

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Lucas da Silva Stefanelo

**AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DE LAGARTAS E
PERCEVEJOS EM SOJA**

Santa Maria, RS
2017

Lucas da Silva Stefanelo

**AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DE LAGARTAS E
PERCEVEJOS EM SOJA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Alberto Cargnelutti Filho

Santa Maria, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Stefanelo, Lucas da Silva
Amostragem sequencial para avaliação de lagartas e
percevejos em soja / Lucas da Silva Stefanelo.- 2017.
62 f.; 30 cm

Orientador: Alberto Cargnelutti Filho
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, RS, 2017

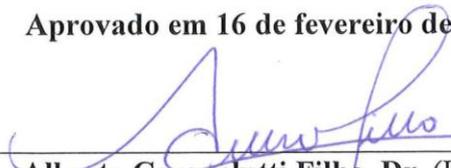
1. Manejo de pragas 2. plano de amostragem 3. pano-de-
batida vertical 4. distribuição espacial I. Cargnelutti
Filho, Alberto II. Título.

Lucas da Silva Stefanelo

**AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DE LAGARTAS E
PERCEVEJOS EM SOJA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 16 de fevereiro de 2017:



Alberto Cargnelutti Filho, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Sandro Borba Possebon, Dr. (IFFarroupilha)



Leandro Homrich Lorentz, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2017

DEDICATÓRIA

A memória de meu bisavô Ricardo Stefanelo com quem aprendi, direta e indiretamente, todos os valores para que me tornasse um homem melhor. Uma das melhores pessoas que tive a oportunidade de conhecer e conviver em toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho ocorreu, com o auxílio de diversas pessoas que, de alguma maneira, contribuíram para a conclusão deste estudo, em especial, agradeço:

A Deus, pela vida.

Ao meu pai, Dirceu Ricardo Mendes Stefanelo, meu melhor amigo, meu conselheiro e inspirador.

À minha mãe, Cátia Silene da Silva Stefanelo, pelo amor e afeto, pelo apoio em todas as minhas decisões.

Ao meu irmão Maurício Silva Stefanelo, pelo carinho e exemplo a ser seguido, mesmo estando longe, segue me apoiando em todos os momentos.

À minha namorada Bruna Palese Thies Lopes, pelo amor, dedicação, paciência e compreensão nos momentos mais difíceis.

Aos meus avôs, avós e bisavós que sempre acreditaram em minha capacidade.

A todos os colegas do LabMip e do setor de experimentação, e aos funcionários pelo apoio e pela descontração nos momentos mais difíceis.

Em especial aos amigos, Giovani Facco, André Lavezo e Cláudia de Bem, que me ajudaram de maneira incondicional na realização deste trabalho.

Aos irmãos de coração que encontrei durante esta jornada Tupã, Aita, Renato e Lorenzo, os quais pretendo ter como amigos durante toda vida.

Aos meus conselheiros e grandes amigos Rubens Fiorin e Glauber Stürmer, sem os quais não me tornaria mestre, pelos conselhos e pela grande amizade.

À Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade.

Ao professor Jerson Carús Guedes, pela orientação durante os cinco anos de graduação.

Ao professor Alberto Cargnelutti Filho, pelos conhecimentos repassados e orientação durante a realização deste estudo.

Aos demais professores da Instituição, pelos ensinamentos e amizade.

À banca examinadora pelas contribuições e sugestões.

Muito Obrigado!

RESUMO

AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DE LAGARTAS E PERCEVEJOS EM SOJA

AUTOR: Lucas da Silva Stefanelo
ORIENTADOR: Alberto Cargnelutti Filho

Entre as principais limitações da produtividade de grãos na cultura de soja encontram-se os insetos-praga, destacando-se as lagartas desfolhadoras e os percevejos sugadores de grãos. É necessário amostrar e quantificar esses insetos para adequada tomada de decisão conforme níveis de controle pré-estabelecidos. Assim, para a implementação de manejo apropriado de insetos-praga em soja, há necessidade de estabelecer um plano de amostragem que permita a estimação da densidade populacional das pragas, eficaz e confiável e com menor dispêndio de tempo. Este trabalho tem por objetivo estabelecer um plano de amostragem sequencial para lagartas e percevejos na cultura de soja de acordo com o teste sequencial da razão de probabilidade. Os dados foram coletados em dois anos agrícolas (2010/2011 e 2012/2013). Foram contabilizados o número de lagartas pequenas (<1,5 cm) e grandes (>1,5 cm) das espécies *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) e *Spodoptera eridania* (Cramer, 1872), bem como percevejos ninfas e adultos das espécies *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1873), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) e *Chinavia sp.* (Say, 1831) por meio do método de amostragem pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais, espaçados de 20 m × 20 m, em área de 6,16 ha de soja. A distribuição de lagartas, pequenas e grandes na cultura da soja é agregada. De acordo com os planos de amostragem sequencial o número suficiente de unidades amostrais para avaliação de lagartas em soja é 14. De acordo com o plano de amostragem sequencial o número máximo de amostragens para a avaliação de percevejos adultos em soja é 17.

Palavras-chave: Manejo de pragas. plano de amostragem. pano-de-batida vertical. distribuição espacial.

ABSTRACT

SEQUENTIAL SAMPLING FOR EVALUATION OF CATERPILLARS AND STINK BUGS IN SOYBEAN

AUTHOR: Lucas da Silva Stefanelo
ADVISOR: Alberto Cargnelutti Filho

Among the principal limitations of grain yield in soybean are the insect pests, especially the defoliating caterpillars and Sucking stink bugs grains. It is necessary to reveal and quantify these insects for proper decision-making according to pre-established control levels. So, for the implementation of appropriate management of these soybean insect pests, there is necessity of establishing a sampling plan that will permit the estimation of the population density of pests, effective, trusty and less time-consuming. This work aims to establish a sequential sampling plan for caterpillars and stink bugs soybean according to the sequential test of probability rates. Data were collected in two growing seasons (2010/2011 and 2012/2013). Were counted the number of small caterpillars (<1.5 cm) and large (> 1.5 cm) species *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) and *Spodoptera eridania* (Cramer, 1872) as well as stink bugs nymphs and adults of the species *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1873), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) and *Chinavia sp.* (Say, 1831) using the vertical cloth-to-beat in a grid of 154 sample points was marked with a 20 × 20 m spacement in area of 6.16 ha in soybean. The distribution of caterpillars, small and large in soybean is aggregated. According to the sequential sampling plans a sufficient number of sample units for soybean caterpillars assessment is 14. According to the sequential sampling plan sufficient number of samples for the evaluation of adult bugs in soybeans is 17.

Keywords: pest management. sampling plan. vertical cloth-to-beat. spatial distribution.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 - Representação do pano-de-batida vertical utilizado na amostragem de lagartas, pequenas e grandes, na cultura de soja 31
- Figura 2 – Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de lagartas pequenas (a) e grandes (b) coletadas pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos, baseado na distribuição binomial negativa, safra 2010/2011. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de lagartas pequenas (c) e grandes (d) coletadas pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos, baseado na distribuição binomial negativa, safra 2012/2013 31
- Figura 3 – Curva Característica de Operação CO(m) do plano de amostragem sequencial para lagartas pequenas (a) e grandes (b) coletadas pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos, safra 2010/2011. Curva Característica de Operação CO(m) do plano de amostragem sequencial para lagartas pequenas (c) e grandes (d) coletadas pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos, safra 2012/2013..... 32
- Figura 4 – Curva do tamanho esperado de unidades amostrais $E_p(n)$ do Teste da Sequencial da Razão de Probabilidade para o número de lagartas pequenas (a) e grandes (b) em soja na safra 2010/2011. Curva do tamanho esperado de unidades amostrais $E_p(n)$ do Teste da Sequencial da Razão de Probabilidade para o número de lagartas pequenas (c) e grandes (d) em soja na safra 2012/2013 33

CAPÍTULO II

- Figura 1 - Representação do pano-de-batida vertical utilizado na amostragem de percevejos, ninfas e adultos, na cultura de soja 53
- Figura 2 – Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de percevejos adultos coletados pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos, baseado na distribuição binomial negativa, safra 2012/2013 53
- Figura 3 – Curva Característica de Operação CO (m) do plano de amostragem sequencial para percevejos adultos coletados pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos, safra 2012/2013 54
- Figura 4 - Curva do tamanho esperado de unidades amostrais $E_p(n)$ do Teste da Sequencial da Razão de Probabilidade para o número de percevejos adultos em soja na safra 2012/2013 54

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Médias, variâncias e índices de dispersão para o número de lagartas pequenas e grandes coletadas pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos na safra 2010/2011 e em 8 estádios fenológicos na safra 2012/201334

Tabela 2 - Resultados do teste qui-quadrado (X^2) para ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa, para o número de lagartas grandes e pequenas coletadas pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos na safra 2010/201135

Tabela 3 - Resultados do teste qui-quadrado (X^2) para ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa, para o número de Lagartas grande e pequenas coletadas pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos na safra 2012/13 36

Tabela 4 – Índices de K comum para lagartas pequenas e grandes na safra 2010/2011 e para lagartas pequenas e grandes na safra 2012/2013. Santa Maria, 2016..... 36

Tabela 5 – Planilha de campo para a amostragem de lagartas pequenas na cultura da soja, utilizando o pano-de-batida vertical. Safra 2010/2011 37

Tabela 6 – Planilha de campo para a amostragem de lagartas grandes na cultura da soja, utilizando o pano-de-batida vertical. Safra 2010/2011 38

Tabela 7 – Planilha de campo para a amostragem de lagartas pequenas na cultura da soja, utilizando o pano-de-batida vertical. Safra 2012/2013..... 39

Tabela 8 – Planilha de campo para a amostragem de lagartas grandes na cultura da soja, utilizando o pano-de-batida vertical. Safra 2012/2013.....40

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Médias, variâncias e índices de dispersão para o número de percevejos ninfas e adultos coletados pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos na safra 2010/2011 e em 8 estádios fenológicos na safra 2012/201355

Tabela 2 - Resultados do teste qui-quadrado (X^2) para ajuste das distribuições de Poisson e binomial negativa, para o número de Percevejos ninfas e adultos coletados pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos na safra 2010/2011 ... 56

Tabela 3 - Resultados do teste qui-quadrado (X^2) para ajuste das distribuições de Poisson e binomial negativa, para o número de Percevejos ninfas e adultos coletados pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos na safra 2012/2013..... 57

Tabela 4 – Planilha de campo para a amostragem de percevejos adultos na cultura da soja, utilizando o pano-de-batida vertical. Safra 2012/2013..... 58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A CULTURA DE SOJA	12
2.2	LAGARTAS DESFOLHADORAS DA SOJA.....	12
2.3	PERCEVEJOS SUGADORES DE GRÃOS	14
2.4	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE INSETOS.....	15
2.5	PANO DE BATIDA VERTICAL.....	16
2.6	AMOSTRAGEM SEQUENCIAL	17
3	CAPÍTULO I - AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DE LAGARTAS, PEQUENAS E GRANDES, EM SOJA	19
	RESUMO	19
	ABSTRACT	20
3.1	Introdução	21
3.2	Material e Métodos	21
3.3	Resultados e Discussão	25
3.4	Conclusões	28
3.5	Referências.....	29
4	CAPÍTULO II - AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DE PERCEVEJOS, NINFAS E ADULTOS, EM SOJA	41
	RESUMO	41
	ABSTRACT	42
4.1	Introdução	43
4.2	Material e Métodos	44
4.3	Resultados e Discussão	48
4.4	Conclusões	50
4.5	Referências.....	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS GERAIS	60
	ANEXOS	61

1 INTRODUÇÃO GERAL

Quase na totalidade dos sistemas de produção, atualmente, principalmente nas grandes culturas, o controle químico se apresenta como a ferramenta de manejo de maior utilidade para o controle destes insetos-praga. Desta forma, é necessário conhecer o momento exato para melhor aplicação de inseticidas, dependente da densidade populacional dos insetos na cultura, sua dispersão na área, tamanho e desenvolvimento dos mesmos.

Para que estas aplicações sejam adequadas, reduzindo o número de pulverizações desnecessárias na cultura, é vital o conhecimento de uma forma de amostragem rápida e eficiente, para que o controle químico seja utilizado no momento exato, ou seja, quando a população atingir o nível de ação ou de controle (FERNANDES et al., 2002). A escolha do melhor método é dependente de fatores como estágio fenológico da cultura, as pragas alvo em questão, da exatidão e precisão requerida pela amostragem, da facilidade de uso, do tempo e do custo de execução (WADE et al., 2006).

O método pano-de-batida vertical é recomendado para a cultura de soja desde 1994 na Argentina, utilizado principalmente para espaçamentos menores que 0,70 m em lavouras de semeadura direta (MASSARO; GAMUNDI, 2003). É uma adaptação do método proposto por Drees e Rice (1985).

Tais amostragens podem ser otimizadas, utilizando-se do método de amostragem sequencial. Método este que apresenta significativa vantagem por ter um número variável de amostras, promovendo, na maioria dos casos, um número menor de amostras para populações muito grandes ou muito reduzidas (SHEPARD, 1980, BARBOSA, 1992), ao contrário do método convencional onde o número é sempre fixo, independentemente do grau de infestação. Desse modo o método de amostragem sequencial se mostra mais rápido e confiável por se basear no número variável de unidades amostrais dependendo do tamanho da população amostrada (KOGAN; HERZOG, 1980).

Assim, com o Brasil sendo o maior consumidor mundial de agrotóxicos, com gasto de R\$ 14 milhões no ano de 2011 (ASSAD, 2012), provenientes muitas vezes de aplicações em momento inadequado e em dosagens exageradas. O presente trabalho tem por finalidade implementar um plano de amostragem sequencial na cultura de soja, a fim de encontrar o momento correto de aplicação do inseticida, evitando assim gastos substanciais com esta prática.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DE SOJA

A cultura de soja se expandiu de maneira substancial, na última década tanto no Rio Grande do Sul quanto no Brasil. Na safra agrícola de 2015/16 foram semeadas 33.251,9 milhões de hectares com soja, com produção de 95.434,6 milhões de toneladas, resultando em produtividade média de 2.870 kg ha⁻¹. Ampliando a sua importância, bem como o volume de grãos, tornando-se uma das *commodities* de maior exportação do país (CONAB, 2016). No Rio Grande do Sul a área cultivada representa 15% do território nacional, com produtividade de grãos de 2.970 kg ha⁻¹, em área de 5,455 milhões de hectares na safra 2015/16 (CONAB, 2016).

A produtividade de grãos desta oleaginosa pode ser reduzida por diversos fatores bióticos e abióticos. Dentre as limitações de produtividade de grãos da cultura encontram-se os problemas fitossanitários, com destaque para os insetos-praga. As lagartas desfolhadoras *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) e *Spodoptera eridania* (Cramer, 1872) e os percevejos sugadores pertencentes a família Pentatomidae, *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1873), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775), , *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) e *Chinavia sp.* (Say, 1831) constituem as principais pragas da cultura da soja no Brasil (DEGRANDE; VIVIAN, 2007; HOFFMANN-CAMPO et al., 2012).

2.2 LAGARTAS DESFOLHADORAS DA SOJA

Dentre as espécies de lagartas desfolhadoras encontradas mais frequentemente na cultura da soja encontram-se *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) e *Spodoptera eridania* (Cramer, 1872) (DEGRANDE; VIVIAN, 2007). Se alimentam tanto do limbo foliar quanto das nervuras das folhas. Com relação ao número de insetos, o nível de dano econômico (NDE) recomendado para iniciar o controle é de 20 lagartas grandes ($\geq 1,5$ cm) por metro de fileira de soja. E com relação ao desfolhamento, o NDE indicado é de 30% de desfolha no estágio vegetativo ou 15% se a cultura estiver no estágio reprodutivo (TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA, 2008).

No ciclo de vida das lagartas ocorre a metamorfose completa, passando por 5 fases: ovo, larva, pré-pupa, pupa e adulto. A sua oviposição é variável em função da espécie, de 600 a 3000 ovos por fêmea. A fase larval possui seis ínstaes com diferentes durações cada, dependendo da espécie e de diversos fatores climáticos, podendo variar de 14 a 25 dias. A pupa pode ocorrer no solo ou na parte aérea da planta de soja, em dependência também da espécie, ocorrendo de 5 a 18 dias. Já na fase adulta, as mariposas podem alcançar de 8 a 18 dias de longevidade em decorrência de fatores abióticos e bióticos, tais como, clima, temperatura, ventos e inimigos naturais. (GALLO et al., 2002; HOFFMANN-CAMPO et al., 2012; SOSA-GÓMEZ et al., 2014).

A lagarta-da-soja, *A. gemmatalis* é encontrada quase que na totalidade dos locais de cultivo, dessa forma sendo a mais comum desfolhadora presente na cultura da soja. Seu ciclo de vida dura em média 47 dias, passando por 6 ínstaes larvais, com duração de cerca de 25 dias e na fase adulta sobrevivendo em média mais 15 dias (GALLO et al., 2002). A mariposa apresenta coloração variável do cinza-claro ao marrom escuro, contendo sempre uma linha diagonal de cor marrom-canela, a qual une as pontas do primeiro par de asas, apresentando envergadura de 40 mm.

Na sua fase larval pode atingir até 30 mm de comprimento, sendo que, a lagarta pequena, comumente apresenta coloração verde. Já as lagartas denominadas grandes (maiores que 15 mm) podem ser encontradas tanto na coloração verde, passando por pardo-avermelhado, e até pretas (dependente das condições de alimentação, clima, densidade populacional), apresentando três linhas longitudinais no dorso com quatro pares de propernas abdominais, além de um par terminal. Nos três primeiros ínstaes o consumo foliar é muito pequeno, já do quarto ao sexto ínstar o consumo pode alcançar de 100 a 120 cm² de folhas (GALLO et al., 2002; SOSA-GÓMEZ et al., 2014).

Denominadas de falsas-medideiras, as larvas *C. includens* são assim chamadas por se deslocarem como que medindo palmos. Possuem cor verde-clara, com pontuações pretas e listras longitudinais brancas ao longo do corpo. No último ínstar larval atinge entre 40 e 45 mm de comprimento, a mudança para a fase de pupa ocorre sob uma teia, geralmente na face ventral das folhas. Os adultos exibem, quando em repouso, asas dispostas de forma oblíqua. Mariposas recentemente emergidas apresentam manchas prateadas brilhantes no centro do primeiro par de asas. Possuem um ciclo de vida de 15 a 18 dias com capacidade de oviposição de até 600 ovos. Seu dano é caracterizado pelo aspecto rendilhado dos folíolos, consumindo o parênquima foliar e deixando as nervuras (HOFFMAN-CAMPO et al., 2012; SOSA-GÓMEZ et al., 2014).

A lagarta-das- vagens, *S. eridania*, teve grande expansão na cultura da soja devido, principalmente, ao seu dano ocasionado nos legumes. Sua coloração é preta, apresentando listras amarelas sobre o dorso, com manchas triangulares que vão do primeiro segmento abdominal até o 8°. Podem atingir de 35 a 50 mm de comprimento. Os adultos podem chegar a 40 mm de envergadura. Apresentam asa anterior com traço curto no sentido longitudinal na base da margem posterior, observando-se também uma mancha negra arredondada. Já as asas posteriores são de cor branca. Além de atacar as vagens, seu consumo de área foliar pode chegar até 120 cm², podendo provocar danos a cultivares de soja que expressem a toxina Cry1Ac (SANTOS et al., 2005; SOSA-GÓMEZ et al., 2014).

2.3 PERCEVEJOS SUGADORES DE GRÃOS

Os percevejos fitófagos, pertencentes a família dos Pentatomidae, se encontram entre os insetos-praga mais importantes da cultura de soja (PANIZZI; SLANSKY, 1985). Alimentam-se sugando diretamente os legumes, causando danos aos grãos, reduzindo a produtividade de grãos e também a qualidade, tanto fisiológica quanto sanitária, das sementes (CORRÊA-FERREIRA et al., 2009). Seu ataque pode acarretar o abortamento de grãos e legumes, reduzindo o vigor e o poder germinativo das sementes. O ataque de percevejos reduz os teores de óleo dos grãos, ocasionando diversos distúrbios fisiológicos como o retardamento da maturação e a transmissão de patógenos (PANIZZI; SLANSKY, 1985; CORRÊA-FERREIRA; AZEVEDO, 2002). O nível de controle recomendado, para esse grupo, é de quatro e dois percevejos m⁻¹, para lavouras comerciais e de produção de sementes, respectivamente (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2014).

São encontradas mais de 54 espécies de percevejos no mundo onde 25 destas ocorrem no Brasil, sendo três delas economicamente importantes, *Euschistus heros* (Fabricius, 1794), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1873) (PANIZZI; SLANSKY, 1985). Atualmente as espécies *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) e *Chinavia sp.* (Say, 1831), têm sido encontradas com maior frequência em soja (KUSS-ROGGIA, 2009; STÜRMER et al., 2012). O ciclo de vida dos percevejos é constituído por três fases: ovo, ninfa e adulto. A fase de ninfa compreende cinco estádios de desenvolvimento até chegar a fase adulta, concluindo seu desenvolvimento, dependendo da espécie e de fatores como clima e temperatura, de 25 a 40 dias. Os adultos iniciam o acasalamento em cerca de 10 dias e as oviposições ocorrem após os 13 dias.

Apresentam longevidade média entre 50 e 120 dias, ocorrendo de três a seis gerações por ano (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

O percevejo marrom, *E. heros* é o percevejo de maior abundância no País ocorrendo desde o Rio Grande do Sul, passando pelo norte do Paraná até as regiões Centro-Oeste e Norte do país. As ninfas recém-eclodidas têm corpo alaranjado e cabeça preta, ninfas maiores, 2º, 3º, 4º e 5º possui coloração que varia do cinza ao marrom. Os adultos são de cor marrom-escuro, possuindo dois prolongamentos laterais, em forma de espinhos. Os ovos são depositados nas folhas em pequenas massas de cinco a sete ovos. São considerados os percevejos com maior dificuldade de controle, apresentando populações com resistência a diferentes inseticidas no país (SOSA-GÓMEZ et al., 2014).

As ninfas do percevejo-verde, *N. viridula*, apresentam cor verde ou preta com manchas circulares brancas e pontos pretos espalhados pelo corpo. Os adultos de *N. viridula* são totalmente de coloração verde medindo de 12 a 15 mm. Seus ovos são de cor amarelada, depositados preferencialmente na face inferior das folhas em massas de 50 a 100 ovos, em formato semelhante ao de um favo de mel. Completam seu desenvolvimento ninfal em cerca de 25 dias (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999; SOSA-GÓMEZ et al., 2014).

As ninfas do percevejo verde-pequeno, *P. guildinii*, no início de seu ciclo exibem as cores preta e vermelha, assumindo, posteriormente, coloração esverdeada com manchas pretas e rosadas no abdômen nos ínstares finais. Seus adultos medem cerca de 10 mm, sendo de cor verde-amarelada, apresentando uma listra transversal marrom-avermelhada próxima à cabeça. Os ovos são de cor preta, dispostos em fileiras pareadas de 10 a 20 ovos por massa, colocados, geralmente sobre as vagens da soja (SOSA-GÓMEZ et al., 2014).

2.4 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE INSETOS

Dados de distribuição espacial de insetos geralmente apresentam variância maior que a média, o que sugere o uso de uma distribuição do tipo agregada, sendo a mais comumente utilizada a binomial negativa (WALD, 1945). Porém, ainda podem ser consideradas as distribuições uniforme e aleatória, sendo binomial positiva e poisson, respectivamente (PERECIN; BARBOSA, 1992).

Na binomial positiva a ocorrência de insetos se dá de maneira quase que equidistante uns dos outros. Já o modelo de Poisson implica que os indivíduos apresentam a mesma probabilidade de tomar um espaço qualquer na área, sendo que a presença de um não interfere

na presença de outro, contrastando com a binomial negativa a qual considera a ocorrência do inseto-praga como gregária (PERECIN; BARBOSA, 1992).

Em função dos parâmetros envolvidos para o estabelecimento do plano de amostragem, tem-se, então, para cada tipo de distribuição uma variação no método a ser utilizado. Os níveis populacionais requerem estudos de longa duração, que envolvem características da planta, como fisiologia, prejuízos causados pelas pragas, custo de controle e valor da produção, o que seria um dos entraves para o desenvolvimento de planos sequenciais no Brasil (FERNANDES et al., 2003). Sterling et al.,(1983) desenvolveu um programa de manejo para insetos do algodoeiro, no nordeste brasileiro, com a utilização de amostragem sequencial, o que reduziu em 50% o tempo gasto em amostragem, em relação ao que se gastava tradicionalmente.

É preferível, que se empregue a melhor informação existente e o conhecimento prático para se elaborar um manejo experimental de pragas, do que esperar pela obtenção dos dados definitivos para se iniciar um programa de manejo de pragas (BARBOSA, 1992).

2.5 PANO DE BATIDA VERTICAL

Há diversos métodos de amostragem para a quantificação de insetos-praga. A escolha deve ser feita levando em consideração diversos fatores, dentre eles a cultura e seu estágio fenológico, espécies-alvo, facilidade de uso, exatidão e precisão requerida para a amostragem, tempo e custo requerido (WADE et al., 2006). Métodos como o pano-de-batida (BOYER; DUMAS, 1969), o pano-de-batida largo (CORRÊA-FERREIRA; PAVÃO, 2005) e o pano-de-batida vertical (DREES; RICE, 1985) são aqueles mais comumente utilizados para amostragem de pragas na cultura de soja.

Nas comparações entre os métodos pano-de-batida e pano-de-batida vertical foi demonstrado que em espaçamentos entrelinhas menores, o pano-de-batida vertical apresenta maior eficiência de coleta tanto para lagartas desfolhadoras e percevejos sugadores (GUEDES et al., 2006; KUSS et al., 2007). Em estudo comparativo, realizado por Stürmer (2012), entre os três métodos: pano-de-batida, pano-de-batida largo e pano-de-batida vertical o método pano-de-batida vertical se mostrou mais eficiente e preciso em relação aos outros, em espaçamento de 0,50 m. Essa melhor eficiência se relaciona com a presença do pano entre as linhas adjacentes, o que impede que insetos presentes nas plantas sacudidas, prendam-se nas plantas da fileira ao lado. Em cultivos com espaçamentos entre linhas menores (0,35 a 0,52 m) e com insetos-praga muito móveis (percevejos), o uso do pano-de-batida vertical permite a

amostragem de um maior número de indivíduos (GAMUNDI, 1995; MASSARO; PLUIS, 2006). O método do pano-de-batida-vertical é considerado confiável, prático e simples para a execução em campo (MASSARO; PLUIS, 2006).

De maneira prática, para a realização de uma amostragem adequada, deve-se utilizar o método de amostragem relativo o qual colete o maior número de insetos-praga, coletando o mais próximo possível da densidade populacional real, porém exigindo equipamentos de fácil manuseio e simplicidade (PANIZZI; FERREIRA, 1978).

2.6 AMOSTRAGEM SEQUENCIAL

A avaliação dos níveis populacionais de infestação de insetos-praga se torna imprescindível em um programa de manejo integrado de pragas (HOLLINGSWORTH; GATSONIS, 1990). Esta avaliação é realizada por meio de métodos de amostragem, sendo otimizados pela utilização da amostragem sequencial. Esta técnica se torna vantajosa por apresentar um número de amostras variável, demandando número reduzido de amostras para populações muito elevadas ou diminutas, diferentemente ao procedimento convencional, que traz o número de coletas sempre fixo, independentemente do grau de infestação (SHEPARD, 1980; KOGAN; HERZOG, 1980; BARBOSA, 1992). Resultando em maior confiabilidade e ganhos consideráveis de tempo ao longo do ciclo cultural. Assim, o término da amostragem, e a tomada de decisão, são dependentes, dos resultados obtidos a cada etapa (WALD, 1945).

Para o correto desenvolvimento de planos de amostragem sequencial, são necessários três requisitos básicos; primeiramente se obtém uma função de probabilidade que descreva a distribuição das contagens de insetos; 2º o nível de dano econômico (NDE) ou “*threshold*” na forma de duas densidades críticas, de maneira que o nível de dano ocorra assim que a densidade populacional ultrapasse um limite superior previamente estabelecido, e não ocorra quando a população permanecer abaixo do limite inferior definido; finalmente, selecionam-se níveis máximos de probabilidades de cometer erros na decisão sobre densidades populacionais, isto é, probabilidades de α e β de predizer uma população não prejudicial como sendo prejudicial (α = erro tipo I), e a probabilidade de diagnosticar uma densidade prejudicial como sendo não prejudicial (β = erro tipo II) (RUESINK; KOGAN, 1975). Planos de amostragem sequencial são elaborados com base no teste sequencial da razão de probabilidades de Wald (1945). Para que se estabeleça o uso deste método de avaliação é necessário conhecer a distribuição espacial dos insetos-praga na cultura (GILES et al., 2000).

Os Índices de agregação e as distribuições de frequências, são os métodos utilizados para a descrição das formas de distribuição populacional.

Os índices de agregação ou dispersão, não descrevem, matematicamente, a distribuição populacional (ELLIOTT et al. 1990), porém fornecem ideia aproximada dessa realidade. A confirmação da distribuição dos insetos na área ocorrerá apenas com o conhecimento dos modelos probabilísticos os quais apresentam as distribuições de frequência dos números de insetos-praga estudados (BARBOSA, 1992).

Planos de amostragem sequencial se tornam importantes instrumentos no manejo integrado de pragas (MIP), quando já se tem uma base de conhecimento sobre as populações de insetos-praga, bem como de seus inimigos naturais (FERNANDES et al., 2002).

3 CAPÍTULO I

AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DE LAGARTAS, PEQUENAS E GRANDES, EM SOJA

RESUMO

Entre as principais limitações da produtividade de grãos na cultura de soja encontram-se os insetos-praga, destacando-se as lagartas desfolhadoras. É necessário amostrar e quantificar esses insetos para adequada tomada de decisão conforme níveis de controle pré-estabelecidos. Assim, para a implementação de manejo apropriado destes insetos-praga em soja, há necessidade de estabelecer um plano de amostragem que permita a estimação da densidade populacional das pragas, eficaz, confiável e com menor dispêndio de tempo. Este trabalho tem por objetivo estabelecer um plano de amostragem sequencial para lagartas, pequenas e grandes, na cultura de soja de acordo com o teste sequencial da razão de probabilidade. Os dados foram coletados em dois anos agrícolas (2010/2011 e 2012/2013). Foram contabilizados o número de lagartas pequenas (<1,5 cm) e grandes (>1,5 cm) das espécies *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) e *Spodoptera eridania* (Cramer, 1872) por meio do método de amostragem pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais, espaçados de 20 m × 20 m, em área de 6,16 ha de soja. A distribuição de lagartas, pequenas e grandes na cultura da soja é agregada. De acordo com os planos de amostragem sequencial o número máximo de unidades amostrais para decisão de controle ou não de lagartas em soja, são 30 unidades amostrais.

Palavras-chave: Manejo de pragas. plano de amostragem. pano-de-batida vertical. distribuição espacial.

CHAPTER I

SEQUENTIAL SAMPLING FOR EVALUATION OF CATERPILLARS, SMALL AND LARGE IN SOYBEAN

ABSTRACT

Among the main limitations of grain yield in soybean are the insect pests, especially the defoliating caterpillars. It is necessary to reveal and quantify these insects for proper decision-making according to pre-established control levels. So, for the implementation of appropriate management of these soybean insect pests, there is a necessity to establish a sampling plan that will allow an effective, reliable and less time consuming estimation of the population density of pests. This work aims to establish a sequential sampling plan for small and large caterpillars in soybean in accordance with the sequential test of probability rates. Data was collected for two growing seasons (2010/2011 and 2012/2013). The number of small caterpillars (< 1.5 cm) and large (> 1.5 cm) of the species *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) and *Spodoptera eridania* (Cramer, 1872) was estimated using the vertical cloth-to-beat in a grid of 154 sample points marked with a 20 × 20 m spacing in an area of 6.16 ha of soybean. The distribution of small and large caterpillars in soybean is aggregated. According to the sequential sampling plan, the number of maximum samples, for the decision making of the control or not of caterpillars in soybean, is 30 sample units.

Keywords: pest management. sampling plan. vertical cloth-to-beat. spatial distribution.

3.1 Introdução

A produtividade de grãos de soja pode ser afetada por diversos fatores, dentre estes limitantes encontram-se as lagartas desfolhadoras (*Anticarsia gemmatalis*, *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera eridania*). Estes insetos-praga se alimentam tanto do limbo, quanto das nervuras foliares, podendo acarretar desfolha de até 100%, ocasionando, assim, perda de produtividade de grãos (HOFFMANN-CAMPO et al., 2012).

É de extrema importância a quantificação populacional deste inseto praga, para que sejam tomadas decisões de maneira adequada, baseadas nos níveis de controle, pré estabelecidos. Na soja, o nível de controle recomendado é de 20 lagartas grandes ($\geq 1,5$ cm) por m^2 (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2014). Para tanto, é necessário que se conheça métodos de amostragem rápidos e eficientes, de modo que o controle seja realizado no momento exato, quando o nível populacional atingir o nível de controle (FERNANDES, 2002). A escolha do melhor método é dependente de fatores como estágio fenológico da cultura, as pragas alvo em questão, da exatidão e precisão requerida pela amostragem, da facilidade de uso, do tempo e do custo de execução (WADE et al., 2006).

O método pano-de-batida vertical se mostrou o mais eficiente em comparação com os métodos pano-de-batida e pano-de-batida largo, em diversos estudos (GUEDES et al., 2006; KUSS et al., 2007, STÜRMER, 2012). Estas amostragens podem ser otimizadas utilizando o plano de amostragem sequencial. O qual apresenta-se mais confiável e rápido por se basear em um número variável de amostras, dependendo do tamanho da população amostrada (KOGAN; HERZOG, 1980).

O presente trabalho tem por finalidade propor um plano de amostragem sequencial para a avaliação de lagartas, pequenas e grandes, na cultura de soja.

3.2 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em área de 6,16 ha, localizada na Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, latitude, 29°42'24"S; longitude, 53°48'42"W; e altitude, 95 m, em dois anos agrícolas (2010/11 e 2012/13). No primeiro ano agrícola, a cultivar de soja BMX Potência RR, de hábito de crescimento indeterminado e grupo de maturação semiprecoce, foi semeada no dia 29 de outubro de 2010, em fileiras espaçadas a 0,5 m, com densidade de 25 plantas m^{-2} . Na segunda

safra, a cultivar de soja utilizada foi Nidera A 6411 RG, de hábito de crescimento determinado e grupo de maturação semiprecoce, semeada no dia 10 de dezembro de 2012, em fileiras espaçadas de 0,43 m, com densidade de 16 plantas m^{-2} . Em ambos os anos, a adubação, o controle de plantas daninhas, bem como o controle de doenças, foram realizados conforme recomendações técnicas para a cultura (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2014). No ano 2010/2011 aplicou-se metomil (107 g i.a. ha^{-1}) para o controle de lagartas no dia 03 de fevereiro de 2011, em função da desfolha ter atingido o nível de controle (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2014). Já no ano 2012/2013 o controle de pragas não foi necessário, pois os níveis de controle não foram atingidos. Nos dois anos agrícolas, foi demarcado sobre a área um gride de 154 pontos amostrais espaçados de 20 × 20 m. Em cada um desses 154 pontos foram contados o número de lagartas pequenas (<1,5 cm) e grandes (>1,5 cm) das espécies *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) e *Spodoptera eridania* (Cramer, 1872).

Ao final foram contabilizados o número total de lagartas pequenas e o número total de lagartas grandes, por meio do método de amostragem pano-de-batida vertical (Figura 1) em 14 estádios fenológicos da cultura de soja (V7, V9, V11, R1, R2, R3, R4, R5.1, R5.3, R5.5, R6, R7.1, R7.3 e R8.2) no ano 2010/2011, e em 8 estádios para o ano 2012/2013 (R2, R4, R5.1, R5.2, R5.5, R6, R7.1 e R7.3) utilizando a escala proposta por Ritchie et al. 1982. O método de amostragem e a forma de coleta são descritos a seguir:

Pano-de-batida vertical: constituído de um bastão de madeira, na extremidade superior, e um tubo de policloreto de polivinila (100mm), cortado ao meio longitudinalmente, na extremidade inferior, ligados entre si por um tecido branco, com comprimento de 1m e com altura ajustável a estatura das plantas de soja. O tubo de policloreto de polivinila serviu de calha coletora dos insetos-praga. Para a coleta dos insetos, o pano foi colocado verticalmente na entre linha da cultura, e as plantas de apenas uma fileira eram sacudidas contra a superfície do pano. Esse procedimento foi realizado em dois metros de linha de soja, a fim de amostrar $1m^2$ de área.

Em cada uma das 2.156 coletas de $1 m^2$ de área, formadas pela combinação de 154 pontos × 14 estádios fenológicos, no ano 2010/2011 e em 1.232 coletas formadas pela combinação de 154 pontos × 8 estádios fenológicos, no ano 2012/2013 foram contabilizados o número de número de lagartas (pequenas, grandes e total). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa MINITAB 17 e do aplicativo office Excel.

Para se verificar o grau de agregação de lagartas pequenas e grandes, foram utilizados os índices de dispersão descritos a seguir:

Índices de Dispersão:

Razão Variância/Média: Chamado de índice de dispersão, é o mais comum dos índices utilizados. Se dá pela relação variância/média ($I = s^2/m$). Segundo Rabinovich (1980), serve para medir o desvio de um arranjo das condições de aleatoriedade. Valores iguais a unidade indicam dispersão ao acaso, valores menores que a unidade indicam distribuição regular ou uniforme, e valores expressivamente maiores que a unidade indicam distribuição espacial agregada. As limitações deste índice estão na influência do tamanho de amostra sobre a quantidade de indivíduos amostrados, afetando as agregações (KREBS, 1999).

Expoente k da distribuição Binomial Negativa: A estimativa dos valores de k é obtida por dois métodos, primeiramente pelo método dos momentos:

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

e, após pelo método da máxima verossimilhança:

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

N = número de unidades amostrais, $A(x)$ = soma das frequências dos valores maiores que x e x_i = número de indivíduos amostrados por ponto. Valores negativos indicam distribuição uniforme, valores baixos e positivos ($k < 2$), disposição altamente agregada, valores variando de dois a oito indica uma agregação moderada e valores superiores a oito, distribuição aleatória (ELLIOTT, 1979).

Modelos probabilísticos para estudo da distribuição espacial de pragas:

Distribuição de Poisson: Conhecida também como distribuição aleatória, apresentando variância igual a média ($s^2 = m$). As fórmulas para o cálculo da série são dados por:

$$P(0) = e^{-\hat{m}}$$

e

$$P(x) = \frac{\hat{m}}{x} \cdot P(x-1)$$

onde: $x = 1, 2, 3, \dots$; $e =$ base do logaritmo neperiano ($e = 2,718282\dots$); $P(x) =$ probabilidade de encontrar x indivíduos em uma unidade amostral; $m =$ média amostral.

Distribuição Binomial Negativa: Apresenta variância maior que a média ($s^2 > m$), ou seja, distribuição agregada e possui dois parâmetros, a média (m) e o expoente k ($k > 0$). As probabilidades são calculadas pelas fórmulas:

$$P(0) = \left(1 - \frac{\hat{m}}{\hat{k}}\right)^{-\hat{k}}$$

$$P(x) = \frac{\hat{k} + x - 1}{x} \cdot \left(\frac{\hat{m}}{\hat{k}}\right) \cdot P(x-1)$$

para $x = 1, 2, 3, \dots$, onde: $P(x) =$ probabilidade de encontrar uma unidade amostral que contém x indivíduos; $\hat{m} =$ média amostral; $\hat{k} =$ estimativa do expoente k da binomial negativa, obtido através do método dos momentos.

Amostragem Sequencial: O passo seguinte foi o estabelecimento de um plano de amostragem sequencial para lagartas, pequenas e grandes, em soja. O plano é baseado no teste sequencial da razão de probabilidade (TSRP) proposto por Wald (1945). O plano tem como finalidade testar, com o menor número esperado de amostras as hipóteses H_0 e H_1 . H_0 indica que a população está abaixo do nível de segurança, enquanto a hipótese H_1 indica que a população está acima do nível de controle. Assim, 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 , indica a não aplicação (BARBOSA, 1992). Para elaboração do Plano de Amostragem Sequencial de lagartas, foi adotado o nível de controle de 20 lagartas/m² e um nível de segurança de 10 lagartas/m². Utilizando, para os erros do tipo I e tipo II, valores de $\alpha = \beta = 0,10$.

Foram construídas as linhas de decisão necessárias para a realização do teste. A linha superior traz o número de indivíduos necessários para atingir o nível de controle proposto, já a

linha de decisão inferior indica o número total de organismos onde se afirma que a população está abaixo do nível de segurança, não necessitando a adoção de nenhuma medida de controle.

Curva característica de operação e tamanho médio esperado para a amostra:

Para a avaliação do teste TSRP há a necessidade da determinação da Curva de Operação $CO(p)$ e da Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais $E_p(n)$. A Curva Característica de Operação $CO(p)$ é a representação gráfica da função operatória característica, fornecendo a probabilidade de que se termine a amostragem, não recomendando o controle para determinado grau de infestação da lavoura. Indica então, a probabilidade de adoção de uma decisão correta ou errada em relação a um determinado nível de infestação. A Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais $E_p(n)$ representa o número médio de observações/amostragens necessárias para a tomada de decisão. Segundo Young; Young (1998) as funções para a determinação de ambas as curvas, em qualquer tipo de distribuição são descritas a seguir:

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

$$E_p(n) = \frac{CO(p)(h_0 - h_1) + h_1}{p - S}$$

onde p = número médio de indivíduos; h = variável auxiliar dependente de p ; α = erro tipo I; β = erro tipo II; h_0 = hipótese H_0 ; h_1 = hipótese H_1 .

3.3 Resultados e Discussão

O índice de dispersão razão da variância/média (I) apresentou valores maiores que a unidade para lagartas pequenas na safra 2010/2011, nas 11 primeiras avaliações, ou seja, em todos os estádios que apresentaram média diferente de zero, indicando distribuição agregada (Tabela 1). Já para a estimativa de K pelo método dos momentos (K mom), em cinco dos estádios fenológicos (V7, V9, R5.1, R5.3 e R6) os valores foram baixos e positivos, denominado dispersão altamente agregada. Nas demais avaliações, onde foram encontrados indivíduos (V11, R1, R2, R3, R4 e R5.1), os valores encontrados mantiveram-se entre 2 e 8, o que indica distribuição agregada. Nas três avaliações restantes (R7.1, R7.3 e R8.2) não foram encontrados indivíduos na área. Assim como para o número de lagartas pequenas, não foram

coletadas lagartas grandes na área, na safra 2010/2011, nos últimos três estádios avaliados, devido principalmente a aplicação de inseticida e pela competição por alimento entre as lagartas.

Apenas em V7 os valores foram negativos denotando distribuição uniforme. Nos demais estádios o índice razão variância/média apresentou valores maiores que um. Para a estimativa de k pelo método dos momentos nos estádios V9, V11, R2 e R5.5 os valores obtidos se encontraram entre 0 e 2, nos outros cinco estádios os valores denotaram distribuição moderadamente agregada ($2 < k < 8$).

Resultados semelhantes foram observados por Stecca, 2011, quando analisou a distribuição espaço-temporal de lagartas desfolhadoras da soja, concluindo que as mesmas apresentam comportamento gregário, devido ao seu crescimento populacional. Estes resultados confirmam os encontrados por Moura, 2012, onde foi avaliado a distribuição espacial e o plano de amostragem sequencial de *C. includens* em diferentes sistemas de semeadura de soja.

Dessa forma compreende-se que a distribuição de lagartas pequenas e grandes na safra 2010/2011 se ajusta as distribuições que descrevem este arranjo, tal como a distribuição binomial negativa. Esses resultados vão de encontro aos de Maruyama et al. (2002), que mostram que, geralmente, a distribuição dos insetos a campo se dá de forma agregada.

Para o índice da razão variância/média, para o número de lagartas pequenas na safra 2012/13, os valores foram maiores que um em todos os estádios fenológicos da soja. O que denotaria distribuição populacional agregada.

Para a estimativa de K mom, em três estádios fenológicos da cultura (R6, R7.1 e R7.3) os valores de K ficaram entre 0 e 2, o que denota uma distribuição altamente agregada. Nos demais estádios os valores denotaram uma distribuição moderadamente agregada.

Para o número de lagartas grandes na safra 2012/2013 o índice $I = S^2/m$ apresentou valores que indicam distribuição agregada nos 6 primeiros estádios fenológicos (R2, R4, R5.1, R5.2, R5.5, e R6). Nos demais (R7.1 e R7.3) os valores foram menores que 1 (distribuição uniforme). Para a estimativa de K pelo método dos momentos, os resultados foram semelhantes. Nos estádios R7.1 e R7.3 apresentaram valores negativos. Em R4, R5.1 e R6 os valores ficaram entre 0 e 2 (altamente agregada); R2 e R5.2, os índices demonstraram distribuição moderadamente agregada. Em R5.5, o valor apresentado foi maior que 8, denotando uma distribuição aleatória.

Os testes de ajustes para lagartas pequenas na safra 2010/2011 demonstraram que em três estádios fenológicos houve ajuste à distribuição binomial negativa, sendo que em nenhum

houve ajuste à distribuição de Poisson. Demonstrando que a população de lagartas pequenas tende a apresentar uma distribuição agregada. Já para lagartas grandes dos 14 estádios fenológicos amostrados, em seis, houve ajuste à distribuição binomial negativa apresentando valores não significativos. Se ajustando apenas um à distribuição de Poisson, demonstrando também, que a distribuição de lagartas grandes nesta safra agrícola, se dá de maneira agregada (Tabela 2).

Para a safra 2012/2013, em relação ao número de lagartas pequenas na área não houve ajuste em nenhum dos estádios com a distribuição de Poisson e apenas em R4 para a distribuição binomial negativa demonstrando assim uma distribuição populacional ao acaso, o que pode ser explicado pelas baixas populações na área. Para a população de lagartas grandes houve ajuste em cinco amostragens para distribuição binomial negativa e apenas em R5.5 para a distribuição de Poisson (Tabela 3).

Estes resultados demonstram, que tanto para lagartas pequenas como para lagartas grandes, a distribuição populacional desses insetos-praga tende a ser agregada, como descrito por Moura, 2012 em estudo realizado com *C. Includens* em diferentes sistemas de plantio de soja.

Com o teste de aderência demonstrando que o número de lagartas grandes e pequenas nas safras 2010/2011 e 2012/2013 apresentaram um ajuste mais satisfatório à distribuição binomial negativa, ajusta-se esse modelo com um K comum o qual é representativo da totalidade das avaliações, sendo assim, os valores obtidos são demonstrados na Tabela 4.

A partir dos índices de K comum constituiu-se planos de amostragem sequencial para lagartas grandes e pequenas na safra 2010/2011 e na safra 2012/2013 na forma de gráfico (Figura 2). A linha superior nos traz o número de insetos necessários para o controle de lagartas, rejeitando-se H_0 , já a linha inferior aceita-se H_0 , não necessitando controle.

A partir destes gráficos, se obtêm as planilhas de campo (Tabelas 5,6,7 e 8), as quais facilitam o trabalho de amostragem sequencial a campo. Para cada valor n calcula-se o valor de S, encontrado pelas funções S_1 e S_0 . A segunda coluna da tabela representa o limite inferior do gráfico, ou seja, os pontos de S_0 , e a última coluna representa os pontos obtidos através de S_1 .

O procedimento à campo é realizado da seguinte maneira, a área em questão é percorrida, de maneira que sejam feitas amostragens aleatórias de lagartas grandes e pequenas, após a contagem em cada ponto amostral, este número vai se acumulando, assim sendo comparado com os limites da planilha de campo, de maneira que se controla ou não os insetos-praga. Se o valor total acumulado for maior que o limite superior, aceita-se H_1 , para-se

a amostragem e é feito o controle. Caso o número de insetos seja inferior a linha S_0 , aceita-se H_0 , rejeitando H_1 , parando a amostragem e não realizando o controle na área. Quando o valor acumulado não ultrapassar nenhuma das linhas de decisão, se mantendo entre ambas, a amostragem segue até o número máximo esperado de lagartas, tanto grandes quanto pequenas para a tomada de decisão. Realizando-se nova amostragem após uma semana, quando o levantamento for quinzenal, ou após 4 dias quando o levantamento for semanal (GALLO, 2002). Recomenda-se o número mínimo de 6 amostragens para se iniciar o controle ou não dos insetos-praga em questão, segundo recomendações da EMBRAPA.

A curva característica de operação (CO) representa a probabilidade de terminar a amostragem, de maneira que não haja controle dos insetos-alvo para determinado grau de infestação. A figura 3 representa as CO(m) para lagartas pequenas e lagartas grandes na safra 2011/2012, e lagartas pequenas e lagartas grandes para a safra 2012/2013.

Os resultados encontrados para o Número Esperado de Unidades Amostrais $Ep(n)$ para lagartas pequenas na safra 2010/2011 (Figura 4a) indicam que para uma infestação média de 15 lagartas/pano-de-batida vertical, o número máximo de amostragens a ser realizado é 13. Já para lagartas grandes em soja na safra 2010/2011 (Figura 4b) o número máximo de amostragens é próximo a 14. A Figura 4c indica que para o número de lagartas pequenas na safra 2012/2013 o número máximo de amostragem seria 17, já para lagartas grandes nesta mesma safra (Figura 4d) o número máximo é de 30, ambos com uma infestação média de 15 lagartas/pano-de-batida vertical.

Como a distribuição de lagartas desfolhadoras da soja, se dá de maneira agregada os planos podem ser utilizados de maneira correta e eficiente, para os diferentes tamanhos de lagarta, bem como para a população total de lagartas na área, independente da espécie em questão.

Recomenda-se que o plano de amostragem sequencial seja utilizado de maneira a cumprir as normas do Manejo Integrado de Pragas (MIP) em talhões uniformes no que se refere à sementeira, cultivar, topografia, tipo de solo, manejo, tratamentos culturais, entre outros.

3.4 Conclusões

A distribuição de lagartas, tanto grandes como pequenas, na cultura da soja tende a ser agregada, independente da densidade populacional. Quatro planos de amostragem sequencial para lagartas pequenas e grandes, foram construídos, em duas safras agrícolas, com base na distribuição binomial negativa. Para a avaliação de lagartas na cultura da soja, o número de

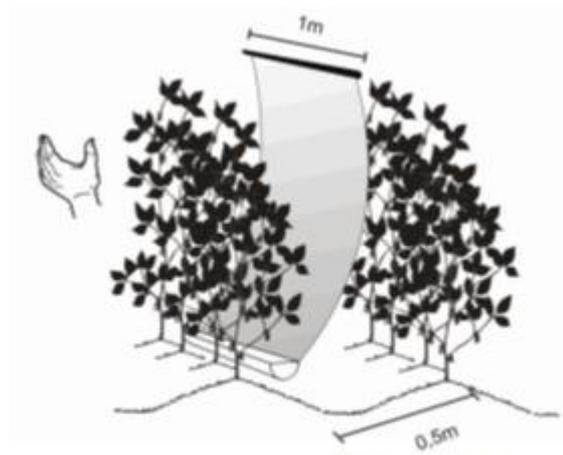
amostragens para a tomada de decisão, varia de um mínimo de 6 unidades amostrais, até um máximo de 30, podendo ser usado para cultivares de crescimento tanto determinado quanto indeterminado.

3.5 Referências

- BARBOSA, J. C. A amostragem sequencial. In: FERNANDES, O. A; CORREIA A. C. B; DE BORTOLI S. A. (Ed.) **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal:Funep, p. 205-211. 1992.
- ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates**. 2. ed. Ambleside: Freshwater Biological Association, 157 p. 1979.
- EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Monitoramento da lavoura. Disponível em <
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000g0gpptav02wx5ok026zxp g02i4z8v.html>>. Acessado em 08/10/2016.
- FERNANDES, M. G. et al. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em Algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, p. 2003- 2011, 2002.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, p. 920. 2002.
- GUEDES, J. V. C. et al. Capacidade de coleta de dois métodos de amostragem de insetos-praga da soja em diferentes espaçamentos entre linhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1299-1302, 2006.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B. et al. **Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-praga**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPSO, p. 859. 2012.
- KOGAN, M.; HERZOG, D.C. Sequential sampling. In: KOGAN, M. & HERZOG, D.C. **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer-Verlag, 1980, p.65-97.
- KREBS, C.J. **Ecological methodology**. 2. ed. Menlo Park: Benjamin/Cummings, 1999.
- KUSS, R. C. R. et al. Amostragem de percevejos-da-soja com diferentes métodos e horários de coleta. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 35., Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 115. 2007.
- MARUYAMA, W. I. et al. Distribuição espacial de *Dilobopterus costalimai* Young (Hemiptera: Cicadellidae) em citros na região de Taquaritinga, SP. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 1, p.35-40, 2002.
- MOURA, J. Z. de. **Distribuição espacial e plano de amostragem sequencial de *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), em dois sistemas de plantio**

- de soja** . 2012. 67 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp – Jaboticabal-SP, 2012.
- RABINOVICH, J. E. **Introducion a la ecologia de problaciones animales**. México, CECSA, p. 313. 1980.
- REUNIÃO DA PESQUISA DA SOJA NA REGIÃO SUL, 40., 2014. Pelotas. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2014/15**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.
- RITCHIE, S. W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science And Technology Cooperative Extension Service. Special Report, 53, mar. 1982.
- STECCA, C. dos S. **Distribuição espaço-temporal e futuação populacional de lagartas desfolhadoras da soja**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2011.
- STÜRMER, G. R. Eficiência de métodos de amostragem de lagartas e de percevejos na cultura de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.12, p. 2105-2111, 2012.
- WADE, M. R. et al. Temporal variation in arthropod sampling effectiveness: the case for using the beat sheet method in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 120, n. 2, p. 139-153, 2006.
- WALD, A. Sequential tests of statistical hypothesis. **Annals Mathematical Statistics**, Ann Arbor, v. 16, n. 2, p. 117-186, 1945.
- YOUNG, L. J.; YOUNG, J. H. **Statistical ecology: a population perspective**. Boston: Kluwer Academic Publishers, p. 565. 1998.

Figura 1 - Representação do pano-de-batida vertical utilizado na amostragem de lagartas, pequenas e grandes, na cultura de soja.



Fonte: Stürmer, 2012.

Figura 2 - Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de lagartas pequenas(a) e grandes (b) coletadas pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos, baseado na distribuição binomial negativa, safra 2010/2011. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de lagartas pequenas (c) e grandes (d) coletadas pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos, baseado na distribuição binomial negativa, safra 2012/2013.

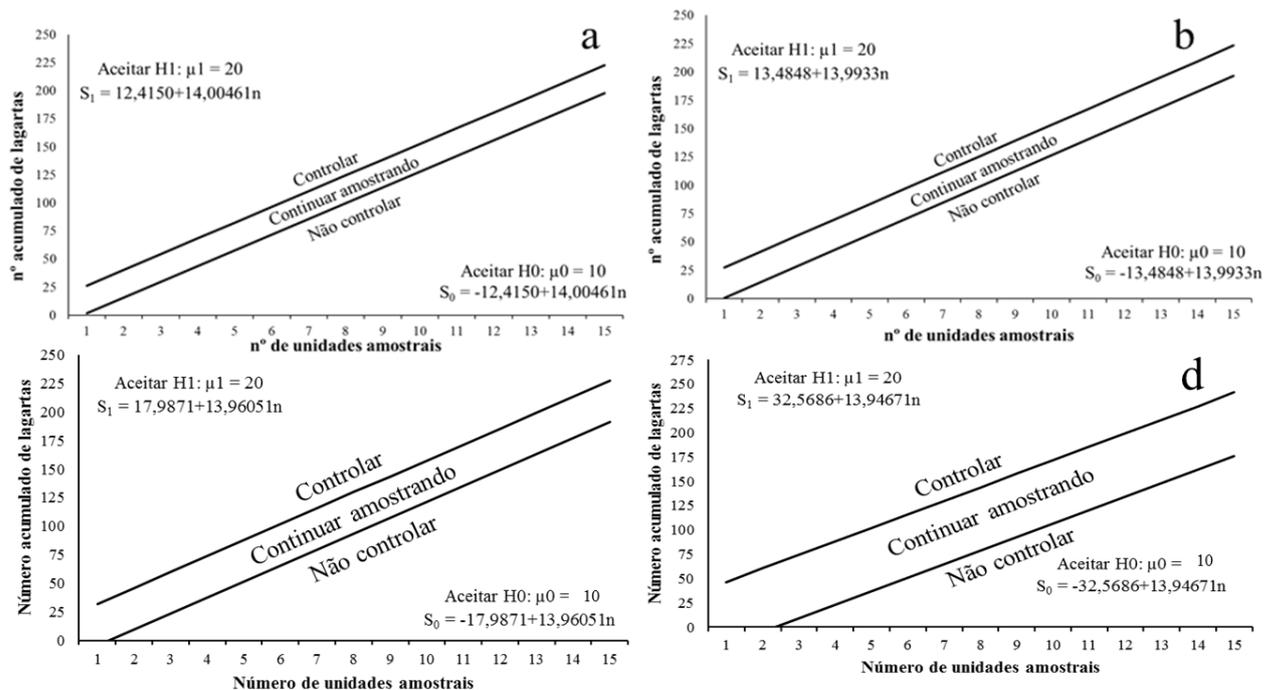


Figura 3 - Curva Característica de Operação CO(m) do plano de amostragem sequencial para lagartas pequenas (a) e grandes (b) coletadas pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos, safra 2010/2011. Curva Característica de Operação CO(m) do plano de amostragem sequencial para lagartas pequenas (c) e grandes (d) coletadas pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos, safra 2012/2013.

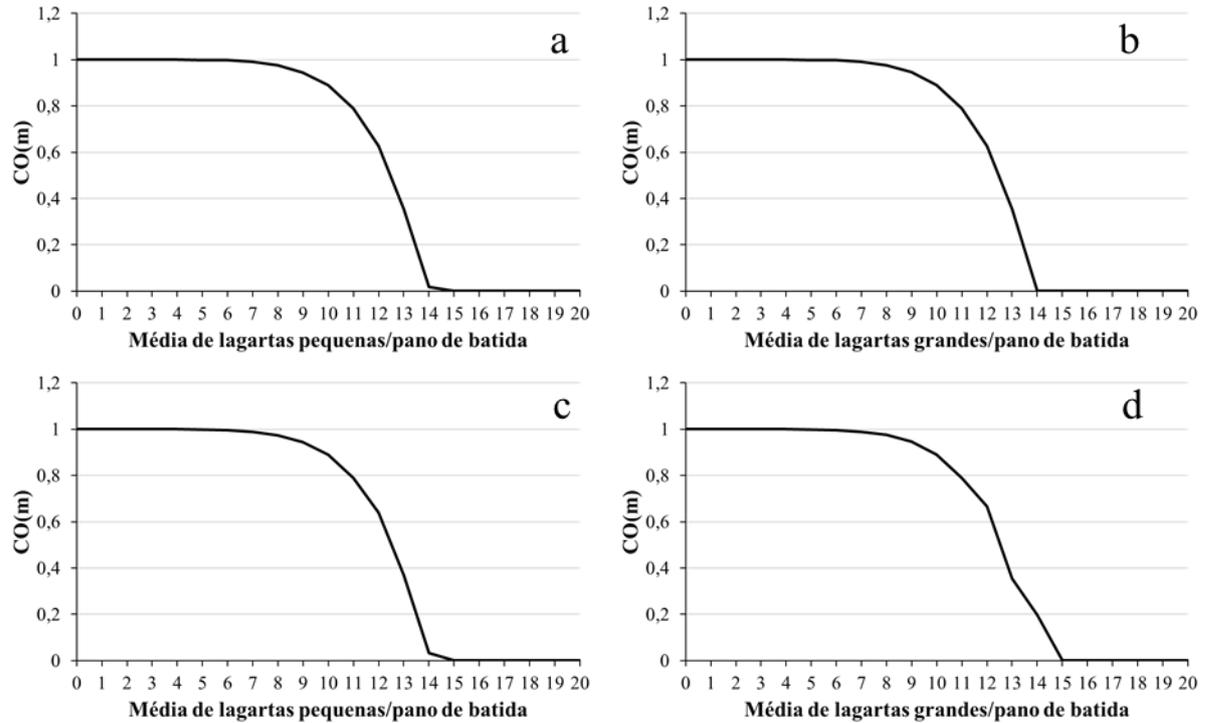


Figura 4 - Curva do tamanho esperado de unidades amostrais $E_p(n)$ do Teste da Sequencial da Razão de Probabilidade para o número de lagartas pequenas (a) e grandes (b) em soja na safra 2010/2011. Curva do tamanho esperado de unidades amostrais $E_p(n)$ do Teste da Sequencial da Razão de Probabilidade para o número de lagartas pequenas (c) e grandes (d) em soja na safra 2012/2013.

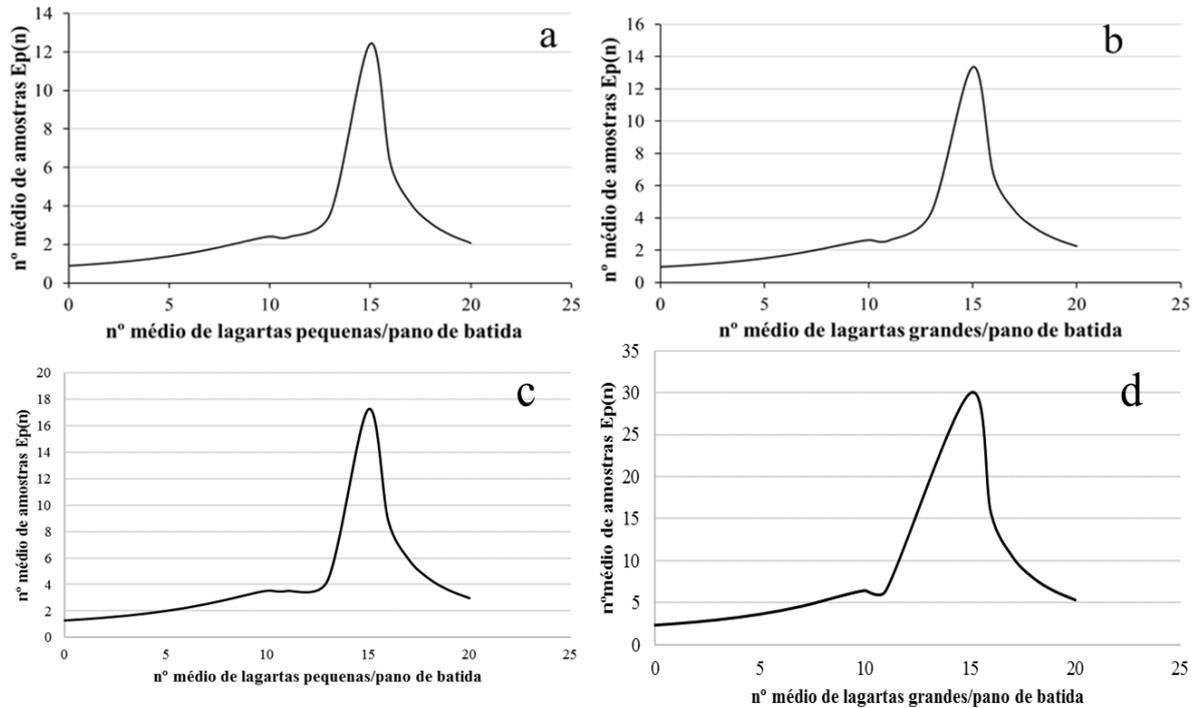


Tabela 1 - Médias, variâncias e índices de dispersão para o número de lagartas pequenas e grandes coletadas pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos na safra 2010/2011 e em 8 estádios fenológicos na safra 2012/2013.

Safra 2010/2011									
Índices	Lagartas pequenas				Lagartas grandes				
	m	S ²	I = S ² /m	K mom	m	S ²	I = S ² /m	K mom	
Épocas de amostragem	V7	0,2532	0,3472	1,3710	0,6825	0,0519	0,0496	0,9542	-1,1354
	V9	0,8312	1,4354	1,7269	1,1434	0,1883	0,2061	1,0947	1,9894
	V11	2,5584	5,8299	2,2787	2,0008	1,0909	2,1224	1,9455	1,1537
	R1	5,1104	12,1381	2,3752	3,7162	1,0844	1,6595	1,5303	2,0449
	R2	9,0455	35,3639	3,9096	3,1089	3,2922	10,2082	3,1007	1,5672
	R3	26,5130	158,7221	5,9866	5,3169	10,0130	51,7776	5,1710	2,4006
	R4	24,3312	123,8177	5,0889	5,9506	25,5260	131,3490	5,1457	6,1572
	R5.1	4,5195	10,8787	2,4071	3,2120	4,5390	10,7207	2,3619	3,3327
	R5.3	2,1364	8,8506	4,1428	0,6798	1,7273	2,9055	1,6821	2,5321
	R5.5	1,4351	3,3193	2,3130	1,0930	0,5909	0,9492	1,6063	0,9746
	R6	0,5130	1,2841	2,5033	0,3412	0,1039	0,1068	1,0278	3,7403
	R7.1	0	0	-	-	0	0	-	-
	R7.3	0	0	-	-	0	0	-	-
	R8.2	0	0	-	-	0	0	-	-
Safra 2012/2013									
Épocas de amostragem	R2	2,3117	3,9414	1,7050	3,2790	3,5195	8,0290	2,2813	2,7468
	R4	5,9156	10,7314	1,8141	7,2665	1,4156	3,1334	2,2135	1,1666
	R5.1	6,5519	26,7587	4,0841	2,1244	3,0909	13,4688	4,3576	0,9206
	R5.2	4,1883	9,9316	2,3713	3,0543	1,3442	1,7958	1,3360	4,0003
	R5.5	1,6688	2,8765	1,7237	2,3060	0,5325	0,5643	1,0598	8,9071
	R6	0,5584	1,1240	2,0128	0,5514	0,1234	0,1873	1,5181	0,2382
	R7.1	1,0779	2,4383	2,2621	0,8541	0,0325	0,0316	0,9739	-1,2419
	R7.3	0,4675	0,7081	1,5145	0,9087	0,0714	0,0668	0,9346	-1,0929

m - média amostral; S² - variância; I - razão variância/média K mom - estimativa de k pelo método dos momentos.

Tabela 2 - Resultados do teste qui-quadrado (X^2) para ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa, para o número de lagartas grandes e pequenas coletadas pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos na safra 2010/2011.

Safra Agrícola 2010/11					
Estádio	Épocas de Amostragem	Poisson		Binomial Negativa	
		X^2	GL	X^2	GL
Lagartas pequenas	V7	-	-	22,04677*	3
	V9	17,2964*	2	162,9631*	6
	V11	79,1846*	6	34,7255*	11
	R1	93,6846*	9	26,8771*	15
	R2	266,56*	12	73,6158*	24
	R3	790,880*	11	54,4815 ^{ns}	47
	R4	561,175*	11	58,0907 ^{ns}	43
	R5.1	87,1134*	8	16,9580 ^{ns}	15
	R5.3	177,672*	5	5376,7214*	12
	R5.5	59,7105*	4	65,2473*	9
	R6	34,2815*	2	596,5029*	7
	R7.1	-	-	-	-
	R7.3	-	-	-	-
	R8.2	-	-	-	-
Lagartas grandes	V7	-	-	0,2707 ^{ns}	1
	V9	0,07 ^{ns}	1	3,7976 ^{ns}	3
	V11	51,93*	3	30,1082*	7
	R1	11,7258*	3	8,9343 ^{ns}	5
	R2	93,2229*	7	394,155*	15
	R3	246,943*	7	199,8869*	28
	R4	492,742*	11	67,0357*	44
	R5.1	81,777*	8	25,3457 ^{ns}	16
	R5.3	21,0309*	4	12,2190 ^{ns}	8
	R5.5	15,3693*	2	41,9777*	5
	R6	0,07738*	1	0,06472 ^{ns}	2
	R7.1	-	-	-	-
	R7.3	-	-	-	-
	R8.2	-	-	-	-

X^2 = Estatística do teste qui-quadrado; GL = Número de graus de liberdade do qui-quadrado; * = Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = Não significativo a 5 % de probabilidade;

Tabela 3 - Resultados do teste qui-quadrado (X^2) para ajuste das distribuições de Poisson e Binomial Negativa, para o número de Lagartas grande e pequenas coletadas pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos na safra 2012/13.

Safra Agrícola 2012/13					
Estádio	Épocas de Amostragem	Poisson		Binomial Negativa	
		X^2	GL	X^2	GL
Lagartas Pequenas	R2	32,1367*	5	22,7616*	9
	R4	64,0598*	10	17,9859 ^{ns}	15
	R5.1	96,220*	10	1,7 x 10 ⁸ *	16
	R5.2	79,5813*	8	85,4421*	13
	R5.5	37,3942*	4	23,2786*	8
	R6	40,5273*	2	134,2888*	6
	R7.1	56,9278*	3	386,7366*	7
	R7.3	6,3761*	1	253,3033*	4
Lagartas Grandes	R2	139,905*	7	49,9388*	12
	R4	14,8944*	3	7,21842 ^{ns}	6
	R5.1	307,330*	6	3043,452*	15
	R5.2	9,8291*	3	2,9547 ^{ns}	6
	R5.5	0,20820 ^{ns}	2	1,0397 ^{ns}	4
	R6	-	-	388,4375*	2
	R7.1	-	-	0,0970 ^{ns}	1
	R7.3	-	-	0,4962 ^{ns}	1

X^2 = Estatística do teste qui-quadrado; GL = Número de graus de liberdade do qui-quadrado; * = Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = Não significativo a 5 % de probabilidade.

Tabela 4 – Índices de K comum para lagartas pequenas e grandes na safra 2010/2011 e para lagartas pequenas e grandes na safra 2012/2013. Santa Maria, 2016.

Índice	Safra 2010/2011		Safra 2012/2013	
	Lagartas Pequenas	Lagartas Grandes	Lagartas Pequenas	Lagartas Grandes
K_{comum}	4,801852452	4,300367607	2,986652923	1,500572399

Tabela 5 – Planilha de campo para a amostragem de lagartas pequenas na cultura da soja, utilizando o pano-de-batida vertical. Safra 2010/2011.

Pontos	Limite Inferior	Nº acumulado de lagartas	Limite Superior
1	ND	_____	26
2	ND	_____	40
3	ND	_____	54
4	ND	_____	68
5	ND	_____	82
6	72	_____	96
7	86	_____	110
8	100	_____	124
9	114	_____	138
10	128	_____	152
11	142	_____	166
12	156	_____	180
13	170	_____	194
14	184	_____	208
15	198	_____	222
16	212	_____	236
17	226	_____	250
18	240	_____	264
19	254	_____	279
20	268	_____	293

Tabela 6 – Planilha de campo para a amostragem de lagartas grandes na cultura da soja, utilizando o pano-de-batida vertical. Safra 2010/2011.

Pontos	Limite Inferior	Nº acumulado de lagartas	Limite Superior
1	ND	_____	27
2	ND	_____	41
3	ND	_____	55
4	ND	_____	69
5	ND	_____	83
6	70	_____	97
7	84	_____	111
8	98	_____	125
9	112	_____	139
10	126	_____	153
11	140	_____	167
12	154	_____	181
13	168	_____	195
14	182	_____	209
15	196	_____	223
16	210	_____	237
17	224	_____	251
18	238	_____	265
19	252	_____	279
20	266	_____	293

Tabela 7 – Planilha de campo para a amostragem de lagartas pequenas na cultura da soja, utilizando o pano-de-batida vertical. Safra 2012/2013.

Pontos	Limite Inferior	Nº acumulado de lagartas	Limite Superior
1	ND	_____	32
2	10	_____	46
3	24	_____	60
4	38	_____	74
5	52	_____	88
6	66	_____	102
7	80	_____	116
8	94	_____	130
9	108	_____	144
10	122	_____	158
11	136	_____	172
12	150	_____	186
13	163	_____	199
14	177	_____	213
15	191	_____	227
16	205	_____	241
17	219	_____	255
18	233	_____	269
19	247	_____	283
20	261	_____	297

Tabela 8 – Planilha de campo para a amostragem de lagartas grandes na cultura da soja, utilizando o pano-de-batida vertical. Safra 2012/2013.

Pontos	Limite Inferior	Nº acumulado de lagartas	Limite Superior
1	ND	_____	46
2	ND	_____	60
3	9	_____	74
4	23	_____	88
5	37	_____	102
6	51	_____	116
7	65	_____	130
8	79	_____	144
9	93	_____	158
10	107	_____	172
11	121	_____	186
12	134	_____	200
13	148	_____	213
14	162	_____	227
15	176	_____	241
16	190	_____	255
17	204	_____	269
18	218	_____	283
19	232	_____	297
20	246	_____	311

4 CAPÍTULO II

AMOSTRAGEM SEQUENCIAL PARA AVALIAÇÃO DE PERCEVEJOS, NINFAS E ADULTOS, EM SOJA

RESUMO

Os percevejos sugadores de grãos se encontram entre os principais limitantes de produtividade da cultura da soja. Se tornando necessária a sua amostragem e quantificação, afim de se ter uma tomada de decisão correta. Necessita-se de um plano amostral que nos permita estimar a população de percevejos em soja, de maneira rápida e eficiente. Este trabalho tem por objetivo estabelecer um plano de amostragem sequencial para percevejos na cultura de soja de acordo com o teste sequencial da razão de probabilidade. Os dados foram coletados em dois anos agrícolas (2010/2011 e 2012/2013). Foram coletados percevejos ninfas e adultos das espécies *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1873), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) e *Chinavia sp.* (Say, 1831) por meio do método de amostragem pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais, espaçados de 20 m × 20 m, em área de 6,16 ha de soja. De acordo com o plano de amostragem sequencial o número máximo de amostragens para a avaliação de percevejos adultos em soja é 17.

Palavras-chave: Manejo de pragas. plano de amostragem. pano-de-batida vertical. distribuição espacial.

CHAPTER II

SEQUENTIAL SAMPLING FOR EVALUATION OF STINK BUGS, NYMPHS AND ADULTS, IN SOYBEAN

ABSTRACT

Sucking stink bugs grains are among the principal limiting soybean crop productivity. Making it necessary to its sampling and quantification in order to have a correct decision. Necessitating a sampling plan that permit us estimate the population of soybean stink bugs, quickly and efficiently. This work aims to establish a sequential sampling plan for bugs in soybean according to the sequential test of probability rates. Data were collected in two growing seasons (2010/2011 and 2012/2013). Were collected stink bugs nymphs and adults of the species *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1873), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) and *Chinavia sp.* (Say, 1831) using the vertical cloth-to-beat in a grid of 154 sample points was marked with a 20 × 20 m spacing in area of 6.16 ha in soybean. According to the sequential sampling plan sufficient number of samples for the evaluation of adult bugs in soybeans is 17.

Keywords: pest management. sampling plan. vertical cloth-to-beat. spatial distribution.

4.1 Introdução

A cultura de soja se expandiu de maneira substancial, na última década tanto no Rio Grande do Sul quanto no Brasil. Na safra agrícola de 2015/16 foram semeadas 33.251,9 milhões de hectares com soja, com produção de 95.434,6 milhões de toneladas, resultando em produtividade média de 2.870 kg ha⁻¹. (CONAB, 2016).

A produtividade de grãos desta oleaginosa pode ser reduzida por diversos fatores bióticos e abióticos. Dentre as limitações de produtividade de grãos da cultura encontram-se os problemas fitossanitários, com destaque para os percevejos sugadores pertencentes a família Pentatomidae.

Os percevejos fitófagos, pertencentes a família dos Pentatomidae, se encontram entre os insetos-praga mais importantes da cultura de soja (PANIZZI; SLANSKY, 1985). Alimentam-se sugando diretamente os legumes, causando danos aos grãos, reduzindo a produtividade de grãos e também a qualidade, tanto fisiológica quanto sanitária, das sementes (CORRÊA-FERREIRA et al., 2009). Seu ataque pode acarretar o abortamento de grãos e legumes, reduzindo o vigor e o poder germinativo das sementes. O ataque de percevejos reduz os teores de óleo dos grãos, ocasionando diversos distúrbios fisiológicos como o retardamento da maturação e a transmissão de patógenos (PANIZZI; SLANSKY, 1985; CORRÊA-FERREIRA; AZEVEDO, 2002). O nível de controle recomendado, para esse grupo, é de quatro e dois percevejos m⁻¹, para lavouras comerciais e de produção de sementes, respectivamente (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2014) São encontradas mais de 54 espécies de percevejos no mundo onde 25 destas ocorrem no Brasil, sendo três delas economicamente importantes, *Euschistus heros* (Fabricius, 1794), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1873) (PANIZZI; SLANSKY, 1985). Atualmente as espécies *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) e *Chinavia sp.* (Say, 1831), têm sido encontradas com maior frequência em soja (KUSS-ROGGIA, 2009; STÜRMER et al., 2012).

Existem diferentes métodos de amostragem para a quantificação de insetos-praga. A escolha deve ser feita levando em consideração diversos fatores, dentre eles a cultura e seu estágio fenológico, espécies-alvo, facilidade de uso, exatidão e precisão requerida para a amostragem, tempo e custo requerido (WADE et al., 2006).

Nas comparações entre os métodos pano-de-batida e pano-de-batida vertical foi demonstrado que em espaçamentos entrelinhas menores, o pano-de-batida vertical apresenta maior eficiência de coleta tanto para lagartas desfolhadoras e percevejos sugadores (GUEDES

et al., 2006; KUSS et al., 2007). O método do pano-de-batida-vertical é considerado confiável, prático e simples para a execução em campo (MASSARO; PLUIS, 2006).

A avaliação dos níveis populacionais de infestação de insetos-praga se torna imprescindível em um programa de manejo integrado de pragas (HOLLINGSWORTH; GATSONIS, 1990). Esta avaliação é realizada por meio de métodos de amostragem, sendo otimizados pela utilização da amostragem sequencial.

Para o correto desenvolvimento de planos de amostragem sequencial, são necessários três requisitos básicos; primeiramente se obtém uma função de probabilidade que descreva a distribuição das contagens de insetos; 2º o nível de dano econômico (NDE) ou “*threshold*” na forma de duas densidades críticas, de maneira que o nível de dano ocorra assim que a densidade populacional ultrapasse um limite superior previamente estabelecido, e não ocorra quando a população permanecer abaixo do limite inferior definido; finalmente, selecionam-se níveis máximos de probabilidades de cometer erros na decisão sobre densidades populacionais, isto é, probabilidades de α e β de predizer uma população não prejudicial como sendo prejudicial (α = erro tipo I), e a probabilidade de diagnosticar uma densidade prejudicial como sendo não prejudicial (β = erro tipo II) (RUESINK; KOGAN, 1975). Planos de amostragem sequencial são elaborados com base no teste sequencial da razão de probabilidades de Wald (1945). Para que se estabeleça o uso deste método de avaliação é necessário conhecer a distribuição espacial dos insetos-praga na cultura (GILES et al., 2000). Os Índices de agregação e as distribuições de frequências, são os métodos utilizados para a descrição das formas de distribuição populacional.

O objetivo deste trabalho é propor um plano de amostragem sequencial para percevejos, ninfas e adultos, em soja e inferir a sua distribuição populacional.

4.2 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em área de 6,16 ha, localizada na Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, latitude, 29°42'24"S; longitude, 53°48'42"W; e altitude, 95 m, em dois anos agrícolas. No primeiro ano agrícola, a cultivar de soja BMX Potência RR, de hábito de crescimento indeterminado e grupo de maturação semiprecoce, foi semeada no dia 29 de outubro de 2010, em fileiras espaçadas a 0,5 m, com densidade de 25 plantas m⁻². Na segunda safra, a cultivar de soja utilizada foi Nidera A 6411 RG, de hábito de crescimento determinado e grupo de maturação semiprecoce, semeada no dia 10 de dezembro de 2012, em fileiras espaçadas de 0,43 m, com

densidade de 16 plantas m^{-2} . Em ambos os anos, a adubação, o controle de plantas daninhas, bem como o controle de doenças, foi realizado conforme recomendações técnicas para a cultura (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2014). Nos dois anos agrícolas, foi demarcado sobre a área um gride de 154 pontos amostrais espaçados de 20×20 m. Em cada um desses 154 pontos foram contados o número de percevejos ninfas e adultos das espécies *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1873), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Euschistus heros* (Fabricius, 1794), *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775), *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) e *Chinavia sp.* (Say, 1831).

Ao final foram contabilizados o número total percevejos ninfas e número total de percevejos adultos, independentemente da espécie, por meio do método de amostragem pano-de-batida vertical (Figura 1) em 14 estádios fenológicos da cultura da soja (V7, V9, V11, R1, R2, R3, R4, R5.1, R5.3, R5.5, R6, R7.1, R7.3 e R8.2) no ano 2010/2011, e em 8 estádios para o ano 2012/2013 (R2, R4, R5.1, R5.2, R5.5, R6, R7.1 e R7.3) utilizando a escala proposta por Ritchie et al. 1982. O método de amostragem e a forma de coleta são descritos a seguir:

Pano-de-batida vertical: constituído de um bastão de madeira, na extremidade superior, e um tubo de policloreto de polivinila (100mm), cortado ao meio longitudinalmente, na extremidade inferior, ligados entre si por um tecido branco, com comprimento de 1m e com altura ajustável a estatura das plantas de soja. O tubo de policloreto de polivinila serviu de calha coletora dos insetos-praga. Para a coleta dos insetos, o pano foi colocado verticalmente na entre linha da cultura, e as plantas de apenas uma fileira eram sacudidas contra a superfície do pano. Esse procedimento foi realizado em dois metros de linha de soja, a fim de amostrar $1m^2$ de área.

Em cada uma das 2.156 coletas de $1 m^2$ de área, formadas pela combinação de 154 pontos x 14 estádios fenológicos, no ano 2010/2011 e em 1.232 coletas formadas pela combinação de 154 pontos x 8 estádios fenológicos, no ano 2012/2013 foram contabilizados o número de percevejos (ninfas e adultos). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa MINITAB 17 e do aplicativo office Excel.

Para se verificar o grau de agregação de percevejos ninfas e adultos, foram utilizados os índices de dispersão descritos a seguir:

Índices de Dispersão:

Razão Variância/Média: Chamado de índice de dispersão, é o mais comum dos índices utilizados. Se dá pela relação variância/média ($I = s^2/m$). Segundo Rabinovich (1980),

serve para medir o desvio de um arranjo das condições de aleatoriedade. Valores iguais a unidade indicam dispersão ao acaso, valores menores que a unidade indicam distribuição regular ou uniforme, e valores expressivamente maiores que a unidade indicam distribuição espacial agregada. As limitações deste índice estão na influência do tamanho de amostra sobre a quantidade de indivíduos amostrados, afetando as agregações (KREBS, 1999).

Expoente k da distribuição Binomial Negativa: A estimativa dos valores de k é obtida por dois métodos, primeiramente pelo método dos momentos:

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

e, após pelo método da máxima verossimilhança:

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

N = número de unidades amostrais, $A(x)$ = soma das frequências dos valores maiores que x e x_i = número de indivíduos amostrados por ponto. Valores negativos indicam distribuição uniforme, valores baixos e positivos ($k < 2$), disposição altamente agregada, valores variando de dois a oito indica uma agregação moderada e valores superiores a oito, distribuição aleatória (ELLIOTT, 1979).

Modelos probabilísticos para estudo da distribuição espacial de pragas:

Distribuição de Poisson: Conhecida também como distribuição aleatória, apresentando variância igual a média ($s^2 = m$). As fórmulas para o cálculo da série são dados por:

$$P(0) = e^{-\hat{m}}$$

e

$$P(x) = \frac{\hat{m}}{x} \cdot P(x-1)$$

onde: $x = 1,2,3\dots$; e = base do logaritmo neperiano ($e = 2,718282\dots$); $P(x)$ = probabilidade de encontrar x indivíduos em uma unidade amostral; m = média amostral.

Distribuição Binomial Negativa: Apresenta variância maior que a média ($s^2 > m$), ou seja, distribuição agregada e possui dois parâmetros, a média (m) e o expoente k ($k > 0$). As probabilidades são calculadas pelas fórmulas:

$$P(0) = \left(1 - \frac{\hat{m}}{\hat{k}}\right)^{-\hat{k}}$$

$$P(x) = \frac{\hat{k} + x - 1}{x} \cdot \left(\frac{\hat{m}}{\hat{m} + \hat{k}}\right) \cdot P(x - 1)$$

para $x = 1, 2, 3, \dots$, onde: $P(x)$ = probabilidade de encontrar uma unidade amostral que contém x indivíduos; \hat{m} = média amostral; \hat{k} = estimativa do expoente k da binomial negativa, obtido através do método dos momentos.

Amostragem Sequencial: O passo seguinte foi o estabelecimento de um plano de amostragem sequencial para lagartas, pequenas e grandes, em soja. O plano é baseado no teste sequencial da razão de probabilidade (TSRP) proposto por Wald (1945). O plano tem como finalidade testar, com o menor número esperado de amostras as hipóteses H_0 e H_1 . H_0 indica que a população está abaixo do nível de segurança, enquanto a hipótese H_1 indica que a população está acima do nível de controle. Assim, 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 , indica a não aplicação (BARBOSA, 1992). Geralmente caracterizados por apresentar variância maior que a média, os levantamentos de insetos-praga sugerem a utilização de uma distribuição do tipo agregada ou contagiosa, sendo a distribuição binomial negativa a mais utilizada. Para elaboração do Plano de Amostragem Sequencial de lagartas, foi adotado o nível de controle de 4 percevejos/m² e um nível de segurança de 2 percevejos/m². Utilizando, para os erros do tipo I e tipo II, valores de $\alpha = \beta = 0,10$.

Foram construídas as linhas de decisão necessárias para a realização do teste. A linha superior traz o número de indivíduos necessários para atingir o nível de controle proposto, já a linha de decisão inferior indica o número total de organismos onde se afirma que a população está abaixo do nível de segurança, não necessitando a adoção de nenhuma medida de controle.

Curva característica de operação e tamanho médio esperado para a amostra: Para a avaliação do teste TSRP há a necessidade da determinação da Curva de Operação

CO(p) e da Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais $E_p(n)$. A Curva Característica de Operação CO(p) é a representação gráfica da função operatória característica, fornecendo a probabilidade de que se termine a amostragem, não recomendando o controle para determinado grau de infestação da lavoura. Indica então, a probabilidade de adoção de uma decisão correta ou errada em relação a um determinado nível de infestação. A Curva do Tamanho Esperado de Unidades Amostrais $E_p(n)$ representa o número médio de observações/amostragens necessárias para a tomada de decisão. Segundo Young; Young (1998) as funções para a determinação de ambas as curvas, em qualquer tipo de distribuição são descritas a seguir:

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

$$E_p(n) = \frac{CO(p)(h_0 - h_1) + h_1}{p - S}$$

onde p = número médio de indivíduos; h = variável auxiliar dependente de p; α = erro tipo I; β = erro tipo II; h_0 = hipótese H_0 ; h_1 = hipótese H_1 .

4.3 Resultados e Discussão

Os valores do índice da razão variância/média, para percevejos ninfas na safra 2010/11, se mostraram abaixo da unidade em todos os estádios fenológicos avaliados, denotando assim uma distribuição uniforme, mostrando variância menor do que a média, diferentemente do que constatado por Souza, 2012, onde a distribuição espacial de ninfas de *E. heros* (1ª ao 3º instar) foi agregada e ninfas grandes (4º e 5º instar) e adultos + ninfas grandes, foi de moderadamente agregada à aleatória (Tabela 1).

Os valores obtidos para o índice K pelo método dos momentos (K mom), também demonstram distribuição uniforme, sendo em 13 das avaliações, negativos. Na restante não houve indivíduos na área.

O índice da razão variância/média, para percevejos adultos, apresentou valores menores que um em todas os estádios fenológicos exceto em V11, único estádio que denotou variância maior que a média. Para o K mom, os resultados foram semelhantes, onde apenas em V11, os valores foram baixos e positivos, mostrando uma distribuição agregada.

Na segunda safra (2012/2013) os resultados foram os mesmos, sendo que tanto para percevejos ninfas, como adultos, ambos os índices denotaram distribuição uniforme, apenas no estágio fenológico R6 para percevejos ninfas os valores demonstraram distribuição agregada.

Os testes de ajustes de aderência para percevejos ninfas na safra 2010/2011 apresentaram distribuição binomial negativa em apenas um estágio fenológico (V9) e ajuste para distribuição de Poisson, apenas em R2. Já para os percevejos adultos na mesma safra agrícola houve ajuste de aderência em seis estádios fenológicos (V9, R1, R3, R5.1, R5.5 e R6) dos 14 avaliados, para distribuição de Poisson. Se ajustando apenas em três estádios para a distribuição binomial negativa, mostrando que sua distribuição tende a ser aleatória (Tabela 2).

Para a safra 2012/2013 em relação ao número de percevejos ninfas, apresentaram um ajuste muito bom a distribuição binomial negativa, sendo que em quatro das oito avaliações os resultados foram não significativos. Para distribuição de Poisson não houve ajuste em nenhuma das amostragens (Tabela 3). Esses resultados corroboram os encontrados por Souza, 2012 que o arranjo espacial de ninfas de 1º, 2º e 3º instar apresentaram distribuição espacial agregada, em trabalho realizado com *Euschistus heros* em soja convencional e transgênica.

Para percevejos adultos o ajuste a distribuição de Poisson houve em cinco estádios, e para binomial negativa em apenas quatro, mostrando assim uma distribuição moderadamente agregada a aleatória (Tabela 3).

O melhor ajuste de aderência a binomial negativa se deu para percevejos adultos na safra 2012/2013 assim, optou-se por ajustar o modelo com um K comum (K_{comum}) que representa a maioria das avaliações, esse valor foi de -0,443181. A partir do desses índices constituiu-se os planos de amostragem sequencial para o número de percevejos adultos (Figura 2). A linha superior nos traz o número de insetos necessários para o controle de percevejos adultos, rejeitando-se H_0 , já a linha inferior aceita-se H_0 , não necessitando controle.

A partir deste gráfico, é obtida a planilha de campo (Tabela 4), que facilita o trabalho da amostragem sequencial realizada a campo. Para cada valor do número acumulado de percevejos se obtém o número de unidades amostrais necessárias para a avaliação, encontrado por meio das funções S_1 e S_0 . Na tabela a seguir, o limite inferior do gráfico é representado pela segunda coluna, os pontos S_0 , já os pontos obtidos pela função S_1 , pontos superiores do gráfico, são representados pela coluna a direita da tabela.

O procedimento à campo se dá pelo andamento da área em questão, de maneira aleatória, onde são amostrados os percevejos adultos, após a contagem de cada ponto amostral, o número de insetos se acumula, comparando-se com os limites superior e inferior da planilha de campo, assim é feita a tomada de decisão, ou seja, controlar ou não controlar os insetos-praga.

Se o valor total de insetos acumulados for maior que o limite superior, aceita-se H_1 , parando a amostragem e realizando o controle. Caso o número de percevejos seja inferior a linha S_0 , aceita-se H_0 , rejeitando H_1 , sendo assim interrompe-se a amostragem e não há necessidade de controle na área. Quando o valor acumulado não ultrapassar nenhuma das linhas de decisão, se mantendo entre ambas, a amostragem segue até o número máximo esperado de percevejos para a tomada de decisão. Realizando-se nova amostragem após uma semana, quando o levantamento for quinzenal, ou após 4 dias quando o levantamento for semanal (GALLO, 2002). Recomenda-se o número mínimo de 6 amostragens para se iniciar o controle ou não dos insetos-praga em questão, segundo recomendações da EMBRAPA.

A curva característica de operação (CO) representa a probabilidade de que se termine a amostragem, de modo que não ocorra controle dos insetos-alvo para o grau de infestação determinado. A figura 3 representa a $CO(m)$ para percevejos adultos na safra 2012/2013.

Observa-se que quando a média amostral é de 2 percevejos adultos/pano de batida, a probabilidade de terminar a avaliação sem que haja o controle é de 88%.

Se obteve, então o número médio de amostras para o número médio de percevejos adultos/pano de batida. Dessa forma, o tamanho máximo de amostras é de 16 para o número médio de 2 percevejos adultos/ pano de batida (Figura 4).

4.4 Conclusões

A distribuição de percevejos ninfas na safra 2010/2011 se deu ao acaso, já para percevejos adultos a distribuição tende a ser aleatória. Na safra 2012/2013, os percevejos ninfas se ajustam a distribuição binomial negativa, para percevejos adultos a distribuição se comporta de maneira moderadamente agregada a aleatória, se ajustando satisfatoriamente a distribuição binomial negativa.

Para percevejos adultos, na safra 2012/2013 o número máximo de unidades amostrais esperado é de 16, para uma média de 2 percevejos adultos/pano de batida.

4.5 Referências

- BARBOSA, J. C. A amostragem sequencial. In: FERNANDES, O. A; CORREIA A. C. B; DE BORTOLI S. A. (Ed.) **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal:Funep, p. 205-211. 1992.
- CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. 2016 Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_11_11_14_54_21_boletim_graos_novembro_2016.pdf>. Acesso em: 17.11.2016.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S. et al. **Percevejos e a qualidade da semente de soja - série sementes**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, p. 16. 2009. (Circular Técnica, 67).
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, London, v. 4, p. 145-150, 2002.
- ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates**. 2. ed. Ambleside: Freshwater Biological Association, 157 p. 1979.
- EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Monitoramento da lavoura. Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000g0gpptav02wx5ok026zxp02i4z8v.html>>. Acessado em 08/10/2016.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, p. 920. 2002.
- GILES, K. L. et al. Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greenbug (*Homoptera: Aphididae*) infesting winter wheat in the southern plains. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 5, p. 1522-1530, 2000.
- GUEDES, J. V. C. et al. Capacidade de coleta de dois métodos de amostragem de inseto-praga da soja em diferentes espaçamentos entre linhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1299-1302, 2006.
- HOLLINGSWORTH, C. S.; GATSONIS, C. A. Sequential plans for green peach aphid (*Homoptera: Aphididae*) on potato. **Journal of Economic Entomology**. College Park, v.83, n.4, p.1365-1369, Aug. 1990.
- KREBS, C.J. Ecological methodology. 2. ed. Menlo Park: Benjamin/Cummings, 1999.
- KUSS, R. C. R. et al. Amostragem de percevejos-da-soja com diferentes métodos e horários de coleta. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 35., Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 115. 2007.
- KUSS-ROGGIA, R. C. R. **Distribuição espacial e temporal de percevejos da soja e comportamento de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) na soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao longo do dia**. 2009. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2009.
- MASSARO, R. A.; PLUIS, E. **Que la soja no se "enchinche"!** INTA: EEA Oliveros, 2006.

PANIZZI, A. R.; SLANSKY, F. Review of phytophagous pentatomids Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **Florida entomologist**, Florida, v. 68, n. 1, p. 184-214. 1985.

RABINOVICH, J. E. **Introducion a la ecologia de problaciones animales**. México, CECSA, p. 313. 1980.

REUNIÃO DA PESQUISA DA SOJA NA REGIÃO SUL, 40., 2014. Pelotas. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2014/15**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.

RUESINK, W.G.; KOGAN, M. The quantitative basis of pest management and measuring, In: R.L. METCALF, R.L.; LUCKMANN, W.H. **Introduction to insect pest management**. New York: John Wiley & Sons Inc, p. 309-351. 1975.

RITCHIE, S. W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science And Technology Cooperative Extension Service. Special Report, 53, mar. 1982.

SOUZA, L. A. de. **Distribuição espacial e plano de amostragem sequencial para *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Heteroptera: Pentatomidae) na cultura da soja convencional e transgênica**. 2012. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2012.

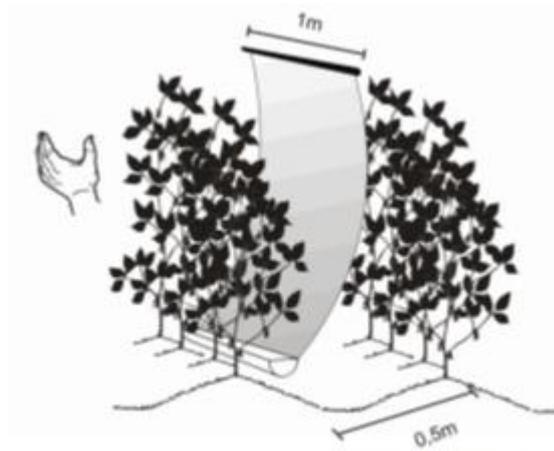
STÜRMER, G. R. Eficiência de métodos de amostragem de lagartas e de percevejos na cultura de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.12, p. 2105-2111, 2012.

WADE, M. R. et al. Temporal variation in arthropod sampling effectiveness: the case for using the beat sheet method in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 120, n. 2, p. 139-153, 2006.

WALD, A. Sequential tests of statistical hypothesis. **Annals Mathematical Statistics**, Ann Arbor, v. 16, n. 2, p. 117-186, 1945.

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

Figura 1 - Representação do pano-de-batida vertical utilizado na amostragem de percevejos, ninfas e adultos, na cultura de soja.



Fonte: Stürmer, 2012.

Figura 2 – Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de percevejos adultos coletados pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos, baseado na distribuição binomial negativa, safra 2012/2013.

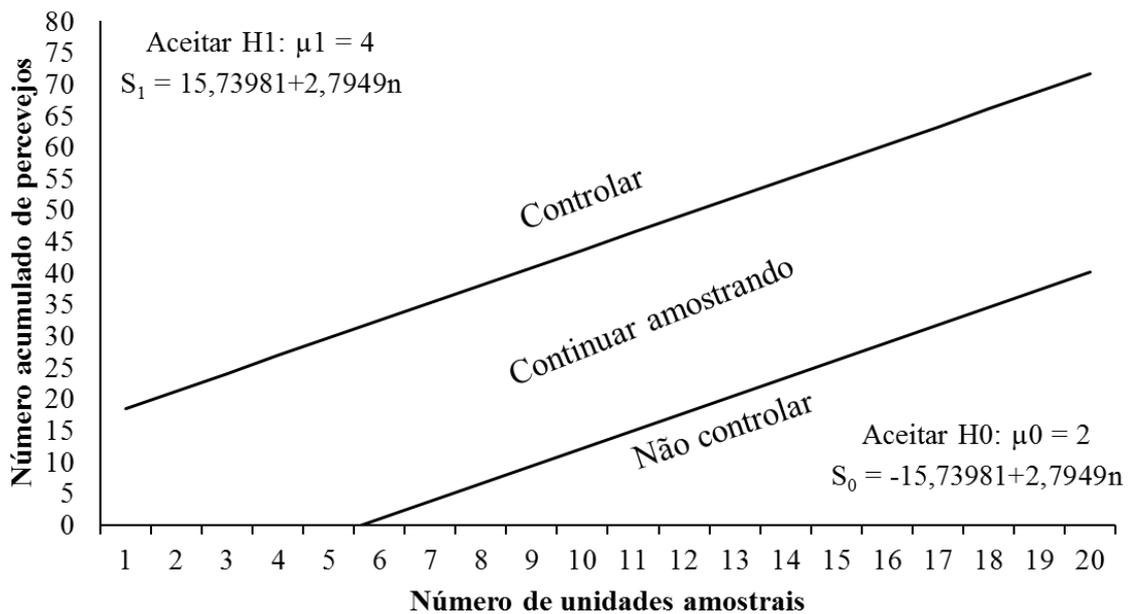


Figura 3 – Curva Característica de Operação CO(m) do plano de amostragem sequencial para percevejos adultos coletadas pelo método pano-de-batida-vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos, safra 2012/2013.

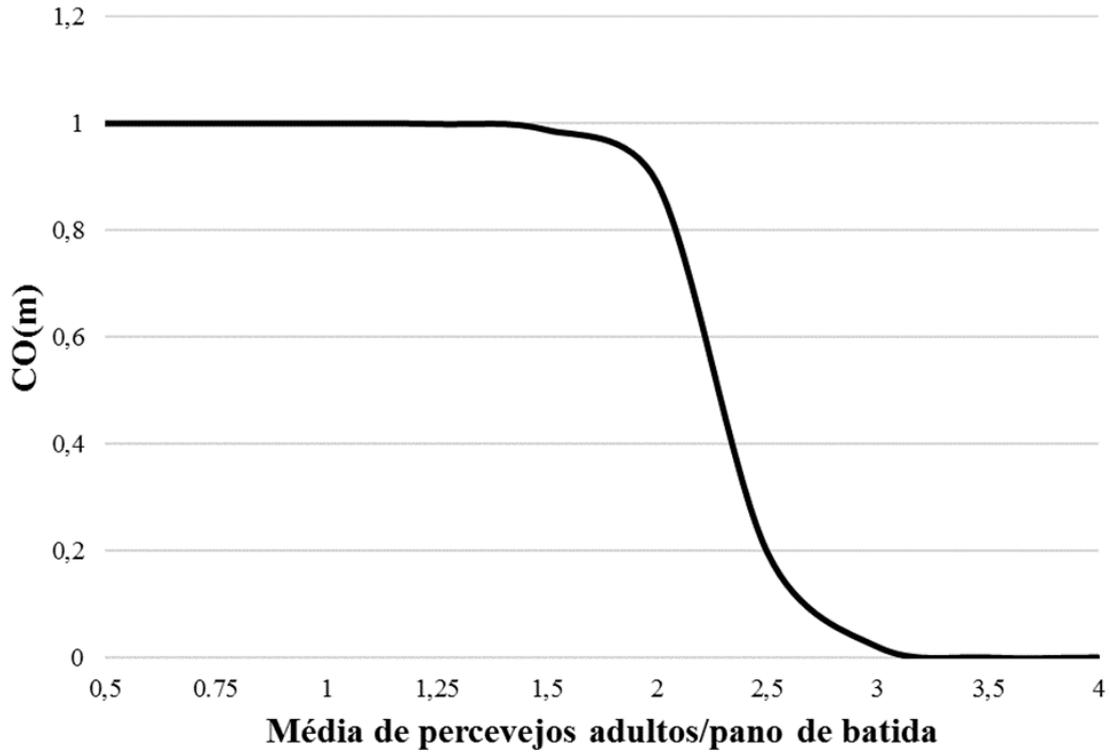


Figura 4 - Curva do tamanho esperado de unidades amostrais $E_p(n)$ do Teste da Sequencial da Razão de Probabilidade para o número de percevejos adultos em soja na safra 2012/2013.

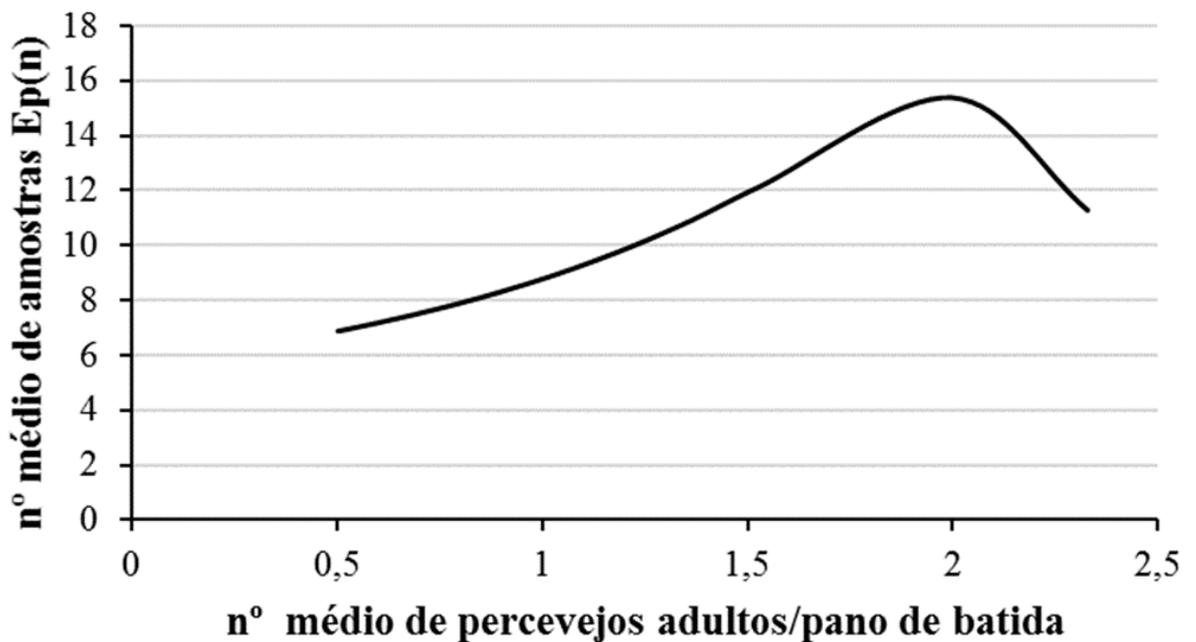


Tabela 1 - Médias, variâncias e índices de dispersão para o número de percevejos ninfas e adultos coletados pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos na safra 2010/2011 e em 8 estádios fenológicos na safra 2012/2013.

Safra 2010/2011										
Percevejos ninfas					Percevejos adultos					
Índices	m	S ²	I = S ² /m	K mom	m	S ²	I = S ² /m	K mom		
Épocas de amostragem	V7	0	0	-	-	0,0390	0,0638	1,6383	0,0610	
	V9	0,0195	0,0192	0,9869	-1,4903	0,1364	0,1316	0,9651	-3,9119	
	V11	0,0455	0,1221	2,6863	0,0270	0,0844	0,1039	1,2313	0,3650	
	R1	0,1169	0,2738	2,3428	0,0870	0,1234	0,1219	0,9883	-10,5487	
	R2	0,2662	0,3535	1,3278	0,8123	0,1948	0,2886	1,4815	0,4046	
	R3	0,5260	0,8000	1,5209	1,0097	0,3442	0,4625	1,3438	1,0010	
	R4	0,5260	0,8392	1,5955	0,8833	0,3377	0,4865	1,4409	0,7658	
	R5.1	0,6948	1,1546	1,6618	1,0499	0,4675	0,7342	1,5704	0,8196	
	R5.3	0,4675	0,6950	1,4866	0,9609	0,5714	0,7171	1,2549	2,2418	
	R5.5	1,1948	12,4716	10,4382	0,1266	0,6883	0,7911	1,1493	4,6090	
	R6	3,9156	17,2673	4,4099	1,1483	0,6883	0,8826	1,2823	2,4384	
	R7.1	9,7792	47,8594	4,8940	2,5114	1,7078	3,2147	1,8824	1,9354	
	R7.3	14,4675	55,5447	3,8393	5,0955	4,8766	13,5468	2,7779	2,7429	
	R8.2	10,0519	31,0038	3,0844	4,8226	5,0130	9,4116	1,8774	5,7132	
Safra 2012/2013										
Percevejos ninfas					Percevejos adultos					
Índices	m	S ²	I = S ² /m	K mom	m	S ²	I = S ² /m	K mom		
Épocas de amostragem	R2	0,0130	0,0129	0,9935	-1,9870	0,0065	0,0065	1,0000	-	
	R4	0,0260	0,0255	0,9804	-1,3247	0,0325	0,0447	1,3765	0,0862	
	R5.1	0,0260	0,0255	0,9804	-1,3247	0,0390	0,0508	1,3028	0,1287	
	R5.2	0,0325	0,0316	0,9739	-1,2419	0,1688	0,1674	0,9915	-19,7532	
	R5.5	0,1364	0,5761	4,2244	0,0423	0,2662	0,4058	1,5242	0,5079	
	R6	0,3766	9,3344	24,7843	0,0158	0,2208	0,2124	0,9619	-5,8005	
	R7.1	0,7468	2,2426	3,0032	0,3728	0,1883	0,1800	0,9558	-4,2630	
	R7.3	1,7468	6,2296	3,5664	0,6806	0,3571	0,6232	1,7451	0,4793	

m - média amostral; S² - variância; I - razão variância/média K mom - estimativa de k pelo método dos momentos.

Tabela 2 - Resultados do teste qui-quadrado (X^2) para ajuste das distribuições de Poisson e binomial negativa, para o número de Percevejos ninfas e adultos coletados pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 14 estádios fenológicos na safra 2010/2011.

Safra Agrícola 2010/11					
Estádio	Épocas de Amostragem	Poisson		Binomial Negativa	
		X^2	GL	X^2	GL
Percevejos ninfas	V7	-	-	70,4732*	3
	V9	-	-	0,0281 ^{ns}	1
	V11	37858,6*	1	56489,55*	2
	R1	105,580*	1	77050,07*	3
	R2	2,7255 ^{ns}	1	57,6751*	3
	R3	8,3119*	2	53,6858*	5
	R4	25,6752*	1	37,6123*	4
	R5.1	14,5855*	2	216,8388*	5
	R5.3	5,0473*	1	104,4055*	5
	R5.5	61,9509*	3	-	-
	R6	215,623*	8	-	-
	R7.1	428,156*	12	-	-
	R7.3	249,929*	8	-	-
	R8.2	85,3025*	13	-	-
Percevejos adultos	V7	33,7230*	1	40,0667*	2
	V9	0,0986 ^{ns}	1	0,0517 ^{ns}	2
	V11	4,9176*	1	9852,93*	2
	R1	0,0085 ^{ns}	1	0,0362 ^{ns}	2
	R2	7,8592*	1	41,1014*	3
	R3	0,4843 ^{ns}	1	0,0007 ^{ns}	4
	R4	6,0224*	1	51,0075*	4
	R5.1	1,2803 ^{ns}	1	15256,75*	5
	R5.3	5,5219*	2	12,9754*	4
	R5.5	2,8447 ^{ns}	2	8,0222 ^{ns}	4
	R6	3,6806 ^{ns}	2	52,7748*	5
	R7.1	24,0704*	4	200946,09*	9
	R7.3	93,1065*	8	-	-
	R8.2	53,4748*	9	6131,933*	13

X^2 = Estatística do teste qui-quadrado; GL = Número de graus de liberdade do qui-quadrado; * = Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = Não significativo a 5 % de probabilidade.

Tabela 3 - Resultados do teste qui-quadrado (X^2) para ajuste das distribuições de Poisson e binomial negativa, para o número de Percevejos ninfas e adultos coletados pelo método pano-de-batida vertical em 154 pontos amostrais em 8 estádios fenológicos na safra 2012/2013.

Safra Agrícola 2012/13					
Estádio	Épocas de Amostragem	Poisson		Binomial Negativa	
		X^2	GL	X^2	GL
Percevejos Ninfas	R2	-	-	0,0101 ^{ns}	1
	R4	-	-	0,0411 ^{ns}	1
	R5.1	-	-	0,0411 ^{ns}	1
	R5.2	-	-	0,0647 ^{ns}	1
	R5.5	9,8760*	1	-	-
	R6	38,0513*	1	-	-
	R7.1	33,3170*	2	-	-
	R7.3	75,0332*	4	-	-
Percevejos Adultos	R2	-	-	0,0041 ^{ns}	1
	R4	-	-	9,8954*	2
	R5.1	7,4428*	1	7,2212*	2
	R5.2	0,0008 ^{ns}	1	4,7098 ^{ns}	2
	R5.5	3,8391 ^{ns}	1	-	-
	R6	0,0415 ^{ns}	1	5,5996 ^{ns}	2
	R7.1	0,1123 ^{ns}	1	4,8238 ^{ns}	2
	R7.3	3,1633 ^{ns}	1	-	-

X^2 = Estatística do teste qui-quadrado; GL = Número de graus de liberdade do qui-quadrado; * = Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = Não significativo a 5 % de probabilidade.

Tabela 4 – Planilha de campo para a amostragem de percevejos adultos na cultura da soja, utilizando o pano-de-batida vertical. Safra 2012/2013.

Pontos	Limite Inferior	Nº acumulado de percevejos	Limite Superior
1	ND	_____	19
2	ND	_____	21
3	ND	_____	24
4	ND	_____	27
5	ND	_____	30
6	1	_____	33
7	4	_____	35
8	7	_____	38
9	9	_____	41
10	12	_____	44
11	15	_____	46
12	18	_____	49
13	21	_____	52
14	23	_____	55
15	26	_____	58
16	29	_____	60
17	32	_____	63
18	35	_____	66
19	37	_____	69
20	40	_____	72

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O plano de amostragem sequencial estabelecido para lagartas na cultura da soja envolvendo as espécies *Anticarsia gemmatalis*, *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera eridania*, mostra que a melhor aderência destas três espécies de lagartas, em relação a distribuição espacial, se dá com a distribuição binomial negativa, ou seja, uma distribuição agregada na área em questão. Este trabalho abre precedentes para estudos com uma das principais pragas da atualidade na cultura da soja, a lagarta *Helicoverpa armígera*, que, por ser mais danosa em relação as supracitadas, tem seu nível de controle e de dano, inferior as demais, de maneira que os resultados obtidos com o presente trabalho não podem ser utilizados para esta espécie.

Já em relação aos percevejos fitófagos em soja, a distribuição mais adequada, no presente trabalho, se mostrou a distribuição aleatória, podendo ser explicado por sua maior capacidade de locomoção em relação as lagartas desfolhadoras da soja.

REFERÊNCIAS GERAIS

- ASSAD, L. **Agricultura brasileira é a maior consumidora mundial; gasto em 2011 chegou a R\$ 14 bilhões**. *Ciência e Cultura* [online]. Vol.64, n.4, p. 06-08. 2012.
- DEGRANDE, P. E.; VIVIAN, L. M. Pragas da soja. In:____. **Boletim de Pesquisa da Soja**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 274. 2007.
- DREES, B. M.; RICE, M. E. The vertical beat sheet: a new device for sampling soybean insects. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 78, n. 6, p. 1507-1510, 1985.
- ELLIOTT, N. C. et al. Binomial sequential sampling methods for cereal aphids in small grains. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 83, p. 1381-1387, 1990.
- FERNANDES, M. G. et al. Distribuição espacial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**. Londrina, v.32, n. 1, p. 107-115, 2003.
- GAMUNDI, J. C. Evaluación de técnicas de muestreo de insectos plaga y depredadores en cultivos de soja con diferentes sistemas de siembra y labranza. In: CONGRESSO NACIONAL DE SOJA. REUNIÓN NACIONAL DE OLEAGINOSOS, 2., 1995, Buenos Aires, **Anais...** Buenos Aires: Bolsa de Cereales de Pergamino, p. 1-8. 1995.
- MASSARO, R. A.; GAMUNDI, J. C. **Control de insectos plaga en soja: del ojímetro...; al paño vertical ! – 2003**. INTA: EEA Oliveros, 2003.
- PERECIN, D.; BARBOSA, J. C. Amostragem e análise estatística de dados de distribuição de contágio. **Revista Matemática e Estatística**, Jaboticabal, v. 10, p. 207-216, 1992.
- SHEPARD, M. Sequential sampling plans for soybean arthropods. In: KOGAN, M.; HERZOG, D.C. **Sampling Methods in Soybean Entomology**. Nova York/Berlim Springer-Verlag, p. 79-93. 1980.
- SOSA-GÓMEZ, D. R. et al., **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja – 3.ed**. Londrina: Embrapa Soja, 2014.
- STERLING, W.L.,et al. Um programa de manejo integrado para insetos do algodoeiro no Nordeste do Brasil usando amostragem seqüencial. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 12: 85-98. 1983.
- TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA - região central do Brasil, 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja. p. 261. 2008. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 13).

ANEXOS

Anexo A – Descrição dos estádios de desenvolvimento da soja.

I Fase Vegetativa

- VC Da emergência a cotilédones abertos.
 - V1 Primeiro nó; folhas unifolioladas abertas.
 - V2 Segundo nó; primeiro trifólio aberto.
 - V3 Terceiro nó, segundo trifólio aberto.
 - Vn Enésimo (último) nó com trifólio aberto, antes da floração.
-

II Fase Reprodutiva (observação na haste principal)

- R1 Início da floração até 50% das plantas com uma flor.
 - R2 Floração plena. Maioria dos racemos com flores abertas.
 - R3 Final da floração. Vagens com até 1,5 cm de comprimento.
 - R4 Maioria das vagens no terço superior com 2-4 cm, sem grãos perceptíveis.
 - R5.1 Grãos perceptíveis ao tato a 10% de granação.
 - R5.2 Maioria das vagens com granação de 10 a 25%.
 - R5.3 Maioria das vagens entre 25 e 50% de granação.
 - R5.4 Maioria das vagens entre 50 e 75% de granação.
 - R5.5 Maioria das vagens entre 75 e 100% de granação.
 - R6 Vagens com granação de 100% e folhas verdes.
 - R7.1 Início a 50% de amarelecimento de folhas e vagens.
 - R7.2 Entre 51 e 75% de folhas e vagens amarelas.
 - R7.3 Mais de 76% de folhas e vagens amarelas.
 - R8.1 Início a 50% de desfolha.
 - R8.2 Mais de 50% de desfolha pré-colheita.
 - R9 Ponto de maturação de colheita.
-

Anexo B – Grid amostral com 154 pontos amostrais.