

CROP PROTECTION

Amostragem Seqüencial (Presença-Ausência) Para *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)

MARCELO F.A. PEREIRA¹, ARLINDO L. BOIÇA JR.² E JOSÉ C. BARBOSA³

¹Depto. Ciências Biológicas e Fitossanitárias, ESAPP, Rua Prefeito Jayme Monteiro, 791 Centro, 19700-000, Paraguaçu Paulista, SP

²Depto Fitossanidade. ³Depto Ciências Exatas, FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº, 14884-900, Jaboticabal, SP

Neotropical Entomology 33(4):499-504 (2004)

Sequential Sampling (Presence-Absence) for *Bemisia tabaci* (Genn.) Biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in the Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

ABSTRACT - Sequential sampling (presence-absence) has been used in integrated pest management because it is quick and efficient for pests that are difficult to quantify. For *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B management a sequential sampling plan was developed based on the presence or absence of the whitefly on common bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) regardless of the number. The experiments were carried out at the November (2000/01) and February (2002) sowings in Jaboticabal, SP, Brazil, using an area of 1 ha, subdivided into 100 (10 x 10 m) equal plots. Ten plants were assessed randomly in each plot, considering only whether the whitefly was present or not. The level of economic damage adopted was 10% infestation. From the analyzed data, two lines were obtained, one superior, from which control is recommended ($S_1 = 2,7095 + 0,1452n$) and another inferior, where control is not recommended ($S_0 = -2,7095 + 0,1452n$). From the results it was ascertained that sequential sampling is efficient in indicating, or not, control of *B. tabaci* biotype B in the common bean crop.

KEY WORDS: Whitefly, integrated pest management, positive binomial distribution, sampling

RESUMO - A amostragem seqüencial (presença-ausência) vem sendo utilizada no manejo integrado de pragas pela rapidez e eficiência, principalmente, para pragas que são difíceis de serem quantificadas. Para o manejo de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B foi desenvolvido um plano de amostragem seqüencial, com base na presença ou ausência da praga em plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), independente do seu número. Os experimentos foram conduzidos nas épocas de semeadura “das águas” (2000/01) e “da seca” (2002), em Jaboticabal – SP, utilizando-se área de 1 ha, subdividida em 100 parcelas iguais de 100 m² (10 x 10 m). Em cada parcela foram avaliadas 10 plantas ao acaso, considerando-se somente se a mosca-branca estava ou não presente. O nível de dano econômico adotado foi de 10% de infestação. A partir dos dados analisados, foram obtidas duas retas: uma superior ($S_1 = 2,7095 + 0,1452n$), a partir da qual recomenda-se o controle; e outra inferior ($S_0 = -2,7095 + 0,1452n$), até a qual o controle não é recomendado. Pelos resultados verifica-se que a amostragem seqüencial é eficiente na indicação ou não do controle da *B. tabaci* biótipo B na cultura do feijão.

PALAVRAS-CHAVE: Mosca-branca, manejo integrado de pragas, distribuição binomial positiva, amostragem

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tem especial importância para o Brasil, que se destaca entre os cinco países responsáveis por mais de 60% da produção mundial. Porém, a produtividade média de feijão (400 a 600 kg.ha⁻¹) é considerada baixa (Moura *et al.* 1994, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 1999). Dentre os fatores responsáveis pela baixa produtividade, a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B, causa

prejuízos significativos à cultura do feijão em consequência da transmissão do vírus do mosaico dourado do feijoeiro (Lourenção & Nagai 1994, Yuki *et al.* 1998). Por tratar-se de um vetor, o nível de dano econômico da mosca-branca em feijoeiro não depende dos prejuízos advindos da sua alimentação, e sendo assim, populações reduzidas podem causar prejuízos significativos (Costa 1965, Dourado Neto & Fancelli 2000).

Dentre as características do manejo integrado de pragas ressalta-se a preocupação em alterar o meio ambiente o mínimo possível, através da diminuição da utilização do controle químico. Para tanto, órgãos governamentais de pesquisa e extensão têm desenvolvido métodos de amostragem convencionais, onde o número ou tamanho da amostra é fixo, sendo o controle químico realizado somente quando se atinge o nível de controle da praga. Entretanto, em tais métodos o tempo necessário para a realização de uma amostragem pode tornar inviável a sua aplicação prática (Burkness *et al.* 1999, Bianco 1995 citado por Farias *et al.* 2001). Contudo, o uso da amostragem sequencial, baseada na presença ou ausência da praga, vem aumentando nos últimos anos, devido, provavelmente, à facilidade e à rapidez deste método em relação ao convencional, principalmente para pragas que são difíceis de serem quantificadas (Wilson & Room 1983, Bechinski & Stoltz 1985, Fernandes *et al.* 2003).

O objetivo deste trabalho foi o de desenvolver um sistema de amostragem, considerando a presença ou ausência de *B. tabaci* biótipo B em plantas de feijoeiro, que facilite a amostragem da praga, tornando sua prática viável.

Material e Métodos

O campo experimental onde foi realizado o experimento localiza-se no Município de Jaboticabal – SP, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), a 21°15'22" de latitude Sul e 48°18'58" de longitude Oeste, com altitude de 595 m.

Conforme metodologia descrita em Kuno (1991), os experimentos foram conduzidos em uma área de 100 m x 100 m (10.000 m²) dividida em 100 parcelas iguais de 10 m x 10 m (100 m²), nas épocas de semeadura “das águas” e “da seca” que, de acordo com Paiva & Goulart (1995), correspondem às épocas de ocorrência da mosca-branca em feijoeiro. A semeadura no período “das águas” foi realizada em 17 de novembro de 2000 e “da seca”, no dia 15 de fevereiro de 2002. O espaçamento de semeadura utilizado foi de 0,5 m entre linhas, e foram distribuídas quinze sementes por metro linear da cultivar IAC-Carioca. As sementes não receberam tratamento com inseticida, e, durante o desenvolvimento da cultura, as plantas também não foram pulverizadas com inseticidas.

Amostragens. Para se realizar a amostragem de insetos-praga no campo, é importante o conhecimento sobre hábito, comportamento e distribuição de cada espécie no dossel das plantas hospedeiras. De acordo com Lynch & Simmons (1993), *B. tabaci* prefere folhas jovens das plantas para alimentação e oviposição e, conseqüentemente a população de ninfas, principalmente de primeiro e segundo ínstar, distribui-se nas folhas próximas ao ápice da planta.

As amostragens foram realizadas semanalmente, em dez plantas ao acaso por parcela (100 parcelas), perfazendo o total de 1000 plantas. De acordo com o período de proteção da cultura do feijoeiro ao ataque de *B. tabaci* biótipo B (Boiça Jr. & Pereira 2000), na semeadura das águas, as avaliações foram realizadas até a oitava semana após a emergência das plantas e, na época da seca, até a sexta semana. Por tratar-se de uma praga transmissora de viroses, considerou-se a presença-ausência da mosca-branca em plantas de feijoeiro. As avaliações de adultos

da mosca-branca foram realizadas visualmente, das 7:00h às 9:00h da manhã, curvando-se levemente a planta para o lado, conforme Tonhasca Jr. *et al.* (1994). Para ninfas de *B. tabaci* biótipo B, coletou-se um folíolo de feijoeiro por planta, sendo, na primeira semana após a emergência das plantas, na folha primária e, nas demais, no segundo par de folhas a partir do ápice das plantas. Estes folíolos foram observados sob microscópio estereoscópico, considerando-se a presença-ausência de ninfas na página abaxial.

Amostragem Sequencial Para Presença-Ausência. O plano de amostragem sequencial foi elaborado com base no Teste Sequencial da Razão de Verossimilhança (TSRV), conforme Wald (1945). A finalidade do plano foi de testar com o menor número esperado de amostras possíveis a hipótese $H_0: m = m_0$ vs $H_1: m = m_1$, onde m representa as médias e $m_1 > m_0$. De acordo com Allen *et al.* (1972), a rejeição de H_0 (aceitação de H_1) indica a necessidade de aplicação de métodos de controle dos insetos, e a aceitação de H_0 , a não-aplicação de métodos de controle.

As equações das retas de decisão sobre a aplicação ou não do controle são chamadas de S_1 e S_0 e são representadas por:

$$\begin{aligned} S_1 &= b_1 + a n \\ S_0 &= b_0 + n \end{aligned}$$

O valor n indica o número de unidades amostrais a ser utilizado na amostragem, ou seja, o número de unidades amostrais inspecionadas até o ponto considerado. Os valores b_0 e b_1 são os coeficientes lineares e a é o coeficiente angular; estes coeficientes são determinados em função do tipo de distribuição espacial da espécie estudada. Para *B. tabaci* biótipo B, a distribuição binomial positiva foi o modelo que melhor representou a disposição da praga na cultura do feijoeiro, de acordo com os estudos de Pereira (2002) desenvolvidos no mesmo experimento. Portanto, os respectivos valores foram determinados através das seguintes equações:

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{\ln\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)}{\ln\left[\frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}\right]} \\ a &= \frac{\ln\left[\frac{q_0}{p_1}\right]}{\ln\left[\frac{p_1 q_0}{p_0 q_1}\right]} \end{aligned}$$

O valor p representa a proporção de plantas infestadas por uma praga ($p_1 > p_0$). \ln é logaritmo neperiano e α e β são erros do tipo I (probabilidade de aceitar p_1 quando p_0 é verdadeiro) e tipo II (probabilidade de aceitar p_0 quando p_1 é verdadeiro), respectivamente. Sabe-se que: $q_0 + 1 - p_0$ e $q_1 = 1 - p_1$.

Se for atribuído o valor 0 para plantas não infestadas e valor 1 para plantas infestadas pela praga, pode-se considerar p a proporção (que é desconhecida) de unidades amostrais infestadas pela praga. Desse modo o resultado da inspeção de uma unidade amostral escolhida ao acaso pode tomar somente os valores 1 e 0 com probabilidades p e $(1-p)$, respectivamente, o que caracteriza a distribuição binomial.

Após a definição do plano de amostragem seqüencial, é importante que se determine a curva característica de operação, representada por $CO(p)$, que fornece a probabilidade de terminar a amostragem e não aconselhar o controle para um determinado grau de infestação. Assim, essa curva indica a probabilidade de adotar-se uma decisão correta para qualquer nível de infestação, para valores pré-estabelecidos de α e β . Nesta função emprega-se uma variável auxiliar h dependente de p , resultando:

$$p = \frac{1 - \left(\frac{q_1}{q_0}\right)^h}{\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^h - \left(\frac{q_1}{q_0}\right)^h}$$

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

Outra função importante é a curva do tamanho máximo esperado de amostra $E_p(n)$ que representa o número médio de observações necessárias para tomar-se a decisão de realizar ou não o controle, e depende de p , através da expressão:

$$E_p(N) = \frac{CO(p)(b_0 - b_1) + b_1}{p - a}$$

Para a construção do plano de amostragem seqüencial foi utilizado o software PLANSEQ, desenvolvido pelo Prof. Dr. José Carlos Barbosa do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP.

Resultados e Discussão

Amostragem Seqüencial Para Presença-Ausência.

Considerando o número de plantas de feijoeiro com a presença ou ausência da *B. tabaci* biótipo B, observou-se que a distribuição binomial positiva foi o tipo de distribuição que melhor representou a disposição da praga no campo, considerada regular ou uniforme. O nível de dano econômico adotado foi a simples presença da mosca-branca em feijoeiro, por se tratar de um inseto transmissor de viroses e causador de sérios prejuízos à cultura (Menten *et al.* 1980, Brown & Bird 1992, Dourado Neto & Fancelli 2000). O nível de segurança (p_0) adotado foi de 0,10 de infestação, ou seja, $\alpha = \beta = 0,10$ tendo em vista que esse valor é o mais indicado para trabalhos com insetos (Young & Young 1998). A reta superior a partir da qual se aceita H_1 : $p_1 = 0,20$ é: $S_1 = 2,7095 + 0,1452n$ e a inferior, até a qual se aceita H_0 : $p_0 = 0,10$ é: $S_0 = -2,7095 + 0,1452n$. A partir dos dados fornecidos pelas equações das retas superior e inferior, construiu-se uma figura para o plano de amostragem seqüencial de mosca-branca em feijoeiro (Fig. 1). Para tanto, para cada valor de n , calculou-se o valor de S_0 e S_1 .

Para facilitar o trabalho de amostragem no campo foi confeccionada uma tabela de amostragem a partir dos dados obtidos na Fig. 1 (Tabela 1), onde a coluna da esquerda (limite inferior) representa os pontos da reta S_0 e a coluna da direita (limite superior) os pontos da reta S_1 . A tomada de decisão para controlar ou não a praga só pode ser feita a partir da 19ª unidade amostral. O procedimento é feito da seguinte maneira: à medida que vão sendo realizadas as amostragens vai sendo anotado na coluna de anotação o número de plantas com pelo menos uma mosca-branca. Esse número vai sendo acumulado após cada unidade amostral. A regra para finalizar a amostragem deve seguir as seguintes condições: quando o total acumulado for igual ou inferior ao número da coluna da esquerda, suspende-se a amostragem e aceita-se H_0 , não se recomendando o controle; quando o total acumulado for igual ou superior ao número da coluna da direita, aceita-se H_1 e

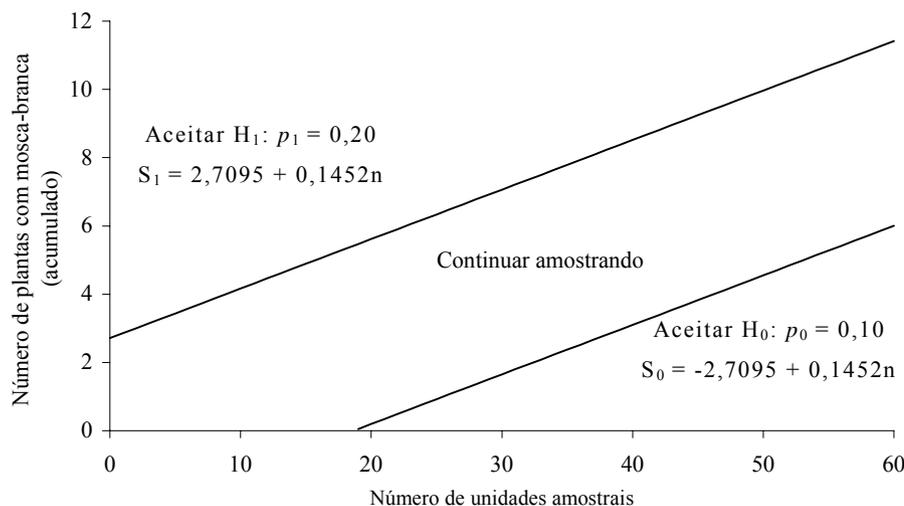


Figura 1. Plano de amostragem seqüencial para número de plantas de feijoeiro infestadas por mosca-branca *B. tabaci* biótipo B, com base na distribuição binomial positiva. Jaboticabal – SP, 2002.

Tabela 1. Amostragem sequencial para avaliar a proporção de plantas de feijoeiro infestadas por *B. tabaci* biótipo B. Jaboticabal – SP, 2002

Unidade amostral ¹	Nº de plantas infestadas			Unidade amostral ¹	Nº de plantas infestadas		
	Limite inferior	Anotação da amostragem	Limite superior		Limite inferior	Anotação da amostragem	Limite superior
1	ND	_____	3	31	2	_____	7
2	ND	_____	3	32	2	_____	7
3	ND	_____	3	33	2	_____	8
4	ND	_____	3	34	2	_____	8
5	ND	_____	3	35	2	_____	8
6	ND	_____	3	36	3	_____	8
7	ND	_____	4	37	3	_____	8
8	ND	_____	4	38	3	_____	8
9	ND	_____	4	39	3	_____	8
10	ND	_____	4	40	3	_____	9
11	ND	_____	4	41	3	_____	9
12	ND	_____	4	42	3	_____	9
13	ND	_____	4	43	4	_____	9
14	ND	_____	5	44	4	_____	9
15	ND	_____	5	45	4	_____	9
16	ND	_____	5	46	4	_____	9
17	ND	_____	5	47	4	_____	10
18	ND	_____	5	48	4	_____	10
19	0	_____	5	49	4	_____	10
20	0	_____	6	50	5	_____	10
21	0	_____	6	51	5	_____	10
22	0	_____	6	52	5	_____	10
23	1	_____	6	53	5	_____	10
24	1	_____	6	54	5	_____	11
25	1	_____	6	55	5	_____	11
26	1	_____	6	56	5	_____	11
27	1	_____	7	57	6	_____	11
28	1	_____	7	58	6	_____	11
29	2	_____	7	59	6	_____	11
30	2	_____	7	60	6	_____	11
Propriedade: _____				Inspetor: _____			
Talhão: _____				Assinatura			
Data: ____/____/____							

¹Planta de feijoeiro
 ND – não definido

recomenda-se o controle da mosca-branca; e enquanto o número acumulado de plantas com mosca-branca permanecer no intervalo entre as duas colunas, deve-se continuar a amostragem até atingir a unidade amostral número 60 (número máximo esperado de amostras para tomada de decisão), quando se suspende a amostragem. Nesse último caso, recomenda-se fazer nova amostragem após três a quatro dias.

Pela curva característica de operação CO(p) (Fig. 2), verifica-se que quando a proporção de plantas infestadas por *B. tabaci* biótipo B for de 10%, o teste tem 90% de probabilidade de aceitar H_0 e, portanto, não recomendar o controle, ou seja, há apenas 10% de probabilidade de

recomendar o controle, incorrendo-se no erro do tipo I. Quando a proporção for de 20% de plantas infestadas, o teste tem somente 10% de probabilidade de aceitar H_0 e de não recomendar o controle. Acima dessa infestação, a probabilidade de incorrer no erro do tipo I e não recomendar o controle quando necessário, é bastante baixa.

O número esperado de amostras $E_p(n)$ (Fig. 3) indica que, para uma infestação de 13,5% de plantas com mosca-branca, o número de amostras necessárias por amostragem atingirá o valor máximo, que será de 60 unidades amostrais. Para a proporção de 20% de plantas infestadas, são recomendadas aproximadamente 37 unidades amostrais e, em infestações

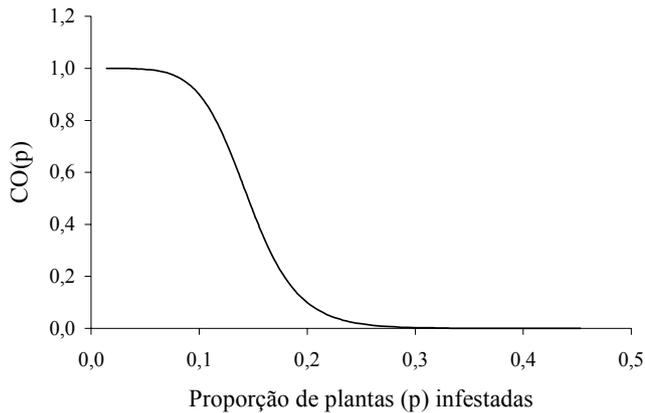


Figura 2. Curva característica de operação $CO(p)$ do teste seqüencial da razão da verossimilhança de Wald para a proporção de plantas de feijoeiro infestadas (presença-ausência) por *B. tabaci* biótipo B. Jaboticabal – SP, 2002

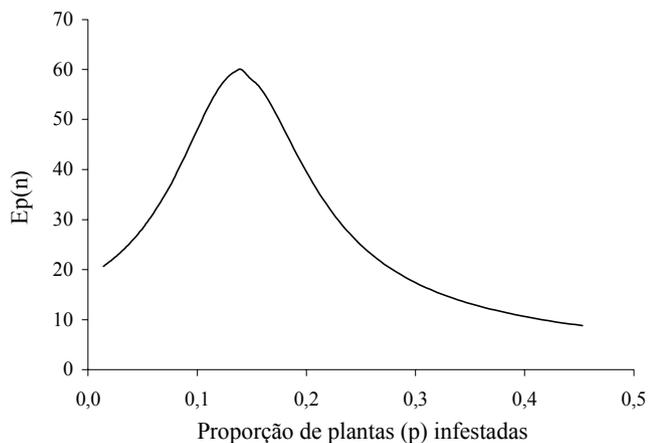


Figura 3. Curva do tamanho esperado de amostras $Ep(n)$, do teste seqüencial da razão da verossimilhança para a proporção de plantas de feijoeiro infestadas (presença-ausência) por *B. tabaci* biótipo B. Jaboticabal – SP, 2002

acima de 30% de plantas com *B. tabaci* biótipo B, serão necessárias aproximadamente 20 plantas para se tomar uma decisão.

Como plantas de feijoeiro com *B. tabaci* biótipo B apresentam distribuição regular no campo, independente do estágio de desenvolvimento da cultura e da época de semeadura (Pereira 2002), o plano de amostragem seqüencial proposto pode ser utilizado durante todo o desenvolvimento vegetativo do feijoeiro, bem como em diferentes épocas de semeadura. Obviamente, o plano deve ser indicado de acordo com o ataque da praga à cultura e os prejuízos causados, seguindo as recomendações preconizadas pelo MIP. De acordo com Fernandes *et al.* (2003), a adoção do plano deve se dar em talhões uniformes na lavoura no que se refere à época de semeadura, cultivar, topografia, tratos culturais, proximidades de possíveis focos de infestação, entre outros, sendo que a área de cada talhão não deve exceder a 100 ha.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de Doutorado concedida ao primeiro autor.

Literatura Citada

- Allen, J., D. Gonzales & D.V. Gokhale. 1972.** Sequential sampling plans for the bollworms, *Heliothis zea*. Environ. Entomol. 1: 771-80.
- 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: 1475-80.
- Boiça Jr. A.L. & M.F.A. Pereira. 2000.** Períodos de proteção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na época de semeadura “das águas”, ao ataque de *Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius, 1889) biótipo B (Homoptera: Aleyrodidae). Ecosistema 25: 174-77.
- Brown, J.K. & J. Bird. 1992.** Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. Plant Dis. 76: 221-25.
- Burkness, E.C., R.C. Venette, P.K. O’Rourke & W.D. Hutchison. 1999.** Binomial sequential sampling for management of aster leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) and aster yellows phytoplasma in carrot: Impact of tally threshold on the accuracy of treatment decisions. Environ. Entomol. 28: 851-57.
- Costa, A.S. 1965.** Three whitefly-transmitted virus diseases of beans in São Paulo, Brazil. Plant Prot. Bull. 13: 1-12.
- Dourado Neto, D. & A.L. Fancelli. 2000.** Produção de feijão. Guaíba: Agropecuária 219-20.
- Farias, P.R.S., J.C. Barbosa & A.C. Busoli. 2001.** Distribuição espacial da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho. Neotrop. Entomol. 30: 681-89.
- Fernandes, M.G., A.C. Busoli & J.C. Barbosa. 2003.** Amostragem seqüencial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. Neotrop. Entomol. 32: 117-22.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1999.** Anuário estatístico do Brasil. 59: 3-47.
- Kuno, E. 1991.** Sampling and analysis of insect populations. Ann. Rev. Entomol. 36: 285-304.
- Lynch, R.E. & A.M. Simmons. 1993.** Distribution of immatures and monitoring of adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), in peanut, *Arachis hypogaea*. Environ. Entomol. 22: 375-80.

- Lourenção, A.L. & H. Nagai. 1994.** Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no estado de São Paulo. *Bragantia* 53: 53-9.
- Menten, J.O.M., A. Tulmann Neto & A. Ando. 1980.** Avaliação de danos causados pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (VMDF). *Turrialba* 30: 173-76.
- Moura, P.A.M., B.M. Paiva & L.M. M. Resende. 1994.** Aspectos econômicos da cultura do feijão. *Inf. Agropec.* 17: 66-7.
- Paiva, F.A. & A.C.P. Goulart. 1995.** Flutuação populacional da mosca-branca e incidência do mosaico dourado do feijoeiro em Dourados, MS. *Fitopatol. Bras.* 20: 199-202.
- Pereira, M.F.A. 2002.** Distribuição espacial e amostragem sequencial de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Tese de doutorado, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 63p.
- Tonhasca Jr., A., J.C. Palumbo & D.N. Byrne. 1994.** Distribution patterns of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cantaloupe fields in Arizona. *Environ. Entomol.* 23: 949-54.
- Wald, A. 1945.** Sequential test of statistical hypothesis. *Ann. Math. Stat.* 16: 117-86.
- Wilson, L.T. & P.M. Room. 1983.** Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling. *Environ. Entomol.* 12: 50-4.
- Young, L.J. & J.H. Young. 1998.** Statistical ecology: A population perspective. Boston, Kluwer Academic Publishers, 565p.
- Yuki, V.A., A.L. Lourenção, H. Kuniyuki & J.A. Betti. 1998.** Transmissão experimental do vírus do mosaico dourado do feijoeiro por *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring. *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 675-78.

Received 19/08/03. Accepted 12/06/04.
