficientes que permitam obter informações sobre a distribuição e abundância da praga no ambiente e aplicá-las no desenvolvimento de estratégias de manejo (NARANJO; CASTLE, 2010). Nesse sentido, a amostragem pode ser realizada para estimar a densidade de pragas, verificar se essa densidade excede os níveis de controle e prever o ataque de pragas (CARLETON; HEARD; SILK, 2013; PARAJULEE; SHRESTHA; LESER, 2006).

Aqui, verificamos que a 3ª folha mais basal do ramo é a unidade de amostragem ideal para avaliar adultos de *A. woglumi*. O plano criado a partir desta unidade é viável (exige menos de 1 hora para ser concluído) e tem baixo custo envolvido (custa menos que US\$ 3,0).

A 3ª folha mais basal do ramo apresentou alta precisão (variância relativa inferior a 25%) (Tabela 1). A variância relativa mede a variabilidade dos dados da amostra e as melhores unidades são aquelas com valores mais baixos para esse parâmetro (PEDIGO; RICE, 2009). Unidades amostrais precisas permitem a geração de planos de amostragem rápidos e de baixo custo (BACCI et al., 2008; LIMA et al., 2017). Além disso, a 3ª folha é facilmente encontrada nas plantas avaliadas (Freq=100%) e a densidade observada nessa folha (densidade relativa) é representativa da densidade no ramo (densidade absoluta) (Tabela 1), o que reduz o tempo de amostragem e permite avaliar a intensidade do ataque da praga ao longo do ciclo da cultura (BARBOSA PINTO et al., 2017; LIMA et al., 2017; ROSADO et al., 2014).

A unidade amostral definida foi utilizada para avaliar a infestação de adultos de *A. woglumi* nas lavouras e os dados foram ajustados a modelos de distribuição de frequência teórica. Esses modelos são essenciais na seleção de ferramentas estatísticas adequadas para o desenvolvimento de planos de amostragem em programas de MIP (BINNS; NYROP; VAN DER WERF, 2000; YOUNG; YOUNG, 1998). Como observado para outras pragas em pomares cítricos (COSTA et al., 2010; MALDONADO JR et al., 2016; MARTÍNEZ-FERRER; CAMPOS-RIVELA, 2017), o modelo binomial negativo foi o que melhor se ajustou às densidades de adultos de *A. woglumi* (Tabela 2), assim o número de amostras foi calculado de acordo com esse modelo.

O modelo de distribuição teórica determina a equação a ser utilizada para calcular o número de amostras. Mas, além disso, esses modelos podem prever a provável distribuição das populações de insetos na lavoura. O ajuste das densidades ao modelo de distribuição binomial negativa indica que a distribuição dos insetos tende a uma agregação (MOURA et al., 2007; ROSADO et al., 2014). De fato, esse padrão de distribuição foi observado para diversas espécies de pragas em citros, incluindo *Pezothrips kellyanus* (NAVARRO-CAMPOS; AGUILAR; GARCIA-MARÍ, 2012), *Delottococcus aberiae* (PÉREZ-RODRÍGUEZ et al., 2017), *Brevipalpus phoenicis* (MALDONADO JR et al., 2016), *Aphis spiraecola*, *Aphis gossypii* e *Toxoptera aurantii* (KAFESHANI et al., 2018).

O cálculo do número de amostras pelo modelo binomial negativo exige a utilização do parâmetro de agregação K desse modelo. Como observado aqui, valores distintos para este parâmetro normalmente ocorrem no levantamento de populações de pragas em diferentes lavouras (BARBOSA PINTO et al., 2017; LIMA et al., 2017; ROSADO et al., 2014). Calcular o número de amostras a partir deste parâmetro resultaria em valores específicos para cada população (YOUNG; YOUNG, 1998). Pensando nisso, um valor de kcomum que representa o ataque de adultos de *A. woglumi* em todos os pomares foi determinado (Tabela 3). Com esse valor, foi possível obter um plano de amostragem padrão para todos os pomares amostrados (BLISS; OWEN, 1958; LIMA et al., 2017; SILVA et al., 2017).

A determinação do erro para calcular o número de amostras é um ponto crucial na confecção de planos de amostragem. Isso porque a retirada de amostras muito pequenas pode subestimar a densidade populacional, enquanto amostras muito grandes aumentam o tempo do plano amostral (PÉREZ et al., 2015). Conseqüentemente, o aumento do tempo para retirar todas as amostras eleva o custo do plano amostral, pois a mão de obra é o principal componente desse custo (BACCI et al., 2006, 2008). Níveis de erro entre 5 e 25% são ideais, pois permitem a realização de amostragens precisas (SOUTHWOOD, 1978). Nesse trabalho, o nível de erro C=19% foi utilizado por possibilitar a retirada do maior número de amostras (58 amostras) em um período inferior à uma hora (requer 55,26 minutos para ser concluído). Adicionalmente, o plano envolve baixo custo (custa US\$ 2,68) e, portanto, é ótimo para projetar programas de MIP (LIMA et al., 2017).

5.5. Conclusões

O plano de amostragem determinado neste trabalho é o primeiro passo para desenvolver um programa de MIP para adultos de *A. woglumi* em pomares cítricos. Esse plano é eficiente, pois possibilita a realização de amostragens rápidas (duram menos que 1 hora), precisas, representativas e de baixo custo (custam menos que US\$ 3).

5.6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Adicionalmente, nós agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) pelo apoio financeiro a este trabalho.

5.7. Referências Bibliográficas

- 1 USDA. Citrus: World Markets and Trade. 2018. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf> (accessed 22 Feb2019).
- 2 Oliveira CM, Auad AM, Mendes SM, Frizzas MR. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. *J Appl Entomol* 2013; **137**: 1–15.
- 3 Oliveira CM, Auad AM, Mendes SM, Frizzas MR. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. *Crop Prot* 2014; **56**: 50–54.
- 4 Meissle M, Mouron P, Musa T, Bigler F, Pons X, Vasileiadis VP *et al.* Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. *J Appl Entomol* 2009; **134**: 357–375.
- 5 Sharma R, Peshin R. Impact of integrated pest management of vegetables on pesticide use in subtropical Jammu, India. *Crop Prot* 2016; **84**: 105–112.
- 6 Bueno A de F, Batistela MJ, Bueno RCO de F, França-Neto J de B, Naime Nishikawa MA, Filho AL. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. *Crop Prot* 2011; **30**: 937–945.
- 7 Vieira DL, Batista J de L, de Oliveira R, Malaquias JB, de Souza GMM. *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Citrus: Opportunities and Challenges to Implement a Sustainable Management. In: Gill H, Harsh G (eds). *Citrus Pathology*. InTech, 2017, pp 121–136.
- 8 Parra JRP, Torres MLG, Parra-Pedrazzoli AL, Pinto A de S. Controle biológico de pragas dos citros. In: Yamamoto PT (ed). *Manejo integrado de pragas dos citros*. CP 2: Piracicaba, 2008, p 336.
- 9 Silva AG da, Boiça Junior AL, Farias PRS, Barbosa JC. Infestação da mosca-negra-dos-citros em pomares de citros, em sistema de plantio convencional e agroflorestal. *Rev Bras Frutic* 2011; **33**: 053–060.
- 10 Vendramim JD, Pena MR, Silva NM da. Mosca-negra-dos-citros, *Aleurocanthus woglumi* Ashby. In: Vilela EF, Zucchi RA (eds). *Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros*. Fealq: Piracicaba, 2015, pp 345–357.

- 11 Molina R de O, Nunes WM de C, Gil LG, Rinaldi DAM da F, Croce Filho J, Carvalho RCZ de *et al.* First Report of Citrus *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae) in the State of Paraná, Brazil. *Brazilian Arch Biol Technol* 2014; **57**: 472–475.
- 12 Naranjo SE, Castle SJ. Sequential sampling plans for estimating density of glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca vitripennis* (Hemiptera: Cicadellidae) on citrus. *Crop Prot* 2010; **29**: 1363–1370.
- 13 Fernandes FL, Picanço MC, Fernandes MES, Dângelo RAC, Souza FF, Guedes RNC. A new and highly effective sampling plan using attractant-baited traps for the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *J Pest Sci (2004)* 2015; **88**: 289–299.
- 14 Pérez ML del P, Isas MG, Salvatore AR, Gastaminza G, Trumper E V. Optimizing a fixed-precision sequential sampling plan for adult *Acrotomopus atropunctellus* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae), new pest on sugarcane. *Crop Prot* 2015; **74**: 9–17.
- 15 Castle S, Naranjo SE. Sampling plans, selective insecticides and sustainability: the case for IPM as ‘informed pest management’. *Pest Manag Sci* 2009; **65**: 1321–1328.
- 16 Yamamoto PT. *Manejo Integrado de Pragas dos Citros*. 1st ed. CP 2: Piracicaba, 2008.
- 17 Radcliffe EB, Hutchinson WD, Cancelado RE. *Integrated Pest Management: Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies*. Cambridge University Press: Cambridge, 2009.
- 18 Lima CH, Sarmiento RA, Pereira PS, Galdino TV, Santos FA, Silva J *et al.* Feasible sampling plan for *Bemisia tabaci* control decision-making in watermelon fields. *Pest Manag Sci* 2017; **73**: 2345–2352.
- 19 Barbosa Pinto C, Almeida Sarmiento R, Visintin da Silva Galdino T, Silvestre Pereira P, Gomes Barbosa B, Henrique Oliveira Lima C *et al.* Standardized Sampling Plan for the Thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) on Watermelon Crops. *J Econ Entomol* 2017; **110**: 748–754.
- 20 Maldonado Jr W, Barbosa JC, Costa MG, Gonçalves PCT, Santos TR dos. Spatial distribution and sequential sampling of *Brevipalpus phoenicis* in citrus. *Rev Bras Frutic* 2016; **38**. doi:10.1590/0100-29452016085.
- 21 Pérez-Rodríguez J, Martínez-Blay V, Soto A, Selfa J, Monzó C, Urbaneja A *et al.* Aggregation Patterns, Sampling Plan, and Economic Injury Levels for the New Citrus Pest *Delottococcus aberiae* (Hemiptera: Pseudococcidae). *J Econ Entomol* 2017; **110**: 2699–2706.
- 22 Navarro-Campos C, Aguilar A, Garcia-Marí F. Aggregation pattern, sampling plan, and intervention threshold for *Pezothrips kellyanus* in citrus groves. *Entomol Exp Appl* 2012; **142**: 130–139.
- 23 Bacci L, Picanço MC, Moura MF, Semeão AA, Fernandes FL, Morais EGF. Sampling plan for Thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. *Neotrop Entomol* 2008; **37**: 582–590.
- 24 Rosado JF, Sarmiento RA, Pedro-Neto M, Galdino TVS, Marques R V., Erasmo EAL *et al.* Sampling plans for pest mites on physic nut. *Exp Appl Acarol* 2014; **63**: 521–534.

- 25 Dent D. *Insect pest management*. 2nd ed. CABI: Wallingford, U.K., 2000.
- 26 Bacci L, Picanço MC, Moura MF, Lucia TMC Della, Semea AA. Sampling Plan for *Diaphania* spp. (Lepidoptera : Pyralidae) and for Hymenopteran Parasitoids on Cucumber. *J Econ Entomol* 2006; **99**: 2177–2184.
- 27 Moerkens R, Vanlommel W, Reybroeck E, Wittermans L, De Clercq P, Van Leeuwen T *et al.* Binomial sampling plan for tomato russet mite (*Aculops lycopersici* (Tryon) (Acari: Eriophyidae) in protected tomato crops. *J Appl Entomol* 2018; **142**: 820–827.
- 28 Silva AR, Rodrigues-Silva N, Pereira PS, Sarmento RA, Costa TL, Galdino TVS *et al.* Sampling Plans for the Thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in Three Lettuce Varieties. *J Econ Entomol* 2017; **110**: 2490–2496.
- 29 EMBRAPA. *Citros : o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Embrapa Informação Tecnológica: Brasília-DF, 2005.
- 30 Southwood TRE, Henderson PA. *Ecological Methods*. 3rd ed. Blackwell Science Ltd: Oxford, UK, 2000 doi:10.1007/978-94-009-1225-0.
- 31 Pedigo LP, Rice ME. *Entomology and pest management*. 6^a. Pearson Prentice Hall: New Jersey, 2009.
- 32 Southwood TR. *Ecological methods : with particular reference to the study of insect populations*. 2nd ed. Chapman and Hall: New York, 1978.
- 33 Young LJ, Young JH. *Statistical Ecology*. Springer US: Boston, MA, 1998 doi:10.1007/978-1-4757-2829-3.
- 34 Bliss CI, Owen ARG. Negative Binomial Distributions with a Common k. *Biometrika* 1958; **45**: 37.
- 35 Bacca T, Lima ER, Picanço MC, Guedes RNC, Viana JHM. Sampling plan for the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* with sex pheromone traps. *J Appl Entomol* 2008; **132**: 430–438.
- 36 Binns MR, Nyrop JP, Van Der Werf W. *Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides*. 1st ed. CAB International Publishing: London, UK, 2000.
- 37 Gusmão MR, Picanço MC, Zanuncio JC, Silva DJH, Barrigossi JAF. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. *Sci Hortic (Amsterdam)* 2005; **103**: 403–412.
- 38 Carleton RD, Heard SB, Silk PJ. A simulation approach to assessing sampling strategies for insect pests: an example with the balsam gall midge. *PLoS One* 2013; **8**: e82618.
- 39 Parajulee MN, Shrestha RB, Leser JF. Sampling Methods, Dispersion Patterns, and Fixed Precision Sequential Sampling Plans for Western Flower Thrips (Thysanoptera: Thripidae) and Cotton Fleahoppers (Hemiptera: Miridae) in Cotton. *J Econ Entomol* 2006; **99**: 568–577.
- 40 Martínez-Ferrer MT, Campos-Rivela JM. Diversity, spatial distribution, and sampling for ant management decision-making in integrated pest management programs in citrus groves. *Entomol Exp Appl* 2017; **162**: 251–260.

- 41 Costa MG, Barbosa JC, Yamamoto PT, Leal RM. Spatial distribution of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards. *Sci Agric* 2010; **67**: 546–554.
- 42 Moura MF, Picanço MC, Guedes RNC, Barros EC, Chediak M, Morais EGF. Conventional sampling plan for the green leafhopper *Empoasca kraemeri* in common beans. *J Appl Entomol* 2007; **131**: 215–220.
- 43 Kafeshani FA, Rajabpour A, Aghajanzadeh S, Gholamian E, Farkhari M. Spatial Distribution and Sampling Plans With Fixed Level of Precision for Citrus Aphids (Hom., Aphididae) on Two Orange Species. *J Econ Entomol* 2018; **111**: 931–941.

Tabela 1. Seleção da unidade amostral (posição da folha) a ser usada na amostragem de adultos de *Aleurocanthus woglumi* em plantas de laranja.

Posição da folha ¹	Fqi (%)	Variáveis			
		Densidade ²	VR (%)	r	b (IC95%)
1	100	0,1163±0,0347 a	29,8598	0,3738**	0,1268 (0,1049-0,1486)
2	100	0,1138±0,0301 a	26,4507	0,3470**	0,1020 (0,0829-0,1212)
3	100	0,0913±0,0180 a	19,6897	0,2492**	0,0438 (0,0319-0,0556)
4	99,75	0,1363±0,0809 a	59,3812	0,7964**	0,6926 (0,5963-0,6628)
5	98,38	0,0998±0,0259 a	25,8904	0,3073**	0,0773 (0,0606-0,0939)
6	81,13	0,0581±0,0125 a	21,5352	0,1861**	0,0206 (0,0131-0,0282)

Frequência de ocorrência foliar no ramo (Fqi), densidade (densidade relativa em adultos.folha⁻¹), variância relativa (VR), coeficiente de correlação (r) entre as densidades relativas (adultos.folha⁻¹) e densidades absolutas (adultos.ramo⁻¹), e coeficientes angulares (b) das curvas de regressão linear simples das densidades relativas em função da densidade absoluta e seus intervalos de confiança a 95% de probabilidade (IC_{95%}).

¹ 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a e 6^a folha a partir da base do ramo (Figura 1 B). Na tabela só foram representas as folhas com frequência de ocorrência no ramo maior que 80%.

² As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

* Correlação significativa de acordo com o teste t a P <0,01.

Tabela 2. Densidades e teste qui-quadrado (χ^2) entre as frequências observadas e esperadas pelas distribuições binomial negativa, Poisson e binomial positiva das densidades de adultos de *Aleurocanthus woglumi* amostradas por contagem direta em plantas de laranja.

Lv.	Dens.	S^2	Binomial negativa		Poisson		Binomial positiva	
			χ^2	GL	χ^2	GL	χ^2	GL
1	7,26	124,14	49,01*	26	1,49E+08*	27	3,81E+51*	27
2	6,47	134,58	48,50 ^{ns}	47	3,41E+24*	48	2,97E+31*	48
3	0,93	3,08	7,67 ^{ns}	7	27692,71*	8	251,93*	8
4	0,67	3,77	3,08 ^{ns}	6	56789,24*	7	39441,99*	7
5	0,5	1,58	7,29 ^{ns}	4	2344,41*	5	3025,11*	5
6	3,88	81,22	54,56 ^{ns}	24	1,33E+12*	25	7,44E+28*	25
7	0,24	0,51	6,96 ^{ns}	3	2456,81*	4	306,26*	4
8	0,12	0,17	0,15 ^{ns}	1	16,67*	2	110,92*	2
9	0,24	1,3	13,37*	1	55,02*	2	1759,02*	2
10	0,63	2,09	11,45 ^{ns}	6	44140,57*	7	8583,43*	7

Lv.=lavoura. Dens.=densidade. S^2 =variância. GL=graus de liberdade.

^{NS} Não-significativo. *Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Teste para verificação de homogeneidade para o parâmetro K da distribuição binomial negativa para os dados de densidade de adultos de *Aleurocanthus woglumi* amostrados nas 10 lavouras de laranja.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrados médios	F
Inclinação 1/kc	1	146,27	146,27	13,28 *
Intercepto	1	6,34	6,34	0,58 ^{ns}
Erro	7	77,12	11,02	
Kcomum=	0,21851787			

GL=graus de liberdade.

^{NS} Não-significativo. *Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Número de amostras, tempo e custo necessários para compor o plano de amostragem para adultos de *Aleurocanthus woglumi* em função dos níveis de erro que garantem a criação de um plano amostral viável.

Nível de Erro	Número de amostras	Tempo (min)	Custo (US\$)
0,19	58	55,26	2,68
0,20	45	42,91	2,08
0,21	35	33,31	1,62
0,22	27	25,86	1,26
0,23	21	20,08	0,98
0,24	16	15,59	0,76
0,25	13	12,10	0,59

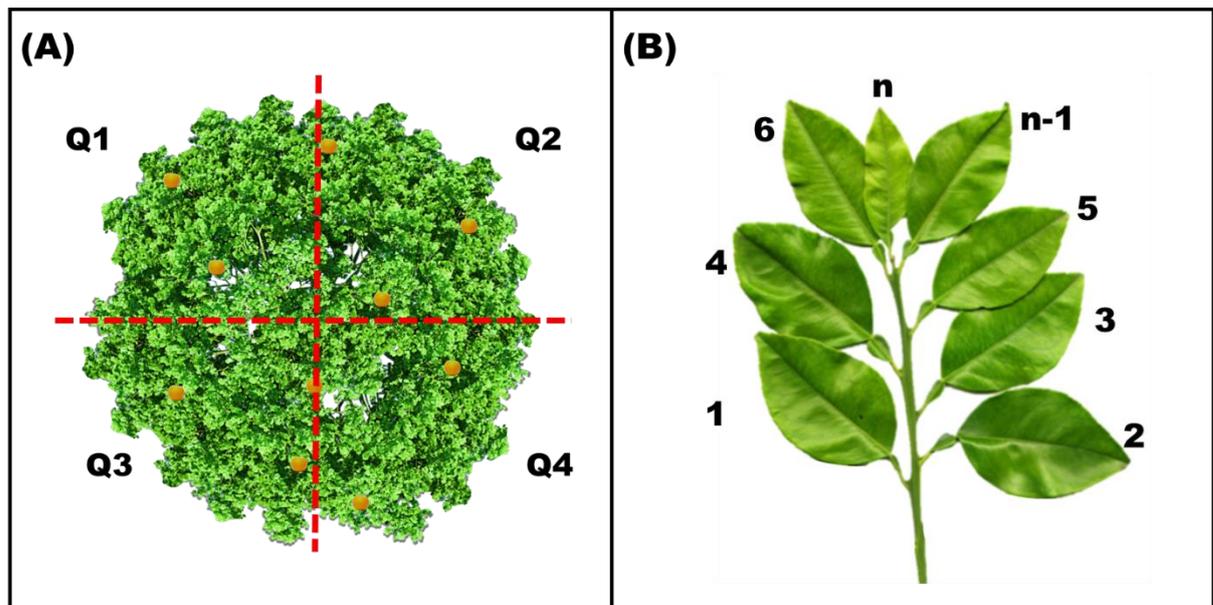


Figura 1 (A) Divisão da copa de plantas de laranja em quadrantes (Q1, Q2, Q3, Q4). (B) Posição das folhas usadas como unidades de amostragem nos ramos de plantas de laranja: A folha #1 é a primeira folha do ramo e 'n' representa a última folha do ramo (da base para o ápice).

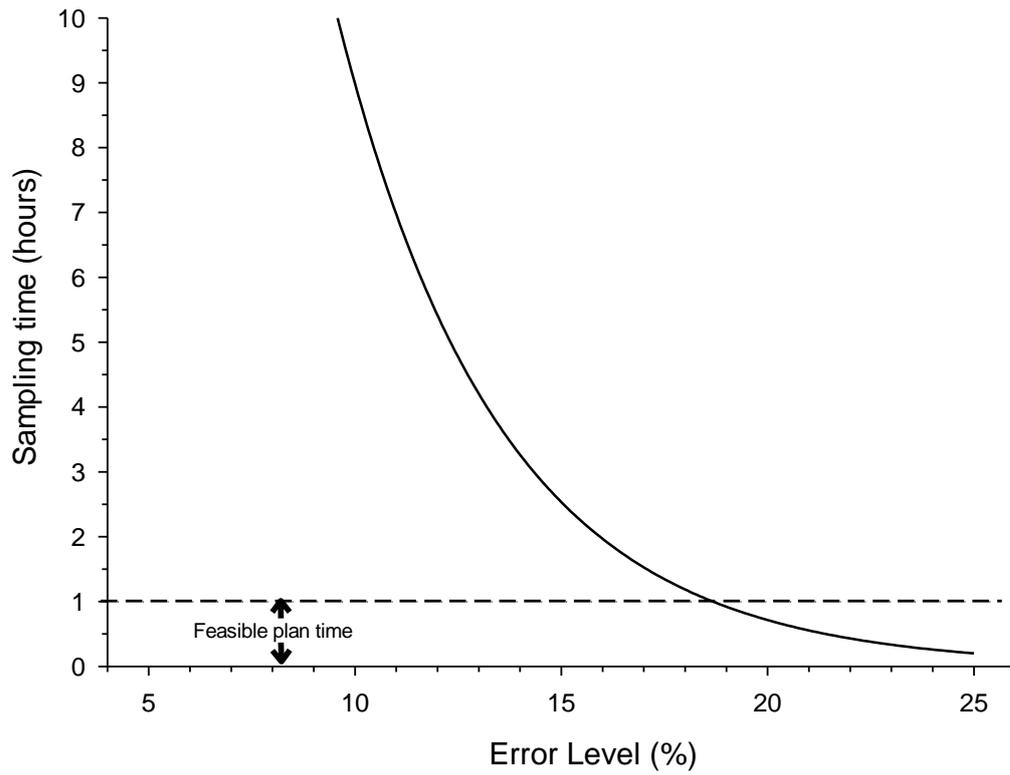


Figura 2 Níveis de erro a serem usados para calcular o número de amostras dentro do plano de amostragem para adultos de *Aleurocanthus woglumi*.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de planos de amostragem representa o ponto de partida para a geração de programas de manejo integrado de pragas. Nesse trabalho criamos planos de amostragem para massa de ovos, ninfas e adultos de *Aleurocanthus woglumi*.

Nossos resultados mostraram que os planos devem ser realizados nas folhas mais basais do ramo, com um esforço de cerca de 54 minutos, o qual apresenta um custo inferior a US\$ 3,0. Os planos amostrais determinados aqui permitem o monitoramento de populações de *A. woglumi* de forma rápida, precisa e de baixo custo.