

## Tamanho Mínimo de Amostra de Plantas e Frutos do Algodoeiro para Monitoramento das Populações de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae)

Ivo Pierozzi Jr.<sup>1</sup>, Sidnei Ragazzi<sup>2</sup> e Mohamed E.M. Habib<sup>3</sup>

<sup>1</sup>NMA/EMBRAPA, Caixa postal 491, 13001-970, Campinas, SP.

<sup>2</sup>Departamento de Estatística/IMEC/UNICAMP, Caixa postal 6560, 13083-970, Campinas, SP.

<sup>3</sup>Departamento de Zoologia/IB/UNICAMP, Caixa postal 6109, 13081-970, Campinas, SP.

---

An. Soc. Entomol. Brasil 25(2): 191-197 (1996)

Minimum Sample Size of Cotton Plants and Bolls for Monitoring *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) Populations

**ABSTRACT** - Two statistic models were developed to determine the minimum sample size to monitor boll weevil, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) populations. The sample consisted of the minimum number of cotton plants and/or bolls surveyed that is needed to detect insect populational densities close to the economic threshold. The crop area was also considered in the monitoring criteria.

**KEY WORDS:** Insecta, boll weevil, sampling methods.

**RESUMO** - Dois modelos estatísticos foram desenvolvidos visando determinar o tamanho mínimo de amostra para monitoramento de populações do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae). A amostra consistiu no número mínimo de plantas e/ou frutos do algodoeiro avaliados para se detectar as densidades populacionais do inseto próximas ao limiar econômico, considerando-se ainda a área da cultura a ser monitorada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Insecta, bicudo do algodoeiro, métodos de amostragem.

Desde que foi constatada a presença do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boh. no Brasil, vários trabalhos mostraram a viabilidade de utilização de técnicas de manejo, incluindo o emprego de plantas iscas, eliminação dos restos culturais no final do ciclo e utilização de armadilhas com feromônio para controle no período entre safras (Habib *et al.* 1984, Pierozzi Jr. 1985, 1989, Pierozzi Jr. & Habib 1992). No entanto, o nível de dano (ND) e o limiar econômico (LE) ainda necessitam ser determinados. Rummel & Curry (1986) discutem a necessidade de estudos sobre os componentes

biológicos, físicos e econômicos envolvidos na interação bicudo-algodoeiro para o estabelecimento de níveis de danos. Pierozzi Jr. (1985) considera 5 a 7% de botões florais e/ou frutos do algodoeiro atacados como sendo o LE para as lavouras na região de Campinas, SP, nos Estados Unidos o ND varia entre 10 a 15% (Sartor & Young 1977).

O bicudo utiliza botões florais e frutos do algodoeiro para sua alimentação e reprodução, deixando sinais nestas estruturas (Pierozzi Jr. & Habib 1993). O índice de ataque pode ser utilizado como indicador do tamanho da população da praga na

lavoura (Pierozzi Jr. 1985) que pode ser mensurado através de monitoramento semanal (Pierozzi Jr. 1985, 1989, Pierozzi Jr. & Habib 1992). A avaliação dos botões florais atacados/planta traduz o método de amostragem por conglomerados, onde o algodoeiro é um conglomerado de botões florais, os quais devem ser examinados na sua totalidade em relação às evidências de ataque do inseto. Os frutos, quando ainda verdes, também devem ser avaliados e o método de amostragem mais frequentemente utilizado é o da amostragem aleatória simples (Pierozzi Jr. 1985, 1989, Pierozzi Jr. & Habib 1992).

Neste trabalho, foram desenvolvidos dois modelos estatísticos para determinação do tamanho mínimo de amostras de plantas e frutos verdes do algodoeiro, visando o monitoramento das populações de *A. grandis* durante o ciclo do algodão, baseados nas teorias clássicas de amostragem (Cochran 1965).

**Material e Métodos**

O modelo para a determinação do número mínimo de plantas (n') a serem avaliadas, foi baseado nas seguintes equações:

$$(1) \bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}$$

onde:  $\bar{m}$  = n° amostral de botões florais/plantas;  $m_i$  = n° de botões florais na planta i (i = 1, 2, ..., n); n+ n° de plantas amostradas.

$$(2) M = \sum_{i=1}^N m_i$$

onde: M = n° de botões florais na lavoura; N = n° de plantas na lavoura (estimado em 50.000/ha, numa lavoura onde o espaçamento entre as fileiras de plantas é de aproximadamente 1m).

(3) M = n° médio de botões florais/planta na lavoura = M/N.

$$(4) p = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

onde: p = proporção amostral de botões florais atacados;  $a_i$  = n° de botões florais atacados na planta i (i = 1, 2, ..., n).

Considerando d como sendo o erro associado ao valor da proporção amostral em relação à proporção real e definido por:

(5) d = t V(p), onde: t = valor percentual da distribuição t de Student, tirado da tabela bilateral relativo à probabilidade  $\alpha$  e

$$V(p) = \frac{(N-n)}{(N n M^2)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - p m_i)^2}{(n-1)}$$

onde: V(p) = Variância da proporção amostral de botões florais atacados.

Como M pode ser estimado por m e como N é suficientemente grande, tem-se que:

$$(6) S_c^2 = \frac{1}{n m^2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - p m_i)^2}{(n-1)} = \text{variância do conglomer.}$$

Assim, o tamanho mínimo da amostra é:

$$(7) n' = \frac{t^2 S_c^2}{d^2}$$

Tomando-se por base uma amostra já realizada de tamanho n da população, amostra esta com valor  $s^2$  para estimativa da variância e t tomado com (n-1) graus de liberdade, pode-se calcular o tamanho mínimo de uma nova amostra, para um valor d previamente fixado. Se a população fosse a mesma, o valor de n' seria:

$$(8) n' = \frac{t^2 s^2}{d^2},$$

onde os mesmos valores de  $s^2$  e  $t$ , pois tomou-se por base uma amostra conhecida. No entanto, a população de insetos (e a consequente infestação) muda relativamente rápido na lavoura e deseja-se obter um tamanho mínimo para uma nova amostra ( $n'$ ) em uma população onde a variância e a média também mudaram. Assim, a Equação 8 se transforma em:

$$(9) n' = \frac{t_1 s_1^2}{d^2},$$

onde  $d$  (arbitrário) é previamente fixado. Mas, não se conhece  $s_1^2$  e  $t_1$ , uma vez que o valor de  $t_1$  depende do tamanho desconhecido  $n'$  da nova amostra. Efetuar o cálculo usando a Equação 9, sem modificação, não seria razoável, pois o que está sendo avaliada é a mudança na população. Uma solução mais geral e rigorosa consiste em por em dúvida tanto  $s_1^2$  e  $t_1$ , conforme Pimentel-Gomes (1990). Tal solução leva à expressão:

$$(10) n' = \frac{t_1^2 s^2 F}{d^2}, \text{ com } F(n' - 1, n - 1) = \frac{s_1^2}{s^2}$$

Esta equação se resolve por tentativa, sem esquecer que  $t_1$  é o valor de  $t$  com  $(n' - 1)$  graus de liberdade.

Uma outra solução mais simples, igualmente aceitável e utilizada no presente estudo, é admitir  $s_1^2 = s^2$ , onde  $s_1^2$  é a estimativa da variância na amostra a ser colhida, mas com  $(n' - 1)$  graus de liberdade, obtendo-se finalmente:

$$(11) n' = \frac{t_1^2 s^2}{d^2},$$

equação que também se resolve por tentativa, sem esquecer que  $t_1$  deve ter  $(n' - 1)$  graus de liberdade.

O segundo modelo, para determinação do número mínimo de frutos a serem coletados e examinados,  $n''$ , foi calculado conforme as seguintes equações:

$$(12) n'' = \frac{t^2 p q}{d^2 + 1/N (t^2 p q - 1)} \text{ ou}$$

$$(13) n'' = \frac{t^2 p q}{d^2} \text{ (quando } N \text{ é muito grande),}$$

onde:  $t$  = valor percentual da distribuição  $t$  de Student, tirado da tabela bilateral relativo à probabilidade  $\alpha$ ;  $p$  = proporção amostral de frutos verdes atacados;  $q$  = proporção amostral de frutos verdes não atacados;  $d$  = definição da Equação 5, considerando-se  $V(p)$  = variância da proporção amostral de frutos verdes atacados;  $N$  =  $n^\circ$  de frutos verdes na lavoura no dia do monitoramento, considerando-se 50.000 plantas/ha.

Para a validação desses modelos foram utilizados dados do monitoramento semanal, realizado em campos experimentais na região de Campinas, SP (22°35' e 23°05' de latitude S e 46°55' e 47°35' de longitude W), durante três ciclos do algodão consecutivos a partir de 1984. Este monitoramento consistiu em avaliações de um número variável de plantas onde era determinada a proporção de botões florais e/ou frutos atacados pelo bicudo. Nesta validação, para cada um dos campos estudados, foram considerados apenas os dados referentes às datas de monitoramento nas quais haviam sido detectados valores próximos ao LE considerado, ou seja, 5 a 7% de botões florais e/ou frutos atacados.

Os dados foram processados através de programas específicos em linguagem Pascal. Os resultados gerados pelos modelos foram valores mínimos do número de plantas ou frutos que poderiam ter sido amostrados, tabelados de acordo com valores de  $\alpha$  e  $d$ , para cada semana de monitoramento considerada.

No caso da amostragem por conglomerados (infestação avaliada pelo ataque to-

tal dos botões florais) observou-se casos em que o tamanho mínimo calculado oscilou entre um valor baixo e outro alto, não se conseguindo estabilizar o tamanho  $n'$  e optando-se, então, por escolher o menor valor. Também ocorreu de  $n'$  localizar-se entre dois valores consecutivos, quando então foi escolhido o maior valor, diminuindo-se o erro  $d$ . No caso da amostragem aleatória simples (infestação em frutos do algodoeiro), não foi observada a referida oscilação, mas ocorreu o caso de  $n''$  estar localizado entre dois valores consecutivos, tendo sido igualmente utilizado o critério da escolha de maior  $n''$  erro menor). Estabelecidos estes critérios, inviabilizou-se o valor = 1 para o tamanho mínimo da amostra, pois ocorrendo tal alternativa,  $n'$  e  $n''$  não poderiam oscilar entre dois valores.

### Resultados e Discussão

Os resultados gerados pelos modelos (Tabelas 1, 2 e 3) representam o número

mínimo de plantas ou frutos do algodoeiro que deveria ter sido amostrado para os valores de precisão e confiabilidade, traduzidos por  $d$  e  $\alpha$  respectivamente. Os valores do tamanho mínimo de amostra associados a  $\alpha = 0,05$  e  $d = 0,03$  podem ser considerados aceitáveis. Tomando-se os dados da Tabela 1, os modelos demonstram que 10 plantas e 70 frutos foram suficientes para se detectar o índice de ataque entre os intervalos de  $2,9\% \pm 3\%$  (para botões florais) e  $1,6\% \pm 3\%$  (para frutos), definidos pelo valor de  $d$ , com 95% de confiabilidade, definida pelo valor de  $\alpha$ . Isto, ao invés das 342 plantas ( $np$ ) e 63 frutos ( $nf$ ) examinados. Ressalta-se que alterações nos níveis dos parâmetros  $\alpha$  e  $d$  implicam em alterações não linearmente correspondentes do tamanho mínimo da amostra.

Levando-se em conta tais resultados, pode-se assumir que cerca de 100 plantas amostradas/ha, com seus botões florais inspecionados são suficientes para detecção do valor do LE associado aos níveis de precisão ( $d = 0,03$ ) e confiabilidade ( $\alpha =$

Tabela 1. Tamanho mínimo de amostra capaz de detectar o limiar econômico para *Anthonomus grandis*, em campos experimentais durante o ciclo do algodão 1984-1985.

Campo Experimental 1 (Área = 4,0 ha); $np = 342$ ; $nf = 63$ ; botões florais atacados: 2,9%; frutos verdes atacados: 1,6%												
$d$	$\alpha=0,01$		$\alpha=0,02$		$\alpha=0,05$		$\alpha=0,07$		$\alpha=0,10$		$\alpha=0,15$	
	$n'$	$n''$										
0,01	121	1045	99	852	70	605	60	519	50	428	38	327
0,02	33	266	27	216	19	154	17	131	14	108	11	83
0,03	17	120	14	98	10	70	9	59	7	49	6	38
0,04	11	70	9	56	7	40	6	34	5	28	4	22
0,05	9	46	7	37	5	27	5	23	4	19	4	15
0,07	6	25	5	21	-	15	4	13	-	11	2	8
0,10	-	14	-	12	-	9	2	7	-	6	-	5

  

Campo Experimental 2 (Área = 2,0 ha); $np = 150$ ; botões florais atacados: 3,7%								
$d$	$\alpha=0,01$		$\alpha=0,02$		$\alpha=0,05$		$\alpha=0,07$	
	$n'$	$n''$	$n'$	$n''$	$n'$	$n''$	$n'$	$n''$
0,01	2048	1670	1185	923	835	582		
0,02	516	420	300	231	210	146		
0,03	232	188	134	104	95	66		
0,04	132	108	76	59	54	38		
0,05	86	70	50	39	35	25		
0,07	46	37	27	21	19	13		
0,10	24	20	14	12	10	8		

$np$  = número de plantas e  $nf$  = número de frutos na amostra real;  $n'$  = número de plantas e  $n''$  = número de frutos gerados pelo modelo.

0,05). O mesmo raciocínio é válido no caso dos frutos verdes. Para os mesmos valores de  $\alpha$  e  $d$ , os dados obtidos sugerem a avaliação de cerca de 200 frutos/ha. Como o monitoramento deve ser feito semanalmente e os frutos devem ser arrancados da planta, tal amostragem torna-se inviável, neces-

sitando-que 350 ha devem ser divididas em áreas menores, as quais devem ser consideradas separadamente em relação ao índice de infestação, aplicando-se o tamanho da amostra para a área de cada divisão. Tal proposição justifica-se pelas seguintes argumentações: (a) devido à dificuldade de se detectar adultos do

Tabela 2. Tamanho mínimo de amostra capaz de detectar o limiar econômico para *Anthonomus grandis* em campos experimentais durante o ciclo do algodão, 1985-1986.

Campo Experimental 3 (Área = 1,0 ha); np = 200; nf = 80; botões florais atacados: 1,3%; frutos verdes atacados: 1,3%												
d	$\alpha=0,01$		$\alpha=0,02$		$\alpha=0,05$		$\alpha=0,07$		$\alpha=0,10$		$\alpha=0,15$	
	n'	n''										
0,01	21	851	17	694	13	495	6	423	9	347	4	267
0,02	8	217	7	176	5	127	-	108	4	89	-	68
0,03	6	99	2	80	-	57	-	49	-	40	-	31
0,04	-	57	-	47	-	33	-	28	-	24	-	18
0,05	-	38	-	31	-	22	-	19	-	16	-	12
0,07	-	21	-	17	-	13	-	11	-	9	-	7
0,10	-	12	-	10	8	-	7	-	6	-	5	-

  

Campo Experimental 4 (Área = 3,7 ha); np = 310; nf = 65; botões florais atacados: 2,2%; frutos verdes atacados: 6,3%												
d	$\alpha=0,01$		$\alpha=0,02$		$\alpha=0,05$		$\alpha=0,07$		$\alpha=0,10$		$\alpha=0,15$	
	n'	n''										
0,01	90	3917	74	3194	52	2268	38	1951	37	1597	24	1229
0,02	25	979	21	798	15	570	11	488	11	401	7	307
0,03	13	439	11	355	8	255	6	217	6	179	4	138
0,04	9	250	8	203	6	145	5	124	5	102	-	78
0,05	7	160	6	131	5	93	-	79	-	66	-	50
0,07	3	84	-	68	-	49	-	42	-	34	-	26
0,10	-	43	-	35	-	25	-	22	-	18	-	14

np = número de plantas e nf = número de frutos na amostra real; n' = número de plantas e n'' = número de frutos gerados pelo modelo.

se estabelecer um número de frutos cuja perda seja suportável para esta finalidade.

Assim, baseado-se nos resultados obtidos na validação dos modelos propõe-se o seguinte plano de amostragem: lavouras com área 1-10 ha: amostra = 100 plantas e/ou frutos; entre 11-50 ha: amostra = 150; entre 51-150 ha: amostra = 200; entre 151-250 ha: amostra = 230 e entre 251-350 ha: amostra = 250. Lavouras maiores

curculionídeo, principalmente quando em densidades populacionais baixas (Pierozzi Jr. 1989, Rummel & Curry 1986), utiliza-se a infestação dos sítios de alimentação e reprodução como parâmetro de estimativa do tamanho da população. Enquanto os botões florais podem ser avaliados na planta, os frutos verdes precisam ser arrancados e abertos para avaliação mais segura; (b) o sistema de

amostragem de indivíduos que apresentam distribuição uniforme na lavoura implica tamanho de amostra inferior do que aquele necessário para espécies de distribuição agrupada, como *A. grandis*; (c) o tamanho de amostra capaz de revelar a densidade populacional próxima ao LE também é capaz

um substrato vegetal homogêneo e a amostragem pode ser feita com amostras de tamanho menor que aquelas para ambientes mais diversificados; (g) o sistema de amostragem proposto refere-se ao monitoramento a ser realizado naquelas lavouras em que não estiverem sendo utilizadas culturas iscas ou, no

Tabela 3. Tamanho mínimo de amostra capaz de detectar o limiar econômico para *Anthonomus grandis* em campos experimentais durante o ciclo do algodão, 1986-1987.

Campo Experimental 5 (Área = 1,0 ha); np = 60; nf = 100; botões florais atacados: 3,8%; frutos verdes atacados: 5,0%												
d	$\alpha=0,01$		$\alpha=0,02$		$\alpha=0,05$		$\alpha=0,07$		$\alpha=0,10$		$\alpha=0,15$	
	n'	n''	n'	n''								
0,01	332	3152	270	2570	194	1825	127	1571	137	1285	81	989
0,02	88	788	71	642	50	458	33	393	36	321	21	248
0,03	40	350	33	290	24	205	16	175	17	145	10	111
0,04	25	201	20	163	15	117	10	100	10	82	7	63
0,05	17	131	14	106	10	75	7	64	7	53	5	41
0,07	11	68	9	56	7	40	5	34	5	28	4	22
0,10	7	35	6	29	6	21	-	18	-	15	-	11

  

Campo Experimental 6 (Área = 0,3 ha); np = 30; nf = 50; botões florais atacados: 6,7%; frutos verdes atacados: 8,0%												
d	$\alpha=0,01$		$\alpha=0,02$		$\alpha=0,05$		$\alpha=0,07$		$\alpha=0,10$		$\alpha=0,15$	
	n'	n''										
0,01	239	4883	198	3982	140	2827	114	2432	99	1992	72	1533
0,02	64	1221	52	995	37	707	30	608	26	500	19	383
0,03	30	543	25	445	18	314	15	270	13	223	9	171
0,04	19	305	15	253	11	179	9	153	8	126	6	98
0,05	13	199	11	162	8	115	7	99	6	81	5	63
0,07	9	104	7	85	6	61	5	54	4	43	-	33
0,10	3	53	2	43	-	31	-	26	-	22	-	17

np = número de plantas e nf = número de frutos na amostra real; n' = número de plantas e n'' = número de frutos gerados pelo modelo.

de detectar qualquer densidade populacional superior àquele nível, desde que respeitado o intervalo de confiança estabelecido pelo valor do parâmetro d (Equação 5); (d) o aumento da área a ser amostrada não implica em aumento proporcional do tamanho de amostra; (e) a avaliação dos botões florais e/ou frutos do algodoeiro é uma atividade que exige acuidade e eficiência; (f) o agroecossistema algodoeiro é composto de

caso de emprego desta prática, tal monitoramento deverá ser realizado na área comercial da cultura.

Estes modelos levaram também em consideração que para o caso da amostragem de plantas, o aumento de N (Equação 2), que pode representar o aumento de área, não altera o valor do tamanho de amostra n' (Equação 7), desde que o valor de  $S_c^2$  (Equação 6) permaneça o mesmo. Isto

significa assumir que o padrão de ataque de *A. grandis* numa lavoura de 1 ha seja semelhante àquele que poderá ser observado numa lavoura maior. Para o caso da amostragem dos frutos verdes, segundo as Equações 12 e 13, percebe-se claramente que quando N é muito grande seu valor não interfere naquele do tamanho de amostra n".

#### Literatura Citada

- Cochran, N.G. 1965.** Técnicas de amostragem. Fundo de Cultura, Rio de Janeiro, RJ. 555p.
- Habib, M.E.M., W.D. Fernandes, A. Favaro Jr. & C.F.S. Andrade. 1984.** Eficiência do feromônio de agregação e inseticidas químicos no combate ao bicudo, *Anthonomus grandis* Boheman. Rev. Agric. 59: 239-251
- Pierozzi Jr., I. 1985.** Ecologia aplicada de *Anthonomus grandis* Boh., 1843 (Coleoptera: Curculionidae), na região de Campinas, SP. Tese de mestrado, UNICAMP, Campinas, SP, 155p.
- Pierozzi Jr., I. 1989.** Análise e aplicabilidade do complexo ecológico de *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae), na região de Campinas, SP. Tese de doutorado, UNICAMP, Campinas, SP, 191p.
- Pierozzi Jr., I. & M.E.M. Habib. 1992.** Proposta e análise de componentes básicos para um programa de M.I.P. para algodoeiros infestados por *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae), na região de Campinas, SP. Rev. Agric. 67: 253-269.
- Pierozzi Jr., I. & M.E.M. Habib. 1993.** Identificação de fatores de mortalidade natural dos estágios imaturos de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), na região de Campinas, SP. An. Soc. Entomol. Brasil 22: 325-332.
- Pimentel-Gomes, F. 1990.** Curso de estatística experimental, 13ª ed., São Paulo, Livraria Nobel, 468p.
- Rummel, D.R. & Curry, G.L. 1986.** Dinâmica populacional e níveis de dano econômico, p. 201-220. In S. Barbosa, M.J. Lukefahr & R. Braga Sobrinho, (eds.), O bicudo do algodoeiro. Departamento de Difusão de Tecnologia, EMBRAPA, Brasília, DF, 314p.
- Sartor, C. & Young, D. 1977.** Cotton scouting manual. Coop. Ext. Serv., Mississippi State University. N° 988, 20p.

Recebido em 02/03/95. Aceito em 02/04/96.

---