

ISSN 0104-1347

Temperatura-base e soma térmica para cultivares de ervilha (*Pisum sativum* L.)¹

Base temperature and accumulated growing degree days for pea varieties (*Pisum sativum* L.)

Marcelo Trevizan Barbano², Elaine Bahia Wutke³, Orivaldo Brunini^{3,4}, Edmilson José Ambrosano³, Jairo Lopes de Castro³, Paulo Boller Gallo³, José Carlos Villa Nova Alves Pereira³ e Antônio Lúcio Mello Martins^{3,4}

Resumo – Determinaram-se a temperatura-base e a soma térmica para os subperíodos emergência-floração e floração-colheita de três cultivares de ervilha de ciclos: normal (Mikado e Triofin) e curto (Majestic). O estudo foi desenvolvido com base em dados fenológicos de experimentos de campo nas safras outono-inverno de 1988, 1889, 1990, 1991, 1992 e 1993, em Centros experimentais do Instituto Agrônomo (IAC), nas localidades de Capão Bonito, Ribeirão Preto, Mococa, Campinas e Pindorama. Os valores diários de temperatura do ar foram obtidos em Postos Meteorológicos da Rede do IAC, instalados em áreas representativas das localidades. A temperatura-base foi determinada pelos métodos do desvio padrão e o da taxa de desenvolvimento. Nos resultados evidenciam-se variação na temperatura-base desta cultura de 4,7 °C a 9,0 °C, em função do método utilizado e do subperíodo em estudo, e o total de graus-dia oscilando em média de 329 a 713 unidades térmicas, nos diferentes subperíodos analisados. Os resultados indicaram uma linearidade entre desenvolvimento vegetal e temperatura ambiente, bem como a possibilidade do uso de ambos os métodos para o cálculo de temperatura-base e soma de graus-dia, independentemente do cultivar, viabilizando assim, a estimativa de duração do ciclo.

Palavras-chave: temperatura-base, graus-dia, temperatura do ar, ervilha.

Abstract – The base temperature and the accumulated growing degree days were estimated for the sub-periods emergency to flowering and flowering to harvest for three pea cultivars (Mikado, Triofin and Majestic). Phenological data were obtained from field experiments carried out during the autumn-winter growing season from 1988 to 1993 at the Experimental Centers belonging to the Instituto Agrônomo (IAC)-SP-Brazil in the following localities Capão Bonito, Ribeirão Preto, Mococa, Campinas and Pindorama, during autumn-winter seasons from 1988 to 1993. Daily values of air temperature were obtained from meteorological stations located close the field experiments. The base temperature was determined by the standard deviation and crop development methods. Base temperature values varied from 4.7 °C to 9.0 °C according to the methodology used and phenological stage. Total growing degree days also ranged from 329 to 713. The results showed, a linear relationship between crop development and air temperature and have indicated the possibility of using both methods for the calculation of the base temperature and crop growing degree days and to estimate the length of plant cycle.

Key words: base temperature, degree days, air-temperature, pea.

Introdução

A duração do ciclo das plantas e sua produtividade podem ser afetadas por vários elementos

meteorológicos, sendo a temperatura do ar e a precipitação considerados os de maior influência (RAWSON & HINDMARSH, 1982).

¹Trabalho apresentado no XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2001.

²Eng. Agrônomo – Pós-graduando do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) - Bolsista da CAPES.

³Eng. Agrônomo, Pesquisador Científico - IAC, Caixa Postal 28, 13.001-970, Campinas, SP.

⁴Bolsista do CNPq.

Para a cultura da ervilha, a temperatura do ambiente é um dos parâmetros mais importantes no seu desenvolvimento e rendimento. Para essa espécie são necessárias temperaturas do ar entre 13°C e 18°C, faixa considerada ideal, podendo ser cultivada sob temperaturas oscilando entre 4°C e 24°C (BAREIRO, 1983).

Em situações de temperatura do ar superiores a 25°C, pode haver redução da taxa de germinação das sementes de ervilha e do crescimento inicial das plântulas dessa leguminosa (REIS, 1989). Sob temperaturas diurnas superiores a 30°C, por vários dias consecutivos, na fase reprodutiva, pode haver abortamento de flores (LAMBERT & LINCK, 1958). Além disso, a qualidade dos grãos pode ser reduzida em situações de temperaturas elevadas, uma vez que essa condição meteorológica normalmente contribui para a transformação de parte do teor de açúcares em amido (REIS, 1989; REIS *et al.*, 1989).

A cultura da ervilha tem seu desenvolvimento favorecido quando cultivada sob temperaturas amenas, admitindo-se temperatura basal de 4,4°C, valor proposto por BOSWELL (1926) e adotado por KATZ (1952), REIS (1989) e REIS *et al.*, (1989). Entretanto, podem haver prejuízos diante da ocorrência de temperaturas excessivamente baixas (BULISANI *et al.*, 1991). A fase reprodutiva pode ser a mais afetada sob temperaturas inferiores a 0°C (BULISANI *et al.*, 1991). Durante a floração e formação de vagens, observa-se intolerância a geadas (FAORO *et al.*, 1991).

As plantas necessitam ainda de quantidade adequada de soma térmica para a finalização de cada subperíodo do seu ciclo de desenvolvimento (BARBANO *et al.*, 2000), sendo que, em alguns trabalhos, está descrito a resposta das plantas em função da temperatura do ar (ALLISON, 1963; BRUNINI, 1998).

A resposta das plantas à temperatura do ar pode ser quantificada por meio do conceito de graus-dias, indicativo da quantidade de energia acumulada acima da temperatura-base e favorável ao desenvolvimento vegetal em um subperíodo específico. A temperatura basal é definida como um valor crítico da temperatura do ar no qual o crescimento e o desenvolvimento da planta são paralisados ou se verificam em taxas extremamente reduzidas (BRUNINI *et al.*, 1976; CHANG, 1968).

Podem ser encontrados na literatura científica valores de temperatura-base e soma de graus-dia para algumas plantas graníferas (BARBANO *et al.*, 2000; BRUNINI, *et al.*, 1995; WUTKE *et al.*, 2000), porém, são muito restritos os estudos dessa natureza, realizados especificamente para a cultura da ervilha, nas condições brasileiras.

O objetivo deste trabalho foi o de determinar a temperatura-base e a soma térmica necessários para a finalização dos diferentes subperíodos fenológicos na cultura da ervilha de grãos secos, dando suporte à adequação das datas mais prováveis de sua semeadura e do planejamento das atividades agrícolas.

Material e métodos

Foram utilizados dados fenológicos da cultura de ervilha de grãos secos, cultivares Mikado e Triofin, de ciclo normal (100 a 120 dias) e Majestic (XPC-88) de ciclo curto (60 a 80 dias), obtidos em experimentação regional desenvolvida em Estações Experimentais do Instituto Agrônomo (IAC), localizadas nos municípios de Capão Bonito, Ribeirão Preto, Mococa, Campinas e Pindorama, em São Paulo. Na Tabela 1 têm-se as coordenadas geográficas e safras agrícolas avaliadas nos locais onde foram instalados os experimentos.

Tabela 1. Coordenadas geográficas e safras agrícolas avaliadas dos experimentos regionais de ervilha no Estado de São Paulo.

Local	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Safras Avaliadas
Capão Bonito	24°00'	48°22'	702	Outono-inverno (1988, 1989, 1990, 1991, 1992 e 1993)
Ribeirão Preto	21°11'	47°48'	621	Outono-inverno (1988, 1989, 1990, 1991, 1992 e 1993)
Mococa	21°28'	47°01'	665	Outono-inverno (1988, 1990, 1991, 1992 e 1993)
Campinas	22°54'	47°05'	669	outono-inverno (1989, 1990 e 1991)
Pindorama	21°13'	48°56'	562	outono-inverno (1992)

Os dados fenológicos coletados foram as datas de emergência, floração (50% das plantas com abertura floral) e data de colheita dos três cultivares de ervilha utilizados no estudo. Os valores diários de temperatura do ar, relativos aos períodos analisados, foram obtidos em Postos Meteorológicos da Rede do Instituto Agrônomo, instalados em áreas representativas do clima de cada localidade.

O efeito da deficiência hídrica do solo no ciclo foi considerado nulo, uma vez que os experimentos foram desenvolvidos sob o sistema de irrigação complementar.

A temperatura-base foi calculada nos subperíodos emergência-floração e floração-colheita, utilizando-se os métodos do desvio-padrão e o da razão de desenvolvimento.

Pelo método do desvio-padrão calculou-se usando a seguinte expressão (ARNOLD, 1959):

$$Sd = Sdd / (T_m - T_b)$$

na qual Sd corresponde ao desvio padrão em dias para a série de experimentos; Sdd ao desvio-padrão em graus-dia para toda a série de cultivo; T_m à temperatura média para toda a série de cultivo e T_b à temperatura-base. Considerou-se como temperatura-base da cultura a temperatura-base pré-determinada correspondente ao menor valor do desvio-padrão em dias.

O método da razão de desenvolvimento relaciona a temperatura média do ar do período analisado com o desenvolvimento relativo da cultura, utilizando-se a expressão de ARNOLD (1959), também adotada por BARBANO *et al.* (2000), BRUNINI *et al.* (1976) e WUTKE *et al.* (2000) em seus trabalhos:

$$R_D = 100/N$$

sendo R_D o desenvolvimento relativo à temperatura média do ar e N o número de dias relacionado à duração de cada subperíodo a ser estudado.

Por meio da regressão linear simples obteve-se a relação entre o desenvolvimento relativo da cultura e a temperatura do ar. O prolongamento da reta até o eixo das abscissas com razão de desenvolvimento nulo, é indicativo do valor da temperatura-base.

Em ambos os métodos, a caracterização das exigências térmicas para a cultura da ervilha foi estabelecida em função da soma térmica acumulada em cada subperíodo de desenvolvimento da planta,

baseando-se na expressão proposta por ARNOLD (1959):

$$G.D. = N.(T_m - T_b)$$

onde G.D. corresponde à soma térmica necessária para a finalização de cada subperíodo estudado; N o número de dias do subperíodo; T_m à temperatura média e T_b à temperatura-base do subperíodo analisado.

Resultados e Discussão

As variações de temperatura-base obtidas pelo método do desvio-padrão para os cultivares Mikado, Trioфин e Majestic, foram de 5,0°C a 6,0°C no subperíodo emergência-floração (Figuras 1a a 1c) e de 6,0°C a 9,0°C do florescimento à colheita (Figuras 2a a 2c).

Os valores de temperatura-base, calculados pelo método da razão de desenvolvimento, para os três cultivares estudados variaram de 4,7°C a 6,0°C no subperíodo emergência-floração (Figuras 3a a 3c) e de 5,6°C a 8,7°C da floração à colheita (Figuras 4a a 4c).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de temperatura-base determinados pelos métodos do desvio-padrão e razão de desenvolvimento para os três cultivares de ervilha, nos distintos subperíodos.

Para as cultivares Mikado e Trioфин de ciclo normal, os valores de temperatura-base variaram de 4,7°C a 5,0°C no subperíodo emergência-floração (Tabela 2), e de 5,6°C a 8,7°C nos dois métodos, no subperíodo floração-colheita (Tabela 2).

Para o cultivar Majestic, de ciclo curto, a temperatura-base calculada, tanto pelo método do desvio-padrão como pelo da razão de desenvolvimento, foi de 6,0°C no subperíodo emergência-floração (Tabela 2). Os valores de 8,7°C e 9,0°C obtidos pelos dois métodos, no subperíodo floração-colheita (Tabela 2), por sua vez podem ser indicativo de uma maior adaptabilidade desse cultivar em condições de temperatura do ar mais elevadas durante a fase de floração. Na Tabela 3 tem-se a soma térmica acumulada em cada subperíodo do desenvolvimento para as cultivares Mikado e Trioфин, ambas de ciclo normal. Para os cálculos da soma térmica da emergência ao florescimento, adotou-se a média das temperaturas-base obtidas pelos métodos do desvio-padrão

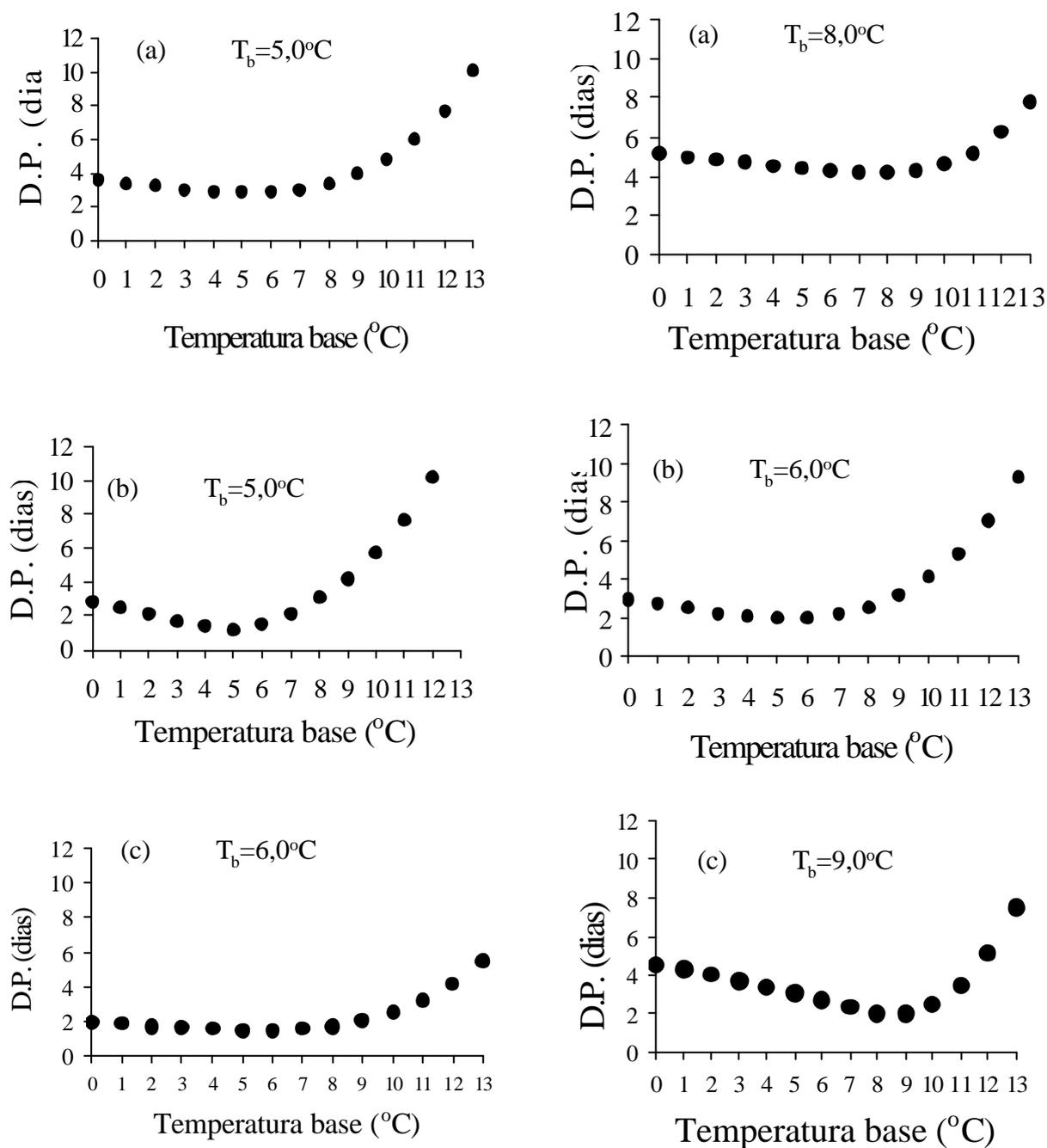


Figura 1. Temperatura base ($^\circ\text{C}$) do subperíodo emergência-floração de cultivares de ervilha, pelo método do desvio-padrão (D.P.) (a= cultivar Mikado; b= cultivar Trioфин; c= cultivar Majestic).

Figura 2. Temperatura base ($^\circ\text{C}$) do subperíodo floração-colheita de cultivares de ervilha, pelo método do desvio padrão (D.P.) (a= cultivar Mikado; b= cultivar Trioфин; c= cultivar Majestic).

e o da razão de desenvolvimento, correspondendo a $4,9^\circ\text{C}$, cujo valor aproxima-se de $4,4^\circ\text{C}$, índice utilizado por KATZ (1952) e mencionado por REIS (1989)

e REIS *et al.* (1989), para o subperíodo emergência-floração. No subperíodo floração-colheita, utilizou-se a temperatura-base média de $6,8^\circ\text{C}$, representativa dos

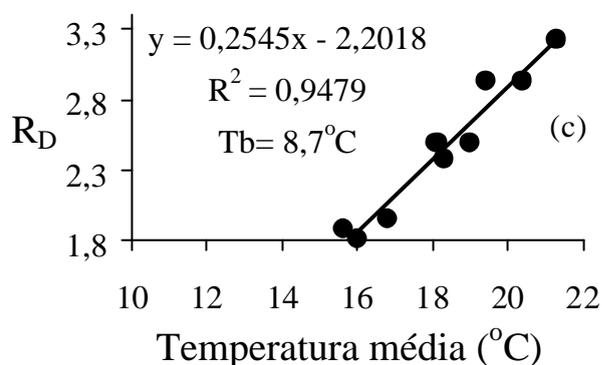
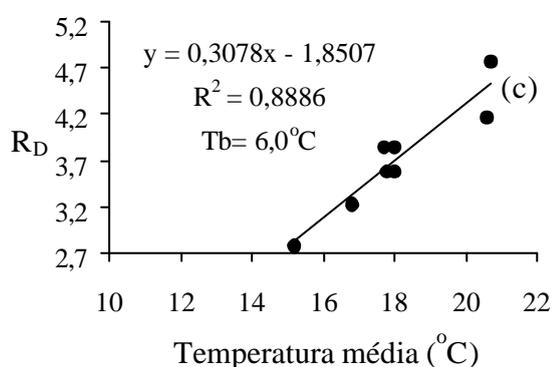
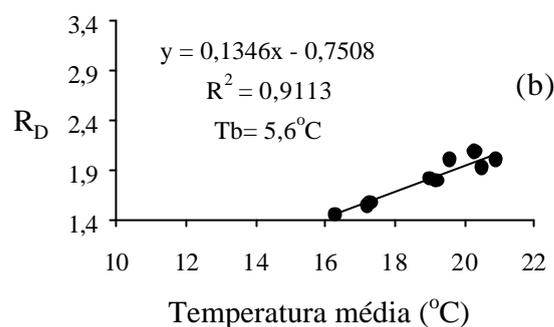
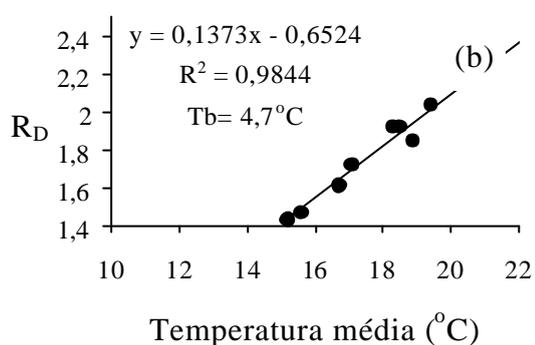
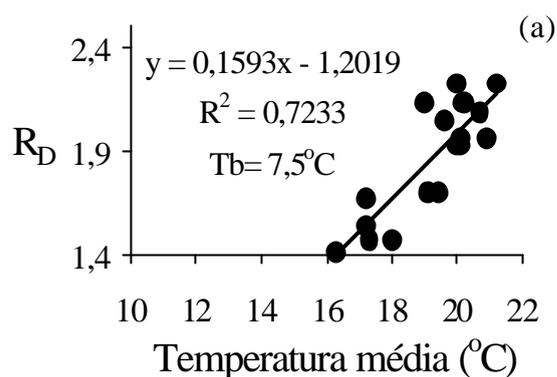
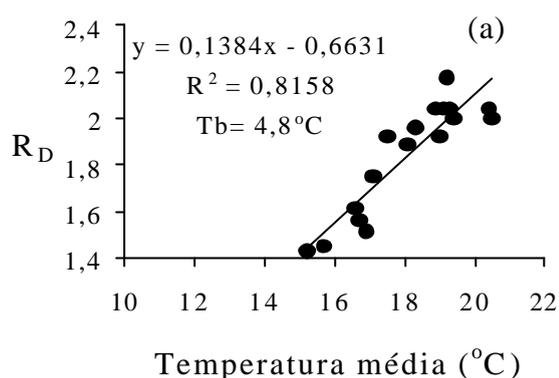


Figura 3. Temperatura base ($^\circ\text{C}$) do subperíodo emergência-floração de cultivares de ervilha, pelo método da razão de desenvolvimento (R_D) (a= cultivar Mikado; b= cultivar Triofin; c= cultivar Majestic).

Figura 4. Temperatura base ($^\circ\text{C}$) do subperíodo floração-colheita de cultivares de ervilha, pelo método da razão de desenvolvimento (R_D) (a= cultivar Mikado; b= cultivar Triofin; c= cultivar Majestic).

valores calculados em ambos os métodos para as duas cultivares, por não haver diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos.

Para as cultivares Mikado e Triofin, no subperíodo emergência-floração, a soma de graus-dia

foi em média de 713,7 graus-dia (Tabela 3), sendo que no subperíodo compreendido entre a floração e colheita, foram necessários, em média, 645,6 graus-dia (Tabela 3) acima da temperatura-base para as cultivares de ciclo normal. O total de graus-dia, da emergência à colheita, foi, em média, de 1359 graus-

Tabela 2. Valores estimados de temperatura base (T_b) para as três cultivares de ervilha, em diferentes subperíodos, pelos métodos do desvio padrão e razão de desenvolvimento.

Cultivar de Ervilha	Emergência-floração		Floração-colheita	
	MRD*		MDP	MRD
Mikado	5,0	4,8	8,0	7,5
Triofin	5,0	4,7	6,0	5,6
Majestic	6,0	6,0	9,0	8,7

(*) MDP: método do desvio padrão; MRP: método da razão de desenvolvimento.

dia (Tabela 3), enquanto que REIS *et al.* (1989) analisando as cultivares Mikado e Triofin no subperíodo emergência-colheita obteve 1670 e 1600

(1989), para essa mesma cultivar e subperíodo. A soma de graus-dia, da floração à colheita, foi em torno de 378 unidades térmicas, discordando de

graus-dia, respectivamente.

Na Tabela 4 são apresentadas as somas térmicas para os diferentes subperíodos de desenvolvimento da cultivar Majestic.

Para a cultivar Majestic, o total de graus-dia acumulado no subperíodo emergência-floração, foi em média, de 329 graus-dia (Tabela 4), concordando com o índice mencionado por REIS *et al.*

Tabela 3. Soma térmica nos diferentes subperíodos de desenvolvimento para as cultivares Mikado e Triofin (ciclo normal) no Estado de São Paulo. (E-F: subperíodo emergência-floração; F-C: subperíodo floração-colheita; E-C: subperíodo emergência-colheita).

Cultivar	Local	Safrá outono-inverno	Soma térmica*		
			E-F	F-C	E-C
Mikado	Capão Bonito	1988	749	517	1266
	Capão Bonito	1989	714	598	1312
	Capão Bonito	1990	738	589	1327
	Capão Bonito	1991	785	680	1465
	Capão Bonito	1992	650	552	1202
	Capão Bonito	1993	719	632	1351
	Mococa	1998	694	540	1234
	Mococa	1990	681	568	1249
	Mococa	1991	775	617	1392
	Mococa	1992	755	624	1379
	Mococa	1993	728	609	1337
	Ribeirão Preto	1989	690	654	1344
	Ribeirão Preto	1990	678	629	1307
	Ribeirão Preto	1991	691	657	1348
	Ribeirão Preto	1992	653	594	1247
Ribeirão Preto	1993	720	573	1293	
Campinas	1991	701	672	1373	
Triofin	Capão Bonito	1988	725	715	1440
	Capão Bonito	1989	721	728	1449
	Capão Bonito	1990	714	710	1424
	Mococa	1992	702	739	1441
	Ribeirão Preto	1989	702	723	1425
	Ribeirão Preto	1990	692	680	1372
	Ribeirão Preto	1992	722	754	1476
	Ribeirão Preto	1993	706	745	1451
	Campinas	1991	751	686	1437
	Média			713,7	645,6
Desvio Padrão			32,7	68,1	79,0
C.V. (%)			4,6	10,5	5,8

(*): com $T_b=4,9^\circ\text{C}$ para o subperíodo emergência-floração e $T_b=6,8^\circ\text{C}$ do floração à colheita.

REIS *et al.* (1989), que obtiveram um valor de 559 unidades térmicas, utilizando-se 4,4°C como sendo a temperatura-base nos diferentes subperíodos do ciclo dessa cultivar. Dessa forma, os valores diferem possivelmente devido à utilização de diferentes temperaturas-base para o cálculo de graus-dia no subperíodo floração-colheita.

Conclusões

- Observou-se linearidade entre desenvolvimento vegetal e temperatura ambiente nas condições do estudo.
- Evidenciou-se a possibilidade do uso dos métodos do desvio padrão e da razão de desenvolvimento para os cálculos de temperatura base e da soma de graus-dia para a cultura da ervilha, independentemente da cultivar, viabilizando a estimativa de duração do ciclo.
- Considerando-se os métodos do desvio padrão e razão de desenvolvimento, a temperatura-base da ervilha oscila de acordo as cultivares, variando em torno de 4,7°C a 6,0°C e de 5,6°C a 9,0°C nos subperíodos emergência-florescimento e floração-colheita, respectivamente.

Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos aos

funcionários de apoio do IAC, relacionados a seguir e que auxiliaram na coleta de dados: Nair Antônia dos Santos, Jorgina Laurentino Vaz, Jacó Antônio Barnabé, José Angelino de Paula, Celso Aparecido Abaque, Osvaldo Gentilin Júnior e Carlos Alberto Redigolo Raymundo.

Referências Bibliográficas

- ALLISON, J.C.S. Use of the day-degree summation technique for specifying flowering times of maize varieties at different localities in Southern Africa. **Rhodesian Journal of Agriculture Research**, v. 1, p. 22-28, 1963.
- ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 74, p. 430-445, 1959.
- BARBANO, M.T. et al. Acúmulo térmico e duração do subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., Uberlândia, MG. 2000. **Resumos...**, Uberlândia: ABMS/UFU-EMBRAPA Milho e Sorgo, 2000, 6 p.
- BAREIRO, J.F. Fatores climáticos na produção da cultura de ervilha (*Pisum sativum* L.). In: SEMINÁRIOS DE OLERICULTURA, 7., Viçosa, MG. **Anais...**, Viçosa, 1983, p. 115-128.
- BOSWELL, V.R. The influence of temperature upon the growth and yield of garden peas. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Geneva, v. 26, p. 162-168, 1926.

Tabela 4. Soma térmica nos diferentes subperíodos de desenvolvimento para a cultivar Majestic de ciclo curto, no Estado de São Paulo (E-F: subperíodo emergência-floração; F-C: subperíodo floração-colheita; E-C: subperíodo emergência-colheita).

Cultivar	Local	Safrá outono-inverno	Soma térmica*		
			E-F	F-C	E-C
Majestic	Capão Bonito	1989	331	385	716
	Capão Bonito	1990	334	349	683
	Mococa	1990	304	390	694
	Mococa	1992	308	364	672
	Ribeirão Preto	1989	330	397	727
	Ribeirão Preto	1990	312	400	712
	Ribeirão Preto	1992	350	353	703
	Campinas	1991	336	387	723
	Pindorama	1992	358	381	739
Média			329,2	378,4	707,7
Desvio Padrão			18,4	18,7	21,7
C.V. (%)			5,6	5,0	3,1

(*): com $T_b=4,9^\circ\text{C}$ para o subperíodo emergência-floração e $T_b=6,8^\circ\text{C}$ do floração à colheita

- BRUNINI, O. **Elementos Meteorológicos e comportamento vegetal**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 46 p. (Boletim Técnico).
- BRUNINI, O. et al. Determinação das exigências térmicas e hídricas de cultivares de milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 1995, Assis. **Anais...**, Assis: IAC/CDV, 1995. p. 141-145.
- BRUNINI, O. et al. Temperatura base para alface "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 35, p. 214-219, 1976.
- BULISANI, E. A., WUTKE, E. B., AMBROSANO, E. J. **Cultivo de ervilha**. Piracicaba: CERES/ESALQ/SEMA, 1991. p. 15-21. (I Curso de atualização em Fitotecnia).
- CHANG, J.H. **Climate and agriculture-an ecological survey**. Chicago: Aldine Publishing Company, 1968. 304 p.
- FAORO, et al. **Sistemas de produção para a cultura da ervilha para grãos secos**. Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1991, 23 p. (Sistemas de produção, 17).
- KATZ, Y.H. The relationship between heat unit accumulation and the planting and harvesting of canning peas. **Agronomy Journal**, Madison, v. 44, n. 1, p. 74-78, 1952.
- LAMBERT, R.G., LINCK, J.A. Effects of high temperature on yield of peas. **Plant Physiology**, Rockville, v. 33, n. 5, p. 347-350, 1958.
- RAWSON, H.M., HINDMARSH, J.H. Effects of temperature on leaf expansion in sunflower. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 9, p. 209-219, 1982.
- REIS, N.V.B. O clima e a cultura da ervilha. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 158. p. 8-9, 1989.
- REIS, N.V.B., OLIVEIRA, C.A.S., GIORDANO, L.B. Graus-dia e época de plantio para a produção de grãos secos de ervilha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 12-14, 1989.
- WUTKE, E.B. et al. Estimativa de temperatura base e graus-dia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-61, 2000.

