

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 L. H. 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. Haddad¹

J.R.P. Parra²

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.

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

² 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 χ^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).

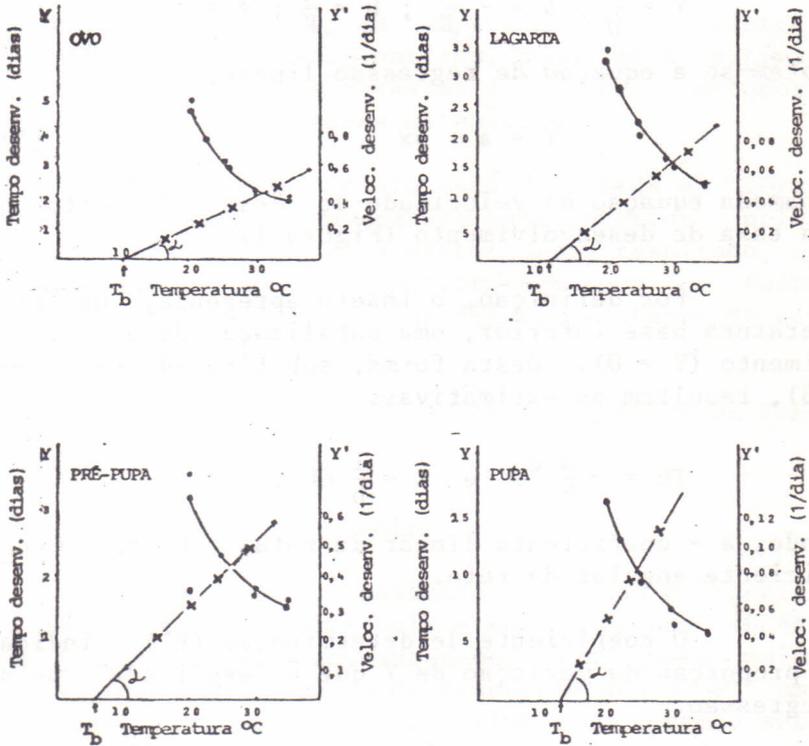


Fig. 1. Relação entre temperatura com o tempo (●) e velocidade de desenvolvimento (-x-) de cada fase do ciclo biológico de *S. frugiperda* (FERRAZ, 1982).

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 (δ e φ) 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.

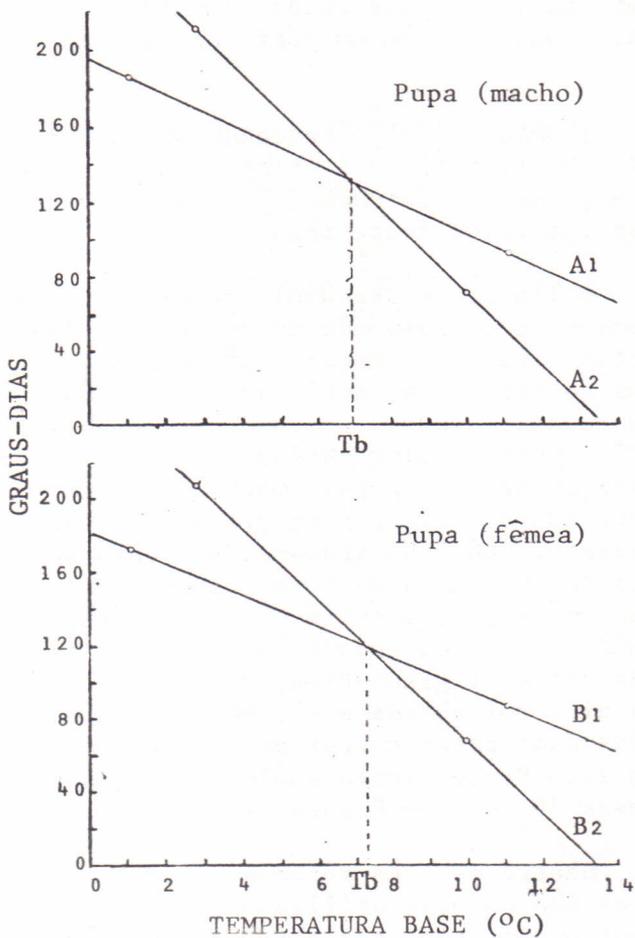


Fig. 2. Comparação de graus-dias para o período pupal de machos (linhas A_1 e A_2) e fêmeas (linhas B_1 e B_2) de *C. fumiferana*, a $21,1^\circ\text{C}$ e $13,7^\circ\text{C}$ (THOMAS, 1976).

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-Mêneville, 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.