

## CROP PROTECTION

### Amostragem Seqüencial (Presença-Ausência) para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na Cultura do Milho

PAULO R. SILVA FARIAS<sup>1</sup>, JOSÉ C. BARBOSA<sup>2</sup> E ANTÔNIO C. BUSOLI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Depto. Científico - FUNDECITRUS

Av. Dr. Adhemar Pereira de Barros, 201, 14807-040, Araraquara, SP, prfarias@bol.com.br

<sup>2</sup>Depto. de Ciências Exatas, <sup>3</sup>Depto. de Entomologia - FCAV-UNESP

Rod. Carlos Tonanni, km 5, 14870-000, Jaboticabal, SP

---

*Neotropical Entomology* 30(4): 691-695 (2001)

Sequential Sampling (Presence-Absence) to *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)  
(Lepidoptera: Noctuidae) on Corn Crop

**ABSTRACT** – The sequential sampling of insect pests (presence-absence) has become important in the last years, specially when the insects are difficult to be quantified. To solve this problem in relation to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), a sequential sampling plan was developed. The sample unit was evaluated considering the presence or absence of the insect, independently of its total number. The experiment was conducted in Jaboticabal, São Paulo State, Brazil, in three fields of 0.5 ha divided in 100 plots of 50 m<sup>2</sup> (5 x 10 m). Each plot was identified with a number from 1 to 100. A threshold level of 20% was assumed to set the sampling plan. The analyzed data allowed two lines to be generated: the superior one, representing the condition in chemical control is recommended ( $S_1=1.7095+0.1452N$ ); and the inferior one, when chemical control is not recommended ( $S_0=-1.7095+0.1452N$ ). The sequential sampling was efficient to indicate if control of *S. frugiperda* on corn crop was necessary or not.

**KEY WORDS:** Insecta, sampling plan, fall armyworm, *Zea mays*.

**RESUMO** – A amostragem seqüencial (presença-ausência), nos últimos anos, vem ocupando espaço importante na amostragem de pragas, particularmente quando estas são difíceis de serem enumeradas. Para solucionar esse problema, no caso de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), foi desenvolvido um plano de amostragem seqüencial, onde a unidade amostral é examinada, levando-se em conta somente se a lagarta está ou não presente, independentemente do número. O experimento foi instalado em Jaboticabal, SP, utilizando-se três campos de 0,5 ha cada, subdivididos em 100 parcelas de 50 m<sup>2</sup> (5 x 10 m). Cada parcela constituiu uma unidade amostral, identificada por um número de 1 a 100. Na construção do plano de amostragem, foi utilizado o nível de dano econômico de 20%. A partir dos dados analisados, foram geradas duas retas, uma superior, a partir da qual recomenda-se o controle ( $S_1=1.7095+0.1452N$ ), e outra inferior, em que o controle químico não é recomendado ( $S_0=-1.7095+0.1452N$ ). Os resultados mostraram que a amostragem seqüencial foi eficiente na indicação ou não do controle da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, na cultura do milho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Insecta, plano de amostragem, lagarta-do-cartucho, *Zea mays*.

No Brasil, a cultura do milho (*Zea mays*) ocupa grandes extensões agrícolas e, apesar da extensa área cultivada, a produtividade média (2500 kg de grãos/ha), é muito baixa. São diversos os fatores responsáveis pela baixa produtividade, mas sem dúvida, as pragas têm um significativo percentual de participação, principalmente nos últimos anos com o cultivo do milho “safrinha”. Esta safra oferece condições para a continuidade e desenvolvimento das pragas, devido à permanência da cultura de milho praticamente durante todo ano. Entre as pragas que contribuem para baixar a

produtividade do milho, a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), é considerada a principal praga no Brasil, atacando principalmente plantas jovens, chegando mesmo a impedir a produção de espigas comerciais. Assume também grande importância no México, América Central e América do Sul, causando perdas de 15 a 37% (Cruz 1993).

Para reduzir o custo de produção, através da diminuição da aplicação de inseticidas, órgãos governamentais de pesquisa e extensão têm procurado introduzir programas de manejo integrado de pragas, que se baseiam em métodos de

amostragem convencionais, onde o número ou tamanho da amostra é fixo, os quais exigem muito tempo para a tomada de decisão. Por isso, às vezes, a tomada de decisão de controlar ou não a praga é feita de forma empírica (Bianco 1995). A consequência dessa atitude resulta no uso indevido de produtos químicos, por decisões precipitadas, que oneram o custo de produção, promovendo o desequilíbrio do agroecossistema e outros efeitos colaterais. Resulta, também, em prejuízos à produção, quando a decisão é tomada tardiamente (Sterling 1983 citado por Bianco 1995).

Considerando-se que o combate às pragas é um problema de decisão estatística (Rojas 1970), seria conveniente a adoção de planos de amostragem seqüenciais, cuja aplicação resulta em uma redução no tempo e custo da amostragem em relação à amostragem convencional (Sterling 1975).

A amostragem binomial (presença-ausência), nos últimos anos, vem ocupando espaço importante na amostragem de pragas, particularmente quando suas populações são difíceis de ser quantificadas (Wilson & Room 1983). Para reduzir esse problema, foi desenvolvido o plano de amostragem de presença-ausência, onde a unidade amostral é examinada, levando-se em conta somente se o indivíduo está ou não presente, independente do número (Ingram & Green 1972). Segundo Bechinski & Stoltz (1985) as principais vantagens da amostragem de presença-ausência são: facilidade e, principalmente, rapidez na amostragem.

O objetivo deste trabalho foi o de desenvolver um sistema de amostragem para decidir sobre a aplicação ou não de inseticida numa lavoura, sendo as unidades amostrais classificadas em duas categorias: plantas de milho com a presença ou ausência da lagarta-do-cartucho.

## Material e Métodos

**Localização e Amostragem.** A área estudada localiza-se no município de Jaboticabal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), que está compreendida nas coordenadas: 21°15'22" de latitude Sul e 48°18'58" de longitude Oeste, com altitude de 595 m.

O experimento foi instalado no talhão número 6 do setor 3 da Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP - Jaboticabal. A variedade utilizada foi Colorado CO.26. A semeadura foi feita no dia 22 de novembro de 1994, no espaçamento de 0,9 m entre linhas, utilizando-se de seis a sete sementes por metro linear de sulco. Na área foram selecionados três campos denominados de: Campo I, II e III, localizados em curvas de nível diferentes. Cada campo teve sua área dividida em 100 parcelas de 50 m<sup>2</sup> (5 m x 10 m). Para se respeitar a posição da parcela no espaço, cada parcela constitui uma unidade amostral, sendo identificada por um número de 1 a 100.

As amostragens foram realizadas durante o período de 14/12/94 a 12/01/95, correspondendo ao estágio vegetativo, que compreende a germinação até o pendoamento. No campo I foram feitas cinco amostragens com intervalo semanal (14/12/94, 21/12/94, 28/12/94, 05/01/95 e 10/01/95). O campo II, também teve as datas de amostragens com intervalo semanal (15/12/94, 22/12/94, 29/12/94, 06/01/95 e 12/01/95). O campo III recebeu quatro amostragens (16/12/94, 27/12/94, 03/01/95 e 09/01/95).

Foram amostradas 10 plantas ao acaso por parcela, num total de 1.000 plantas por campo em cada amostragem, onde o cartucho era aberto e contava-se o número de lagarta nas folhas e dentro do cartucho. Os dados foram organizados em planilhas e as lagartas foram classificadas por tamanho. Lagartas menores que 1 cm eram consideradas como pequenas e maiores que 1 cm como grandes.

**Amostragem Seqüencial para Presença-Ausência.** As retas de decisão sobre a aplicação ou não do controle são chamados de  $S_0$  e  $S_1$  e são representadas pelos seguintes modelos matemáticos:

$$S_0 = h_0 + SN \quad (1)$$

$$S_1 = h_1 + SN \quad (2)$$

onde,

$$h_0 = \frac{\ln \frac{\beta}{1-\alpha}}{\ln \frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}} \quad (3)$$

$$h_1 = \frac{\ln \frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln \frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}} \quad (4)$$

$$S = \frac{\ln \frac{q_0}{q_1}}{\ln \frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}} \quad (5)$$

Para as equações (1) e (2),  $N$  é o tamanho da amostra,  $h_0$  e  $h_1$  são os coeficientes lineares,  $S$  é o coeficiente angular. Para as equações (3), (4) e (5),  $p$  representa as médias de infestação da praga ( $p_1 > p_0$ ),  $\ln$  é logaritmo neperiano, e  $\alpha$  e  $\beta$  são os erros do tipo I (probabilidade de se aceitar  $p_1$  quando  $p_0$  é verdadeiro) e tipo II (probabilidade de se aceitar  $p_0$  quando  $p_1$  é verdadeiro), respectivamente. Sabe-se que:  $q_0 = 1 - p_0$  e  $q_1 = 1 - p_1$ .

Na construção do plano de amostragem foram adotados valores de  $\alpha = \beta = 0,20$ , conforme Allen *et al.* (1972) e Southwood (1978), que informam que esses níveis de erros resultam no tamanho da amostra necessária para a tomada de decisão mais viável, na prática, em um sistema de manejo de pragas.

Além das retas obtidas, é conveniente expressar a curva característica de operação, representada por  $CO(p)$ , que fornece a probabilidade de aceitar  $H_0$  em função da proporção de infestação, para valores pré-estabelecidos de  $\alpha$  e  $\beta$ . Nesta

função, Wald (1947) emprega uma variável auxiliar  $h$  dependente de  $p$ , resultando:

$$CO(p) = \frac{\frac{(1-\beta)^h - 1}{\alpha}}{\frac{(1-\beta)^h - (\beta)^h}{\alpha} - 1 - \alpha} \quad (6)$$

Uma outra função importante é a que fornece o tamanho médio esperado de amostra, para a decisão sobre aceitação de  $H_0$ . É denotado por  $E_p(N)$  e depende de  $p$ , através da expressão:

$$E_p(N) = \frac{CO(p)(h_0 - h_1) + h_1}{p - S} \quad (7)$$

Esta função permite expressar o número esperado de amostras como função de  $p$ . Por outro lado, se na prática pretende-se fixar o tamanho da amostra, recomenda-se o máximo valor esperado para o tamanho médio esperado de amostra, no plano de amostragem correspondente.

O software utilizado para construção do plano de amostragem (presença-ausência) foi o PLANSEQ, desenvolvido pelo Prof. Dr. José Carlos Barbosa do Depto. de Ciências Exatas da FCAV/UNESP.

### Resultado e Discussão

**Amostragem Sequencial Para Presença-Ausência.** A contagem do número de lagartas por planta não é um bom método de amostragem, uma vez que apresenta acentuada

variação à medida que a lagarta se desenvolve, não se ajustando a uma distribuição definida. Observou-se que o melhor ajuste a uma distribuição foi conseguido quando foi estudado o número de plantas com presença ou ausência da praga, independente do número de lagartas por planta. A distribuição binomial positiva foi o tipo de distribuição probabilística que melhor representou a disposição do ataque da praga no campo, considerada regular ou uniforme, de acordo com os estudos de Farias (1995) desenvolvidos no mesmo experimento. Barbosa (1982) estudando modelos probabilísticos para distribuição de *S. frugiperda*, cita a distribuição binomial positiva como sendo a mais indicada para descrever a proporção de plantas atacadas pela lagarta.

Na construção do plano de decisão seqüencial para presença-ausência foi utilizado nível de precisão de 20%, ou seja, valores de  $\alpha = \beta = 0,20$ . A reta superior a partir da qual aceita-se  $H_1 : p_1 = 0,20$  é:  $S_1 = 1,7095 + 0,1452N$  e a inferior, até a qual aceita-se  $H_0 : p_0 = 0,10$  é:  $S_0 = -1,7095 + 0,1452N$ . Estas retas estão representadas na Fig. 1.

Para maior facilidade, uma tabela de amostragem foi confeccionada a partir dos dados fornecidos pelas equações das retas. O uso da tabela é mais prático em trabalhos de campo. Para cada valor de  $N$  é calculado o valor de  $S$ , a partir das equações  $S_1$  e  $S_0$ .

A tabela de amostragem é apresentada no Fig. 2, onde a coluna da esquerda representa os pontos da reta  $S_0$  e da direita os pontos da reta  $S_1$ .

As tomadas de decisão para controlar ou não só podem ser feitas a partir da 15ª amostragem. O procedimento é feito da seguinte maneira: o número de plantas atacadas com pelo menos uma lagarta é anotado na coluna de anotação à medida que vão sendo realizadas as amostragens. Esse número vai sendo acumulado após cada amostragem. Quando o total

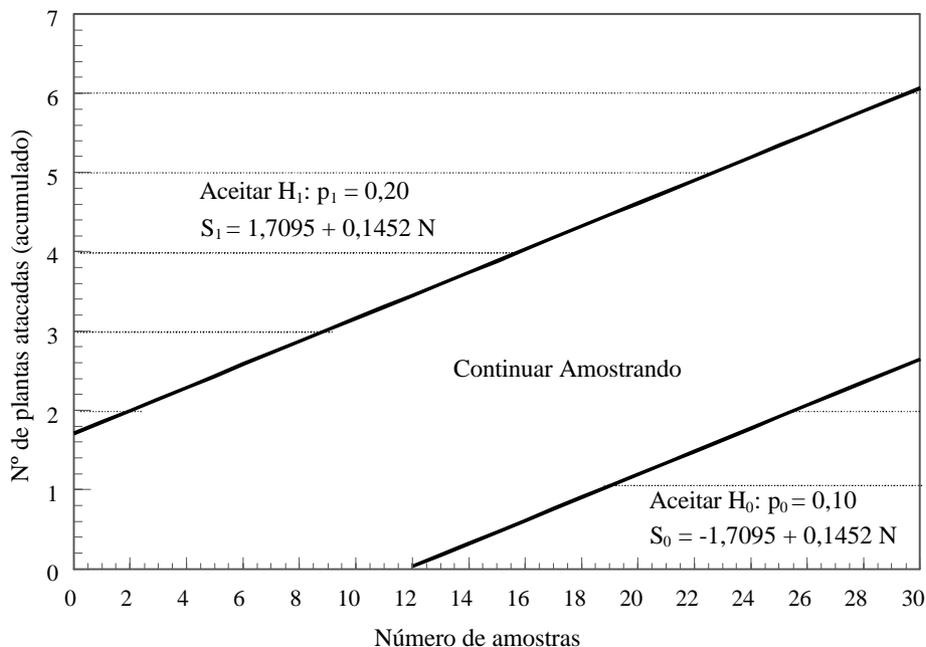


Figura 1. Plano de amostragem sequencial para número de plantas atacadas com pelo menos uma lagarta de *S. frugiperda* com base na distribuição binomial positiva.

AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DA LAGARTA-DO-CARTUCHO			
Nº de plantas amostradas	Nº de plantas infestadas		
	Limite inferior	Anotação da amostragem	Limite superior
1	Não controlar		Controlar
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16	1		4
17	1		4
18	1		4
19	1		4
20	1		5
21	1		5
22	1		5
23	2		5
24	2		5
25	2		5
26	2		5
27	2		6
28	2		6
29	3		6
30	3		6
Fazenda: _____	Inspetor: _____		
Talhão: _____	Ass. do Inspetor _____		
Data: ___/___/___			

Figura 2. Plano de amostragem sequencial para avaliar a infestação da lagarta-do-cartucho na cultura do milho.

acumulado for inferior ao número na coluna da esquerda (limite inferior), suspende-se a amostragem e aceita-se  $H_0$ , isto é, não há necessidade de controle. Quando o total acumulado é superior ao número na coluna da direita (limite superior), rejeita-se  $H_0$  e aceita-se  $H_1$ , sendo portanto, necessário controlar a lagarta. Enquanto o número acumulado de plantas atacadas com pelo menos uma lagarta permanecer no intervalo entre as duas colunas (anotação da amostragem), deve-se continuar a amostragem até atingir a amostra de número 30 (número máximo esperado de amostras para tomada de decisão), quando suspende-se a amostragem. Se o amostrador estiver vistoriando a cada 30 dias, deve-se voltar após 15 dias, e se estiver vistoriando a cada 15 dias deve-se voltar após sete dias para uma nova amostragem.

A curva característica de operação  $CO(p)$  é a representação gráfica da função operatória característica que fornece a probabilidade de tomar uma decisão correta para um determinado nível de infestação. A curva característica de operação está representada na Fig. 3.

Verifica-se que quando a média é  $p=0,05$ , ou seja, 5% de plantas com pelo menos uma lagarta, o teste tem 95% de probabilidade de aceitar  $H_0$  e quando a média é de  $p=0,30$ , ou seja, 30% de plantas atacadas com pelos menos uma lagarta, o teste tem 5% de probabilidade de aceitar  $H_0$ , isto é, a probabilidade de recomendar o controle é de 95%.

Os resultados obtidos para número esperado de amostras  $Ep(N)$  do teste da razão da verossimilhança para proporção de plantas atacadas com pelo menos uma lagarta de *S. frugiperda* está representado na Fig. 4.

Pela curva do tamanho esperado de amostras nota-se que para média de infestação de 0,05, isto é, se a infestação corresponde a 5% das plantas, então o tamanho esperado de amostra é de aproximadamente 17 unidades amostrais. Isto indica que em lavouras com esta infestação espera-se que a

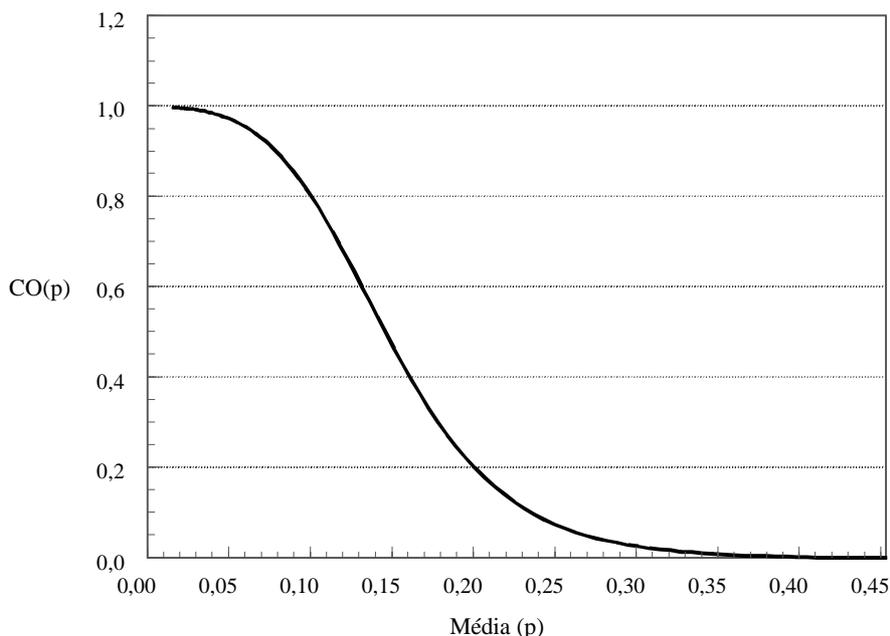


Figura 3. Curva característica de operação  $CO(p)$  do teste da razão da verossimilhança para população total de *S. frugiperda*.

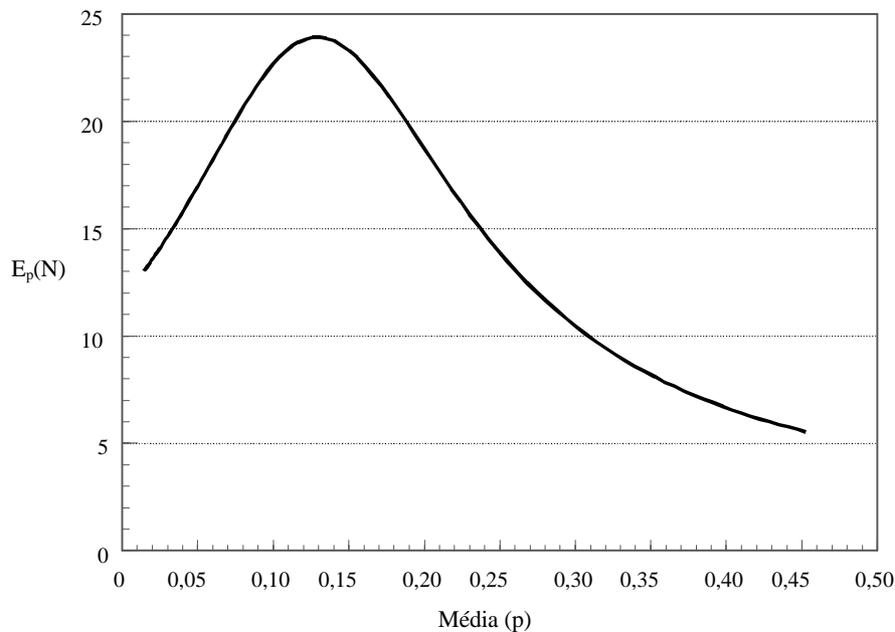


Figura 4. Curva do tamanho esperado de amostras do teste seqüencial da razão de verossimilhança para população total de *S. frugiperda*.

decisão seja tomada com 17 unidades amostrais. Para média de infestação 0,15 uma decisão seria tomada após examinada 24 unidades amostrais, e para média de infestação igual a 0,45 seriam necessárias seis unidades amostrais.

#### Literatura Citada

- Allen, J., D. Gonzalez & D.V. Gokhale. 1972.** Sequential sampling plans for the bollworm, *Heliothis zea*. *Env. Entom.* 1: 771-780.
- Barbosa, J.C & D. Perecin. 1982.** Modelos probabilísticos para a distribuição de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) na cultura do milho. *Científica* 10: 181-191.
- Bechinski, E.J. & R.L. Stoltz. 1985.** Presence-absence sequential decision plans for *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in garden-seed beans, *Phaseolus vulgaris*. *J. Econ. Entomol.* 78: 1475-1480.
- Bianco, R. 1995.** Construção e validação de planos de amostragem para o manejo da lagarta de cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho. Tese de doutorado, ESALQ/USP, Piracicaba, 113p.
- Cruz, I. 1993.** Recomendações técnicas para o cultivo do milho: principais pragas e seu controle. Brasília: EMBRAPA-SPI, Documentos, 204p.
- Farias, P.R.S. 1995.** Distribuição espacial e amostragem seqüencial de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) na cultura do milho. Dissertação de mestrado, FCAV/UNESP, Jaboticabal, 129p.
- Ingram, W.R. & S.M. Green. 1972.** Sequential sampling bollworms on raingrow cotton in Botswana. *Cotton Grower Rev.* 49: 265-275.
- Rojas, R.A. 1970.** El combate de plagas como problema de decision estadístico. *Agrociencia* 5: 101-107.
- Southwood, T.R.E. 1978.** *Ecological methods*. 2 ed., New York, John Wiley & Sons, 525p.
- Sterling, W.L. 1975.** Sequential sampling of cotton insect populations. p.133-135. In *Beltwide Cotton Prod. Res. Congr., Proceedings*. New Orleans.
- Wald, A. 1947.** *Sequential analysis*. New York, J. Wiley & Sons, 211p.
- Wilson, L.T. & P.M. Room. 1983.** Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton with implications for binomial sampling. *Environ. Entomol.* 12: 50-58.

Received 27/09/00. Accepted 23/10/01.