

## AMOSTRAGEM SEQUENCIAL EM ENTOMOLOGIA

Gláucia Maria Bovi Ambrosano<sup>1</sup>  
Sinval Silveira Neto<sup>2</sup>

### INTRODUÇÃO

Na inviabilidade de estudar todos os indivíduos de uma população, recorreu-se, para analisar suas características, a técnicas de obtenção de amostras. As principais razões para a utilização de amostragem são: conseguir informações confiáveis a respeito da população a custo mais baixo, em menor tempo e com menor risco de erros que o censo, e viabilizar o trabalho quando é necessário destruir o material.

O planejamento da amostragem engloba a escolha do tipo de amostra, do número das unidades amostrais e do próprio processo de coleta dos dados.

Os tipos de amostragem podem ser classificados em: de número fixo de elementos na amostra (simples ao acaso, estratificada e sistemática) e de número variável de elementos (seqüencial). Na amostragem simples ao acaso todos os elementos de uma população têm a mesma probabilidade de ocorrer na amostra. Para a amostragem ao acaso estratificada, a população a ser amostrada é dividida em estratos e uma amostra simples ao acaso é selecionada de cada estrato. A amostragem sistemática é aplicada quando os elementos da amostra são tomados em intervalos fixos de espaço ou de tempo.

### AMOSTRAGEM SEQUENCIAL

Análise seqüencial, como o nome indica, é aquela que

<sup>1</sup> Instituto Agronômico - Campinas-SP.

<sup>2</sup> Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba-SP.

toma em seqüência os elementos que irão constituir a amostra, em número variável, em função dos resultados observados anteriormente. Assim, o processo de amostragem só termina quando se rejeita ou se aceita uma hipótese pré-estabelecida sobre os parâmetros populacionais em apreço. DIXON & MASSEY (1957) definem análise seqüencial como um procedimento que leva a uma inferência estatística, em que o número de observações a serem realizadas não é determinado antes do início do experimento. O procedimento indica quando o número de observações é suficiente para tomar decisões com determinado risco.

A idéia da amostragem seqüencial surgiu com o trabalho de DODGE & ROMIG (1929), os quais sugeriram a amostragem em duas etapas sucessivas. Mas foi OAKLAND (1950) quem aplicou, pela primeira vez, a amostragem seqüencial a problemas biológicos num trabalho de piscicultura. Além de usar um número variável de amostras, esse tipo de amostragem se distingue da convencional por testar uma hipótese a respeito de um parâmetro, sem a preocupação de estimá-lo.

Um problema comum no campo agrônômico é a avaliação da intensidade de infestação de populações de insetos nas culturas, classificada em alta, média ou baixa, para decidir se alguma medida de controle deve ou não ser aplicada. Neste caso a amostragem seqüencial é a mais adequada, por possibilitar economia de tempo e de dinheiro, além de atitudes emergenciais mais rápidas. Na Entomologia, a amostragem seqüencial permite avaliar a eficiência de um determinado controle, determinar a dispersão e a intensidade das infestações em estudo exploratório e, ainda, avaliar níveis de inimigos naturais para saber se poderão ou não alterar a população de uma praga.

A tomada de decisão nesse tipo de amostragem é bastante rápida quando a densidade populacional é baixa ou elevada, além de ser muito eficiente. Em média pode-se esperar, com o seu uso, ganho de tempo da ordem de 50%. Segundo Wald (1947), citado por ESTEFANEL (1977), a amostra

gem seqüencial requer, em média, amostras com  $1/3$  do tamanho que seria utilizado em amostragem de tamanho fixo.

Se o parâmetro populacional for próximo ao estimado, o procedimento seqüencial conduz a amostras maiores que o convencional: esta é uma desvantagem do método. Além disso, esse tipo de amostragem não pode ser aplicado se há interesse em estimar os parâmetros. Outro problema é a necessidade de conhecer a distribuição da praga no campo.

Após o planejamento, a amostragem seqüencial é facilmente executada por um técnico ou mesmo por um agricultor. Mas, para que os resultados sejam confiáveis, com vista a uma decisão final, é necessário que se escolha bem a unidade amostral (parte da planta ou do solo); que sejam definidos os limites de classe e uma probabilidade aceitável de erro, e que se estabeleça o tipo de distribuição matemática à qual os dados se ajustem razoavelmente.

Os primeiros passos para a elaboração do plano de amostragem são: conhecer o tipo de distribuição da variável a estudar, formular as hipóteses, e estabelecer os riscos de decisões erradas.

Para insetos pragas, existem três distribuições mais comuns (Binomial, Poisson e Binomial Negativa), dependendo da distribuição espacial do inseto no campo. Quando os insetos estão distribuídos ao acaso, na cultura, os dados de contagem se ajustam à distribuição de Poisson. Neste caso, há uma mesma probabilidade de um indivíduo ocupar qualquer ponto da área e a média e a variância têm o mesmo valor (Figura 1.a). Para insetos com distribuição uniforme ou regular, os dados se ajustam à distribuição Binomial, na qual a média é maior que a variância (Figura 1.b). A distribuição agregada, a mais comum entre os insetos, segue a Binomial Negativa, com variância maior que a média (Figura 1.c):

## APLICAÇÃO

Estabelecido o nível populacional de insetos suficien

te para causar danos ( $X$  insetos por unidade de área), ou seja, o nível a partir do qual é necessário fazer o controle, formulam-se as hipóteses:

$H_0$ : O número de insetos encontrados por unidade de área (amostra) é igual a ou menor que o padrão  $X$ , ou seja, é insuficiente para causar danos.

$H_1$ : O número de insetos encontrados, por unidade de área, é maior que o padrão  $X$ .

Devem-se estabelecer, ainda, as probabilidades ( $\alpha$  e  $\beta$ ) de cometer os erros de tipo I e de tipo II:

$\alpha$ : Probabilidade de cometer erro de tipo I, ou seja, rejeitar  $H_0$  quando verdadeira.

$\beta$ : Probabilidade de cometer erro de tipo II, ou seja, não rejeitar  $H_0$  quando  $H_1$  é verdadeira.

O próximo passo é a construção das retas de decisão, com base nas equações:

$$d_1 = -h_1 + bn \text{ (linha inferior),}$$

$$d_2 = h_2 + bn \text{ (linha superior).}$$

Aí,  $d$  é o número de insetos acumulados,  $b$  é o coeficiente angular da reta,  $n$ , o número de unidades amostrais,  $h_1$  o intercepto da reta de aceitação de  $H_0$  (linha inferior) e  $h_2$  o intercepto da reta de rejeição de  $H_0$  (linha superior).

A partir dessas equações, são construídos gráficos ou tabelas, utilizados na prática da amostragem.

O cálculo das equações depende da distribuição do inseto no campo. Segundo ESTEFANEL (1977), têm-se as fórmulas para o cálculo de  $b$ ,  $h_1$  e  $h_2$ , para as distribuições de Poisson, Binomial e Binomial Negativa.



a) Ao acaso

b) Uniforme

c) Agregada

Figura 1. Distribuições espaciais mais comuns entre os insetos, no campo.

**A. Amostragem Sequencial para Distribuição de Poisson**

$$b = (X_2 - X_1) / (L X_2 - L X_1),$$

$$h_1 = L ((1-\alpha)/\beta) / (L X_2 - L X_1),$$

$$h_2 = L ((1-\beta)/\alpha) / (L X_2 - L X_1),$$

onde L indica logaritmo neperiano,  $X_1$  é o nível abaixo do qual a população não causa danos, e  $X_2$  o nível acima do qual a população causa danos.

**B. Amostragem Sequencial para Distribuição Binomial Negativa**

$$b = K L (q_2/q_1) / L (p_2q_1/p_1q_2),$$

$$k = \bar{X}^2 / (s^2 - \bar{X}),$$

$$p_1 = X_1/k,$$

$$p_2 = X_2/k,$$

$$q_1 = 1 + p_1,$$

$$q_2 = 1 + p_2,$$

$$h_1 = L (\beta/(1-\alpha))/(L p_2 q_1 - L p_1 q_2),$$

$$h_2 = L ((1-\beta)/\alpha)/(L p_2 q_1 - L p_1 q_2).$$

### C. Amostragem Seqüencial para Distribuição Binomial

$$b = L ((1-X_1)/(1-X_2))/(L((X_2/X_1)((1-X_1)/(1-X_2))),$$

$$h_1 = L ((1-\alpha)/\beta)/(L ((X_2/X_1)/(1-X_1)/(1-X_2))),$$

$$h_2 = L ((1-\beta)/\alpha)/(L ((X_2/X_1)/((1-X_1)/(1-X_2))).$$

Os símbolos têm o mesmo significado do item A.

### EXEMPLO PRÁTICO

Admita-se que se deseja amostrar uma população de um inseto em uma cultura, a fim de saber se é ou não necessário aplicar algum tipo de controle.

Suponhamos que uma população com 9 ou menos insetos por planta seja insuficiente para causar danos e uma de 11 ou mais seja suficiente, e ainda, que a distribuição do inseto no campo seja ao acaso (segundo a distribuição de Poisson).

Seja  $\alpha = \beta = 0,10$ ,

$$d_1 = -h_1 + bn,$$

$$d_2 = h_2 + bn.$$

Conforme o item A tem-se:

$$b = (11-9)/(L(11)-L(9)) = 9,97,$$

$$h_1 = (L(0,90/0,10))/(L(11)-L(9)) = 10,95,$$

$$h_2 = (L(0,90/0,10)) / (L(11) - L(9)) = 10,95.$$

Portanto,

$$d_1 = -10,95 + 9,97 n,$$

$$d_2 = 10,95 + 9,97 n,$$

onde n = número de observações tomadas.

Substituindo os possíveis valores de n (1,2,...) determinam-se os valores de d<sub>1</sub> e d<sub>2</sub> para cada observação (TABELA I e Figura 2).

TABELA I. Plano hipotético de amostragem seqüencial.

Número de amostras	Nº TOTAL DE INSETOS	
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>
1	0	21
2	9	31
3	19	41
4	29	51
5	39	61
6	49	71
7	59	81
8	69	91
9	79	101
10	89	111
11	99	121
12	109	131

Assim, fazem-se amostragens, no campo, sempre comparando com a Tabela ou com o gráfico (Figura 2) até que se tenha um número de amostras suficiente para tomar decisão entre fazer ou não o controle. Por exemplo (TABELA II), se na primeira amostra forem encontrados 4 insetos, observe-se, pela TABELA I ou pela Figura 2, que esse número está na região que recomenda amostrar mais, pois não foi sufi-

ciente para tomar uma decisão. Portanto, continua-se a amostragem. Se, na segunda amostra, obtiverem-se 10 insetos, por exemplo, a amostragem ainda deverá ser continuada. Nesse exemplo hipotético, com 8 amostras observaram-se 65 insetos. Com este número, pode-se parar a amostragem e concluir que não é necessário o controle.

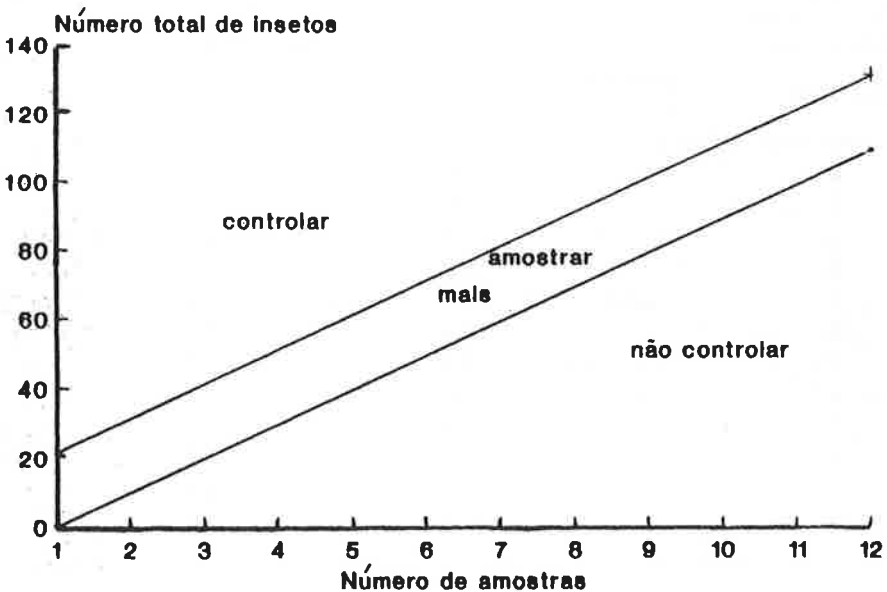


Figura 2. Plano hipotético de amostragem seqüencial.



TABELA II. Valores de amostragens hipotéticas.

Número de Amostras	Número Total de Insetos
1	4
2	10
3	20
4	31
5	44
6	53
7	60
8	65

## RESUMO

A amostragem seqüencial pode ser utilizada na área entomológica, em estudos de infestações e dispersão de populações para decisão quanto ao controle, e avaliar níveis de inimigos naturais determinando se poderão ou não alterar a população da praga em estudo. Este procedimento possibilita economia de tempo e de dinheiro em relação a outros tipos de amostragem. Inclui-se um exemplo hipotético de aplicação de amostragem seqüencial para estudo de uma população de inseto.

**Palavras-chave:** Amostragem, amostragem seqüencial, exemplo de aplicação.

## SUMMARY

### SEQUENTIAL SAMPLING IN ENTOMOLOGY

In order to decide about insect control as well as evaluations of natural enemy levels the sequential sampling method may be used, with advantage, to save time and money. This paper presents a hypothetical example of such method for studying an insect population.

**Key-words:** Sampling, sequential sampling, practical example.

### LITERATURA CITADA

- DODGE, H.F. & H.G. ROMIG, 1929. A Method Of Sampling Inspection. **The Bell System Technical Journal**, New York, 8: 613-631.
- DIXON, J.W. & F.J. MASSEY, 1957. **Introduction to Statistical Analysis**. London, McGraw Hill Book Company, Inc. 488p.
- ESTEFANEL, V.A., 1977. Amostragem Sequencial no Teste Sequencial da Razão da Probabilidade e seu Uso no Controle das Lagartas da Soja no Estado do Rio Grande do Sul. Piracicaba. 117p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP).
- EVANS, D.E., 1974. Sequential Sampling of Adult Sugar-Cane Froghoppers [*Aeneolamia varia saccharina*(Sist.)]. **Trop. Agric.**, Trinidad, 51(1): 57-62.
- IWAO, S., 1975. A New Method of Sequential Sampling to Classify Populations Relative to a Critical Density. **Res. Popul. Ecol.**, 16: 281-288.
- OAKLAND, G.B., 1950. An Application of Sequential Analysis to Whitefish Sampling. **Biometrics**, 6: 59-67.
- WALD, A., 1947. **Sequential Analysis**. New York, John Wiley. 212p.