

# Métodos para estimar os limites térmicos e a faixa ótima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo evolutivo dos insetos

Marinéia Lara Haddad  
José Roberto Postali Parra

FL171  
HAD  
1984  
FL-1995.00171

Métodos para estimar os  
1984 FL-1995.00171



9842-1

Piracicaba, SP

EMPRESA BRASILEIRA  
DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Escola Superior de Agricultura  
"Luiz de Queiroz"

FUNDAÇÃO DE ESTUDOS  
AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ



CPPSE  
FL 171

# **Métodos para estimar os limites térmicos e a faixa ótima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo evolutivo dos insetos**

**Marinéia Lara Haddad  
José Roberto Postali Parra**

---

*Piracicaba, SP*

**EMPRESA BRASILEIRA  
DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Escola Superior de Agricultura  
"Luiz de Queiroz"**

**FUNDAÇÃO DE ESTUDOS  
AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ**



Métodos para estimar os  
limites térmicos e a faixa ótima  
de desenvolvimento das  
diferentes fases  
do ciclo evolutivo dos insetos

Maria Lúcia Haddad  
José Roberto Postali Pans

Piracicaba, SP

© FEALQ, 1984

Impresso em São Paulo, em abril de 1984

Editado pela Fundação de Estudos  
Agrários Luiz de Queiroz - FEALQ

Enderêço: Av. Carlos Botelho, 1025  
CEP - 13.400 - Piracicaba, S. Paulo  
FONE: (0194) 22-3491/22-6600  
TELEX: 0191141 - EALQ

MÉTODOS PARA ESTIMAR OS LIMITES TÉRMICOS E A FAIXA  
ÓTIMA DE DESENVOLVIMENTO DAS DIFERENTES FASES  
DO CICLO EVOLUTIVO DE INSETOS

M.L. Haddad<sup>1</sup>

J.R.P. Parra<sup>2</sup>

1. INTRODUÇÃO

Na filosofia atual de MANEJO DE PRAGAS é bastante comum a utilização de Modelos Matemáticos, visando, principalmente, a previsão da ocorrência das pragas-chaves em culturas de importância agrícola. Dentre os componentes de um modelo, ocupa lugar de destaque a temperatura, pois, sendo este elemento climático um dos que afetam mais diretamente o inseto, pode-se ter, em função das necessidades térmicas do inseto e do local analisado, possibilidades de maiores ou menores populações da praga. As necessidades térmicas do inseto são avaliadas pela constante térmica (K), expressa em graus-dias, a qual desde há muitos anos é usada em estudos de previsão de crescimento de plantas. Esta constante formulada por Reamur em 1735 (SILVEIRA NETO *et alii*, 1976), parte da hipótese de que a duração do desenvolvimento, pela temperatura, é uma constante, sendo o somatório da temperatura computado a partir de um limiar térmico inferior, chamado de temperatura base ("threshold temperature"). Desde que os insetos são poequotérmicos, ou seja, acompanham a temperatura do ambiente, esta constante térmica também se aplica ao desenvolvimento dos mesmos.

---

<sup>1</sup> UEPAE São Carlos - EMBRAPA. Sediado no Departamento de Entomologia, ESALQ/USP.

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Departamento de Entomologia, ESALQ/USP.

Nesta fórmula de Reaumur,  $K = D(T - T_b)$ , onde  $D$  = duração do desenvolvimento;  $T$  = temperatura ambiente e  $T_b$  = temperatura base, a maior dificuldade dos entomólogos consiste na determinação deste último componente da equação. Para determinar esta temperatura, há necessidade de se estudar a biologia do inseto em laboratório, em temperaturas constantes. A partir dos resultados obtidos, poder-se-á estimar a temperatura base, através de diferentes métodos, explicados por expressões matemáticas.

Neste breve relato será discutida a forma de se determinar a temperatura base inferior pelos métodos mais usuais, e, a partir deste resultado, estimar o limite térmico superior, bem como a faixa ótima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo evolutivo de insetos.

## 2. MÉTODOS PARA DETERMINAR O LIMITE INFERIOR DE TEMPERATURA ( $T_b$ )

### 2.1. Método da Hipérbole

Este método é bastante utilizado e baseia-se na expressão da hipérbole e sua recíproca (BEAN, 1961). Tem algumas desvantagens, sendo que a maior delas é que como a curva de desenvolvimento é uma sigmóide, a seleção da porção linear da curva é subjetiva (MORRIS & FULTON, 1970).

Este método consiste em, através da recíproca do desenvolvimento, linearizar a curva obtida em laboratório.

Assim, dada a equação de Reaumur:

$$K = D(T - T_b) \quad , \quad (1)$$

a sua recíproca é a seguinte:

$$\frac{1}{D} = -\frac{Tb}{K} + \frac{1}{K} T \quad . \quad (2)$$

Fazendo-se

$$Y = \frac{1}{D} ; a = -\frac{Tb}{K} ; b = \frac{1}{K} ; x = T ,$$

obtêm-se a equação de regressão linear,

$$Y = a + bx , \quad (3)$$

chamada equação da velocidade do desenvolvimento ou da taxa de desenvolvimento (Figura 1).

Por definição, o inseto apresenta, na temperatura base inferior, uma paralização do desenvolvimento ( $Y = 0$ ). Desta forma, substituindo-se em (3), resultam as estimativas:

$$Tb = -\frac{a}{b} \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{e} \quad K = \frac{1}{b} \text{ GD} ,$$

onde,  $a$  = coeficiente linear da reta, e  $b = \text{tg } \alpha = \underline{\text{coeficiente angular da reta}}$ .

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) indica a proporção da variação de  $Y$  que é "explicada" pela regressão.

Para verificar-se a eficiência deste método, recomenda-se a aplicação do teste de  $\chi^2$ , entre os valores observados e os estimados pela equação (3), lembrando-se que

$$\hat{D} = \frac{1}{Y} .$$

Um exemplo deste método, com todos os aspectos discutidos, é apresentado na Tabela 1, tomando-se por base a fase de ovo de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (FERRAZ, 1982).

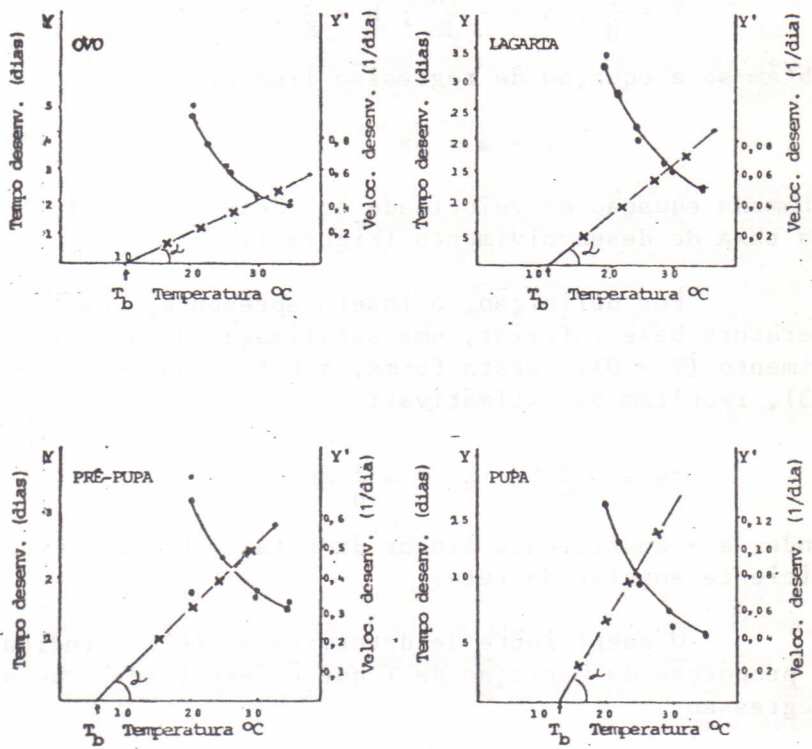


Fig. 1. Relação entre temperatura com o tempo (●) e velocidade de desenvolvimento (-x-) de cada fase do ciclo biológico de *S. frugiperda* (FERRAZ, 1982).

Tabela 1. Períodos de incubação de *S. frugiperda*, em quatro temperaturas diferentes (FERRAZ, 1982).

Temperatura (°C)	D (dias)	$\hat{D}$ (Dias)
20	5,11	4,69
25	3,11	3,12
30	2,09	2,34
35	2,00	1,87

D = valor observado;

$\hat{D}$  = valor estimado.

$\hat{Y} = -0,214486 + 0,021397 X$ ;

$R^2 = 0,9331$

$T_b = 10,02^{\circ}\text{C}$

$K = 46,74 \text{ GD}$

$\chi^2 = 0,0734$  (n.s.), indicando que os valores observados de desenvolvimento não diferem estatisticamente dos estimados pela regressão.

A utilização deste método só é satisfatória quando se tem dados experimentais obtidos, em no mínimo, quatro temperaturas diferentes e constantes.

É importante salientar que a precisão das estimativas de  $T_b$  e de  $K$  depende do número de casas decimais com que se trabalha. A proporção 1:6, entre casas decimais do valor do desenvolvimento observado e das estimativas, é satisfatório.



## 2.2. Método do Coeficiente de Variação (C.V.)

Este método foi proposto por ARNOLD (1959) e consiste em se determinar a constante térmica (K), em cada temperatura, em função de valores arbitrários de limiar de desenvolvimento.

A temperatura base será aquela em que se obtiver o menor C.V. para os valores de K, nas temperaturas estudadas em laboratório.

Assim, PARRA (1981) estudou a biologia de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mêneville, 1842) em quatro temperaturas (20, 27, 30 e 35°C).

O menor C.V. encontrado para os valores de K ( $K_{20}$ ,  $K_{27}$ ,  $K_{30}$  e  $K_{35}$ ) com temperaturas bases arbitrárias, variáveis de -5 a +20°C, a intervalos de 0,1, correspondeu ao limiar de desenvolvimento de cada fase do ciclo de *P. coffeella* (Tabela 2).

Tabela 2. Temperaturas bases e constantes térmicas das fases de ovo, lagarta e crisálida de *P. coffeella* (PARRA, 1981)

Fase de Desenvolvimento	Temp. Base (Tb) (°C)	Constante Térmica (K) (GD)
Ovo	11,5	79,48
Lagarta	12,2	156,53
Crisálida	15,1	67,81

### 2.3. Método Gráfico

Este método tem a vantagem de exigir o estudo da biologia em apenas duas temperaturas e a vantagem matemática das retas estimadas não serem as ideais, pois só têm um ponto obtido experimentalmente.

THOMAS (1976), baseando-se nos dados de SANDERS (1975), estimou a temperatura base para pupas ( $\delta$  e  $\varphi$ ) de *Choristoneura fumiferana* (Lep., Tortricidae), através deste método.

O limiar de desenvolvimento é determinado graficamente e corresponde ao ponto de cruzamento de duas retas. Para se traçar a 1ª reta ( $A_1$  - Figura 2) foram selecionadas, arbitrariamente, duas temperaturas bases, sendo, no caso, escolhidas 1,1°C e 11,1°C. Como o valor obtido experimentalmente, para a duração da fase pupal (macho), foi de 9,3 dias a 21,1°C, os valores de K em graus-dias foram, respectivamente, 186 e 93 graus-dias. Para se traçar a 2ª reta ( $A_2$  - Figura 2) foram também selecionadas, arbitrariamente, duas outras temperaturas, quais sejam 2,8°C e 10°C, obtendo-se os valores respectivamente de 211 e 71 graus-dias, desde que a duração de 19,4 dias foi obtida a 13,7°C. O ponto de cruzamento das duas retas corresponde à temperatura base (Figura 2). Procedimento análogo é adotado para pupas fêmeas ( $B_1$  e  $B_2$  - Figura 2).

Dentre os três métodos citados, os dois primeiros são os mais utilizados, sendo que a comparação entre eles pode ser feita através das probabilidades obtidas da distribuição normal padronizada.

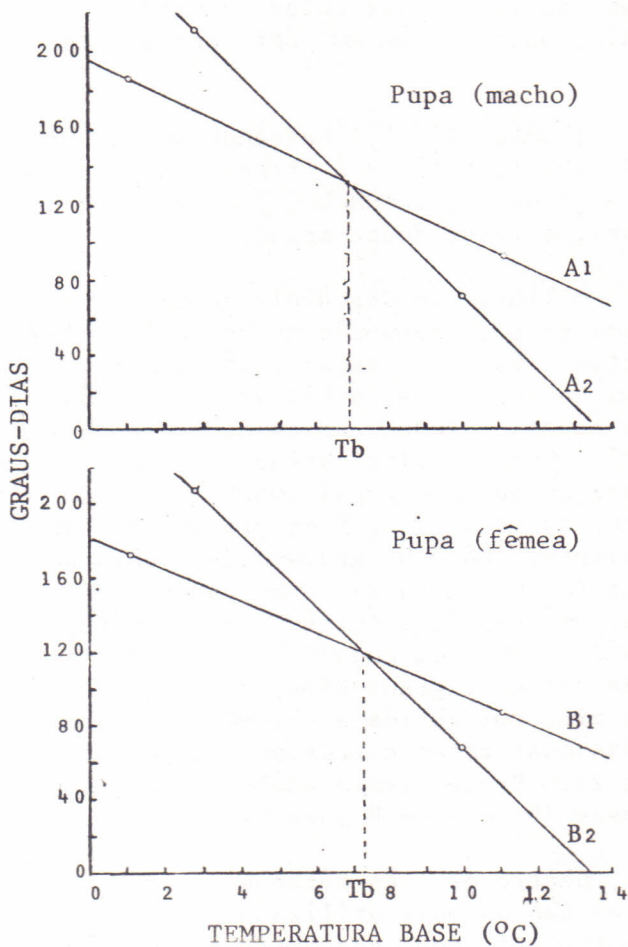


Fig. 2. Comparação de graus-dias para o período pupal de machos (linhas  $A_1$  e  $A_2$ ) e fêmeas (linhas  $B_1$  e  $B_2$ ) de *C. fumiferana*, a  $21,1^\circ\text{C}$  e  $13,7^\circ\text{C}$  (THOMAS, 1976).

Constatou-se, através da análise probabilística, que, para um mínimo de quatro temperaturas diferentes, os métodos da hipérbole e do C.V. são equivalentes.

### 3. DETERMINAÇÃO DO LIMITE SUPERIOR DE TEMPERATURA (T)

O limite superior (T) representa o ponto da hipérbole em que o desenvolvimento do inseto (D) é igual à diferença entre a temperatura efetiva do ambiente e a temperatura base (SAVESCU, 1965), ou seja:

$$D = (T - T_b) \quad (1)$$

Substituindo-se (1) na equação de Reaumur, dada em 2.1, obtém-se:

$$T = T_b + \sqrt{K} \quad (2)$$

Para se obter o desenvolvimento do inseto correspondente a T, utiliza-se o mesmo processo acima, de onde resulta:

$$D = \sqrt{K} \quad (3)$$

Essas fórmulas não são aplicáveis a todos os insetos, não se ajustando a 4 espécies de *Trichogramma*, nas pesquisas realizadas por RUSSO & VOEGELÉ (1982).

### 4. DETERMINAÇÃO DA FAIXA ÓTIMA DE DESENVOLVIMENTO (0 - 01)

Também chamada de zona de preferência térmica e corresponde à região onde K é verdadeiramente constante (SAVESCU, 1965); seu limite inferior (0) representa o ponto da hipérbole, onde:

$$\frac{D}{T - T_b} = \sqrt{K} \quad (1)$$

Da equação de Reaumur, dada em 2.1., tem-se:

$$D = \frac{K}{T - T_b} \quad (2)$$

Substituindo-se (2) em (1), obtêm-se:

$$T - T_b = \frac{K}{(T - T_b) \sqrt{K}} \quad (3)$$

Multiplicando-se a equação (3) por  $(T - T_b)$ , obtêm-se:

$$(T - T_b)^2 = \frac{K}{\sqrt{K}}$$

e, portanto,

$$T = T_b + \sqrt[4]{K}$$

Também de (1) obtêm-se:  $(T - T_b) = \frac{D}{\sqrt{K}}$ , que substituindo em (2), resulta:

$$D = \frac{K^{3/2}}{D} \quad (4)$$

Multiplicando-se (4) por  $(D)$ , obtêm-se:

$$D = \sqrt[4]{K^3}$$

Assim, o limite inferior da zona ótima será:

$$0 \left\{ \begin{array}{l} T = T_b + \sqrt[4]{K} \quad (^\circ\text{C}) \\ D = \sqrt[4]{K^3} \quad (\text{dias}) \end{array} \right.$$

O limite superior da zona ótima ( $0_1$ ) corresponde ao ponto da hipérbole em que o desenvolvimento é igual à temperatura (SAVESCU, 1965), ou seja:

$$T = D \quad (5)$$

Substituindo-se (5) em (2), obtêm-se:

$$0_1 \left\{ \begin{array}{l} T = \frac{T_b + \sqrt{T_b^2 + 4K}}{2} \quad (^\circ\text{C}) \\ D = \frac{T_b + \sqrt{T_b^2 + 4K}}{2} \quad (\text{dias}) \end{array} \right.$$

## 5. BIBLIOGRAFIA

- ARNOLD, C.Y., 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science, St. Joseph*, 74: 430-445.
- BEAN, J.L., 1961. Predicting emergence of second-instar spruce budworm larvae from hibernation under field conditions in Minnesota. *Ann. ent. Soc. Am.* 54: 175-177.
- FERRAZ, M.C.V.D., 1982. Determinação das exigências térmicas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em cultura de milho. ESALQ, Piracicaba, 81 p. (Dissertação de Mestrado).

- MORRIS, R.F. & FULTON, W.C., 1970. Models for the development and survival of *Hyphantria cunea* in relation to temperature and humidity. *Mem. ent. Soc. Can.* 70:1-60.
- PARRA, J.P.R., 1981. Biologia comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera-Lyonetiidae), visando ao seu zoneamento ecológico no Estado de São Paulo. ESALQ, Piracicaba, 96 p. (Tese de Livre-Docência).
- RUSSO, J. & VOEGELÉ, J., 1982. Influence de la température sur quatre espèces de *trichogrammes* (Hym. Trichogrammatidae) parasites de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hubn. (Lep.Pyralidae). I. Développement préimaginal. *Agronomie*, 2(6):509-516.
- SANDERS, C.J., 1975. Factors affecting adult emergence and mating behavior of the eastern spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Ent.* 107:967-977.
- SAVESCU, A., 1965. Constantele dezvoltării insectelor polivoltine și importanța lor pentru teoria și practica protecției plantelor. *Analele. Institutul Central de Cercetări Agricole. Secției de Protecția Plantelor*, București, 3:289-304.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N.A., 1976. *Manual de Ecologia dos Insetos*. São Paulo, Ed. Ceres, 419 p.
- THOMAS, A.W., 1976. Threshold temperature for spruce budworm pupal development (Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Ent.* 108:1223-1224.



A Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, instituída em 1976, tem por objetivos: colaborar em programas de desenvolvimento econômico-social, realizar pesquisas que atendam às necessidades dos setores público e privado, cooperar com instituições de ensino e pesquisa na sua área de atuação e promover a divulgação de conhecimentos agronômicos por diversos meios.

A FEALQ desenvolve suas atividades em estreita colaboração com outras instituições de pesquisa e universidades do País e do exterior. Essa colaboração tem sido especialmente intensa em relação à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", à qual está ligada por convênio e por ter sido a ESALQ o berço para a criação e a consolidação da Fundação.