

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E AMOSTRAGEM SEQUENCIAL
DE *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794) (LEPIDOPTERA:
CRAMBIDAE), NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

MSc. Jackeline da Silva Carvalho

Bióloga

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E AMOSTRAGEM SEQUENCIAL
DE *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794) (LEPIDOPTERA:
CRAMBIDAE), NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

MSc. Jackeline da Silva Carvalho

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Barbosa

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Dezembro de 2011

C331d Carvalho, Jackeline da Silva
Distribuição espacial e amostragem sequencial de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), na cultura de cana-de-açúcar / Jackeline da Silva Carvalho. -- Jaboticabal, 2011
xv, 60 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientador: José Carlos Barbosa

Banca examinadora: Jose Carlos Barbosa, Arlindo Leal Boiça Junior, Júlio Cesar Galli, Enrico de Beni Arrigoni, Alexandre de Sene Pinto.

Bibliografia

1. Broca-da-cana. 2. Distribuição Binomial Negativa. 3. Insecta. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.78:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

JACKELINE DA SILVA CARVALHO – Nascida em Ribeirão Preto/SP, em 07 de novembro de 1983. Coursou toda trajetória da vida acadêmica na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, FCAV – UNESP, Campus de Jaboticabal, onde ingressou em 2002 no curso de Ciências Biológicas e obteve o título em 2005. Durante a faculdade, estagiou no Laboratório de Criação de Crisopídeos com bolsa de Iniciação Científica do CNPq sob orientação do Prof. Dr. Sérgio de Freitas. Em março de 2006 iniciou o Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) e concluiu em fevereiro de 2008, sendo bolsista CAPES e orientada pelo Prof. Dr. Sergio Antonio De Bortoli. Doutoranda na mesma Área e Instituição do Mestrado, com início em março de 2008 e término em dezembro de 2011 orientada pelo Prof. Dr. José Carlos Barbosa. Atualmente é supervisora de controles agrícolas na empresa Louis Dreyfus Commodities Agroindustrial Ltda com sede em Bebedouro, SP onde desenvolve trabalhos na área de citros como: estimativas de safra, projeções futuras de pragas e doenças, mercado atual e futuro, planejamento e desenvolvimento de safras e fábricas. Nos últimos anos, publicou trabalhos, participou de eventos científicos e ministrou palestras na área.

“Tell me and I'll forget; show me and I may remember; involve me and I'll understand.”

Chinese Proverb Quote

Aos meus pais, Aldo Ferreira de Carvalho e Marilza Avelina da Silva, pelo incentivo, pelo amor, e por sempre lutarem pela minha boa formação.

DEDICO

Ao meu marido e companheiro, Matheus Nicolino Peixoto Henares, pelo carinho, apoio, amor e compreensão dispensados em toda essa trajetória.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, meu anjo da guarda, pela vida, saúde e coragem para enfrentar todos os desafios e fé, na minha longa jornada.

À toda comunidade “Unespiana” pelo acolhimento durante todos esses anos, pelo crescimento e aprendizado adquirido, proporcionando condições para o desenvolvimento de todo o trabalho e na minha formação profissional.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Carlos Barbosa, pelo exemplo profissional, amparo, atenção, compreensão e paciência sempre.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa nos primeiros meses do doutorado.

Aos professores e funcionários do programa de pós-graduação em Entomologia Agrícola da Unesp – Jaboticabal pelos ensinamentos e lições de vida.

Ao colega Luiz Carlos de Almeida, do CTC, por colaborar e apoiar na elaboração dos experimentos e em todo trabalho de campo.

Aos colaboradores da Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP, em especial ao amigo Silvio Viel, por toda ajuda na elaboração e execução dos experimentos.

Ao colega Silvio Carlos Victor Primo e toda equipe da Usina Quatá, em Quatá/SP pela colaboração na execução dos experimentos.

A todas as pessoas que conheci durante esses anos na pós-graduação, em especial às amigas Roseli Pessoa e Renata Parreira, sempre presentes.

Aos meus pais, avós, tios, primos e toda minha família por sempre confiarem em mim e acreditarem nos meus sonhos.

Ao meu marido e companheiro Matheus, seus pais Sr. Peixoto e Sra. Albertina, e a toda família Nicolino, pelo apoio, carinho e incentivo sempre.

Aos meus grandes amigos, padrinhos e biólogos: Taína Menegasso, Caio Alvarez, Douglas Paixão, Juliana Xavier, pelas demonstrações de carinho e companheirismo, apesar de longes, nunca separados.

Às amigas Karen Cicilini, Roberta Scavazzini e Rebecca Rodrigues por fazerem das minhas lembranças do colégio as melhores possíveis e por estarem sempre presentes.

Aos meus amigos de Bebedouro pela paciência e compreensão durante as minhas ausências nesse período: Carolina Lupi, Tatiane Guimarães, Talita Moreti, Ricardo Rosso, Rafael Janini.

Aos meus chefes e amigos da Louis Dreyfus Commodities – Citros – Bebedouro/SP, pelo apoio durante a execução da tese e compreensão nas ausências do trabalho.

Enfim, a todas as pessoas, que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Obrigada de coração

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO	xiii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. A cultura da cana-de-açúcar	4
2.2. Prejuízos causados pela broca-da-cana	5
2.3. Caracterização varietal	6
2.4. Bioecologia da praga	7
2.5. Distribuição espacial de insetos	8
2.5.1. Razão variância/média	9
2.5.2. Índice de Morisita	9
2.5.3. Parâmetro k da distribuição binomial negativa	9
2.5.4. Expoente k comum (kc)	10
2.5.5. Distribuição de Poisson	10
2.5.6. Distribuição binomial negativa	11
2.5.7. Distribuição binomial positiva	11
2.6. Distribuição espacial de <i>D. saccharalis</i> utilizando de mapas de krigagem	11
2.7. Amostragem sequencial	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Índices de agregação	17

3.2. Modelos probabilísticos para estudo da distribuição de frequência da praga	20
3.3. Distribuição espacial de <i>D. saccharalis</i> utilizando de mapas de krigagem	20
3.4. Estimativa do expoente k comum (k_c)	21
3.5.. Amostragem sequencial	21
3.6. Comparações entre métodos de amostragem	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Incidência da praga	25
4.2. Índices de dispersão	26
4.3. Modelos probabilísticos	29
4.4. Distribuição espacial de <i>D. saccharalis</i> em cana-de-açúcar utilizando da krigagem	38
4.5. Estimativa do k comum	45
4.6. Amostragem sequencial	46
4.7. Comparações entre métodos de amostragem	50
5. CONCLUSÕES	53
6. REFERÊNCIAS	54
7. ANEXO.....	61

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Esquema das parcelas para amostragem de <i>Diatraea saccharalis</i> em 1 hectare de cana-de-açúcar em área de baixa infestação na variedade CTC3, na Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP.....	16
Figura 2. Esquema das parcelas para amostragem de <i>Diatraea saccharalis</i> em 1 hectare de cana-de-açúcar em área de alta infestação na variedade RB92579, na Usina Quatá, em Quatá/SP.....	17
Figura 3. Esquema de uma parcela para amostragem de <i>Diatraea saccharalis</i> composta por uma unidade amostral de duas ruas paralelas de 5 metros cada no centro da área de 10 x 10 metros (100m ²).....	17
Figura 4. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de baixa infestação encontradas no levantamento aos 4 meses de desenvolvimento da variedade CTC3 em cana-de-açúcar na Usina São Carlos, Jaboticabal/SP no dia 03/07/2008...	32
Figura 5. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de baixa infestação encontradas no levantamento aos 6,5 meses de desenvolvimento da variedade CTC3 de cana-de-açúcar na Usina São Carlos, Jaboticabal/SP no dia 17/09/2008...	33
Figura 6. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de baixa infestação encontradas no levantamento aos 9 meses de desenvolvimento da variedade CTC3 de cana-de-açúcar na Usina São Carlos, Jaboticabal/SP no dia 25/11/2008...	34
Figura 7. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de alta infestação encontradas no levantamento aos 4 meses de desenvolvimento da variedade RB92579 de cana-de-açúcar na Usina Quatá, Quatá/SP no dia 03/11/2008.....	35
Figura 8. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de alta infestação encontradas no levantamento aos 6,5 meses de desenvolvimento da variedade RB92579 de cana-de-açúcar na Usina Quatá, Quatá/SP no dia 12/01/2009.....	36

Figura 9. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de alta infestação encontradas no levantamento aos 9 meses de desenvolvimento da variedade RB92579 de cana-de-açúcar na Usina Quatá, Quatá/SP no dia 25/03/2009.....	37
Figura 10. Distribuição espacial de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de baixa infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade CTC3 com 3 meses de idade em áreas da Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP.....	39
Figura 11. Distribuição espacial de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de baixa infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade CTC3 com 6,5 meses de idade em áreas da Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP.....	40
Figura 12. Distribuição espacial de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de baixa infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade CTC3 com 9 meses de idade em áreas da Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP.....	41
Figura 13. Distribuição espacial de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de alta infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade RB92579 com 3 meses de idade em áreas da Usina Quatá, em Quatá/SP.....	43
Figura 14. Distribuição espacial de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de alta infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade RB92579 com 6,5 meses de idade em áreas da Usina Quatá, em Quatá/SP.....	44
Figura 15. Distribuição espacial de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em área de alta infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade RB92579 com 9 meses de idade em áreas da Usina Quatá, em Quatá/SP.....	45
Figura 16. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> por 10 metros lineares, com base na distribuição binomial negativa.....	47
Figura 17. Esquema para levantamentos populacionais de <i>Diatraea saccharalis</i> em cana-de-açúcar conforme sugerido por ALMEIDA, STINGEL & ARRIGONI (2008).....	48

Figura 18. Curva Característica de Operação CO(m) do plano de amostragem para lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i>	49
Figura 19. Curva do tamanho esperado de amostras do plano de amostragem sequencial para lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em cana-de-açúcar.....	50

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Médias (\pm EP), variâncias e índices de dispersão para número total de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> encontradas em 10 metros lineares de plantas de cana-de-açúcar localizadas em área com baixa infestação (variedade CTC3), durante três épocas de desenvolvimento da cultura na usina São Carlos, Jaboticabal/SP.....	27
Tabela 2. Médias (\pm EP), variâncias e índices de dispersão para número total de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> encontradas em 10 metros lineares de plantas de cana-de-açúcar localizadas em área com alta infestação (variedade RB92579), durante três épocas de desenvolvimento da cultura na usina São Carlos, Quatá/SP.....	28
Tabela 3. Resultados obtidos no teste qui-quadrado para ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa aos dados de número de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> encontradas nos diferentes estágios de desenvolvimento na área de baixa infestação (variedade CTC3) em cana-de-açúcar na Usina São Carlos em Jaboticabal/SP.	30
Tabela 4. Resultados obtidos no teste qui-quadrado para ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa aos dados de número de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> encontradas nos diferentes estágios de desenvolvimento na área de alta infestação (variedade RB92579) em cana-de-açúcar na Usina Quatá em Quatá/SP.....	31
Tabela 5. Índices de <i>k</i> comum para número de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em 10 metros lineares.....	46
Tabela 6. Número de lagartas por metro linear comparado pela quantidade de linhas (L) e comprimento das linhas (T) para levantamento de <i>Diatraea saccharalis</i> em áreas da variedade CTC3 da Usina São Carlos, Jaboticabal/SP.....	51
Tabela 7. Número de lagartas por metro linear comparado pela quantidade de linhas (L) e comprimento das linhas (T) para levantamento de <i>Diatraea saccharalis</i> em áreas da variedade RB92579 da Usina Quatá, Quatá/SP.....	52

Tabela 8. Ficha de campo para amostragem sequencial de broca-da-cana, <i>Diatraea saccharalis</i> em cana-de-açúcar.....	60
---	----

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE *DIATRAEA SACCHARALIS* (FABRICIUS, 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE), NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR.

RESUMO - Os objetivos desse trabalho foram: avaliar a distribuição espacial de lagartas de *D. saccharalis* em duas áreas de cana-de-açúcar, uma com alta e outra com baixa intensidade de infestação, visando à construção de um plano de amostragem sequencial para ser empregado em programas de manejo integrado desta praga e avaliar influência das duas linhas e do comprimento dessas linhas no método de levantamento amostral. Os levantamentos foram realizados em áreas com baixa infestação (variedade CTC3) e alta infestação (variedade RB92579) durante três estágios de desenvolvimento da planta: 4,0, 6,5 e 9,0 meses nos municípios de Jaboticabal/SP e Quatá/SP, respectivamente, durante o período de julho/2008 a março/2009. Foram analisados índices de agregação para melhor descrição da distribuição da praga e o ajuste dos dados à um modelo probabilístico de distribuição de frequência, como Poisson e Binomial Negativa. Os índices da razão variância/média, índice de Morisita, Coeficiente de Green e parâmetro k da binomial negativa indicaram distribuição agregada das lagartas de *D. saccharalis* em ambas as áreas avaliadas, assim como os dados se ajustaram à distribuição binomial negativa, rejeitando-se, a aleatoriedade. Foi desenvolvido um plano de amostragem sequencial de lagartas de *D. saccharalis*, e o número máximo de amostras esperadas para tomada de decisão foi de sete unidades amostrais independente do tamanho da área. A comparação entre os métodos de amostragens indicou que é necessário avaliar as duas linhas paralelas de cana-de-açúcar, mas que o comprimento de 1 metro linear é suficiente para uma amostragem representativa.

Palavras-Chave: broca-da-cana, distribuição binomial negativa, Insecta

SPATIAL DISTRIBUTION AND SEQUENTIAL SAMPLING OF *DIATRAEA SACCHARALIS* (FABRICIUS, 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) IN SUGARCANE CULTURE.

SUMMARY - The aims of this study were: to evaluate the spatial distribution of *D. saccharalis* larvae in two sugarcane areas, one high and another low infestation intensity, as support for the construction of a sequential sampling plan to be used in integrated pest management of this pest and to evaluate the influence of two lines and the length lines in the method of sample surveys. The surveys were conducted in low infestation intensity area (CTC3 variety) and high infestation intensity area (RB92579 variety) during three development stages of the plant: 4.0, 6.5 and 9.0 months in the cities of Jaboticabal/SP and Quatá/SP, respectively, during the period from March/2009 to July/2008. Were analyzed rates of aggregation for a better description of the pest distribution, as well as the adjustment to a probabilistic model of frequency distribution such as Poisson and Negative Binomial Distributions. The variance/mean relationship index, index of Morisita, the Green coefficient and the k exponent of negative binomial indicated aggregate distribution of *D. saccharalis* larvae in both areas evaluated, as well as the data were adjusted to the negative binomial distribution rejecting itself, the randomness. Sequential sampling plans have been developed to *D. saccharalis* larvae and the maximum number of expected samples to making decision was seven sampling units. The comparison between the sample methods indicated that it is necessary to evaluate the two lines of sugarcane, but only 1 meter of length is enough for a representative sample.

Keywords: sugarcane borer, negative binomial distribution, Insecta

1. INTRODUÇÃO

A broca-da-cana, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), destaca-se como praga importante para a cultura da cana-de-açúcar, devido aos prejuízos à produtividade decorrentes dos danos causados à planta. É um inseto de desenvolvimento holometabólico. Os ovos são depositados em grupos de forma imbricada nas folhas ainda verdes e a duração dessa fase é dependente da temperatura, sendo em média de uma a duas semanas. Após a eclosão, as lagartas migram para região do cartucho da planta à procura de abrigo, alimentando-se da raspagem das folhas ou da casca do entrenó em formação. Essa fase é a mais longa (70 dias) e mais danosa às plantas. Próximo a pupação, a lagarta abre um orifício de saída na casca e fecha-o parcialmente com fios de seda, essa fase dura cerca de dez dias. Após esse período emerge o adulto que possui período de vida médio de cinco dias (BOTELHO & MACEDO, 2002).

Atualmente, diversas variedades de cana-de-açúcar são plantadas em várias regiões do país. O melhoramento genético dessas variedades busca melhor adaptação ao clima, solo, elevadas produtividades e resistência à pragas. A variedade RB92579 é cultivada no Estado de São Paulo e principalmente no Estado de Alagoas, possui baixo índice de florescimento, elevada produtividade e alto teor de sacarose. Além disso, essa variedade apresenta fácil adaptação a todos os tipos de relevo e variações climáticas (SIMÕES NETO et al., 2005). A variedade CTC3 apresenta fibra, florescimento e isoporização baixos. É resistente à ferrugem, carvão, mosaico e amarelecimento, além de resistência intermediária à broca-da-cana (CTC, 2010).

Associado ao crescimento e à expansão das áreas produtivas de cana-de-açúcar em todo o país, a falta de mão de obra e tempo para realização dos levantamentos de pragas são problemas cada vez mais frequentes. As amostragens populacionais realizadas atualmente baseiam-se na contagem do número de lagartas da broca nos colmos de cana-de-açúcar em 2 pontos de amostragem por hectare, sendo cada ponto composto por duas linhas paralelas de 5 metros, totalizando 10 metros lineares de cana

por ponto (ALMEIDA, STINGEL & ARRIGONI, 2008). Essa metodologia, embora eficiente, requer muito tempo de coleta dos dados, principalmente em extensas áreas. Por isso, métodos mais práticos e eficazes associados a planos de amostragem que levem em consideração a distribuição da praga no campo são necessários e importantes no manejo integrado de pragas.

A disposição dos organismos no espaço é uma característica ecológica da espécie, resultante do nascimento, morte e migração de indivíduos (TAYLOR, 1984). Três disposições básicas descrevem os arranjos espaciais ocupados pelos insetos: disposição espacial ao acaso ou aleatória, disposição regular ou uniforme, e disposição agregada ou contagiosa (RABINOVICH, 1980; TAYLOR, 1984).

Para medir o grau de agregação são utilizados índices de dispersão, cuja aplicação é imprescindível em métodos de amostragem (GREEN, 1966). De acordo com RABINOVICH (1980), é necessário que mais de um índice seja estudado antes de se inferir a respeito da distribuição de uma determinada espécie de inseto. O índice razão variância/média é o mais comum e compreende a relação entre a variância e a média, medindo o desvio de um arranjo das condições de aleatoriedade. O índice de Morisita (MORISITA, 1962) tem a vantagem de ser relativamente independente do tipo de distribuição e do número de unidades amostrais (SILVEIRA NETO et al., 1976). O parâmetro k da distribuição binomial negativa é um indicador da agregação de artrópodes (ELLIOTT, 1979).

O conhecimento das distribuições de probabilidades que descrevem as disposições espaciais de insetos pragas, obtidas a partir dos dados de contagens, é importante para o estabelecimento de planos de amostragem, análises estatísticas, e conseqüentemente, na decisão sobre controle de pragas (TAYLOR, 1984; TOLEDO 2006).

A amostragem sequencial baseia-se no teste sequencial da razão de verossimilhança e possui a vantagem da redução do tempo de amostragem e de custos, sendo que, em certos casos, requer em média, amostras com um terço do tamanho que seria utilizado com a amostragem de tamanho fixo (WALD, 1945; 1947).

BARBOSA (1985) propôs um plano de amostragem sequencial baseado no número de internódios atacados por colmo, porém esse método não é utilizado na prática em áreas comerciais, uma vez que, se a lagarta não se encontra mais no colmo, esta parcela já está perdida e não justifica o controle. Esse tipo de amostragem baseada no número de internódios atacados é importante para levantamentos de intensidade de infestação final, para determinação de danos e perdas causados pela broca, já que assinalam os desequilíbrios causados no passado. Nesse contexto, o conhecimento das distribuições de probabilidades que descrevem as disposições espaciais de insetos pragas, obtidas a partir dos dados de contagens, tornam-se importantes ferramentas para o estabelecimento de planos de amostragem, análises estatísticas, e conseqüentemente, na decisão sobre controle de pragas (TOLEDO, 2006).

Dessa maneira, os objetivos desse trabalho foram: a) avaliar a distribuição espacial de lagartas de *D. saccharalis* em duas áreas de cana-de-açúcar, uma com alta e outra com baixa intensidade de infestação, visando à construção de um plano de amostragem sequencial para ser empregado em programas de manejo integrado desta praga; b) avaliar influência das duas linhas de amostragem e do comprimento dessas linhas no método de levantamento amostral.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da cana-de-açúcar

O setor sucroenergético ocupa posição de destaque no cenário socioeconômico brasileiro, devido sua importância na geração de renda, empregos e divisas para o país. A estimativa do PIB do Setor Sucroenergético, US\$ 28.153,10 milhões, é equivalente a 1,5% do PIB nacional (NEVES, TROMBIN & CONSOLI, 2009).

A produção brasileira de cana-de-açúcar deve alcançar 589 milhões de toneladas na safra 2011/12, sendo que 51% destina-se à produção de etanol e 49% à produção de açúcar. O Brasil responde por 44% do comércio mundial de açúcar, consolidando-se como importante agente no mercado internacional (CONAB, 2011). A área de cana-de-açúcar plantada é de 8,4 milhões de hectares distribuídos nos estados produtores. O Estado de São Paulo é o maior produtor e representa 52,6% da área (CONAB, 2011).

As condições favoráveis à produção e comercialização de açúcar e álcool nos cenários nacional e internacional exigem cada vez mais o desenvolvimento de novas tecnologias de produção eficientes. A otimização da tecnologia requer constante busca na melhoria da qualidade dos produtos, além de preços mais competitivos (ORTOLAN, 2006).

Embora em crescente expansão e grande influência na economia mundial, ainda há ausência de determinadas tecnologias de produção para enfrentar todos os problemas da agroindústria sucroalcooleira no Brasil e no mundo. Em virtude das oscilações nos preços no mercado internacional, variações dos fatores abióticos e aumento da intensidade de infestação das pragas, os países produtores são obrigados a desenvolver tecnologias visando maiores produtividades agrícolas e industriais, bem como reduzir seus custos de produção (UNICA 2007).

A expansão da produção e comercialização de açúcar e álcool nos cenários nacional e internacional torna-se cada vez mais exigente na qualidade de seus

produtos, requerendo o desenvolvimento de tecnologias de produção eficientes e preços mais competitivos (MARQUES et al., 2006).

2.2. Prejuízos causados pela broca-da-cana

No Estado de São Paulo a broca-da-cana, *D. saccharalis*, é a mais importante praga da cana-de-açúcar. Este inseto causa a morte das gemas apicais, pois as lagartas alimentam-se da região do “palmito”, provocando secamento dos ponteiros, sintoma conhecido como “coração morto”. Nas plantas adultas, as lagartas abrem galerias nos colmos, acarretando prejuízos como perda de peso pela alimentação, encurtamento do entrenó, quebra da cana, enraizamento aéreo e germinação lateral (BOTELHO & MACEDO, 2002).

Os maiores danos causados pela broca-da-cana são indiretos, provocados por fungos, predominantemente *Fusarium moniliforme* (Sheld.) e/ou *Colletotrichum falcatum* (Went), que causam a inversão da sacarose armazenada na planta, provocando perdas pelo consumo de energia e pelo fato dos açúcares resultantes desse desdobramento não se cristalizarem no processo industrial (MENDONÇA et al., 1996). Ademais, quando a matéria prima destina-se a produção de álcool, o problema não é menos grave, pois os micro-organismos que penetram no entrenó aberto contaminam o caldo e concorrem com as leveduras na fermentação alcoólica.

Estudos indicam que para cada 1% de intensidade de infestação ocorrem perdas médias de 0,77% na produção de cana, acrescidas de 0,25% na produção de açúcar ou de 0,20% na produção de álcool. Lembrando que perdas em campo são representadas pelas canas quebradas e mortas que permanecem no canavial; as perdas em açúcar e álcool referem-se aos danos do complexo broca mais podridão vermelha que ocorrem nas canas danificadas que são levadas à indústria (ALMEIDA, STINGEL & ARRIGONI, 2008).

2.3. Caracterização varietal

Atualmente diversas variedades são plantadas em todo o país de acordo com as características de clima e solo na região, sempre buscando maior produtividade e adaptação na área. Com isso, programas de melhoramento genético varietal têm sido desenvolvidos em grandes centros de pesquisa, como o Centro de Tecnologia Canaveira (CTC), Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), entre outros.

A variedade CTC3 destaca-se pela brotação de soqueira e longevidade. Não floresce, isoporiza pouco e é indicada para colheita no final de safra. Por ser altamente responsiva, é recomendada para ambientes de alto potencial de produção. Apresenta fibra baixa, é resistente à ferrugem marrom, carvão, mosaico e amarelecimento. Apresenta reação intermediária à ferrugem alaranjada, à broca-da-cana e é moderadamente suscetível à escaldadura. As características morfológicas principais são na touceira, crescimento levemente decubente, despalha fácil e perfilhamento médio a alto. Nos colmos, os entrenós são de coloração roxa e o comprimento é entre médio e longo com diâmetro longo. Tem aspecto manchado e pouca cera. Não apresentam canaletas (CTC, 2010).

A variedade RB92579 possui arquitetura foliar com pontas curvas, copa de volume regular e tonalidade intermediária. As folhas de limbo são largas e o serrilhamento do bordo é fraco. Os palmitos têm coloração verde-roxa, fraca presença de cera e despalha difícil. Os entrenós são cilíndricos e diâmetro médio com aspecto manchado e pouca cera, coloração roxa ao sol e amarelo-esverdeado sob a palha e gema triangular. Possui excelente brotação na planta e na soca, alto perfilhamento proporcionando ótimo fechamento de entrelinhas. Floresce pouco e cresce lentamente. Possui alta produtividade agrícola nos quatro primeiros cortes. Alto teor de sacarose, maturação média, longo PUI e médio teor de fibras. Não apresenta restrição à diferentes ambientes de produção. Apresenta resistência intermediária à escaldadura das folhas e é resistente à ferrugem (SIMÕES NETO et al., 2005).

2.4. Bioecologia da praga

A broca-da-cana-de-açúcar é um inseto que apresenta desenvolvimento holometabólico, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto (BOTELHO & MACEDO, 2002). O adulto da broca-da-cana é uma mariposa com as asas anteriores de coloração amarelo-palha, com alguns desenhos pardacentos, e as asas posteriores esbranquiçadas com 25 mm de envergadura. Após o acasalamento, a fêmea faz postura nas folhas da cana, preferencialmente na face abaxial (MENDOÇA et al., 1996).

A eclosão das larvas acontece entre de 4 a 9 dias. As lagartas recém-eclodidas alimentam-se, no início, do parênquima das folhas, convergindo, a seguir, para a bainha; depois da primeira ecdise, penetram pela parte mais mole do colmo, e perfurando-o, abrem galerias de baixo para cima, ou então migram para a região do cartucho da planta à procura de abrigo, permanecendo ali por um período que varia de uma a duas semanas, alimentando-se pela raspagem da folha da cana ou da casca do entrenó em formação (MENDONÇA et al., 1996).

Ao atingirem seu completo desenvolvimento, em média aos 40 dias, as lagartas medem cerca de 23 mm de comprimento, sendo de coloração amarelo-pálida e cabeça marrom. Fazem então, um orifício para o exterior, fechando-o com fios de seda e serragem, e passam a fase de pupa, de coloração castanha. Ficam nesse estágio de 9 a 14 dias, quando emerge o adulto, que sai pelo orifício feito anteriormente pela lagarta. O ciclo evolutivo completo é de 53 a 60 dias, e em nosso meio podem ocorrer até quatro gerações anuais, em casos excepcionais até cinco, dependendo das condições climáticas (GALLO et al., 2002).

A fêmea é maior que o macho, normalmente apresentando abdômen mais volumoso e as asas menos pigmentadas do que as do macho, que apresenta como característica principal uma concentração de cerdas no último par de pernas, ausentes nas pernas da fêmea. O período de vida do adulto é de 5 dias em média (BOTELHO & MACEDO, 2002).

2.5. Distribuição espacial de insetos

A disposição dos organismos no espaço, de acordo com TAYLOR (1984) é uma característica ecológica da espécie, resultante do nascimento, morte e migração de indivíduos.

O conhecimento das distribuições de probabilidade que descrevem as disposições espaciais de insetos pragas, obtidas a partir dos dados de contagens, é importante para o estabelecimento de planos de amostragem, análises estatísticas, e conseqüentemente na decisão sobre o controle de pragas (TAYLOR, 1984).

Três disposições básicas descrevem os arranjos espaciais ocupados pelos insetos: disposição espacial ao acaso ou aleatória, disposição regular ou uniforme e disposição agregada ou contagiosa (RABINOVICH, 1980; TAYLOR, 1984).

Para SILVEIRA NETO et al., (1976) não há um método de amostragem universal para avaliar insetos. O método ideal deve se basear em princípios básicos da estatística e no conhecimento da distribuição espacial, do ciclo de vida e do comportamento do inseto. Além destes fatores, deve-se considerar a questão econômica, pois nenhum plano de amostragem será considerado bom se não for economicamente viável. Um plano racional no controle de pragas visa evitar o aumento do custo de produção devido a excessivas aplicações de inseticidas, e o conhecimento da distribuição da praga é de fundamental importância para definir um plano de amostragem (BARBOSA & PERECIN, 1982).

Para medir a disposição espacial são utilizados índices de agregação ou de dispersão, cuja aplicação é imprescindível em estudos ecológicos ou métodos de amostragem (GREEN, 1966).

Um índice deve se apoiar em hipóteses razoáveis e apresentar validade estatística (WATERS & HENSON, 1959). De acordo com TAYLOR (1984), um índice deve possuir alguns atributos desejáveis, tais como:

- a) Reproduzir valores reais e contínuos para todo grau de agregação (desde regular até altamente contagioso);
- b) Não ser afetado pelo número de unidades amostrais, pelo tamanho da

unidade amostral ou pelo número total de indivíduos na amostra;

- c) Ser fácil de calcular;
- d) Ter uma interpretação biológica;
- e) Permitir testes de significância.

De acordo com RABINOVICH (1980), não existe um índice que satisfaça, na maioria dos casos, a todas estas condições. Portanto, para escolher o índice mais adequado, é necessário ter um conhecimento geral sobre a disposição dos insetos e uma idéia da variabilidade das áreas quanto ao número, tamanho das amostras e densidade média. A seguir serão descritos alguns modelos matemáticos utilizados para estudo da disposição espacial de insetos.

2.5.1. Razão variância/média

Este índice é o mais comum, também chamado índice de dispersão. É a relação entre a variância e a média, cujo afastamento da aleatoriedade pode ser testado por meio do teste de qui-quadrado com N-1 graus de liberdade, $\chi^2 = (N-1) s^2/m$ (ELLIOT, 1979). De acordo com RABINOVICH (1980), este índice serve para medir o desvio de um arranjo das condições de aleatoriedade.

2.5.2. Índice de Morisita

Este índice foi desenvolvido por Morisita (1962) e tem a vantagem de ser relativamente independente do tipo de distribuição e do número de unidades amostrais. A limitação deste índice é que este recebe muita influência da quantidade de amostras, sendo necessário para uma utilização segura, que o número de unidades amostrais seja o mesmo nos campos que estejam em comparação (MARCELINO, 1996).

2.5.3. Parâmetro k da distribuição binomial negativa

O parâmetro k é um indicador da agregação de artrópodes, quando os dados se

ajustem à distribuição binomial negativa (SOUTHWOOD, 1978; ELLIOTT, 1979). Segundo TAYLOR (1961), o inverso de k é uma medida de agregação.

Quando os valores são negativos indicam uma distribuição regular ou uniforme; quando são baixos e positivos ($k < 2$) indicam uma disposição altamente agregada; valores de k variando de 2 a 8 indicam uma agregação moderada; e valores superiores a 8 ($k > 8$) indicam uma disposição ao acaso (SOUTHWOOD, 1978).

SOUTHWOOD (1978) e ELLIOTT (1979) comentam que existem diversos métodos para estimar o valor de k , sendo que dentre eles os mais utilizados são o método dos momentos e o método da máxima verossimilhança.

2.5.4. Expoente k comum (k_c)

Este índice é utilizado quando existe um mesmo grau de agregação em diferentes amostragens, podendo ser calculado quando não há dependência entre as médias e os valores de k . Sua aplicação é de fundamental importância para a utilização da técnica de amostragem sequencial e na transformação de dados para a elaboração de análises de variância e teste t , sendo que quando o valor de k é constante para uma praga, o nível de agregação é uma característica da espécie (ELLIOTT, 1979).

A aplicação de k_c é fundamental na técnica da amostragem sequencial e na transformação dos dados originais para a elaboração de análises de variância de dados de levantamento de pragas (NASCIMENTO, 1995; MARCELINO, 1996). De acordo com BLISS & OWEN (1958), este expoente pode ser calculado a partir de dados provenientes de diferentes áreas ou de uma mesma área dividida em blocos.

2.5.5. Distribuição de Poisson

Este modelo foi desenvolvido por Poisson em 1884 e caracteriza-se por ter a variância igual à média ($\sigma^2 = m$) sendo que deste modo a função de probabilidades só possui um parâmetro (CASSIE, 1962).

Embora este tipo de distribuição não seja de ocorrência muito frequente,

populações de colonizadores e altas densidades populacionais levam frequentemente à distribuição de Poisson (SOUTHWOOD, 1978).

2.5.6. Distribuição binomial negativa

Segundo TAYLOR (1984), a distribuição binomial negativa foi introduzida em estudos ecológicos, descrevendo as populações onde a variância foi maior que a média ($\sigma^2 > m$) significando uma agregação de indivíduos.

Este modelo matemático tem versatilidade na sua utilização, pois enquanto as distribuições de Poisson e binomial positiva têm que cumprir hipóteses específicas, a distribuição binomial negativa pode ser derivada de pelo menos cinco modelos com interpretação ecológica (MARCELINO, 1996).

2.5.7. Distribuição binomial positiva

Este modelo caracteriza-se por ter a variância menor do que a média ($\sigma^2 < m$). Segundo BARBOSA (1985) essa distribuição é a que melhor descreve a proporção de plantas atacadas por insetos, pois nestes casos, as variâncias são geralmente inferiores à média.

A série de probabilidades é obtida pela expansão do binômio $(p + q)^k$, onde k é o número máximo de indivíduos que a unidade amostral poderá conter; p é a probabilidade de que qualquer espaço seja ocupado por um indivíduo e q é a probabilidade de não ocorrer a presença desse indivíduo (GREIG-SMITH, 1964).

2.6. Distribuição espacial de *D. saccharalis* utilizando de mapas de krigagem

A geoestatística é uma ferramenta importante no complemento do estudo da distribuição espacial de insetos, pois nesse tipo de mapa é possível visualizar facilmente o comportamento da variável em estudo. Na maioria das vezes, o interesse da análise geoestatística não se limita à obtenção apenas de um modelo de variabilidade espacial,

desejando-se ainda a avaliar valores de pontos não amostrados. Para isso usa-se a krigagem, que utiliza a dependência espacial entre amostras vizinhas, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo sem tendência e variância mínima (VIEIRA et al., 1983).

Segundo SILVA JUNIOR (2001), a krigagem pode ser chamada de interpolador, pois pondera os valores do ponto vizinho do ponto a ser estimado, obedecendo aos critérios de não tendenciosidade e de variância mínima. Neste sentido, a krigagem nada mais é do que uma medida ponderada dos valores observados de uma determinada variável dentro de uma vizinhança. Somente os pontos que estão espacialmente relacionados com o local a ser estimado são usados na krigagem. Neste caso, para a elaboração do mapa de estudo, é necessário interpolar os pontos amostrados para a obtenção de uma estimativa.

Essa estimativa (z^*) é uma combinação linear dos valores das medidas vizinhas (x_0), como segue a equação:

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i)$$

- z^* = estimativa
- x_0 = combinação linear dos valores das medidas vizinhas
- N = número dos valores medidos envolvidos na estimativa $z(x_i)$
- λ_i = peso associada a cada valor medido.

2.7. Amostragem sequencial

Tanto do ponto de vista econômico como ecológico, há vantagens em se adotar um plano racional no controle de pragas, evitando, dessa maneira, o aumento do custo de produção devido a excessivas aplicações de inseticidas e colaborando para reduzir os danos causados ao meio ambiente.

Quando se adota um plano racional de controle de pragas, uma das maiores dificuldades está na decisão sobre o momento em que se deve controlar a praga. Para tomada de decisão, há necessidade de acompanhamento constante da infestação da praga na cultura, que pode ser realizado mediante o emprego de amostragens periódicas (BARBOSA, 1992).

Neste sentido, destaca-se a amostragem sequencial, desenvolvida por WALD (1947) para a indústria de produtos manufaturados e posteriormente aplicada para estudar populações de peixes por OAKLAND (1950), e em, muitos trabalhos com levantamentos de insetos como COSTA (2006), COSTA, M. G. (2009), DANTAS (2002), MARCELINO (1996), STARK (1952).

Segundo BARBOSA (1992), a amostragem sequencial caracteriza-se por utilizar amostras de tamanho variável onde são testadas hipóteses sobre os parâmetros sem a necessidade de estimá-los. Ao contrário da amostragem convencional que utiliza número fixo de unidades amostrais (KOGAN & HERZOG, 1980).

Assim, formulada uma hipótese, podemos aceitá-la, rejeitá-la, ou continuar amostrando, baseado nos resultados acumulados de cada amostragem. Portanto, em cada amostragem toma-se uma dessas três decisões.

As fórmulas matemáticas utilizadas pela amostragem sequencial foram estendidas para organismos, cujas distribuições de contagens podem ser descritas pelas leis normais, Poisson, binomial e binomial negativa (WATERS & HENSON, 1959).

BARBOSA (1985) propôs dois planos de amostragem sequencial de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar, baseados em levantamentos do número de internódios atacados por colmo. Porém, não foram desenvolvidas amostragens com base no número de formas biológicas, como ovo, lagarta, pupa ou adulto de *D. saccharalis* encontradas.

Três requisitos são necessários para o desenvolvimento de um plano de amostragem sequencial para insetos (RUESINK & KOGAN, 1975):

a) A obtenção de uma função de densidade de probabilidades que descreve a distribuição das contagens dos insetos e que permita a construção do plano.

b) O nível de dano econômico na forma de duas densidades populacionais críticas, tais que o dano ocorre se a população da praga ultrapassa o limite superior, e não ocorre se a população permanecer abaixo do limite inferior previamente definido.

c) A seleção de níveis máximos de probabilidade de cometer erros na decisão sobre densidades populacionais, isto é, probabilidades α e β de predizer uma densidade populacional não prejudicial como sendo prejudicial, e a de predizer uma densidade prejudicial como sendo não prejudicial, respectivamente.

A amostragem sequencial (Teste Sequencial da Razão de Verossimilhança - TSRV) é um procedimento onde amostras são retiradas em sequência e as decisões são feitas após a leitura de cada amostra. O TSRV permite testar, com o menor número esperado de amostras, as hipóteses $H_0: m = m_0$ "versus" $H_a: m = m_1$, onde m representa as médias de infestação, e $m_1 > m_0$ (WALD, 1945).

Do ponto de vista entomológico, no TSRV, a rejeição de H_0 (aceitação de H_1), pode indicar a necessidade de controle da praga, e a aceitação de H_0 o não-controle, tal como foi feito por ALLEN, GONZALEZ & GOKHALE (1972).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os levantamentos foram realizados em duas áreas com cana-de-açúcar com alta e baixa intensidade de infestação da broca-da-cana. A área com baixa intensidade de infestação, variedade CTC3, classificada com resistência intermediária à broca-da-cana (CTC, 2010), na Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP (21°17'48"S, 48°10'36"O) e outra área com alta intensidade de infestação, variedade RB92579, que não apresenta resistência à broca-da-cana (SIMÕES NETO et al., 2005), na Usina Quatá, em Quatá/SP (22°14'02"S, 50°36'27"O).

As duas áreas foram avaliadas durante três estágios de desenvolvimento da planta: 4,0, 6,5 e 9,0 meses após o plantio com amostragens realizadas em 03/07/2008, 17/09/2008 e 25/11/2008 na Usina São Carlos e 03/11/2008, 12/01/2009 e 25/03/2009 na Usina Quatá. As duas áreas avaliadas eram cana planta com espaçamento entre ruas de 1,5 metros e não foram aplicados produtos químicos no período de estudo.

As amostragens ocorreram em áreas de 1 hectare (ha) da cultura. Na área com baixa infestação (variedade CTC3) foram demarcadas 10 ruas de 100 metros de comprimento cada com 10 metros de distâncias entre elas. As ruas foram subdivididas em 10 parcelas de 10 metros cada ($10 \times 10 = 100 \text{ m}^2$), totalizando 100 parcelas/ha (Figura 1). Na área com alta infestação (variedade RB92579), devido ao tamanho do talhão não foi possível usar a mesma disposição utilizada na área da variedade CTC3, então, foram demarcadas 4 ruas de 250 metros de comprimento cada com 10 metros de distâncias entre elas. As ruas foram subdivididas em 25 parcelas de 10 metros cada ($4 \times 25 = 100 \text{ m}^2$), totalizando 100 parcelas/ha (Figura 2).

Em ambas as áreas foram mantidas bordaduras de 10 metros de comprimento entre a rua do talhão até a primeira parcela. Nessa bordadura não foram colocados pontos amostrais, para eliminar a possível influência da proximidade da rua, na amostragem.

As parcelas foram identificadas com estacas de madeira a cada 10 metros nas ruas do levantamento. Cada parcela foi constituída por uma unidade amostral de 2 ruas paralelas de 5 metros lineares cada, utilizando um gabarito com marcações a cada 1

metro dentro dos 5 metros iniciais, de forma que obteve-se os dados a cada metro amostrado (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) (Figura 3), conforme metodologia adotadas e modificado do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) (ALMEIDA, STINGEL & ARRIGONI, 2008).

Foram analisados e despalhados, no próprio local, todos os colmos das canas das unidades amostrais e somente abertos os que continham o orifício de saída provocado pelas lagartas da broca-da-cana. Contabilizaram-se todas as lagartas de *D. saccharalis* encontradas, conforme amostragem sugerida e modificada de ALMEIDA, STINGEL & ARRIGONI, (2008). Os dados obtidos de cada parcela foram registrados em fichas próprias da coleta.

Os dados observados foram submetidos à análise estatística para determinação do grau de agregação e do modelo probabilístico que melhor descrevesse a distribuição espacial da praga, conforme descrito por BARBOSA (1985).

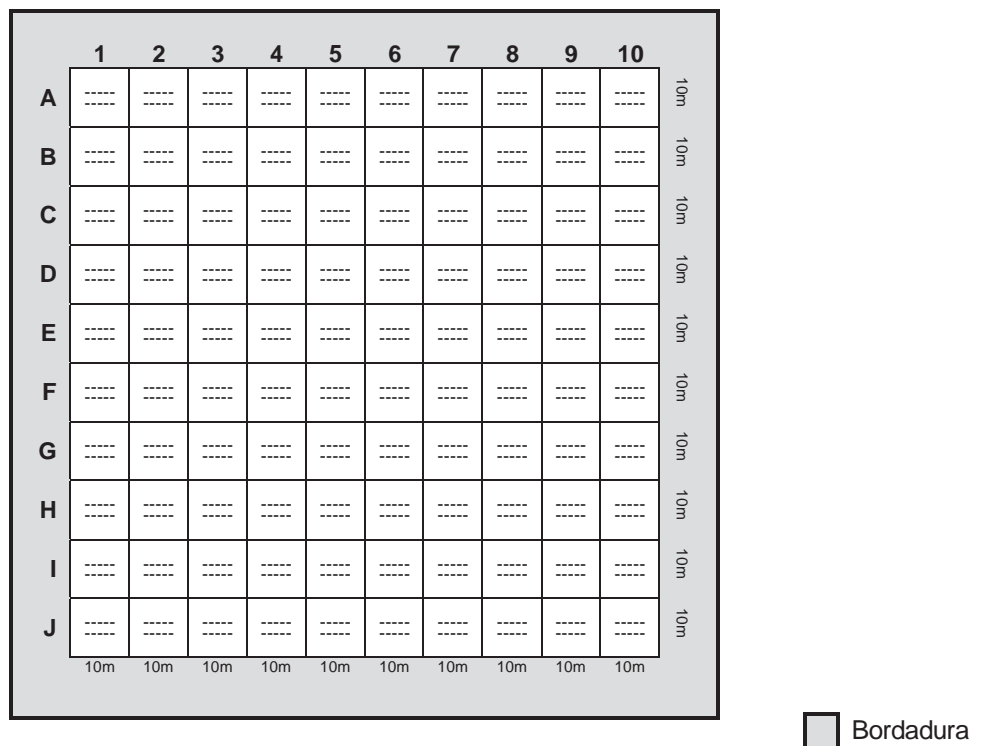


Figura 1. Esquema das parcelas para amostragem de *Diatraea saccharalis* em 1 hectare de cana-de-açúcar em área de baixa infestação na variedade CTC3, na Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP.

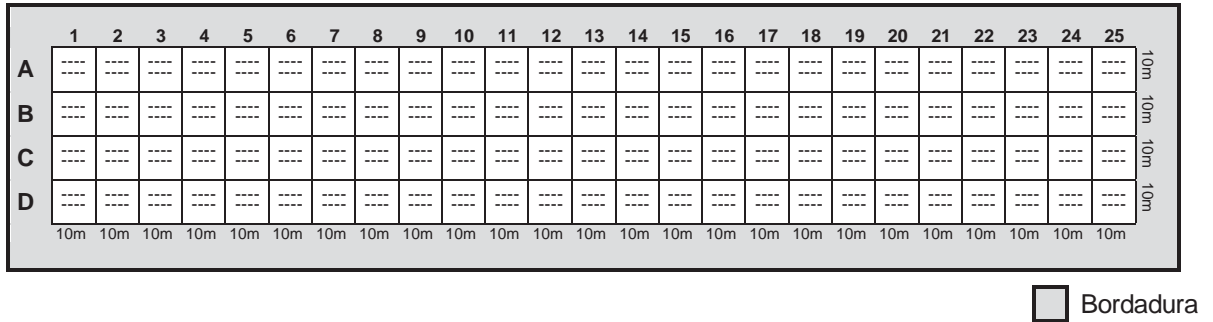


Figura 2. Esquema das parcelas para amostragem de *Diatraea saccharalis* em 1 hectare de cana-de-açúcar em área de alta infestação na variedade RB92579, na Usina Quatá, em Quatá/SP.

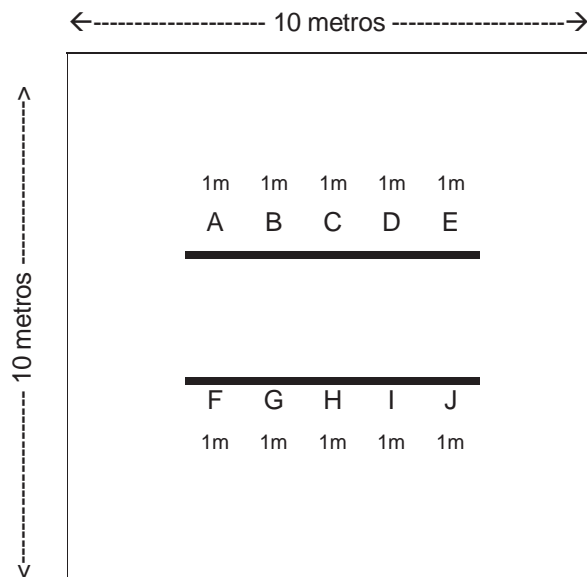


Figura 3. Esquema de uma parcela para amostragem de *Diatraea saccharalis* composta por uma unidade amostral de duas ruas paralelas de 5 metros cada no centro da área de 10 x 10 metros (100m²).

3.1. Índices de agregação

Foram estudados os seguintes índices de agregação:

Razão variância/média. Foi utilizada para medir os desvios das condições de aleatoriedade. Valores iguais à unidade indicam distribuição espacial aleatória, valores menores que a unidade, distribuição uniforme, e valores maiores que a unidade, distribuição agregada (RABINOVICH, 1980). É dada por:

$$I = \frac{s^2}{\hat{m}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{m})^2}{\hat{m}(n-1)}$$

onde: s^2 = variância amostral, \hat{m} = média amostral, x_i = número de lagartas em 10 metros lineares e n = números de pontos amostrais.

O teste de afastamento da aleatoriedade foi efetuado utilizando do teste de qui-quadrado com $n-1$ graus de liberdade mediante a expressão:

$$X^2 = I \cdot (n-1)$$

ou seja:

$$X^2 = \frac{s^2(n-1)}{\hat{m}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{m})^2}{\hat{m}} \sim \chi^2_{(n-1)}$$

e rejeita-se a aleatoriedade quando o $X^2 \geq \chi^2_{(n-1)}$.

Índice de Morisita. Indica que a distribuição é aleatória quando igual a 1, agregada quando é maior que 1 e uniforme quando menor que 1. MORISITA (1962) desenvolveu a seguinte fórmula:

$$I_s = n \frac{\sum [x(x-1)]}{\sum x(\sum x-1)} = n \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x}$$

onde: n = número de pontos amostrais e $\sum x$ = somatória do número de lagartas em 10 metros lineares.

O afastamento da aleatoriedade foi testado por:

$$X_{\delta}^2 = I_{\delta}(\sum x_i - 1) + n - \sum x_i \sim \chi_{(n-1)}^2$$

Se $X_{\delta}^2 \geq \chi_{(n-1)g.l.;0,05}^2$, rejeita-se a hipótese de aleatoriedade da distribuição.

Coefficiente de Green. É aceitável para comparações de distribuições agregadas, sendo que se os valores calculados forem negativos indicam um padrão uniforme, e quando positivos, um padrão agregado (GREEN, 1966). Baseia-se na razão variância/média amostral e é dado por:

$$C_x = \frac{(s^2 / \hat{m}) - 1}{\sum_{i=1}^n x_i - 1}$$

Expoente k da distribuição binomial negativa. Quando os valores forem negativos indicam uma distribuição uniforme, quando forem baixos e positivos ($k < 2$) indicam uma disposição altamente agregada, valores de k variando de 2 a 8 indicam uma agregação moderada e valores superiores a 8 ($k > 8$) indicam uma disposição aleatória (ELLIOTT, 1979). A estimativa inicial dos valores de k foi feita pelo método dos momentos:

$$\hat{k} = \frac{\hat{m}^2}{s^2 - \hat{m}}$$

e posteriormente, para obter maior precisão, pelo método da máxima verossimilhança:

$$N \ln \left(1 + \frac{\hat{m}}{\hat{k}} \right) = \sum_{i=1}^{nc} \left(\frac{A(x_i)}{\hat{k} + x_i} \right)$$

onde: N = número de pontos amostrais, $A(x_i)$ = soma das frequências de valores maiores que x , nc = número de classes da distribuição de frequências e x_i = número de lagartas por 10 metros lineares.

3.2. Modelos probabilísticos para estudo da distribuição de frequência da praga

Aos dados de cada amostragem em cada talhão avaliado foram testados os ajustes da distribuição de Poisson, que tem como hipótese que todos os indivíduos têm a mesma probabilidade de ocupar um lugar qualquer no espaço e que a presença de um indivíduo não afeta a presença de outro (BARBOSA & PERECIN, 1982), e da distribuição binomial negativa, onde a ocorrência de um indivíduo limita a ocorrência de indivíduos vizinhos na mesma unidade (PERECIN & BARBOSA, 1992).

Os modelos apresentam um bom ajuste aos dados originais quando as frequências observadas e esperadas são próximas. Esta proximidade foi testada utilizando de um teste de qui-quadrado, dado por:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{n_c} \frac{(FO_i - FE_i)^2}{FE_i}$$

onde: FO_i = frequência observada na classe i , FE_i = frequência esperada na classe i e n_c = número de classes da distribuição de frequências.

O número de graus de liberdade do χ^2 é dado por: g.l. = número de classes - n° de parâmetros estimados na amostra - 1, ou seja: g.l. = $n_c - n_p - 1$. Rejeita-se o ajuste à distribuição estudada, se , com $\alpha = 0,05$.

3.3. Distribuição espacial de *D. saccharalis* utilizando de mapas de krigagem

Para visualizar o comportamento da distribuição espacial de lagartas de *D. saccharalis* nas áreas experimentais, foram elaborados os mapas de krigagem utilizando do programa SURFER versão 9.0.

3.4. Estimativa do expoente k comum (kc)

Para encontrar um valor de k comum, que representasse a maioria das amostragens, foi utilizado o método proposto por BLISS & OWEN (1958), conhecido como método da regressão ponderada.

Para cálculo do kc do número de lagartas por 10 metros lineares, as amostragens das duas variedades foram analisadas em conjunto.

A homogeneidade de k , nas diferentes amostras, foi testada utilizando o teste de qui-quadrado com $(G-2)$ graus de liberdade, onde G é o número de amostras. Também foi realizado teste da análise de variância da regressão linear ponderada (teste da intersecção e da inclinação da regressão linear). Para que o ajuste de kc seja aceito, o valor de F para a inclinação ($1/kc$) deve ser significativo, e o valor de F para o “*intercepto versus zero*” deve ser não significativo. Um valor de F significativo para o intercepto indica uma falta da homogeneidade dos valores de k (BLISS & OWEN, 1958).

3.5. Amostragem sequencial

Os planos foram baseados no Teste Sequencial da Razão de Verossimilhança (TSRV), de acordo com a metodologia desenvolvida por WALD (1945). Como o Kc das duas variedades apresentou boa significância dos dados, foi construído um plano de amostragem único para os diferentes níveis de resistência.

O estabelecimento do plano foi realizado de acordo com a distribuição espacial obtida, no caso, distribuição agregada da população de broca-da-cana e a distribuição binomial negativa foi a que melhor explicou a distribuição da praga.

O objetivo do plano de amostragem sequencial é testar com o menor número esperado de amostras as hipóteses $H_0: m = m_0$ vs $H_1: m = m_1$, onde m representa as médias de infestação em cada avaliação (BARBOSA, 1992). A rejeição de H_0 , ou seja, aceitação de H_1 pode indicar a necessidade de aplicação de métodos de controle dos

insetos e a aceitação de H_0 , a não aplicação (ALLEN, GONZALEZ & GOKHALE, 1972; BARBOSA, 1992).

As linhas de decisão superior e inferior do teste são definidas como: $S_1=h_1+aN$; e $S_0=h_0+aN$, respectivamente. Analisando-se um sistema ortogonal de 2 eixos e plotando-se S nas ordenadas e N nas abscissas, continua-se amostrando sucessivamente até que o valor de S fique acima ou sobre a reta superior ($S_1=h_1+aN$) quando rejeita-se H_0 , ou abaixo ou sobre a reta inferior ($S_0=h_0+aN$) quando aceita-se H_0 .

O valor de N indica o número de unidades amostrais a serem utilizadas na amostragem. Os valores h_0 , h_1 e a foram determinados em função do tipo de distribuição espacial da praga, que neste caso, segue o modelo binomial negativo, utilizando seguintes equações (YOUNG & YOUNG, 1998):

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

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

$$a = k \frac{\ln\left[\frac{m_1+k}{m_0+k}\right]}{\ln\left[\frac{m_1(m_0+k)}{m_0(m_1+k)}\right]}.$$

onde: m_0 = nível de segurança

m_1 = nível de controle

O nível de controle (m_1) adotado para as lagartas foi de 1,5 lagartas por 10 metros lineares. O nível de segurança (m_0) foi adotado como sendo de 0,5 lagartas por

10 metros lineares, tendo por base o nível de controle de 800 a 1000 lagartas por hectare conforme sugestão do CTC descrito por ALMEIDA, STINGEL & ARRIGONI, (2008). Os valores para os erros tipo I e II foram $\alpha = \beta = 0,10$, sendo este valor o mais indicado para estudos com insetos (YOUNG & YOUNG, 1998).

Foi construída para cada plano a Curva Característica de Operação $CO(m)$, que fornece a probabilidade de acerto na tomada de decisão para um determinado nível de infestação. Essa função emprega uma variável auxiliar h dependente de m e é calculada com o emprego da seguinte expressão (YOUNG & YOUNG, 1998):

$$CO(m) = \frac{\frac{(1-\beta)^h - 1}{\alpha}}{\frac{(1-\beta)^h}{\alpha} - \frac{(\beta)^h}{1-\alpha}} .$$

A curva de tamanho Esperado $E(N)$ que fornece o tamanho médio esperado de amostra para a decisão sobre a aceitação ou não de H_0 foi calculada utilizando a expressão (YOUNG & YOUNG, 1998):

$$E(N) = \frac{CO(m)(h_0 - h_1) + h_1}{m - S} .$$

3.6. Comparações entre métodos de amostragem

Os dados obtidos nos levantamentos foram analisados em experimento fatorial de dois fatores: linhas (1 ou 2) e tamanhos da linha (1, 2, 3, 4 ou 5 metros) pelo Teste F ao nível de 5% de significância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey através do programa AgroEstat (Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos). A análise foi feita nas duas áreas com alta e baixa infestação, sendo 100 repetições em cada.

Foi testada a necessidade de avaliar duas linhas (Fator A):

- . Linha 1 (lado direito da rua)
- . Linha 2 (lado esquerdo da rua)

Foram avaliados os diferentes comprimentos das linhas (Fator B):

- . Tratamento 1: média de 1 metro linear
- . Tratamento 2: média de 2 metros lineares
- . Tratamento 3: média de 3 metros lineares
- . Tratamento 4: média de 4 metros lineares
- . Tratamento 5: média de 5 metros lineares

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Incidência da praga

De acordo com os valores obtidos, observou-se que para a área de baixa infestação (variedade CTC3), as médias de lagartas de *D. saccharalis* encontradas nos colmos de canas avaliados em diferentes épocas de desenvolvimento da cultura em Jaboticabal/SP, foram menores que na área de alta infestação (variedade RB92579) em Quatá/SP, corroborando com a classificação de resistência das variedades e a infestação nas áreas. A média de lagartas encontradas nas 3 amostragens na área de baixa infestação foi de 0,28 lagartas por 10 metros lineares. Na área com alta infestação, a média foi de 4,83 lagartas por 10 metros lineares (Tabelas 1 e 2).

Nota-se que na área de baixa infestação, a média de lagartas por 10 metros lineares foi muito baixa em todos os levantamentos realizados. Aos 4,0 meses de desenvolvimento da cultura a média de lagartas por 10 metros lineares foi de 0,09, aos 6,5 meses, 0,39, e, aos 9,0 meses, 0,37 lagartas por 10 metros lineares. Diferentemente, na área de alta infestação, a média de lagartas por 10 metros lineares foi semelhante em todas as fases de desenvolvimento avaliadas, com 4,7, 5,0 e 4,7 lagartas em 10 metros lineares, nas amostragens com 4,0, 6,5 e 9,0 meses, respectivamente (Tabelas 1 e 2). ROSSI (2003) avaliando as possíveis causas da variação espacial em *D. saccharalis*, *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) e populações de taquinídeos, em áreas de diferentes usinas de cana-de-açúcar em um longo trabalho de mais de 13 anos de coleta de dados em diferentes variedades, confirmou que densidade populacional de *D. saccharalis* é positivamente correlacionada ao número de cortes da planta. Provavelmente esse fato está associado ao tipo de postura dessa praga, ou seja, os ovos são colocados na bainha das folhas de forma imbricada e em grupos, com isso permanece na palha da cana no campo, mesmo após o corte da cana, favorecendo a infestação da broca nos cortes sequentes.

Segundo NAVA, PINTO & SILVA (2009), o nível de controle da broca-da-cana é de 800 a 1000 brocas/ha, portanto o talhão com alta infestação (variedade RB92579) estaria acima do nível de dano econômico (4.830 lagartas/ha), sendo necessário o controle imediato e o talhão com baixa infestação (variedade CTC3) estaria abaixo do nível de dano econômico (283 lagartas/ha), não sendo necessário o controle.

4.2. Índices de dispersão

Os valores obtidos na relação variância/média (I) foram maiores que a unidade em todas as amostragens de ambas as áreas avaliadas, indicando que a distribuição das lagartas ocorreu de forma agregada nas duas intensidades de infestações avaliadas (Tabelas 1 e 2).

Os valores apresentados pelo Índice de Morisita (I_{δ}) também indicaram uma agregação das lagartas, já que em todas as amostragens apresentaram valores superiores à unidade em ambas as áreas avaliadas (Tabelas 1 e 2).

O teste do Coeficiente de Green (C_x) foi significativo somente para a idade média (6,5 meses) na área de baixa infestação e para todas as idades na área de alta infestação. A não significância dos dados nos levantamentos das idades 4,0 e 9,0 meses da área de baixa infestação está associada ao baixo número de lagartas por 10 metros lineares encontradas nessa área. Na área de alta infestação, todos os valores de C_x encontrados foram maiores que zero, indicando, segundo DAVIS (1993), distribuição agregada da população. Este tipo de distribuição foi confirmado pelos valores do parâmetro k da distribuição binomial negativa pelo método da máxima verossimilhança, que apresentou valor positivo e menor que 2 na idade de 4,0 meses, indicando alta agregação, e valores entre 2 e 8 nas idades de 6,5 e 9,0 meses, sugerindo agregação mediana (ELLIOTT 1979) (Tabela 2). Na área de baixa infestação, o valor de C_x para a idade de 6,5 meses de desenvolvimento foi maior que 0, também indicando distribuição agregada, confirmada pelo valor do parâmetro k igual a 0,3. O valor do parâmetro k entre 0 e 2 significa um alto índice de agregação (Tabela 1).

Tabela 1. Médias ($\pm EP$), variâncias e índices de dispersão para número total de lagartas de *Diatraea saccharalis* encontradas em 10 metros lineares de plantas de cana-de-açúcar localizadas em área com baixa infestação (variedade CTC3), durante três épocas de desenvolvimento da cultura na usina São Carlos, Jaboticabal/SP.

Índices	4,0 meses (03/07/2008)	6,5 meses (17/09/2008)	9,0 meses (25/11/2008)
$\hat{m} \pm EP$	0,09 \pm 0,0321	0,39 \pm 0,0942	0,37 \pm 0,0661
n	100	100	100
s^2	0,1029	0,8868	0,4375
$I = s^2 / \hat{m}$	1,1437	2,2738	1,1824
I_d	2,7778	4,3185	1,5015
$X^2 I_d$	113,22 ^{NS}	225,10 ^{**}	117,05 ^{NS}
Cx	0,0180 ^{NS}	0,0335 ^{**}	0,0051 ^{NS}
$k\ mom$	0,6265	0,3062	2,0289
$k\ máx\ ver.$	0,5810	0,2914	2,1262

$\hat{m} \pm EP$ = média amostral \pm Erro Padrão da média; n = número de observações; s^2 = variância amostral; I = razão variância/média; I_d = índice de Morisita; $X^2 I_d$ = teste de afastamento da aleatoriedade para I_d ; Cx = coeficiente de Green; $k\ mom$ = estimativa de k pelo método dos momentos; $k\ máx\ ver.$ = estimativa de k pelo método da máxima verossimilhança; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Médias ($\pm EP$), variâncias e índices de dispersão para número total de lagartas de *Diatraea saccharalis* encontradas em 10 metros lineares de plantas de cana-de-açúcar localizadas em área com alta infestação (variedade RB92579), durante três épocas de desenvolvimento da cultura na usina São Carlos, Quatá/SP.

Índices	4,0 meses (03/11/2008)	6,5 meses (12/01/2009)	9,0 meses (25/03/2009)
$\hat{m} \pm EP$	4,71 \pm 0,4624	5,04 \pm 0,3903	4,74 \pm 0,3743
n	100	100	100
s^2	21,3797	15,2307	14,0125
$I = s^2 / \hat{m}$	4,5392	3,0220	2,9562
I_d	1,7455	1,3980	1,4094
$X^2 I_d$	449,38 **	299,17 **	292,67 **
Cx	0,0075 **	0,0040 **	0,0041 **
$k \text{ mom}$	1,3308	2,4926	2,4230
$k \text{ máx ver.}$	1,7339	2,4636	2,6187

$\hat{m} \pm EP$ = média amostral \pm Erro Padrão da média; n = número de observações; s^2 = variância amostral; I = razão variância/média; I_d = índice de Morisita; $X^2 I_d$ = teste de afastamento da aleatoriedade para I_d ; Cx = coeficiente de Green; $k \text{ mom}$ = estimativa de k pelo método dos momentos; $k \text{ máx ver.}$ = estimativa de k pelo método da máxima verossimilhança; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% e probabilidade; ^{NS} Não significativo a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se verificar o afastamento da aleatoriedade confirmado pelos índices da razão variância/média, índice de Morisita e do coeficiente de Green testados, apresentaram resultados semelhantes em todas as amostragens, sendo na maioria significativos a 1% de probabilidade, rejeitando, portanto, a aleatoriedade. TAYLOR & TAYLOR (1977) sugerem que a agregação ocorre porque os indivíduos tendem a mover-se de forma dependente da densidade em áreas nas quais sua população é mais abundante. No caso da broca-da-cana, a agregação da população é favorecida pela característica da postura de ovos dos adultos, que são colocados em grupos com número variável de 5 a 50 ovos (GALLO et al., 2002), como também pela longevidade média dos adultos de apenas 5 dias (BOTELHO & MACEDO, 2002) e pela baixa mobilidade das lagartas recém-eclodida.

Resultados semelhantes foram encontrados em pesquisas feitas por HALL (1986), que encontrou infestação agregada em altas populações de lagartas de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar na Flórida, EUA. Entretanto, em outras pesquisas, os

resultados não apresentaram padrões similares. SCHEXNAYDER, REAGAN & RING (2001), avaliando a infestação de lagartas de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar no Sul da Louisiana concluíram que os mesmos índices avaliados nesse trabalho (I , I_{δ} e Cx) apresentaram padrões aleatórios de distribuição. Nesse caso, outras variáveis devem ser consideradas, como idade das plantas, variedades e condições ambientais da área em estudo.

4.3. Modelos probabilísticos

Inicialmente, efetuaram-se os testes de ajuste dos dados à distribuição de Poisson e, em seguida, como as médias foram inferiores às variâncias em todas as amostragens de lagartas de *D. saccharalis*, testou-se o ajuste à distribuição binomial negativa.

Para a área de baixa infestação (variedade CTC3), o ajuste à distribuição de Poisson na amostragem com 6,5 meses foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, indicando que a distribuição não é aleatória. Com relação ao ajuste à distribuição binomial negativa, os valores foram não significativos nas amostragens com 6,5 e 9 meses, confirmando, assim, agregação na distribuição espacial das lagartas de *D. saccharalis* (Tabela 3). Devido ao baixo número de lagartas por 10 metros lineares, os dados da amostragem com 4 meses não apresentaram graus de liberdade suficientes para análises.

Para a área de alta infestação (variedade RB92579), o ajuste à distribuição de Poisson apresentaram todas as amostragens significativas ao nível de 1% de probabilidade, confirmando que a distribuição não é aleatória. Com relação ao ajuste à distribuição binomial negativa, todos os valores foram não significativos nas três amostragens analisadas, sugerindo agregação na distribuição espacial das lagartas de *D. saccharalis* (Tabela 4). HUI, VELDTMAN & MCGEOCH (2010) avaliaram as medidas e os padrões na distribuição agregada de espécies e concluíram que esse índice é diretamente associado à distribuição binomial negativa.

O ajuste de todas as amostragens à distribuição binomial negativa está de acordo com os índices de dispersão testados, que indicaram distribuição agregada de *D. saccharalis*, tanto na variedade CTC3 com baixa infestação, quanto na variedade RB92579 com alta infestação. Nota-se que na variedade RB92579, onde foi possível encontrar maior quantidade de lagartas, favorecida pela suscetibilidade da variedade, todos os dados se ajustaram à distribuição agregada, confirmada pelos índices e pelos modelos probabilísticos. Na variedade CTC3, devido ao baixo número de lagartas por 10 metros lineares, favorecida pela resistência intermediária da variedade, a confirmação da aleatoriedade foi mais difícil pelos modelos probabilísticos, corroborando com COSTA, D. P. (2009) que concluiu que os índices de agregação não resultam em conclusões confiáveis quando a população é reduzida.

Tabela 3. Resultados obtidos no teste qui-quadrado para ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa aos dados de número de lagartas de *Diatraea saccharalis* encontradas nos diferentes estágios de desenvolvimento na área de baixa infestação (variedade CTC3) em cana-de-açúcar na Usina São Carlos em Jaboticabal/SP.

Distribuições	Índices	6,5 meses (17/09/2008)	9,0 meses (25/11/2008)
Poisson	X^2	8,1498 **	0,3837 ^{NS}
	gl	1	1
	p	0,0043	0,5357
Binomial Negativa	X^2	1,1380 ^{NS}	0,6612 ^{NS}
	gl	2	1
	p	0,5661	0,4161

X^2 = Estatística do teste qui-quadrado; gl = número de graus de liberdade do qui-quadrado; p = nível de probabilidade do teste qui-quadrado; *Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Resultados obtidos no teste qui-quadrado para ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa aos dados de número de lagartas de *Diatraea saccharalis* encontradas nos diferentes estágios de desenvolvimento na área de alta infestação (variedade RB92579) em cana-de-açúcar na Usina Quatá em Quatá/SP.

Distribuições	Índices	4,0 meses (03/11/2008)	6,5 meses (12/01/2009)	9,0 meses (25/03/2009)
Poisson	X^2	123,5148 **	132,0993 **	86,3781 **
	gl	9	10	9
	p	0,0000	0,0000	0,0000
Binomial Negativa	X^2	13,0358 ^{NS}	8,0821 ^{NS}	16,8731 ^{NS}
	gl	13	13	14
	p	0,4450	0,8382	0,2630

X^2 = Estatística do teste qui-quadrado; gl . = número de graus de liberdade do qui-quadrado; p = nível de probabilidade do teste qui-quadrado; *Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo a 5% de probabilidade.

Pode-se observar nas figuras 4, 5 e 6 as distribuições de frequências observadas (FO) e as esperadas (FE), estão de acordo com as distribuições de Poisson e Binomial Negativa para lagartas de *D. saccharalis* encontradas nos levantamentos em áreas de cana-de-açúcar, para as três amostragens na área de baixa infestação (variedade CTC3). Na distribuição de Poisson, somente a amostragem com 6,5 meses de desenvolvimento da cultura foi significativa ($p < 0,01$), indicando a agregação na distribuição espacial das lagartas de *D. saccharalis* (Figura 5). Devido ao número médio de lagartas por 10 metros lineares encontradas, o que indica uma população de 283 lagartas/ha, os gráficos dessa área não apresentaram uma curva de flutuação de lagartas acentuada, ou seja, em mais de 70% dos pontos amostrados não foram encontradas lagartas nos três levantamentos (Figuras 4, 5 e 6)

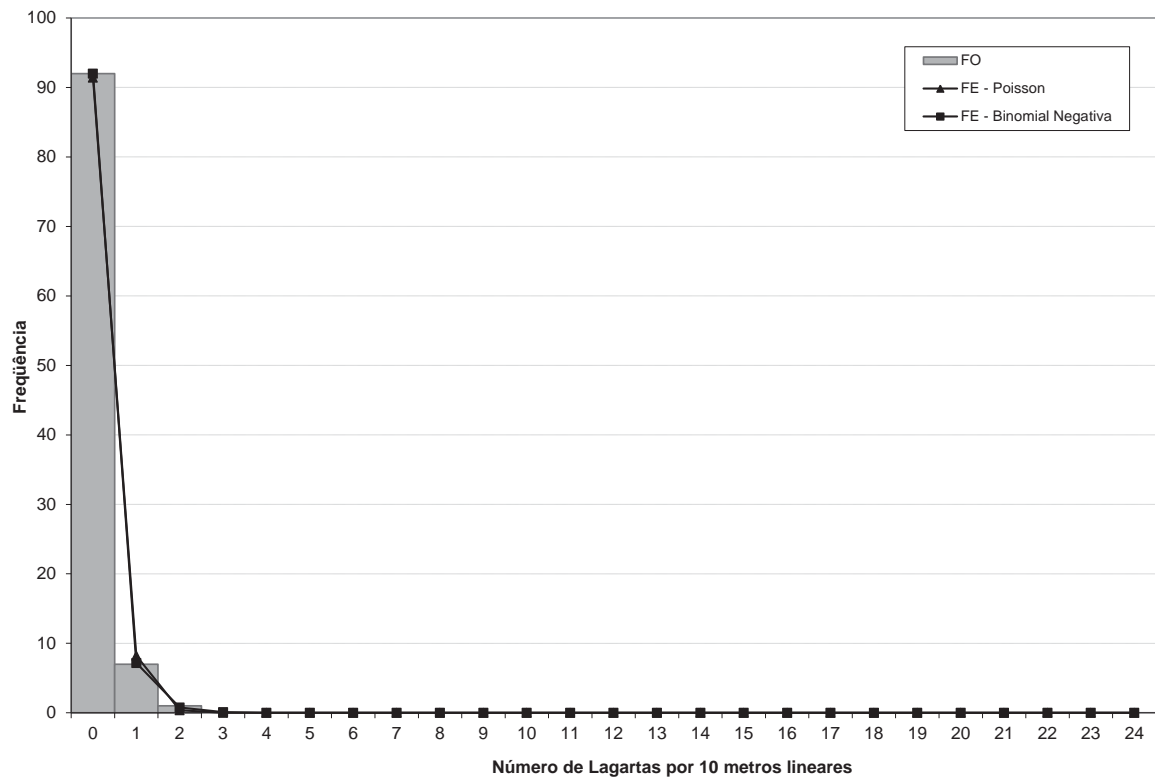


Figura 4. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de baixa infestação encontradas no levantamento aos 4 meses de desenvolvimento da variedade CTC3 em cana-de-açúcar na Usina São Carlos, Jaboticabal/SP no dia 03/07/2008.

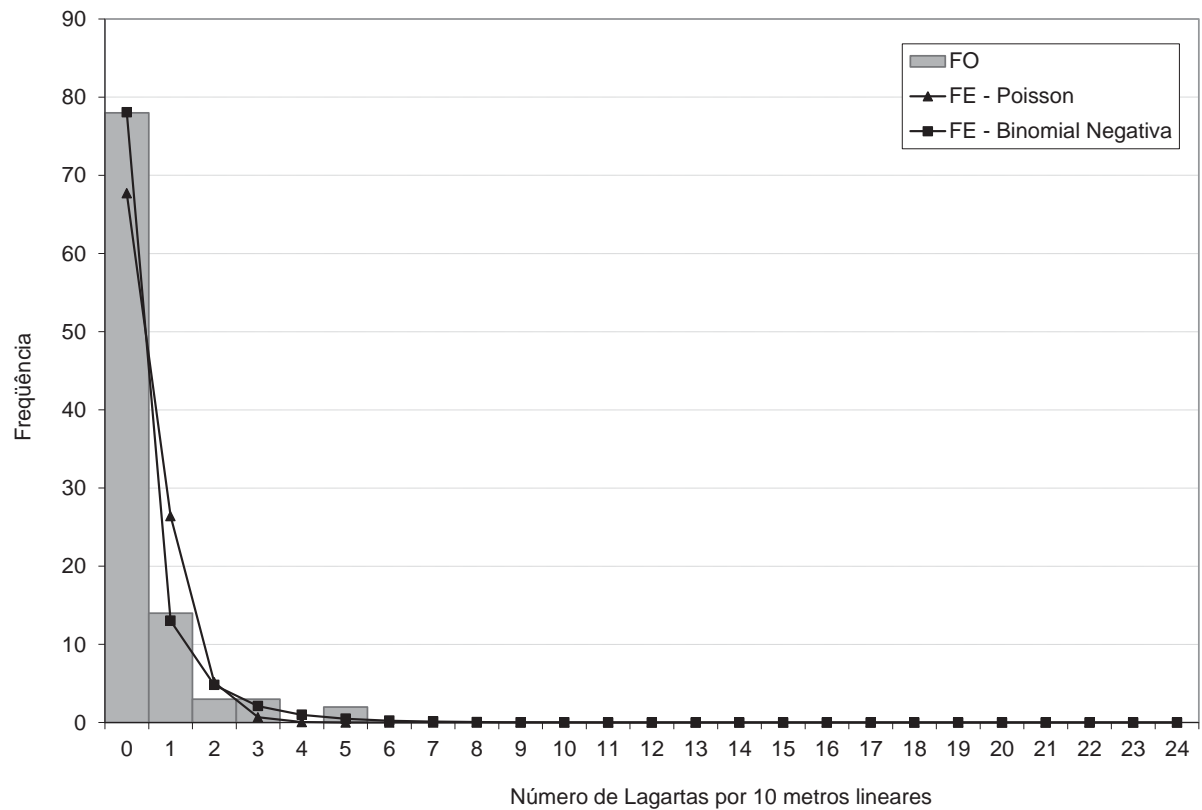


Figura 5. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de baixa infestação encontradas no levantamento aos 6,5 meses de desenvolvimento da variedade CTC3 de cana-de-açúcar na Usina São Carlos, Jaboticabal/SP no dia 17/09/2008.

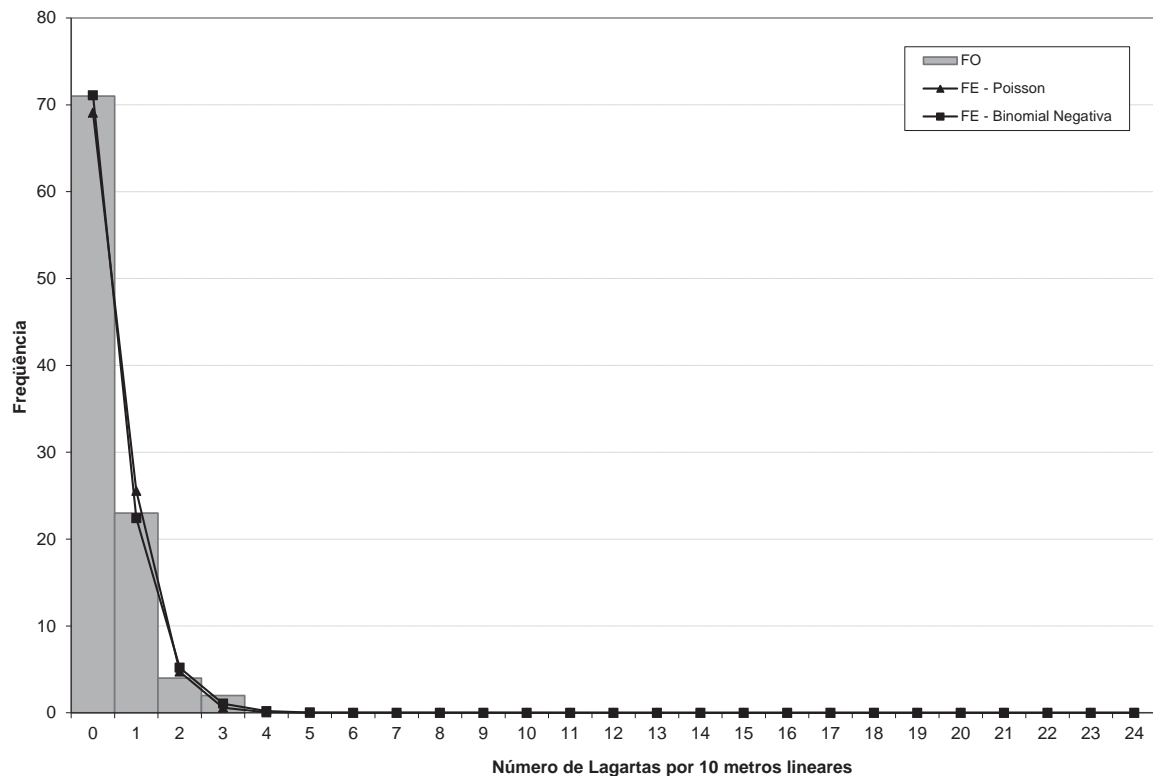


Figura 6. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de baixa infestação encontradas no levantamento aos 9 meses de desenvolvimento da variedade CTC3 de cana-de-açúcar na Usina São Carlos, Jaboticabal/SP no dia 25/11/2008.

Observa-se nas figuras 7, 8 e 9 as distribuições de frequências observadas (FO) e as esperadas (FE), de acordo com as distribuições de Poisson e Binomial Negativa para as três amostragens de lagartas de *D. saccharalis* encontradas nos levantamentos em áreas de cana-de-açúcar com alta infestação (variedade RB92579). Na distribuição de Poisson, todas as amostragens foram significativas ($p < 0,01$), indicando a agregação na distribuição espacial das lagartas de *D. saccharalis* com média de quase 5000 lagartas/ha na área com alta infestação (Figuras 7, 8 e 9).

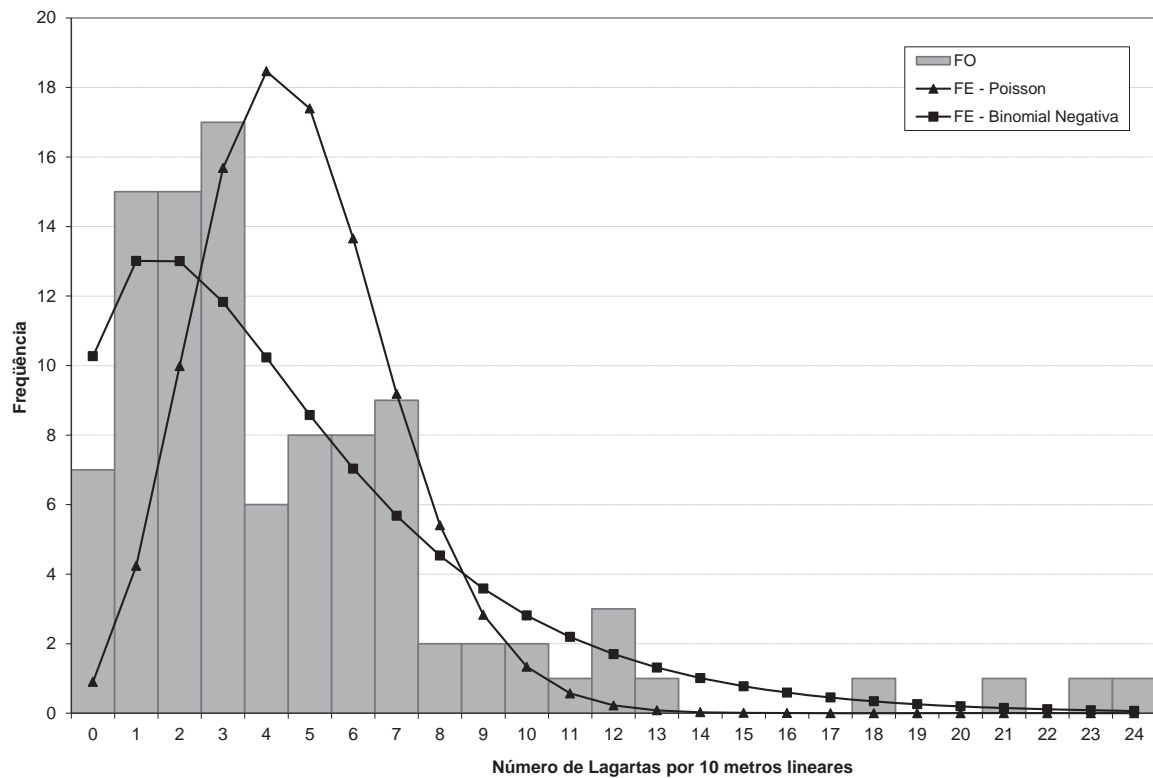


Figura 7. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de alta infestação encontradas no levantamento aos 4 meses de desenvolvimento da variedade RB92579 de cana-de-açúcar na Usina Quatá, Quatá/SP no dia 03/11/2008.

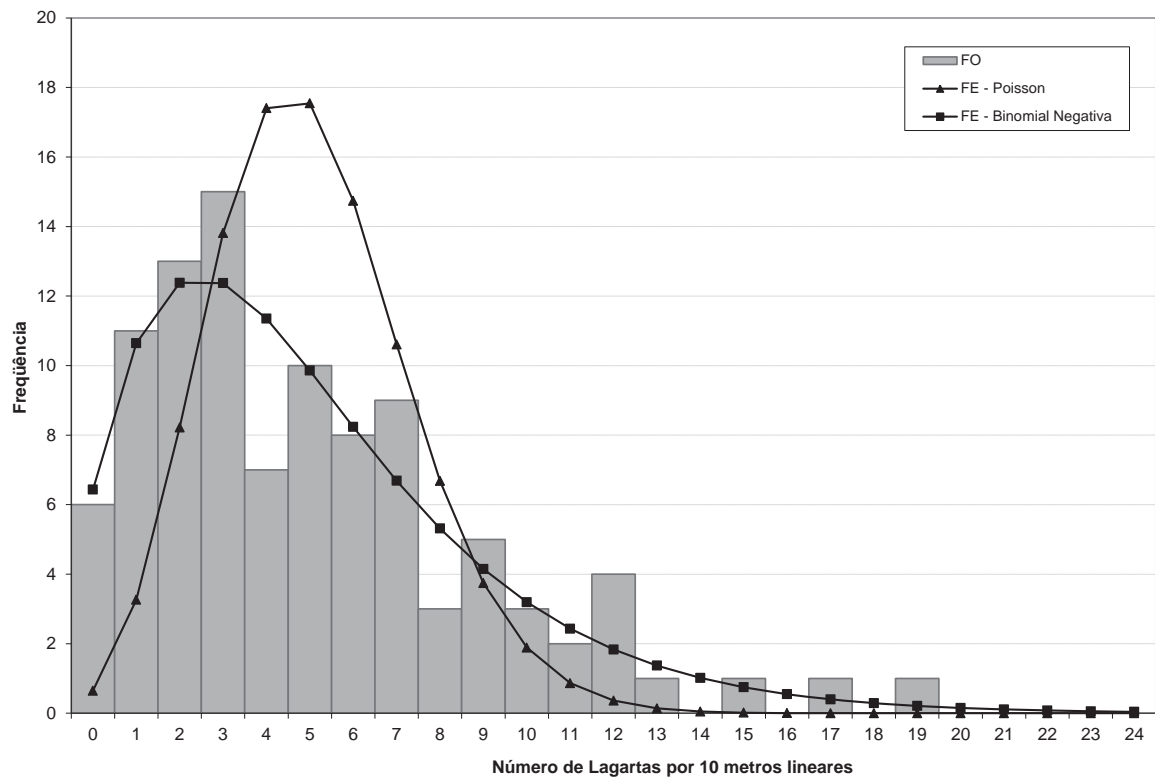


Figura 8. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de alta infestação encontradas no levantamento aos 6,5 meses de desenvolvimento da variedade RB92579 de cana-de-açúcar na Usina Quatá, Quatá/SP no dia 12/01/2009.

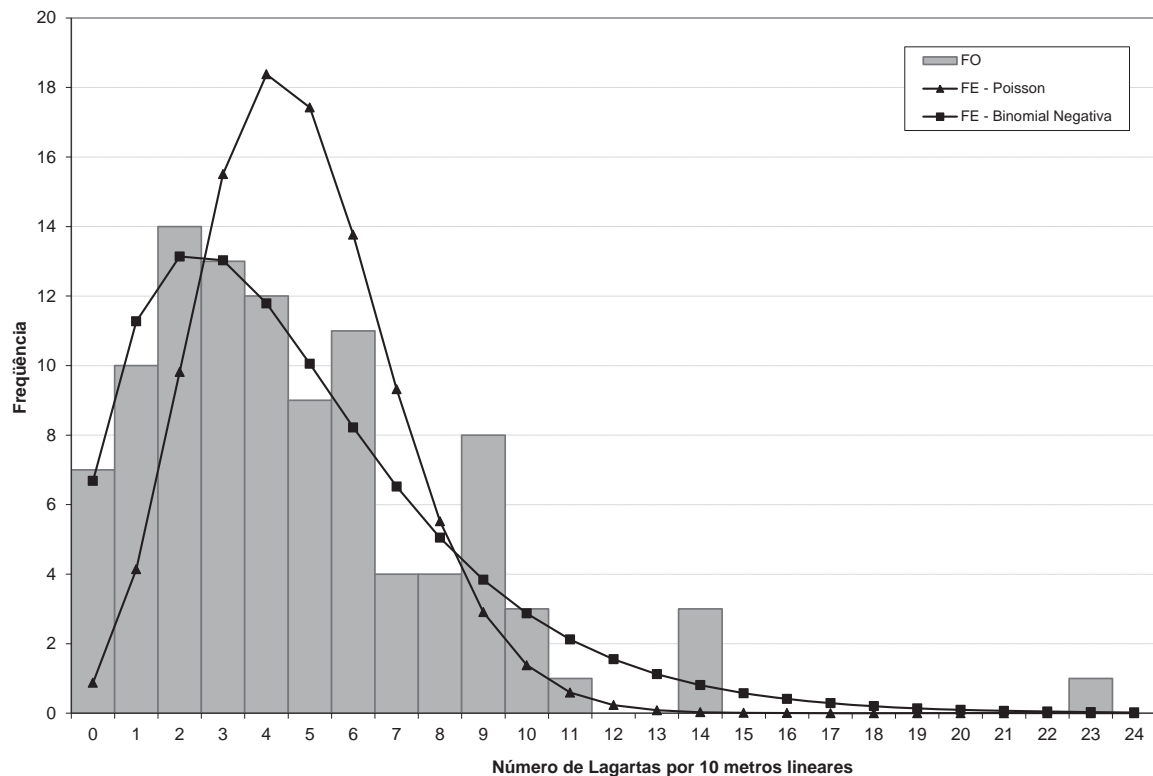


Figura 9. Ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa à frequência observada (FO) de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de alta infestação encontradas no levantamento aos 9 meses de desenvolvimento da variedade RB92579 de cana-de-açúcar na Usina Quatá, Quatá/SP no dia 25/03/2009.

Os resultados encontrados foram semelhantes ao trabalho de COSTA, D. P. (2009), que avaliando a distribuição espacial de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar concluiu que a distribuição de colmos com orifício em cana-de-açúcar se apresentam de forma agregada, de acordo com todos os índices de dispersão estimados. Essa conclusão para a variável colmo com orifício de saída era esperada e não pode ser comparada à variável lagarta, já que as fêmeas de *D. saccharalis* ovipositam em grupos de forma imbricada, e após a eclosão, as lagartas migram para a região do cartucho da planta a procura de abrigo e alimento (GALLO et al., 2002). Outro fator que pode ter influenciado nesse tipo de distribuição para colmos com orifício é o comportamento da lagarta, pois quando ocorre inundação da galeria no colmo esta

tende a sair, abrindo um novo orifício em outro entrenó no mesmo colmo (BOTELHO & MACEDO, 2002). Os resultados de COSTA, D.P. (2009) para a variável lagartas tenderam à aleatoriedade, mas não foram conclusivos, uma vez que em mais de 80% das amostragens não foi possível o ajuste ao teste devido à insuficiência de classes.

4.4. Distribuição espacial de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar utilizando da krigagem

Foram elaborados os mapas de krigagem, os quais permitiram visualizar o comportamento da distribuição espacial de lagartas de *D. saccharalis* nas áreas experimentais.

Nas figuras 10, 11 e 12 observam-se a distribuição espacial de *D. saccharalis* em área de baixa infestação nos levantamentos com 3, 6,5 e 9 meses de idade da cultura, respectivamente, na variedade CTC3 em áreas da Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP. Nas três amostragens, observou-se que houve o surgimento de alguns focos de lagartas na área e que, posteriormente, ocorreu a formação de reboleiras, sendo geralmente próximas. Nota-se ainda que os picos de lagartas das amostragens sequentes foram próximos dos picos das amostragens anteriores, indicando baixa migração das lagartas que tendem a buscar por alimento e abrigo próximo da cana anterior.

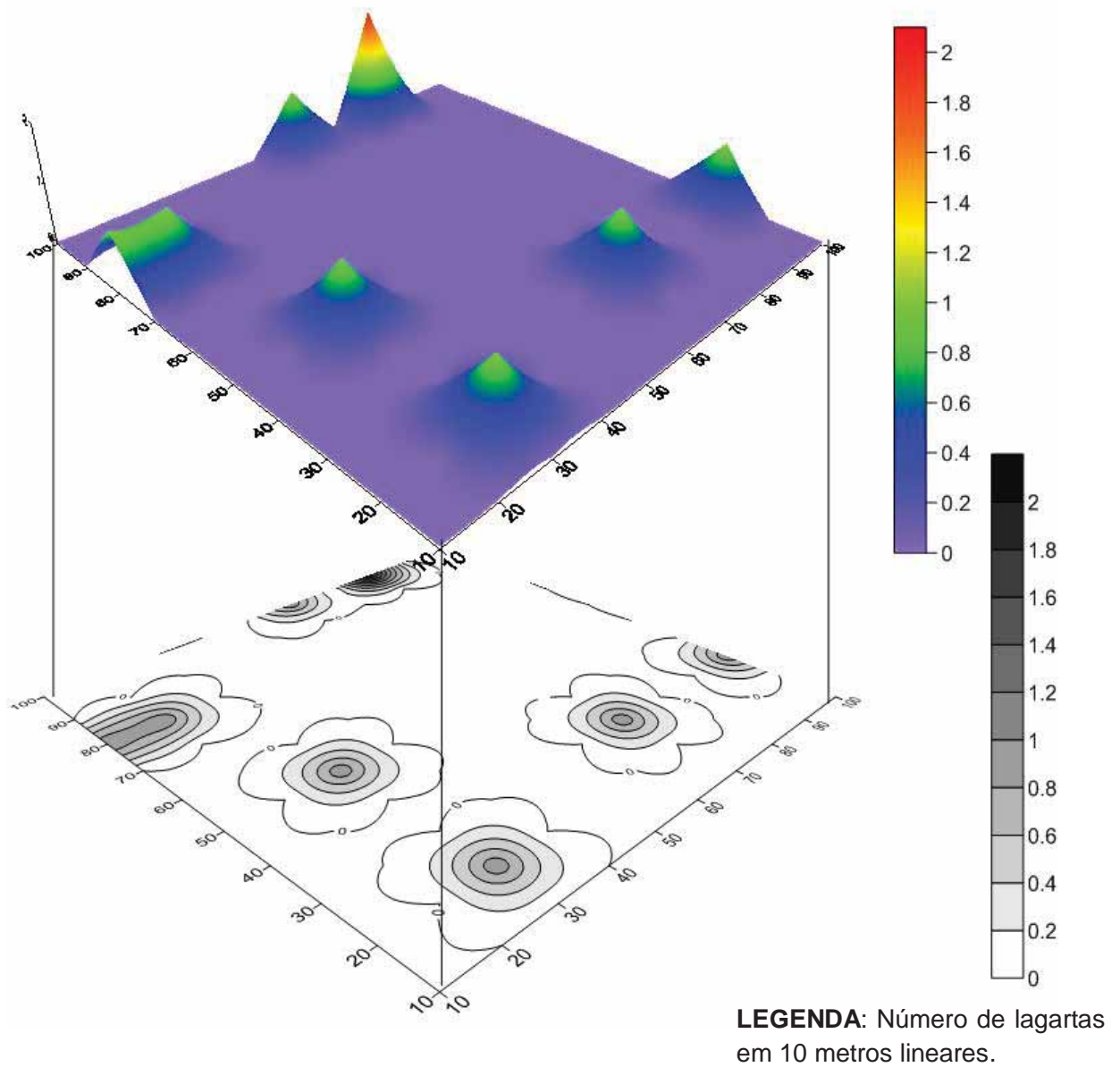
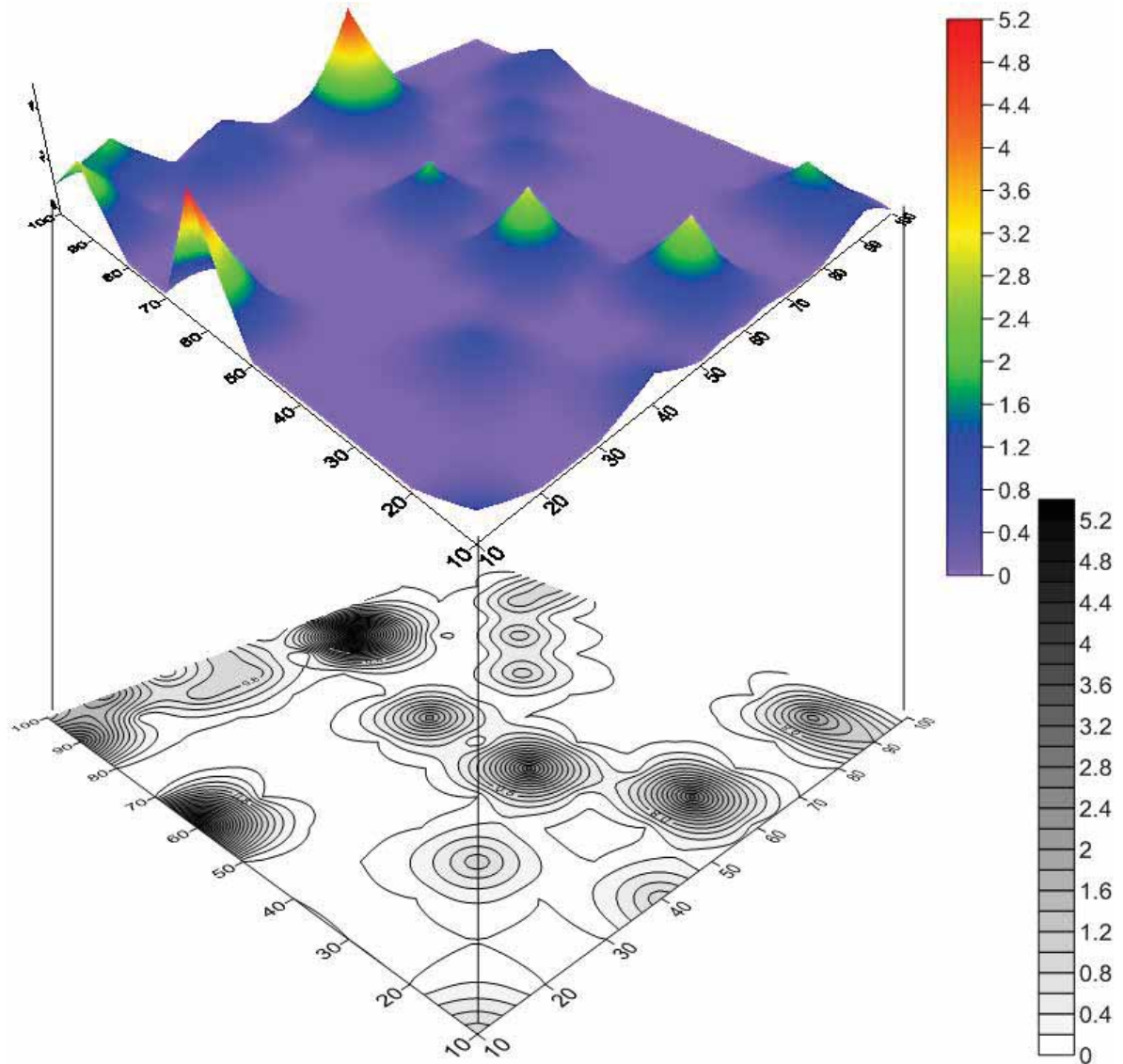
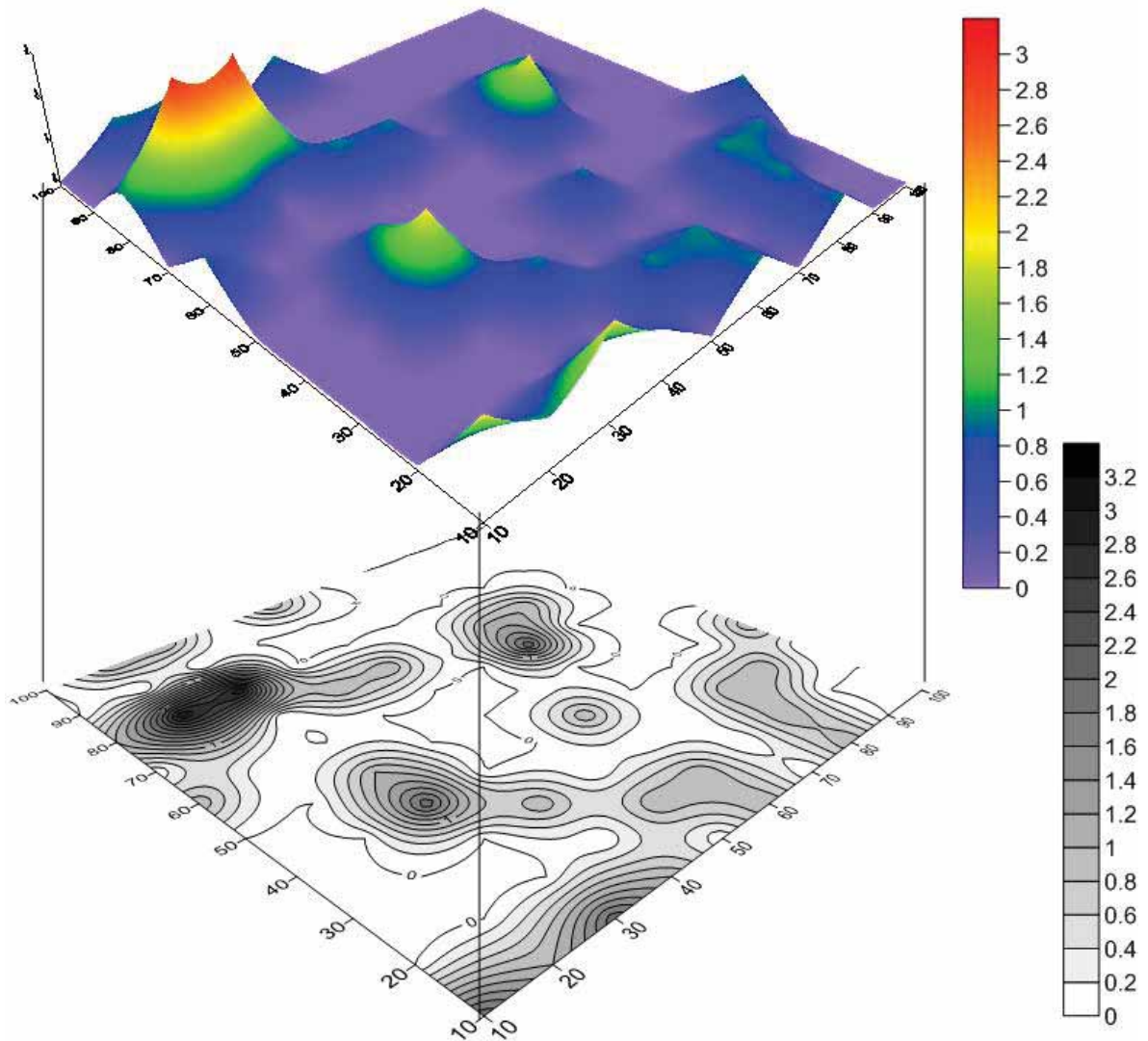


Figura 10. Distribuição espacial de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de baixa infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade CTC3 com 3 meses de idade em áreas da Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP.



LEGENDA: Número de lagartas em 10 metros lineares.

Figura 11. Distribuição espacial de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de baixa infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade CTC3 com 6,5 meses de idade em áreas da Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP.



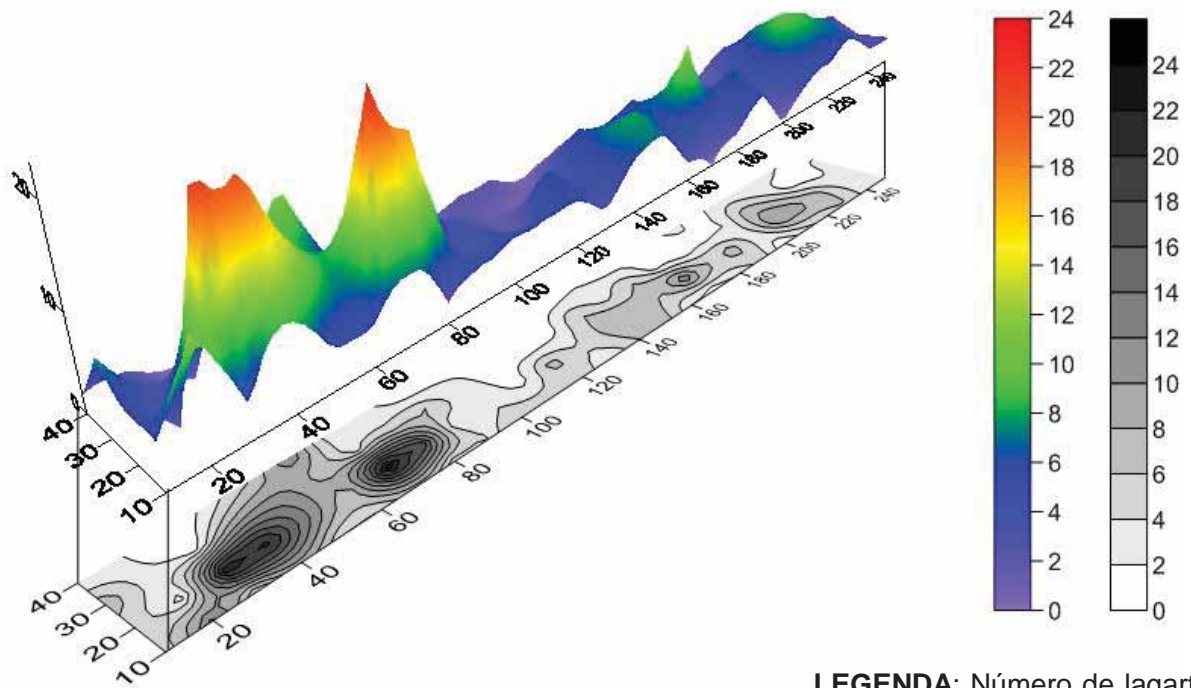
LEGENDA: Número de lagartas em 10 metros lineares.

Figura 12. Distribuição espacial de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de baixa infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade CTC3 com 9 meses de idade em áreas da Usina São Carlos, em Jaboticabal/SP.

Nas figuras 13, 14 e 15 observa-se a distribuição espacial de *D. saccharalis* nos levantamentos com 3,0, 6,5 e 9,0 meses de idade da cultura, respectivamente, em áreas de alta infestação na Usina Quatá, em Quatá/SP. Nas três amostragens, também foi observado o surgimento de alguns focos de lagartas na área e que, posteriormente ocorreu a formação de reboleiras, sendo geralmente próximas.

Houve uma alta concentração de lagartas nos primeiros pontos amostrados, próximos à rua nas três amostragens realizadas e os focos da praga também foram próximos quando comparamos as amostragens, indicando a baixa migração das lagartas que tendem a buscar por alimento e abrigo próximo da cana anterior.

A partir da segunda amostragem é possível visualizar claramente picos de lagartas por todo espaço amostral, quando a área estava praticamente tomada pela praga (Figura 15).



LEGENDA: Número de lagartas em 10 metros lineares.

Figura 13. Distribuição espacial de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de alta infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade RB92579 com 3 meses de idade em áreas da Usina Quatá, em Quatá/SP.

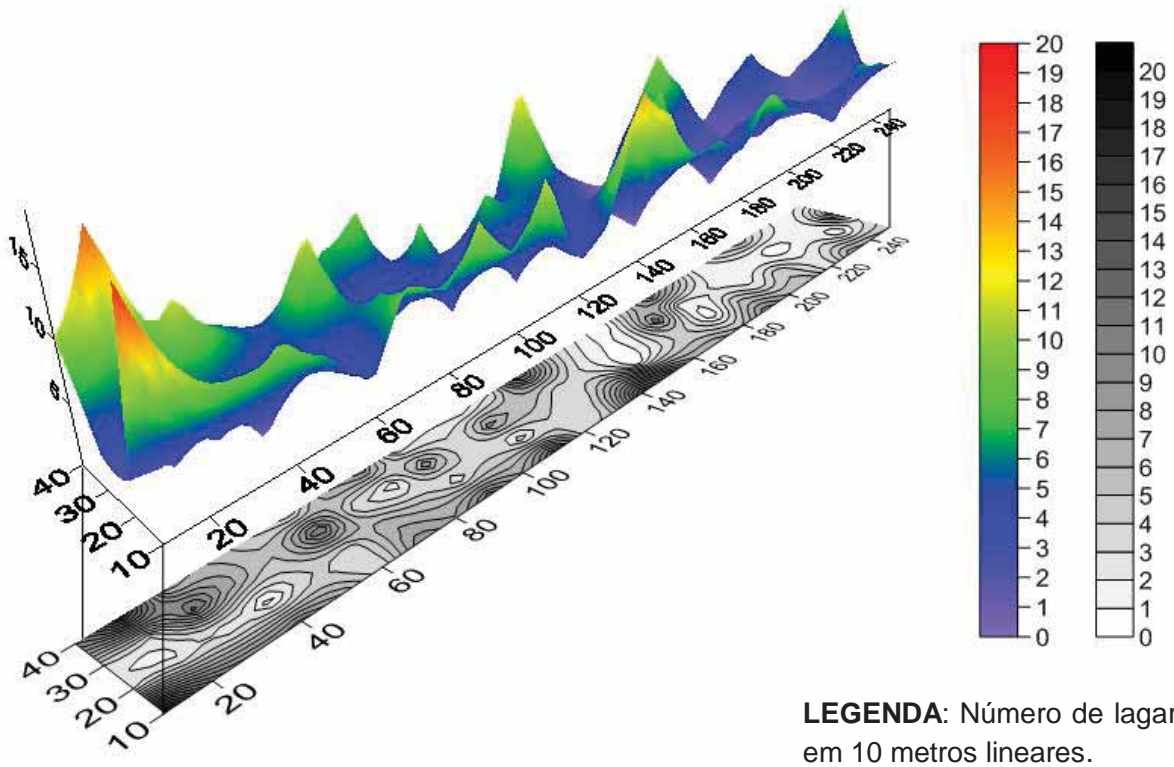
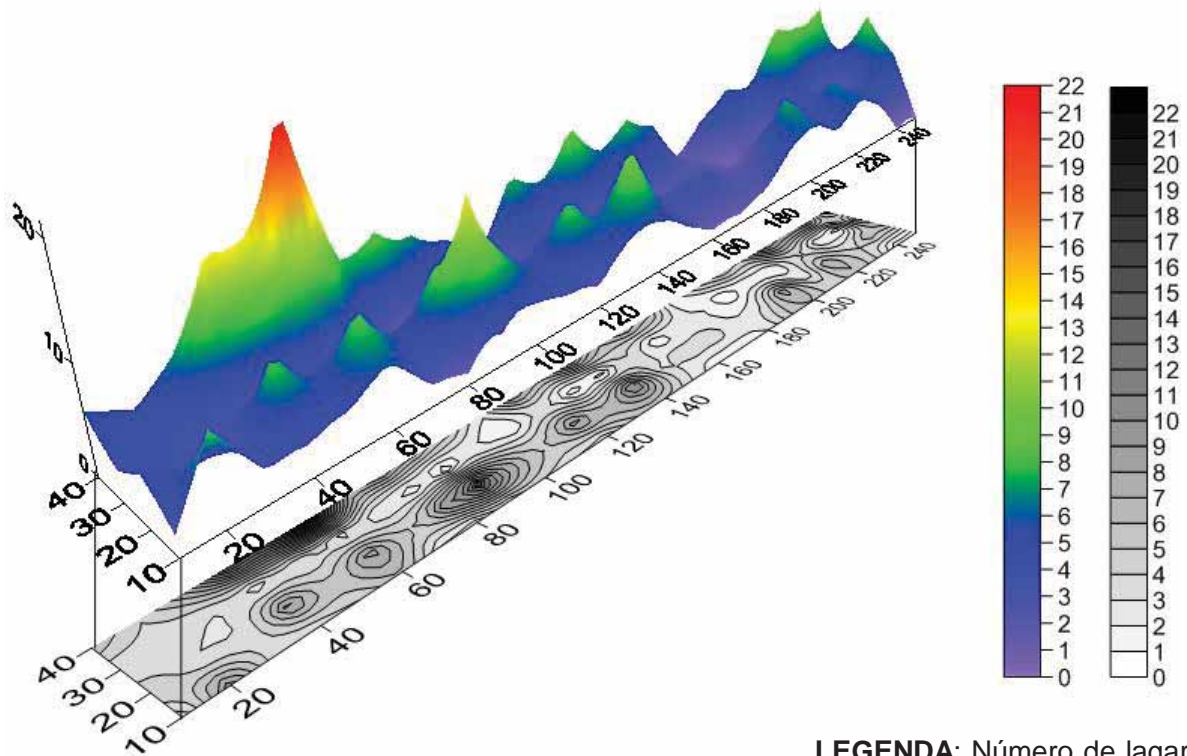


Figura 14. Distribuição espacial de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de alta infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade RB92579 com 6,5 meses de idade em áreas da Usina Quatá, em Quatá/SP.



LEGENDA: Número de lagartas em 10 metros lineares.

Figura 15. Distribuição espacial de lagartas de *Diatraea saccharalis* em área de alta infestação encontradas no levantamento amostral nas plantas da variedade RB92579 com 9 meses de idade em áreas da Usina Quatá, em Quatá/SP.

4.5. Estimativa do k comum

Como o teste de aderência das frequências observadas às esperadas para número de lagartas de *D. saccharalis* em 10 metros lineares mostrou um bom ajuste à distribuição binomial negativa em ambas as variedades avaliadas, optou-se por ajustar este modelo de distribuição com um k comum (k_c) que representasse todas as áreas.

O valor de k_c obtido foi 1,7190. Observou-se que o valor do qui-quadrado foi significativo (29,8295**) e na análise de variância, o teste F para inclinação ($1/k$) foi

significativo para as lagartas em 10 metros lineares e não significativo para interseção, sendo, portanto, atendidas as condições necessárias para a obtenção de um k comum segundo BLISS & OWEN (1958) (Tabela 5).

Tabela 5. Índices de k comum para número de lagartas de *D. saccharalis* em 10 metros lineares.

k_{comum}	Teste para homogeneidade de K_{comum}		
	χ^2	Teste F inclinação $1/k$	Teste F interseção
1,7190	29,8295**	51,36*	0,59 ^{NS}

χ^2 = Estatística do teste qui-quadrado; * Significativo a 10% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo a 10% de probabilidade.

4.6. Amostragem sequencial

Para a construção de um plano de amostragem sequencial para levantamentos de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar, com base na distribuição binomial negativa, utilizou-se os níveis $m_0 = 0,5$ lagartas por ponto e $m_1 = 1,5$ lagartas por ponto com probabilidades $\alpha = \beta = 0,10$, sendo cada ponto constituído por 2 linhas de 5 metros lineares cada.

Com a utilização do k comum obtido (1,7190) construiu-se o plano de amostragem sequencial na forma de gráfico, sendo que a partir da reta superior se rejeita H_0 , ou seja, controla a praga, e abaixo da inferior se aceita H_0 , não controla (Figura 16).

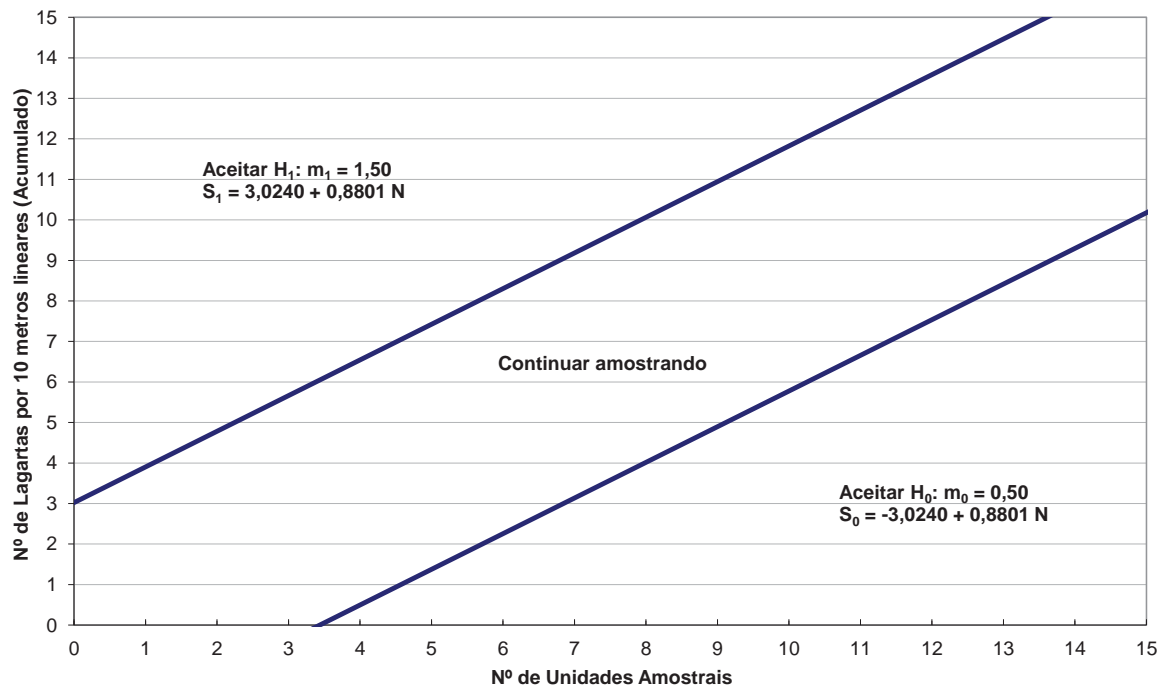


Figura 16. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de lagartas de *Diatraea saccharalis* por 10 metros lineares, com base na distribuição binomial negativa.

O procedimento conforme caminhamento sugerido pelo CTC é feito da seguinte maneira até a tomada de decisão: na rua do talhão, 50 metros a partir do vértice, o amostrador entrará na primeira rua de cana e caminhará 25 metros para realizar o primeiro ponto. Os pontos seguintes devem ser feitos a cada 50 metros até chegar ao carreador. No carreador, deve-se iniciar outra linha de amostragem após 100 metros da linha anterior, sendo o primeiro ponto 25 metros distante do carreador e os demais pontos a cada 50 metros até chegar à rua novamente e assim sucessivamente até terminar o talhão (Figura 17). Cada ponto constitui na avaliação de todas as canas de duas linhas paralelas de 5 metros, totalizando 10 metros lineares de cana por ponto. As canas com orifício de saída das broca são abertas e as lagartas contabilizadas (ALMEIDA, STINGEL & ARRIGONI, 2008).

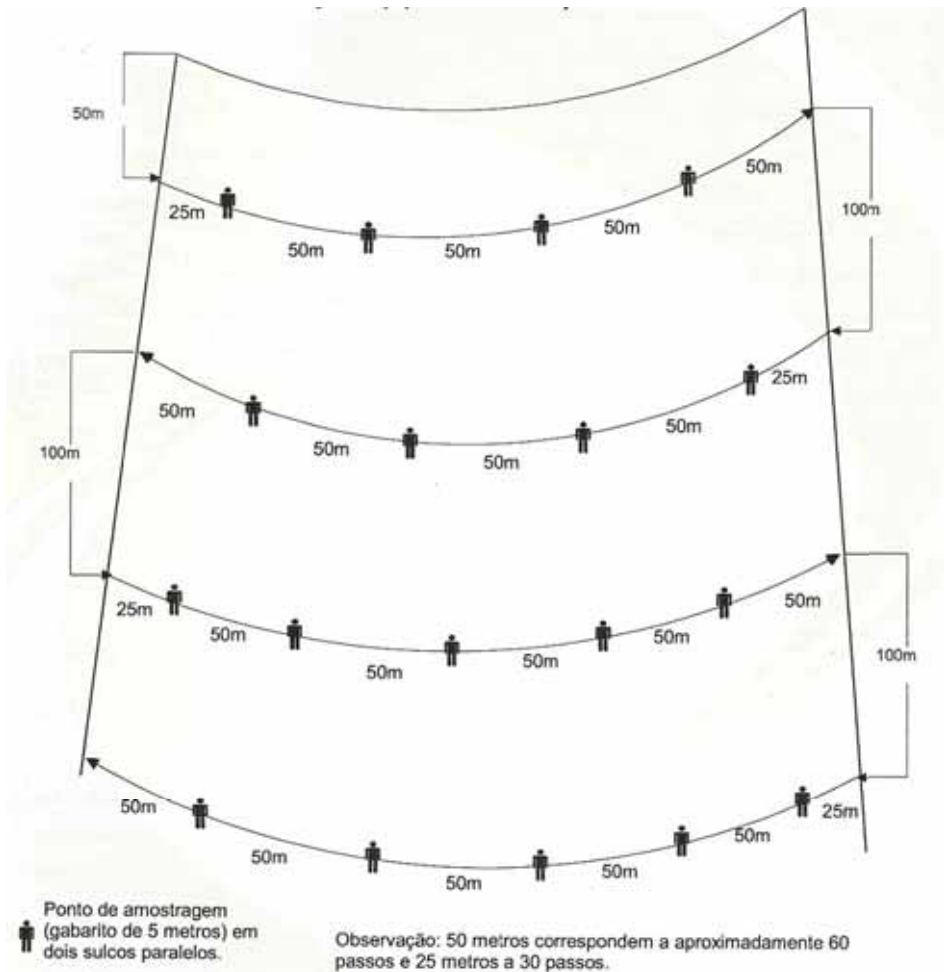


Figura 17. Esquema para levantamentos populacionais de *Diatraea saccharalis* em cana-de-açúcar conforme sugerido por ALMEIDA, STINGEL & ARRIGONI (2008).

Na amostragem sequencial, a cada ponto amostrado compara-se o valor acumulado de todos os pontos já realizados com os valores dos limites inferior e superior do gráfico. Se o valor total acumulado estiver abaixo da linha inferior, deve-se parar a amostragem e aceitar H_0 , optando-se por não controlar a praga. Quando o total acumulado estiver acima da linha superior, deve-se parar a amostragem, rejeita-se H_0 e aceita-se H_1 , optando-se pelo controle da praga. Se o valor acumulado permanecer entre as duas linhas, deve-se continuar amostrando até atingir a número máximo esperado de lagartas para a tomada de decisão. Para facilitar a amostragem em

campo, foi criada uma ficha de campo para anotação do número de lagartas encontradas por ponto amostral e o acumulado para comparação do limite inferior e superior da curva (Anexo 1).

A Curva Característica de Operação CO(m) indica a probabilidade de tomar uma decisão correta para um determinado nível de infestação (Figura 18). Verificou-se que quando a média de lagartas por 10 metros lineares for de 0,5, o teste possui 90% de probabilidade de aceitar H_0 , não recomendando o controle e, quando a média for de 1,5 lagartas por 10 metros lineares, a probabilidade de aceitar H_0 é de 10%, isto é, a probabilidade de se recomendar o controle é de 90% (Figura 18).

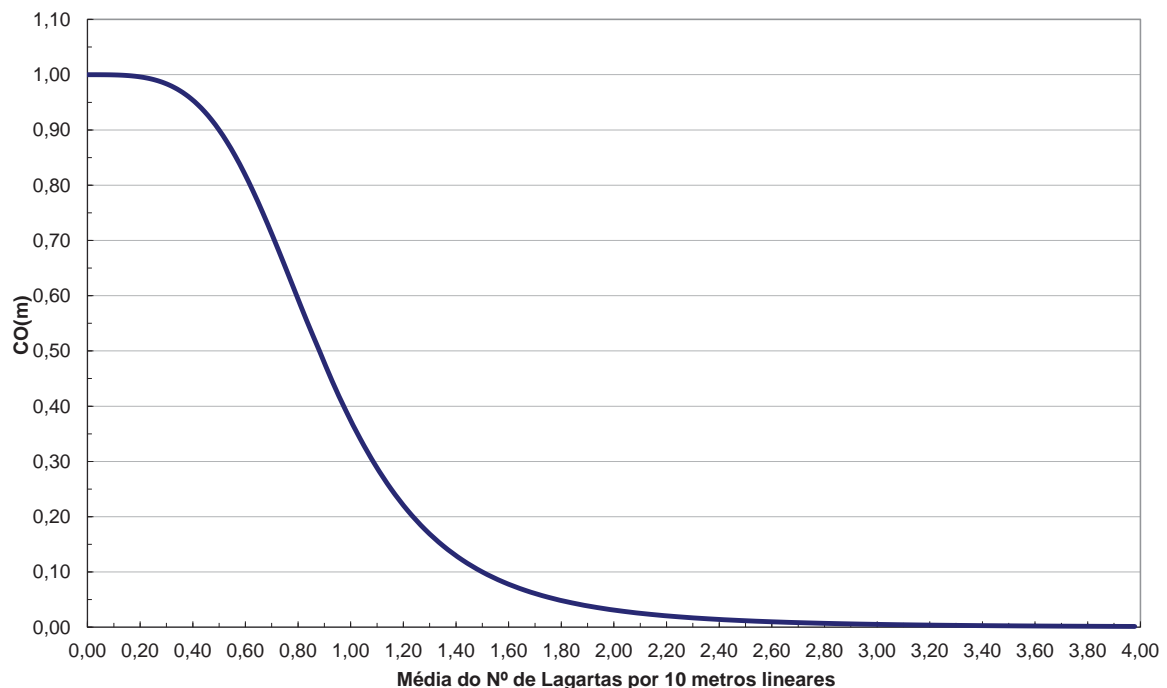


Figura 18. Curva Característica de Operação CO(m) do plano de amostragem para lagartas de *Diatraea saccharalis*.

Em seguida, obteve-se o número esperado de amostras $E(N)$ para número médio de lagartas encontradas em 10 metros lineares. Pode-se observar que para uma infestação média de 0,5 lagartas por 10 metros lineares (Figura 19), o tamanho

esperado da amostra é de aproximadamente 6 unidades amostrais, enquanto que com infestação de 1,5 lagartas por 10 metros lineares, o número esperado de amostras para a tomada de decisão é de 4 pontos amostrais. O tamanho máximo esperado é de aproximadamente 7 pontos amostrais com média de 0,75 lagartas por 10 metros lineares.

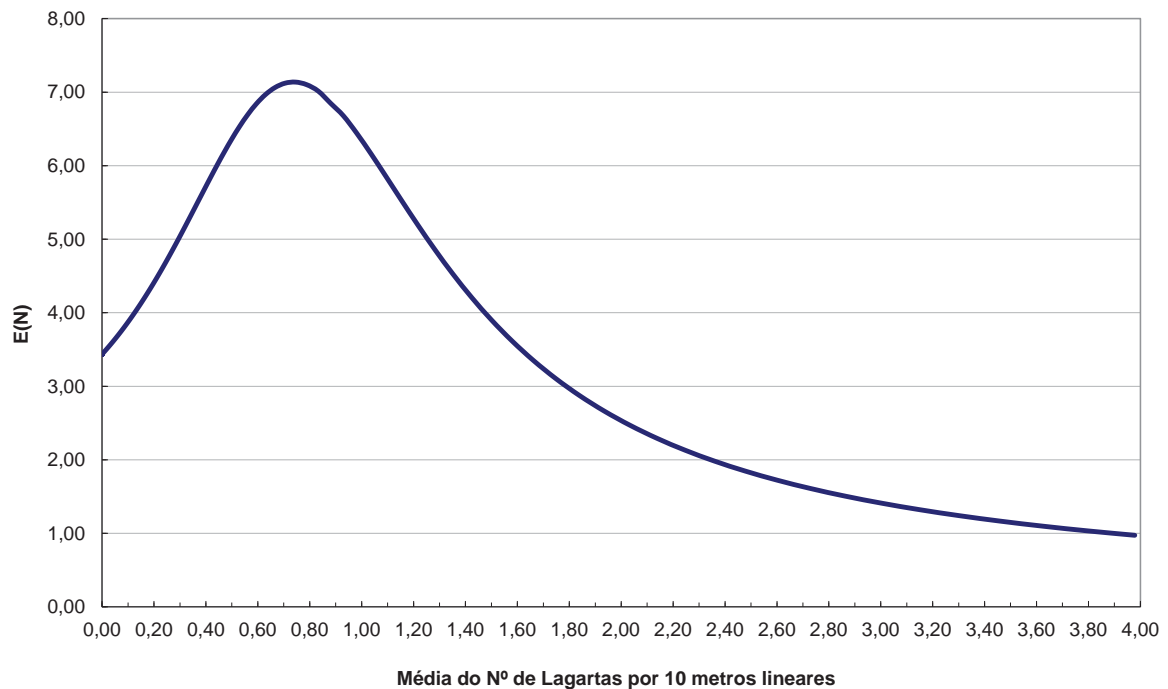


Figura 19. Curva do tamanho esperado de amostras do plano de amostragem sequencial para lagartas de *Diatraea saccharalis* em cana-de-açúcar.

4.7. Comparações entre métodos de amostragem

A comparação dos dados das duas linhas paralelas em cada ponto de amostragem na área da variedade CTC3 da Usina São Carlos em Jaboticabal/SP apresentou diferenças significativas somente na amostragem com 6,5 meses indicando que há necessidade de fazer amostragens nas duas linhas paralelas. As demais amostragens não apresentaram diferenças significativas, provavelmente devido ao reduzido número de lagartas. O comparativo dos tratamentos com médias de lagartas

em diferentes metragens indicou que não há diferença significativa entre as médias dos levantamentos em 1, 2, 3, 4 ou 5 metros lineares, não sendo necessário, portanto avaliar 5 metros, as duas linhas paralelas de apenas 1 metro são suficientes para uma amostragem representativa (Tabela 6).

Tabela 6. Número de lagartas por metro linear comparado pela quantidade de linhas (L) e comprimento das linhas (T) para levantamento de *Diatraea saccharalis* em áreas da variedade CTC3 da Usina São Carlos, Jaboticabal/SP.

Linha (L) e Tratamento (T)	4 meses	6,5 meses	9 meses
L1 (linha do lado direito)	0,0124 a	0,0282 b	0,0490 a
L2 (linha do lado esquerdo)	0,0114 a	0,0590 a	0,0410 a
Teste F	0,06 ^{NS}	11,16 ^{**}	0,62 ^{NS}
DMS (5%)	0,0082	0,0181	0,0199
T1 (1 metro)	0,0150 a	0,0550 a	0,0600 a
T2 (2 metros)	0,0100 a	0,0400 a	0,0425 a
T3 (3 metros)	0,0125 a	0,0395 a	0,0425 a
T4 (4 metros)	0,0130 a	0,0445 a	0,0430 a
T5 (5 metros)	0,0090 a	0,0390 a	0,0370 a
Teste F	0,26 ^{NS}	0,43 ^{NS}	0,59 ^{NS}
DMS (5%)	0,0182	0,0398	0,0438
Teste F para int L x T	0,29 ^{NS}	0,0700 ^{NS}	0,0600 ^{NS}
CV (%)	558,4465	334,2783	356,0961

Medias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{NS} não significativo.

Os dados das duas linhas paralelas em cada ponto de amostragem na área da variedade RB92579 da Usina Quatá em Quatá/SP apresentou resultados semelhantes à variedade CTC3, sendo significativas as diferenças em todas as amostragens comprovando também que há necessidade de fazer amostragens nas duas linhas paralelas. O comparativo dos tratamentos com médias de lagartas em diferentes metragens indicou que não há diferença significativa entre as médias dos levantamentos em 1, 2, 3, 4 ou 5 metros lineares, não sendo necessário, portanto, avaliar 5 metros (Tabela 7).

Tabela 7. Número de lagartas por metro linear comparado pela quantidade de linhas (L) e comprimento das linhas (T) para levantamento de *Diatraea saccharalis* em áreas da variedade RB92579 da Usina Quatá, Quatá/SP.

Linha (L) e Tratamento (T)	4 meses	6,5 meses	9 meses
L1 (linha do lado direito)	0,5502 a	0,5942 a	0,3786 b
L2 (linha do lado esquerdo)	0,4152 b	0,4472 b	0,6194 a
Teste F	18,49	18,13	79,17
DMS (5%)	0,0616	0,0678	0,0531
T1 (1 metro)	0,5250 a	0,5950 a	0,5150 a
T2 (2 metros)	0,4700 a	0,5025 a	0,5100 a
T3 (3 metros)	0,4670 a	0,4725 a	0,5005 a
T4 (4 metros)	0,4805 a	0,5295 a	0,4955 a
T5 (5 metros)	0,4710 a	0,5040 a	0,4740 a
Teste F	0,47 ^{NS}	1,43 ^{NS}	0,28 ^{NS}
DMS (5%)	0,1357	0,1492	0,1170
Teste F para int L x T	0,16 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,30 ^{NS}
CV (%)	102,8454	104,8371	85,7514

Medias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{NS} não significativo.

Os resultados das duas áreas avaliadas indicaram que há diferença entre as linhas de amostragem, tornando necessários os levantamentos realizados em duas linhas paralelas. Porém, para otimizar tempo dos levantamentos, não haveria diferenças significativas em amostragens com duas linhas paralelas de apenas 1 metro linear.

5. CONCLUSÕES

- A distribuição espacial de lagartas de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar é agregada nas duas condições de infestação testadas com base nos índices avaliados: razão variância/média, índice de Morisita, Coeficiente de Green e parâmetro k da binomial negativa.
- Para planos de amostragem sequencial para lagartas de *D. saccharalis* com base na distribuição binomial negativa, o número máximo de amostras esperadas para tomada de decisão é de sete unidades amostrais.
- Nas condições desse projeto, a comparação entre os métodos de amostragens indica que é necessário avaliar as duas linhas paralelas de cana-de-açúcar e que apenas 1 metro de comprimento é suficiente para uma amostragem representativa.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, J.; GONZALEZ D.; GOKHALE, D. V. Sequential sampling plans for the bollworm, *Heliothis zea*. **Environmental Entomology**, Laham, v. 1, n. 6, p. 771-780, 1972.

ALMEIDA, L. C.; STINGEL, E.; ARRIGONI, E. D. B. **Monitoramento e controle de pragas da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canaveieira. 2008. 35 p.

BARBOSA, J. C. **Distribuições de probabilidade como base para análises estatísticas, amostragem e estratégias de manejo de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) na cultura da cana-de-açúcar**. 1985. 131 f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

BARBOSA, J. C. Amostragem sequencial. In: FERNANDES, O. A.; CORREIA, A. C. B.; DE BORTOLI, S. A. (Eds.) **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal: FUNEP, p. 205-211, 1992.

BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Modelos probabilísticos para distribuições de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) na cultura do milho. **Científica**, São Paulo, v.10, n. 2, p. 181-191, 1982.

BLISS, C. I.; OWEN, A. R. G. Negative binomial distributions with a common k . **Biometrika**, London, v. 45, n. 1-2, p. 37-58, 1958.

BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.). **Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, p. 409-426, 2002.

CASSIE, R. M. Frequency distribution models in the ecology of plankton and other organisms. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 31, n. 1, p. 65-92, 1962.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento, agosto/2011**, Brasília, 2011.

COSTA, D. P. **Distribuição espacial de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar**. 2009. 32 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2009.

COSTA, M. G. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de *Orthezia praelonga* Douglas (Hemiptera: Ortheziidae) na cultura de citros**. 2006. 64 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

COSTA, M. G. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de ninfas e adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) na cultura de citros**. 2009. 64f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

CTC - CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Boletim Técnico Variedades CTC**. Piracicaba, p. 10-11, 2010.

DANTAS, I. M. **Distribuição espacial e plano de amostragem sequencial para a lagarta do minador-dos-citros *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera: Gracilariidae) em laranjeira ‘Pêra-Rio’ *Citrus sinensis* (L.) Osbeck**. 2002. 63 f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

DAVIS, P. M. Statistics for describing populations. In: PEDIGO L. P., BUNTIN G. D. (Eds.). **Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 714 p.

ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates**. Ambleside: Freshwater Biological Association. 1979. 160 p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GREEN, R. H. Measurement of non-randomness in spatial distributions. **Researches on Population Ecology**, Kyoto, v. 8, n. 1, p. 1-7, 1966.

GREIG-SMITH, P. **Quantitative plant ecology**. Washington: Butterworth, 1964. 256 p.

KOGAN, M.; HERZOG, D. C. **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer-Verlag, 1980. 587 p.

HALL, D. G. Sampling for the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae) in sugarcane. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 79, p. 133-146, 1986.

HUI, C., VELDTMAN, R., MCGEOCH, A. Measures, perceptions and scaling patterns of aggregated species distributions. **Ecography**, Lund, v. 33, n. 1, p. 95-102, 2010.

MARCELINO, M. C. S. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de *Enneothrips flavens* (Moulton, 1941) (Thysanoptera, Thripidae) na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.)**. 1996. 169 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

MARQUES, M. O.; MUTTON, M. A.; AZANIA, A. A. P. M.; TASSO JR, L. C.; NOGUEIRA, G. A; VALE, D. W. **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal: Multipress, 2006. 191 p.

MENDONÇA, A. F.; MORENO, J. A.; RISCO, S. H.; ROCHA, I. C. B. As brocas da cana-de-açúcar, *Diatraea* spp. (Lep., Pyralidae). In: MENDONÇA, A. F. **Pragas da cana-de-açúcar**. Maceió: INSETOS & CIA, cap.2, 1996.

MORISITA M. I_s -index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on population ecology**, Kyoto, v. 4, n. 1, p. 1-7, 1962.

NASCIMENTO, J. E. **Distribuição espacial e plano de amostragem sequencial para o percevejo pequeno, *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Heteroptera-Pentatomidae) na cultura da soja**. 1995. 137 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1995.

NAVA, D. E.; PINTO, A. S.; SILVA, S. D. A. **Controle Biológico da Broca da Cana-de-açúcar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 28 p.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; CONSÓLI, M. A. **Mapeamento e Quantificação do Setor Sucroenergético em 2008**. Ribeirão Preto: MARKESTRAT, 2009. 36 p.

OAKLAND, G. B. An application of sequential analysis to whitefish sampling. **Biometrics**, Alexandria, v. 6, n. 1, p. 59-67, 1950.

ORTOLAN, M. C. A. **Perspectivas para o setor sucroalcooleiro**. In: MARQUES, M. O.; MUTTON, M. A.; AZANIA, A. A. P. M.; TASSO JR, L. C.; NOGUEIRA, G. A; VALE, D. W. Tópicos em tecnologia sucroalcooleira. Jaboticabal: Multipress, 2006. 191 p.

PERECIN, D, BARBOSA, J. C. Amostragem e análise estatística de dados de distribuição de contágio. **Revista de Matemática e Estatística**, Jaboticabal, v. 10, p. 207-216, 1992.

RABINOVICH, J. E. **Introducción a la ecología de poblaciones animales**. México: Continental, 1980. 313 p.

ROSSI, M. N. Possible causes of spatial variability in *Diatraea saccharalis* Fabr. (Lep., Crambidae) and its parasitoid populations in sugarcane fields in Brazil. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 127, p. 494-500, 2003.

RUESINK, W. G.; KOGAN, M. **The quantitative basis of pest management and measuring**. In: METCALF, R. L.; LUCKMANN, W. H. (Eds.). Introduction to insect pest management. New York: John Wiley & Sons Inc, 1975. 548 p.

SCHEXNAYDER, H. P., REAGAN, T. E., RING, D. R. Sampling for the sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) on sugarcane in Louisiana. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 3, p. 766-771, 2001.

SILVA JUNIOR. **Variabilidade espacial do índice de cone correlacionada com mapas de produtividade**. 2001. 132 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2001.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia de insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 419 p.

SIMÕES NETO, D. E.; MELO, L. J. O. T.; CHAVES, A.; LIMA, R. O. R. **Lançamento de novas variedades RB de cana-de-açúcar**. UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco: Imprensa Universitária, 2005. 28 p.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods**. New York: John Wiley & Sons, 1978, 525 p.

STARK, R. W. Sequential sampling of the lodgepole miner. **Forestry Chronicle**, Toronto, v. 28, n. 2, p. 57-60, 1952.

TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 29, p. 321-357, 1984.

TAYLOR, L. R, TAYLOR, R. A. J. Aggregation, migration and population mechanics. **Nature**, London, v. 265, p. 415-421. 1977.

TAYLOR, L. R. Aggregation, variance and the mean. **Nature**, London, v. 189, p. 732-735, 1961.

TOLEDO, F. R. Distribuição espacial de *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae) na cultura de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 194-198, 2006.

UNICA. União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. **Agroindústria da cana-de-açúcar: alta competitividade canavieira**. 2007. Disponível em: <http://www.unica.com.br/pages/agroindustria_alta.asp>. Acesso em: 16 out. 2007.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Oakland, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.

WALD, A. Sequential test of statistical hypothesis. **Annals of Mathematical and Statistics**, Athens, v. 16, n. 1, p. 117-186, 1945.

WALD, A. **Sequential analysis**. New York: J. Wiley & Sons, 1947. 211 p.

WATERS, W. E.; HENSON, W. R. Some sampling attributes of the negative binomial distribution with special reference to forest insects. **Forestry Sciences**, Bethesda, v. 5, n.4, p. 397-412, 1959.

YOUNG, L. J.; YOUNG, J. H. **Statistical ecology**: a population perspective. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 565 p.

7. ANEXO

Tabela 8. Ficha de campo para amostragem sequencial de broca-da-cana, *Diatraea saccharalis* em cana-de-açúcar.

Unidades amostrais	Nº lagartas por ponto amostral	Limite inferior (não controlar)	Nº lagartas acumulado	Limite superior (controlar)
1				4
2				5
3				6
4		0		7
5		1		7
6		2		8
7		3		9
8		4		10
9		5		11
10		6		12
11		7		13
12		8		14
13		8		14
14		9		15
15		10		16
16		11		17
17		12		18
18		13		19
19		14		20
20		15		21
21		15		22
22		16		22
23		17		23
24		18		24
25		19		25
26		20		26
27		21		27
28		22		28
29		22		29
30		23		29