

SOMA TÉRMICA PARA O SUBPERÍODO SEMEADURA-MATURAÇÃO DE FEIJÃO CV. CARIOCA EM COLORADO DO OESTE, RONDÔNIA¹

Marcelo Notti Miranda², José Holanda Campelo Júnior³

ABSTRACT

ACCUMULATED HEAT UNIT FOR THE BEAN
CV. 'CARIOCA' SOWING-MATURATION SUB-PERIOD IN
COLORADO DO OESTE, RONDÔNIA STATE, BRAZIL

Heat unit (degrees-day) was determined for the bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Carioca' sowing-maturation sub-period. Tests were based on phenological data from field experiments carried out during break crop period with irrigation, in 2006, and regular harvest period with and without irrigation, in 2007. Experiments were conducted at the Instituto Federal de Rondônia (IFRO), in Colorado do Oeste, Rondônia State, Brazil. The degrees-day sum (DD) was determined by using two methods. The first method consisted of three different lower base-temperatures (Bt), 10°C, 12°C, and 15°C, and the second one consisted of three different lower base-temperatures (Bt), 10°C, 12°C, and 15°C, and a higher base-temperature (BT), 35°C. Daily air temperature values were obtained at the IFRO weather station, located near the experiments field. There were no significant differences between methods, averaging from 686 to 1,261.9 degrees-day, with Bt of 15°C for the regular harvest period with irrigation and 10°C for the break crop period, respectively. The results show that the accumulated heat unit conditions for bean cultivation are favorable, especially in the regular harvest period with irrigation.

KEY-WORDS: *Phaseolus vulgaris* L.; bean plant; degrees-day; base-temperature; physicochemical conditions.

RESUMO

Determinou-se a soma térmica, expressa em graus-dia, para o subperíodo semeadura-maturação do feijoeiro comum, cultivar Carioca. O estudo foi desenvolvido com base em dados fenológicos de experimentos de campo, realizados no período de entressafra, com o uso de irrigação, no ano de 2006, e no período de safra normal, com e sem o uso de irrigação, no ano de 2007. Os experimentos foram conduzidos no Instituto Federal de Rondônia (IFRO), no município de Colorado do Oeste, Estado de Rondônia. A soma dos graus-dia (GD) foi determinada utilizando-se dois métodos: o primeiro considerando-se três diferentes temperaturas-base inferiores (Tb), 10°C, 12°C e 15°C, e o segundo tomando-se as temperaturas-base inferiores 10°C, 12°C e 15°C e a temperatura-base superior (TB) de 35°C. Os valores diários da temperatura do ar foram obtidos na estação meteorológica do IFRO, instalada próxima aos locais dos experimentos. Os métodos não apresentaram diferença significativa entre si, fornecendo valores médios que variaram de 686 a 1.261,9 graus-dia, com Tb de 15°C, para o período de safra normal com irrigação, e de 10°C, para o período de entressafra, respectivamente. Pelos resultados obtidos, evidencia-se que as condições de soma térmica, para o cultivo do feijão, são favoráveis, principalmente no período de safra normal com irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L.; feijoeiro comum; graus-dia; temperatura-base; condições físico-químicas.

INTRODUÇÃO

No Estado de Rondônia, onde a estrutura agrária é bastante propícia ao modelo da agricultura familiar, a cultura do feijoeiro merece destaque pelo notório papel social e econômico que desempenha no meio rural. Os baixos rendimentos da cultura no Estado devem-se, sobretudo, ao baixo nível tecnológico empregado pelos agricultores e à ausência de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas da região (Souza et al. 2005).

A temperatura é um dos principais fatores ambientais no controle do desenvolvimento e produção do feijoeiro (Wallace et al. 1991). De acordo com Mariot (1976), temperaturas entre 10°C e 35°C são indicadas para o cultivo do feijoeiro, mas, do ponto de vista ecológico, considera-se a faixa entre 15°C e 27°C como ideal para o seu crescimento e produção (Bulisani et al. 1987). Por outro lado, tem sido indicado que, em temperaturas do ar inferiores a 12°C, seu crescimento é significativamente reduzido (Bulisani et al. 1987, Fancelli & Dourado-Neto

1. Trabalho recebido em jul./2009 e aceito para publicação em jun./2010 (nº registro: PAT 6790/ DOI: 10.5216/pat.v40i2.6790).

2. Universidade Federal do Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Departamento de Agricultura Tropical, Cuiabá, MT, Brasil. E-mail: mirandanotti@yahoo.com.br.

3. Universidade Federal do Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Departamento de Solos, Cuiabá, MT, Brasil. E-mail: jcampelo@terra.com.br.

1999). Sob temperaturas elevadas, próximas a 35°C, praticamente não ocorre vingamento de vagens (Souza et al. 2005).

O conceito de tempo termal, em substituição ao da contagem cronológica, tem sido utilizado desde 1730 (Wang 1960). Segundo este conceito, as plantas desenvolvem-se à medida que acumulam unidades térmicas acima de uma temperatura-base, ao passo que, abaixo desta temperatura, o crescimento cessa. Por meio do acúmulo térmico, também conhecido como graus-dia, têm-se obtido ótimas correlações com a duração do ciclo da cultura, ou com os estádios do desenvolvimento fenológico de uma dada cultivar. Cada grau de temperatura acima da temperatura-base corresponde a um grau-dia. Cada espécie vegetal ou cultivar possui uma temperatura-base, que pode variar em função da fase fenológica da planta, sendo comum, no entanto, a adoção de um valor médio único para todo o ciclo da cultura, por ser mais fácil a sua aplicação (Camargo 1984).

Um dos problemas no cálculo de graus-dia é o estabelecimento dos limites das temperaturas favoráveis, consideradas base para as culturas completarem seus diferentes subperíodos ou ciclo (Infeld et al. 1998). A temperatura-base utilizada é, geralmente, considerada constante por subperíodo de cada cultivar. Ela, normalmente, é determinada por métodos estatísticos, como o do coeficiente de variação, menor desvio-padrão, regressão e interseção das abscissas, com base em observações fenológicas. Além das aproximações contidas nestas formas de cálculo, pode existir diferença entre a temperatura-base fisiológica e a obtida estatisticamente (Arnold 1959), levando a estimativas discrepantes de temperatura-base, de modo que a utilização dos valores determinados deve ser feita com conhecimento do seu exato significado e dos erros que podem conter. No caso do feijão, por exemplo, tem-se considerado um valor geral de temperatura-base de 10°C para o ciclo. Wutke et al. (2000) encontraram valores de temperatura-base de 8°C, em distintos subperíodos (emergência-florescimento e florescimento-colheita), determinados pelo método da menor variabilidade (desvio-padrão), apresentando valores inferiores, por não considerar o ciclo completo (semeadura-maturação).

O método de graus-dia é um parâmetro de extrema relevância no processo de otimização e redução de riscos climáticos, uma vez que o conhecimento das exigências térmicas de uma cultura contribui

para a previsão da duração do ciclo da planta, em função dos fatores ambientais (Barbano et al. 2003). Diversos autores têm se valido da soma de graus-dia para relacionar o desenvolvimento das plantas com a temperatura ambiente (Brunini et al. 1976, Alves et al. 2000, Barbano et al. 2000, Wutke et al. 2000).

Podem ser encontrados, na literatura científica, valores de temperatura-base e soma térmica para algumas plantas graníferas (Brunini et al. 1995, Barbano et al. 2000, Wutke et al. 2000), porém, são muito restritos os estudos desta natureza, realizados especificamente para a cultura do feijão, nas condições brasileiras (Wutke et al. 2000).

Neste contexto, objetivou-se, com este trabalho, quantificar a soma de graus-dia para o feijoeiro, cultivar Carioca, no subperíodo semeadura-maturação, por meio de dois métodos de cálculo e três temperaturas-base inferiores (T_b).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal de Rondônia (IFRO), Campus Colorado do Oeste, no município de Colorado do Oeste (RO), nos anos de 2006 e 2007. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante no Estado de Rondônia é do tipo Aw – Clima Tropical Chuvoso (quente e úmido), com média de temperatura do ar, durante o mês mais frio, superior a 18°C e um período seco bem definido, durante a estação de inverno, quando ocorre, no Estado, um moderado déficit hídrico, com índices pluviométricos inferiores a 50 mm/mês. A média de precipitação pluvial, para os meses de junho, julho e agosto, é inferior a 20 mm/mês. Em razão de estar sob a influência do clima Aw, a média anual de precipitação pluvial varia entre 1.400 mm/ano e 2.600 mm/ano, enquanto a média anual da temperatura do ar varia entre 23°C e 26°C (Rondônia 2007).

Para Colorado do Oeste, a temperatura média anual é de 23°C, máxima de 33°C e mínima de 12°C, com amplitude térmica de 10°C. Uma média anual de precipitação pluviométrica de 2.400 mm e o maior índice de precipitação ocorrem nos meses de janeiro à março (IBGE 2008).

Para este experimento, foi utilizado o feijão comum, cultivar Carioca. Na Tabela 1, encontram-se listados os dados relativos à população de plantas, preparo do solo e tratos culturais realizados, referentes às três áreas experimentais.

Tabela 1. Área plantada, população de plantas, preparo do solo e tratos culturais realizados durante o subperíodo semeadura-maturação do feijoeiro Cv. Carioca. (Colorado do Oeste, RO, 2006 e 2007).

Dados da cultura	T1	T2	T3 ¹
Área de plantio	1,26 hectares	0,2 hectares	3,0 hectares
População (pl./ha)	240 mil	260 mil	240 mil
Preparo do solo	Convencional	Convencional	Convencional
Adubação (fórmula)	200 kg (04-14-08)	500 kg (04-14-08)	sem adubação
Aplicação de herbicida	1 aplicação fase V4	capina manual (quando necessária)	1 aplicação fase V4
Aplicação de inseticida	1 aplicação fase V4 ²	1 aplicação fase V2 ²	2 aplicações fase V2 e V4 ²
Aplicação de fungicida	1 aplicação fase V4	1 aplicação fase V2 ³	1 aplicação fase V2 ⁴

¹ Cultivo não irrigado; ² Controle da 'vaquinha' e 'lagartas desfoliadoras'; ³ Controle preventivo da 'mela'; ⁴ Controle de podridões radiculares. V2: fase onde a planta apresenta 2 folhas completas; V4: fase onde a planta apresenta 4 folhas completas.

Os subperíodos de semeadura-maturação avaliados foram: T1 = 05/07/2006 a 30/09/2006 (período de entressafra, com irrigação); T2 = 02/04/2007 a 21/06/2007 (período de safra normal, com irrigação); e T3 = 17/03/2007 a 25/06/2007 (período de safra normal, sem irrigação).

Os dados diários de temperatura necessários para o cálculo dos graus-dia foram coletados na estação meteorológica do IFRO (13°06'S, 60°29'W e altitude de 407 m), no período em que o feijoeiro permaneceu no campo. Os valores de temperaturas registrados entre os dias 03 de agosto e 21 de setembro de 2006 foram obtidos na estação meteorológica automática (12°46'S, 60°05'W e 612 m de altitude) do Campo Experimental da Embrapa, no município de Vilhena (RO), situada a, aproximadamente, 80 km de distância da área experimental (município que melhor representa a situação climática do local onde o experimento foi realizado), em função de falha na estação meteorológica do IFRO.

Para o cálculo dos graus-dia acumulados (GDA), foram utilizadas temperatura diária mínima (Tm), máxima (TM) e média (Ti), ocorridas desde o dia da semeadura até a colheita (maturação das vagens). Foram avaliados dois métodos de cálculo de graus-dia:

a) Método de Arnold (1959):

$$GDA = \sum_{i=1}^n (Ti - Tb),$$

sendo Tb a temperatura basal mínima de crescimento, n o número de dias do período e GDA o valor obtido somando-se os valores GD do período;

b) Método proposto por Lindsey & Newman (1956) e adaptado por Villa Nova et al. (1972). Para cada dia, calculou-se o valor de GD, pelas seguintes fórmulas:

$$GD = \frac{(TM - Tm)}{2} + (Tm - Tb),$$

quando Tm > Tb e TM < TB, e

$$GD = \frac{(TM - Tb)^2}{2(TM - Tm)},$$

quando Tm < Tb e TM < TB.

Utilizou-se, como temperatura-base inferior (Tb), 10°C (Manfron et al. 1993), citada com frequência, na literatura, para a maioria das culturas; 12°C, indicada por Fancelli & Dourado-Neto (1999); e 15°C, considerada, sob o ponto de vista ecológico, ideal para o crescimento e produção do feijoeiro (Bulisani et al. 1987). Para temperatura-base superior (TB), utilizou-se 35°C (Nadal 1986).

O efeito da deficiência hídrica do solo, no ciclo de 05/07/2006 a 30/09/2006 e 02/04/2007 a 21/06/2007, foi considerado nulo, uma vez que os experimentos foram desenvolvidos sob sistema de irrigação complementar, não sendo feita, portanto, a correção para o efeito da disponibilidade hídrica do solo. No ciclo de 17/03/2007 a 25/06/2007 (sem irrigação), o efeito da deficiência hídrica do solo não foi considerado, tendo a falta de chuvas, na fase de enchimento de grãos, prejudicado a produtividade.

Realizou-se análise de variância, utilizando-se o *software* estatístico Sisvar 5.1 (UFLa 2007) e as médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, quando houve significância no teste F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores diários de temperatura, registrados no período em que o feijoeiro permaneceu no campo

(subperíodo semeadura-maturação), estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

Os registros diários de temperatura máxima, durante os subperíodos de semeadura-maturação, de julho a setembro de 2006 e de março a junho de 2007, foram inferiores a 35°C (temperatura acima da qual o crescimento vegetativo torna-se mais reduzido) e os registros diários das mínimas mantiveram-se, na maioria dos subperíodos superiores, a 10°C (temperatura basal), à exceção dos dias 10 e 25 de maio de 2007. Estes resultados indicam que, para os subperíodos envolvidos neste estudo, as condições de temperatura do ar foram favoráveis ao crescimento vegetativo do feijoeiro.

Os métodos não apresentaram diferença significativa entre si, já que o uso de T_b de 10°C e 12°C (Tabela 2), assim como T_b de 12°C e 15°C (Tabela 3), apresentaram resultados semelhantes. O cultivo do feijão no subperíodo semeadura-maturação, na safra

normal com irrigação (T2), apresentou soma térmica menor para completar seu ciclo de produção, com 81 dias, enquanto, na safra normal sem irrigação (T3), apresentou maior acúmulo de graus-dia e 101 dias de ciclo. O cultivo na entressafra (T1) apresentou soma térmica maior que os cultivos da safra normal e 87 dias de ciclo (Tabela 4).

Segundo informações obtidas em 2.216 introduções de cultivares de feijoeiro estudadas no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia (Pompeu 1993), pode haver muitas variações na duração dos diferentes subperíodos desta leguminosa. Isto, porque, segundo Fernández et al. (1982), o ciclo biológico do feijoeiro varia de acordo com o genótipo, elementos do clima e variações meteorológicas. Por extensão, plantas de um mesmo genótipo, desenvolvidas em condições climáticas distintas, podem não estar em um mesmo subperíodo de desenvolvimento. Segundo Vieira (1978), em

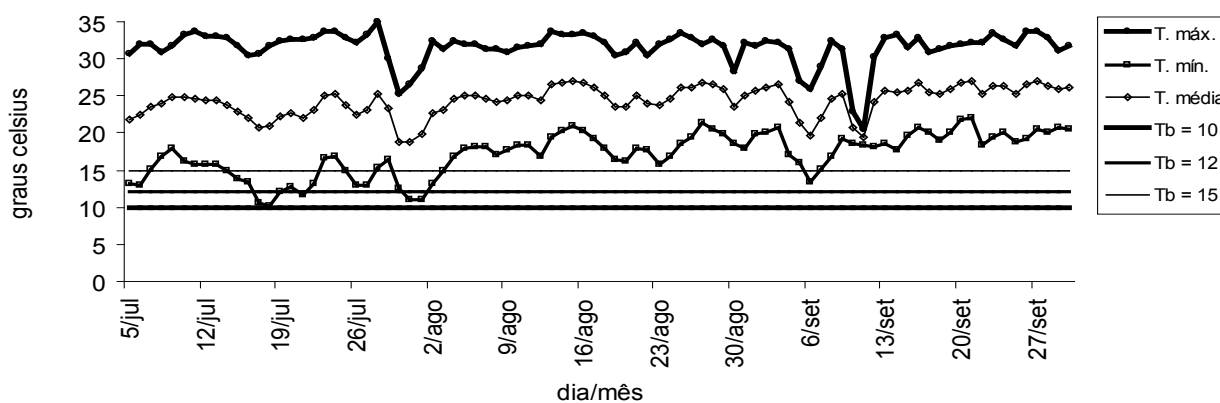


Figura 1. Temperaturas diárias médias, máximas e mínimas, de julho a setembro de 2006 (Colorado do Oeste, RO).

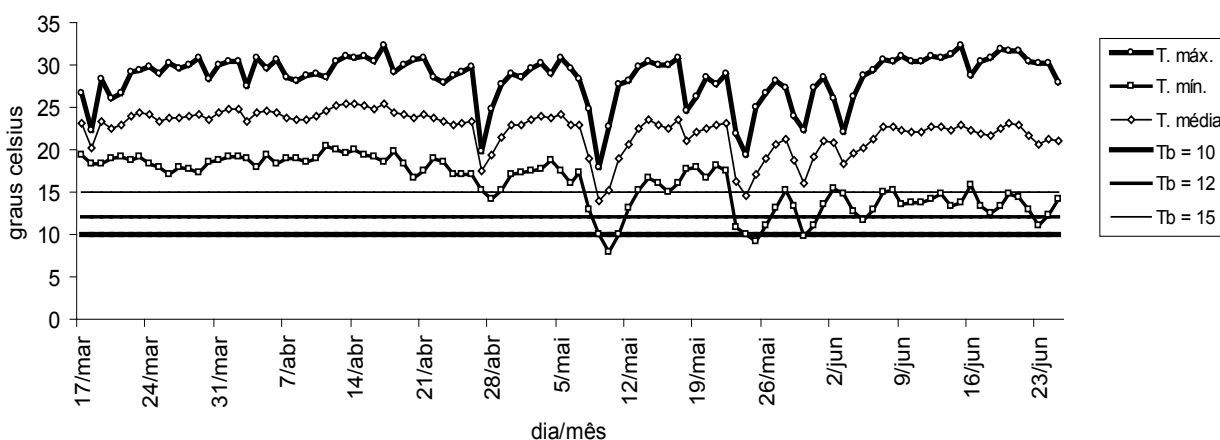


Figura 2. Temperaturas diárias médias, máximas e mínimas, de março a junho de 2007 (Colorado do Oeste, RO).

Tabela 2. Graus-dia acumulados no subperíodo semeadura-maturação e temperatura-base inferior de 10°C e 12°C, para o feijoeiro cultivar Carioca (Colorado do Oeste, RO, 2006 e 2007).

Método	Tb = 10°C			Tb = 12°C		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
A	1262,0 a ¹	976,0 a	1236,5 a	1086,0 a	814,0 a	1034,5 a
B	1261,8 a	979,2 a	1236,4 a	1086,0 a	857,3 a	1043,0 a
Média	1261,9	977,6	1236,5	1018,3	835,7	1038,8

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. T1 = período de entressafra com irrigação; T2 = período de safra normal com irrigação; T3 = período de safra normal sem irrigação.

Tabela 3. Graus-dia acumulados no subperíodo semeadura-maturação e temperatura-base inferior de 12°C e 15°C, para o feijoeiro cultivar Carioca (Colorado do Oeste, RO, 2006 e 2007).

Método	Tb = 12°C			Tb = 15°C		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
A	1086,0 b ¹	814,0 b	1034,5 b	822,0 b	571,0 b	731,5 b
B	1086,0 b	857,3 b	1043,0 b	838,4 b	801,0 b	774,8 b
Média	1018,3	835,7	1038,8	830,2	686,0	753,2

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. T1 = período de entressafra com irrigação; T2 = período de safra normal com irrigação; T3 = período de safra normal sem irrigação.

Tabela 4. Época de cultivo, datas de semeadura e colheita e duração do subperíodo (semeadura-maturação), para o feijoeiro cultivar Carioca (Colorado do Oeste, RO, 2006 e 2007).

Cultivo	Data de semeadura	Data de colheita (maturação vagens)	Duração do subperíodo (dias)
Período de entressafra com irrigação	05/07/2006	30/09/2006	87
Período de safra normal com irrigação	02/04/2007	21/06/2007	81
Período de safra normal sem irrigação	17/03/2007	25/06/2007	101

média, é previsto ciclo total de 90 dias para a cultivar Carioca. Para Pompeu (1993), o ciclo do feijão pode variar de 61 a 110 dias, até a colheita.

Os valores de graus-dia encontrados para o subperíodo semeadura-maturação do feijão, no período de cultivo na safra normal com irrigação (T2), independentemente da Tb utilizada, e nos outros períodos (T1 e T3), com o uso de Tb de 15°C, são menores que os apresentados por Pereira et al. (2002), de 1.000 a 1.200 GD, para o ciclo completo do feijoeiro. Os resultados mostram que as condições de soma térmica, para o cultivo do feijão, são favoráveis, principalmente no período de safra normal com irrigação.

2. A similaridade dos resultados de graus-dia, obtidos para temperaturas-base inferior (Tb) de 10°C, 12°C e 15°C, nos métodos A e B, é indicativo da possibilidade de utilização destes na determinação de soma térmica, para o ciclo produtivo da cultura do feijoeiro.
3. O cultivo do feijoeiro comum, cultivar Carioca, no período de safra normal com irrigação, completou seu ciclo produtivo, no subperíodo semeadura-maturação, com maior rapidez, necessitando de menor soma térmica, provavelmente pela melhor época de cultivo, com clima mais favorável e uso de irrigação.

CONCLUSÕES

1. Os dois métodos de cálculo avaliados apresentaram resultados similares na quantificação da soma de graus-dia para feijoeiro.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. C. et al. Exigências térmicas do arroz irrigado "IAC 4440". *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 171-174, 2000.

- 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, n. 1, p. 430-445, 1959.
- BARBANO, M. T. et al. Temperatura-base e soma térmica para cultivares de milho pipoca (*Zea mays* L.) no subperíodo emergência-florescimento masculino. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 79-84, 2003.
- 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., 2000, Uberlândia. *Resumos...* Uberlândia: ABMS/UFU/Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 1 CD-ROM.
- BRUNINI, O. et al. Determinação das exigências térmicas e hídricas de cultivares de milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, 3., 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, n. 19, p. 214-219, 1976.
- BULISANI, E. A.; ALMEIDA, L. D. A.; ROSTON, A. J. A cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo. In: BULISANI, E. A. *Feijão: fatores de produção e qualidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 29-88.
- CAMARGO, M. B. P. *Exigências bioclimáticas e estimativa da produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo*. 1984. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Estresses de água e temperatura na cultura de feijão. In: _____. *Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. p. 155-169.
- FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. van. *Frijol: investigación y producción*. Cali: CIAT, 1982. p. 61-78.
- INFELD, J. A.; SILVA, J. B.; ASSIS, F. N. Temperatura-base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 187-191, 1998.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Divisão territorial do Brasil e limites territoriais*. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 out. 2008.
- LINDSEY, A. A.; NEWMAN, J. E. Use of official weather data in spring time - temperature analysis of an Indiana phenological record. *Ecology*, Washington, v. 37, n. 4, p. 812-823, 1956.
- MANFRON, P. A.; LAZZAROTO, C.; MEDEIROS, S. L. P. Trigo: aspectos agrometeorológicos. *Revista do Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 237-239, 1993.
- MARIOT, E. J. *Growth analysis of cv. Porrillo Sintetico (Phaseolus vulgaris L.): a report of results from studies conducted while a trainee in bean physiology*. Cali: CIAT, 1976.
- NADAL, R. *Olericultura em Santa Catarina: aspectos térmicos e econômicos*. Florianópolis: EMPASC, 1986.
- POMPEU, A. S. Feijão. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. *O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p. 111-155.
- RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (Sedam). *Boletim climatológico de Rondônia: ano 2006*. Porto Velho: Sedam, 2007.
- SOUZA, F. F.; RAMALHO, A. R.; NUNES, A. M. L. *Cultivo do feijão comum em Rondônia*. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLa). Sisvar (DEX). Versão 5.1. Lavras: UFLa, 2007.
- VIEIRA, C. *Cultura do feijão*. Viçosa: UFV, 1978.
- VILLA NOVA, N. A. et al. *Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máximas e mínimas*. São Paulo: USP, 1972. (Caderno de ciências da terra, n. 30).
- WALLACE, D. H. et al. Photoperiod, temperature, and genotype interaction effects on days and nodes required for flowering of bean. *American Society for Horticultural Science Journal*, Alexandria, v. 116, n. 3, p. 534-543, 1991.
- WANG, J. Y. A critique of the heat unit approach to plant response studies. *Ecology*, Washington, v. 41, n. 4, p. 785-790, 1960.
- WUTKE, E. B.; BRUNINI, O.; BARBANO, M. T. 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.