

**ECOFISIOLOGIA DO FEIJOEIRO. I - DETERMINAÇÃO DO PERÍODO MAIS CRÍTICO  
À DEFICIÊNCIA HÍDRICA DO SOLO<sup>1</sup>**

**ECOPHYSIOLOGY OF COMMON BEAN. I - DETERMINATION OF THE MOST  
CRITICAL PERIOD OF WATER DEFICIT**

Angelo Mendes Massignam<sup>2</sup>, Hamilton Justino Vieira<sup>3</sup>, Silmar Hemp<sup>4</sup>, Renato César Dittrich<sup>5</sup>,  
Roger Delmar Flesch<sup>6</sup> e Flávio Brea Victoria<sup>7</sup>

**RESUMO**

O objetivo deste estudo foi determinar o período mais crítico à deficiência hídrica para o feijoeiro. Os experimentos foram conduzidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. - Epagri, na Estação Experimental de Campos Novos (EECN) e no Centro de Pesquisa para Pequenas Propriedades (CPPP) em Chapecó, Estado de Santa Catarina. O delineamento utilizado foi blocos casualizados com quatro repetições no esquema fatorial 12x2 (12 épocas e duas cultivares). Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas de 1986/87, 1988/89, 1989/90 e 1990/1991. As cultivares utilizadas foram Carioca 80 e Rio Tibagi. As épocas de semeadura foram espaçadas em 20 dias, com o início em agosto. Para a determinação do período mais crítico à deficiência hídrica utilizou-se deficiência hídrica total durante vários sub-períodos em torno da floração. Selecionou-se como mais crítico, o período que teve maior coeficiente de

---

<sup>1</sup> Trabalho desenvolvido com recursos financeiro do CNPq e do Projeto Microbacias - BIRD e Epagri.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agrometeorologia, EPAGRI, EECN. CP.116, Fone/Fax (049) 541-0748. 89.620-000 - Campos Novos - SC. E-mail: massigna@epagri.rct-sc.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, EPAGRI, SEDE, Fone (048) 239-8050, Fax (048) 239-8065, 88.034-901 - Florianópolis - SC. E-mail: vieira@climerh.rct-sc.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, EPAGRI, CPPP. CP.791, Fone (049) 723-4877, Fax (049) 723-0600. 89.801-970 - Chapecó - SC.

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Estatística e Métodos Quantitativos, EPAGRI, SEDE, Fone (048) 234-0066, Fax (048) 234-1024, 88.034-901 - Florianópolis - SC.

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, EPAGRI, CPPP. CP.791, Fone (049) 723-4877, Fax (049) 723-0600. 89.801-970 - Chapecó - SC.

<sup>7</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Irrigação e Drenagem, EPAGRI, CPPP. CP. 791, Fone (049) 723-4877, Fax (049) 723-0600. 89.801-970 - Chapecó - SC.

determinação da regressão linear entre o total de deficiência hídrica e o rendimento. Este período ocorreu dos seis dias antes da floração aos seis dias após a floração.

**Palavras-chave:** feijoeiro, déficit hídrico, período crítico.

## SUMMARY

The purpose of this study was to determine the most critical period of water deficit of common bean. The experiments were conducted at the Experimental Station of Epagri in Campos Novos and at the Research Center for Small Farms (CPPP) in Chapecó in 1986/87, 1988/89, 1989/90 and 1990/91. The experimental design was randomized block in a factorial 12x2 (12 sowing time and 2 cultivars). Cultivars utilized were Carioca 80 and Rio Tibagi. Sowing time were set at intervals of 20 days beginning in August. Water deficit was evaluated during several periods around blooming for determination of the most critical period of water deficit. The periods with the largest determination coefficient of linear regression between total water deficit and yield (kg/ha) were selected as the most critical. The most critical period of water deficit was 6 days before blooming to 6 days after blooming.

**Key words:** Common beans, water deficit, critical period.

## INTRODUÇÃO

A determinação do período mais crítico do feijoeiro à deficiência hídrica é importante para a definição do nível operacional do manejo de irrigação, seleção de variedades resistentes à seca e determinação das melhores épocas de semeadura ajustando de maneira que o período crítico coincida com o período que apresenta maior probabilidade de ocorrência de chuvas. MAGALHÃES & MILLAR (1978) verificaram que é possível usar o período de maior resposta à deficiência hídrica para gerar a relação entre rendimento relativo e potencial matricial do solo, a qual é de importância para a definição do nível operacional de manejo de irrigação.

Segundo AMORIM NETO et al. (1995) a maior ou menor disponibilidade de água e nutrientes no solo, associado às variações meteorológicas, afetam o feijoeiro ao longo do seu ciclo, no que se relaciona à fenologia e aos componentes do rendimento. Em termos de resposta à deficiência hídrica, o feijoeiro tem demonstrado ser altamente sensível no sub-período de pré-floração ao início da formação de vagens e também durante o enchimento de grãos e em menor

escala no crescimento vegetativo. Segundo CALVACHE et al. (1997a) a floração é o estágio demais sensível à deficiência hídrica. Segundo MAGALHÃES et al. (1979) o sub-período do início da floração à plena floração, ocorrido aos 31 dias após a emergência para a cultivar “IPA-74-79”, constitui-se no período mais crítico do feijoeiro à deficiência hídrica. Entretanto, OLIVEIRA (1991) considerou como período crítico à deficiência hídrica o intervalo entre 30 a 60 dias após a emergência para ciclo de 90 dias e 35 e 65 dias para ciclo de 95 dias. MAGALHÃES et al. (1979) concluíram que para obter um rendimento de ao menos 80 % do rendimento potencial, não pode faltar água para a cultura no período que se estende desde antes do início da floração (quatro dias antes da plena floração) até a plena frutificação (18 dias após a plena floração). ROBINS & DOMINGO (1956) constataram que a diminuição no rendimento acentuava-se quando a deficiência hídrica ocorria durante intervalos curtos a partir da floração.

O período mais crítico do feijoeiro à deficiência hídrica coincide com o período de maior consumo de água pela planta. O maior consumo médio diário para o feijoeiro (5,9mm) ocorre durante o sub-período do início do florescimento ao início do enchimento de grãos em função do maior índice de área foliar e da maior atividade fotossintética (MATZENAUER et al., 1991). Os maiores valores de evapotranspiração máxima para o feijoeiro ocorrem nos estádios de florescimento e de enchimento de vagens (BERGAMASCHI et al., 1989; ANDREATTA et al. 1991; CALVACHE et al., 1997b; FARIA et al. 1997).

O objetivo deste estudo foi determinar o período mais crítico à deficiência hídrica para as cultivares do feijoeiro Carioca 80 e Rio Tibagi.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Dois experimentos foram conduzidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. - Epagri, na Estação Experimental de Campos Novos (EECN) e no Centro de Pesquisa para Pequenas Propriedades (CPPP).

A EECN situa-se em Campos Novos (latitude: 27°24'S, longitude: 51°12'W e altitude: 947m). O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo Cfb. O solo é classificado como Latossol Húmico distrófico, tipo Durox. O CPPP situa-se em Chapecó (latitude: 27°07'S; longitude: 52°37'W e altitude: 679m). O clima da região, pela classificação de Köppen é do tipo Cfa. O solo é classificado como Latossol Roxo distrófico, tipo Erexim.

Os dados de rendimento de grãos do feijoeiro (kg/ha) e fenológicos foram obtidos do Projeto "Ecofisiologia do feijoeiro em Santa Catarina" com os experimentos conduzidos sob o

delineamento blocos casualizados com quatro repetições no esquema fatorial 12x2 (12 épocas em Chapecó e 10 épocas em Campos Novos e duas cultivares). As cultivares utilizadas foram Carioca 80 e Rio Tibagi. As épocas de semeadura foram espaçadas de 20 dias, com início em agosto. As épocas de semeadura com suas respectivas datas são mostradas na Tabela 1. A cultivar Carioca 80 foi avaliada nos anos agrícolas de 1986/87, 1988/89, 1989/90 e 1990/1991 e a cultivar Rio Tibagi nos anos agrícolas de 1989/90 e 1990/1991.

Para o cálculo da deficiência e excesso hídrico do solo utilizou-se o método do balanço hídrico preconizado por Thornthwaite e Mather (1955), apud OMETTO (1981). O balanço hídrico foi calculado a nível diário, utilizando uma capacidade de água disponível de 30mm. A evapotranspiração potencial foi calculada diariamente, através do método de PENMAN (1948).

Para o estabelecimento dos estádios fenológicos foram seguidos os critérios do sistema padrão do CIAT (SCHOONHOVEN & PASTOR-CORRALES, 1987), ou seja: emergência (V1) quando 50% da população esperada apresenta os cotilédones ao nível do solo; floração (R6) quando 50 % das plantas apresentam a primeira flor aberta e maturação fisiológica (R9) quando 50 % das plantas começa sua descoloração e secamento.

**Tabela 1.** Datas correspondentes a cada época de semeadura das cultivares de feijoeiro Carioca 80 e Rio Tibagi, nas localidades de Chapecó e Campos Novos.

Época	Chapecó	Campos Novos
1	05/08	28/08
2	21/08	16/09
3	10/09	02/10
4	30/09	25/10
5	20/10	15/11
6	09/11	04/12
7	29/11	21/12
8	19/12	11/01
9	08/01	03/02
10	29/01	20/02
11	18/02	
12	10/03	

Para a determinação do período mais crítico à deficiência hídrica analisou-se o sub-total de deficiência hídrica de cinco sub-períodos de cinco dias cada, em torno da floração: sub-período 1: do nono ao quinto dia antes da floração; sub-período 2: do quarto dia anterior até a floração; sub-

período 3: do primeiro ao quinto dia após a floração; sub-período 4: seis a dez dias após a floração; Sub-período 5: onze dias a quinze dias após a floração.

O método empregado na seleção dos sub-períodos foi o de regressão linear múltipla “Stepwise” (passo a passo), com nível de significância 0,05, cuja expressão matemática é apresentada a seguir:

$$rend = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5$$

onde: *rend* é o rendimento de grãos (kg/ha), *a* o termo constante da regressão; *b<sub>i</sub>* coeficiente da variável *x<sub>i</sub>*, *x<sub>i</sub>* a deficiência hídrica no sub-período *i*, *i* podendo assumir os valores 1, ..., 5.

Para a determinação do período mais crítico à deficiência hídrica utilizou-se o total de deficiência hídrica durante vários intervalos de dias em torno dos sub-períodos que foram significativos no modelo de regressão linear múltipla “Stepwise”. O intervalo de dias selecionado como o período mais crítico à deficiência hídrica foi aquele que teve maior coeficiente de determinação da regressão linear entre o total de deficiência hídrica e o rendimento de grãos do feijoeiro.

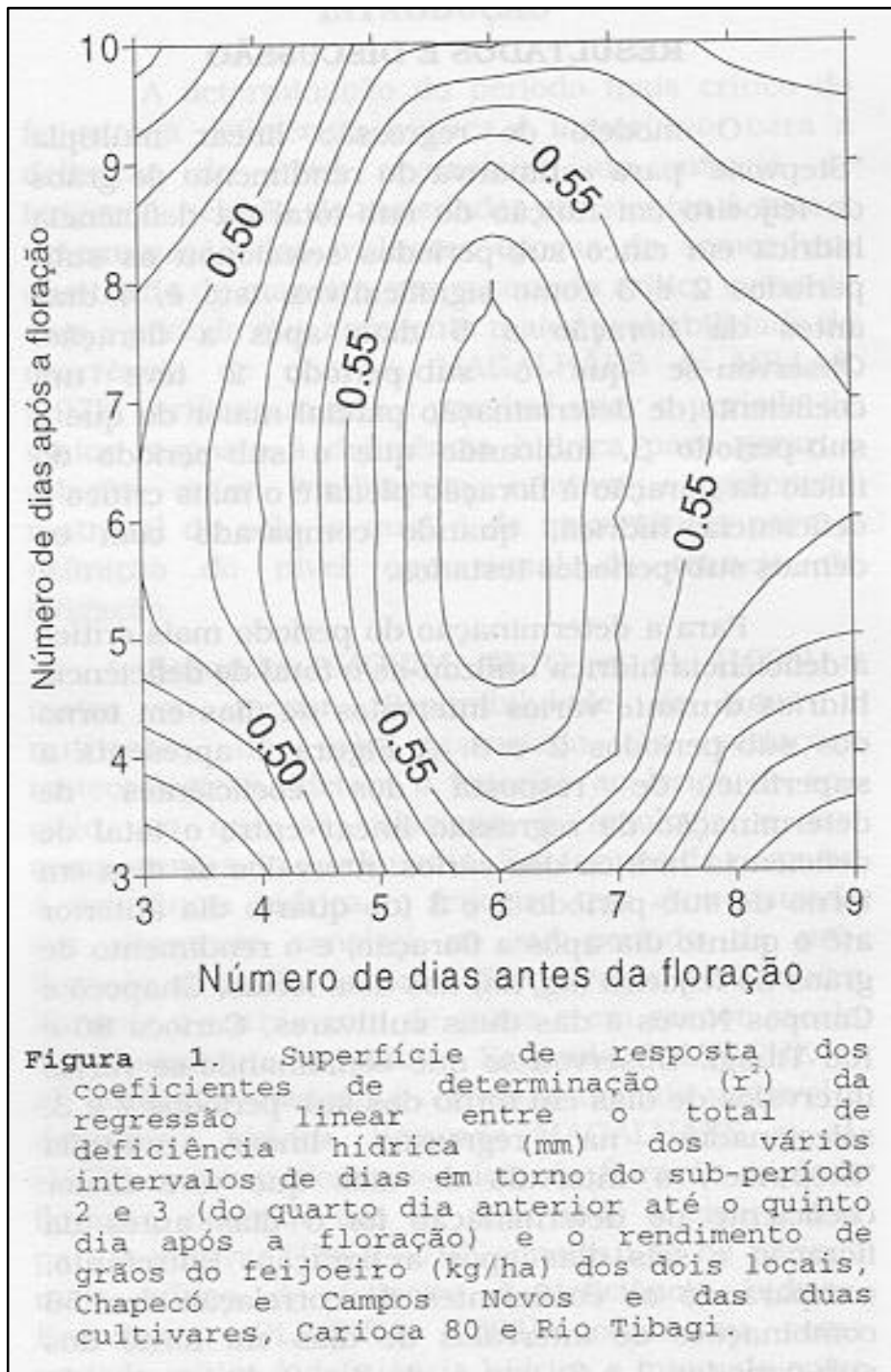
O teste de comparação entre os coeficientes de correlação foi aplicado conforme GOMES (1982).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de regressão linear múltipla “Stepwise” para estimativa do rendimento de grãos do feijoeiro em função do sub-total da deficiência hídrica em cinco sub-períodos selecionou os sub-períodos 2 e 3 como significativos, isto é, 4 dias antes da floração a 5 dias após a floração. Observou-se que o sub-período 2 teve um coeficiente de determinação parcial maior do que o sub-período 3, indicando que o sub-período do início da floração à floração plena é o mais crítico à deficiência hídrica, quando comparado com os demais sub-períodos testados.

Para a determinação do período mais crítico à deficiência hídrica utilizou-se o total de deficiência hídrica durante vários intervalos de dias em torno dos sub-períodos 2 e 3. A Figura 1 apresenta a superfície de resposta dos coeficientes de determinação da regressão linear entre o total de deficiência hídrica dos vários intervalos de dias em torno do sub-período 2 e 3 (do quarto dia anterior até o quinto dia após a floração) e o rendimento de grãos do feijoeiro (kg/ha) dos dois locais, Chapecó e Campos Novos e das duas cultivares, Carioca 80 e Rio Tibagi. Observou-se que

combinando-se vários intervalos de dias em torno dos sub-períodos 2 e 3, selecionados na regressão linear múltipla “Stepwise”, o intervalo de dias que teve maior coeficiente de determinação foi 6 dias antes da floração e seis dias após a floração. Entretanto, comparando os coeficientes de correlação das 56 combinações de intervalos de dias em torno dos sub-períodos 2 e 3, isto é, de 3 a 9 dias antes da floração com 3 a 10 dias após a floração, observou-se que os coeficientes de correlação não diferiram entre si, em nível de 0,05 de significância.



O intervalo de seis dias antes da floração e seis dias após a floração foi dividido em dois intervalos: intervalo A, seis dias antes da floração até a floração e o intervalo B, um dia a 6 dias após a floração. A análise da variância da regressão linear múltipla do rendimento de grãos do feijoeiro e o sub-total de deficiência hídrica dos dois intervalos foi significativa ao nível de 0,01. Observou-se que o intervalo A teve um coeficiente de determinação parcial (0,4961) maior do que o intervalo B (0,1071), indicando que o sub-período início da floração à floração plena é o período mais crítico à deficiência hídrica. Esses resultados concordam com os de SMITH & PRYOR (1962) que as primeiras flores foram as mais importantes para o rendimento de grãos, enquanto que as últimas tiveram elevada mortalidade.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que o período mais crítico à deficiência hídrica para o feijoeiro ocorre no período dos de seis dias antes da floração aos seis dias após a floração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM NETO, M. da S., MAGALHÃES, P.C., GOMIDE, R.L. et al. Aspectos fenológicos da cultura do feijoeiro submetidos a diferentes tensões de umidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande : Universidade Federal da Paraíba, 1995. 500 p. p.134-136.
- ANDREATTA, J.A., CUNHA, A.R., PEREIRA, M.A.R. et al. Monitoramento da irrigação e da aplicação de defensivos agrícolas em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. IAC-Carioca 80). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991, Viçosa, MG. **Resumos...**, Viçosa : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Universidade Federal de Viçosa, 1991. 314 p. p. 268-270.
- BERGAMASCHI, H., VIEIRA, H.J., LIBARDI, P.L. et al. Deficiência hídrica em feijoeiro. III. Evapotranspiração máxima e relação com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a evaporação do Tanque “Classe A”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 387-392, 1989.

- CALVACHE, M., REICHARDT, K, BACHI, O.O.S. et al. Deficit irrigation at different growth stages of the common bean. (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Imbabello). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, p. 1-16, 1997a.
- CALVACHE, M., REICHARDT, K, BACHI, O.O.S. Efeito de épocas de deficiência hídrica na evapotranspiração atual da cultura do feijão cv. Imbabello. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba, SP : Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1997b. 758 p. p.668-670.
- FARIA, R.T. de, FOLEGATTI, M.V., OLIVEIRA, D. de Crescimento e desenvolvimento do feijoeiro sob diferentes regimes térmicos e hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba, SP : Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1997. 758 p. p. 659-661.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 10° ed. Piracicaba: Nobel S.A., 1982. 468 p.
- MAGALHÃES, A.A., MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 55-60, 1978.
- MAGALHÃES, A.A., MILLAR, A.A., CHOUDHURY, E. N. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão. **Turrialba**, San Jose, v. 29, n. 4, p. 269-373, 1979.
- MATZENAUER, R., BUENO, A.C., MALUF, J.R.T. de Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura para o feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991, Viçosa, MG. **Resumos...**, Viçosa : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Universidade Federal de Viçosa, 1991. 314 p. p. 235-236.
- OLIVEIRA, D. de Evapotranspiração máxima e necessidade de água para irrigação de feijão em seis locais do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991, Viçosa, MG. **Resumos...**, Viçosa : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Universidade Federal de Viçosa, 1991. 314 p. p. 236-237.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo : CERES, 1981. 400 p.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open hidric, bare soil and grass. **Proceeding of the Royal Society of London. Série A. Mathematical and Physical Sciences**, London, v. 193, p. 120-145, 1948.
- ROBINS, J., DOMINGO, C.E. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 48, p. 67-70, 1956.



SCHOONHOVEN, A. van, PASTOR-CORRALES, M.A. **Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol.** Cali, Colombia : CIAT, 1987. 56 p.

SMITH, F.L. PRYOR, R.H. Effects of maximum temperature and age on flowering and seed production in three bean varieties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 33, n. 12, p. 669-688, 1962.