

ISSN 0104-1347

Consumo de água pelo feijoeiro comum, cv. Carioca

Water requirement of the bean crop (*Phaseolus vulgaris*, L.).

Alexandre de Mattos Junqueira¹, Romisio Geraldo Boulid André² e Francisca Maria Alves Pinheiro²

Resumo - O objetivo deste trabalho foi estudar o consumo da água e determinar coeficientes de cultura para o feijoeiro, nos diversos estádios de seu desenvolvimento. Foi realizado um experimento de campo na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP, Jaboticabal, São Paulo, durante as estações outono-inverno. Um conjunto de 12 lisímetros de drenagem foi utilizado para obtenção da evapotranspiração máxima ou demanda ideal (ETM). Dados meteorológicos foram utilizados para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), pelo método de Penman-Monteith. Os resultados mostraram boa correlação entre o Kc e o índice de área foliar (IAF). O coeficiente de cultura médio foi 0,81 com o valor máximo de 1,17 atingido durante a fase de floração. O consumo de água pela cultura variou de 0,39 a 4,68 mm/dia, sendo o consumo para todo o ciclo igual a 274,0 mm.

Palavras-chave: Demanda hídrica, consumo de água, coeficientes de cultura.

Abstract - This paper deals with the water use and the crop coefficient (kc) during different developmental stages of a bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop in the region of Jaboticabal, São Paulo State, Brazil. One field experiment was carried out during autumn and winter seasons of 1998 at the FCAV/UNESP Agrometeorological Station. Twelve drainage lysimeters were available to obtain values of maximum evapotranspiration (ETM). Solar radiation, air temperature, humidity and wind velocity, which are needed to calculate the reference evapotranspiration, were measured "in situ". Phenological measurements were carried out in the way that they were related to the water consumption and crop coefficients, for the different stages of the crop development. The results showed a good correlation between the leaf area index and the crop coefficient. The mean value of kc was 0.81 and the maximum value was 1.17 during flowering. The use of water by the crop was known for each phenological stage and was 274.0 mm for the total cycle of bean crop.

Key words: Water requirement, water use, crop coefficient.

Introdução

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é uma leguminosa herbácea, com ciclo em torno de 95 dias, que se caracteriza por uma dependência extrema às condições meteorológicas favoráveis para um perfeito desenvolvimento, notadamente em rela-

ção ao déficit hídrico, que representa um dos fatores limitantes à obtenção de alta produtividade (LOPES et al., 1986). A população brasileira tem como um dos produtos básicos na sua alimentação o feijão, que nas suas diversas cultivares, é plantado de Norte a Sul do País.

A produção no Centro Sul do Brasil está concentrada em 3 safras, a saber: a primeira, semeada

¹Cargill Agrícola S.A. - Bebedouro, SP, CEP 14700-444.

²Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo – LENEP/UENF – Macaé, RJ, CEP: 27925-310.

de setembro a outubro, é conhecida como feijão das águas; a segunda, conhecida como feijão da seca, a semeadura é feita em janeiro e fevereiro e a terceira é o feijão de inverno cuja semeadura é feita de maio a junho. Como no Centro Sul do Brasil, o feijão cultivado no inverno coincide com a estação seca (INMET, 1992), há exigência de irrigação para viabilizar a produção. Os períodos críticos em que a falta de água limita ou impede a produção são aqueles referentes à germinação, desenvolvimento vegetativo, floração e granação (AMORIM NETO *et al.*, 1996).

O ideal é o fornecimento de água mantendo uma distribuição uniforme durante o ciclo da cultura, com uma lâmina de água em torno de 100 a 150 mm mensais até o período de maturação (ROSTON & BULISANI, 1990). SANTOS & ANDRÉ (1992) estudaram o consumo de água requerido pelo feijoeiro, durante as estações primavera-verão, na região de Piracicaba, SP, mostrando que o feijão tem seu pico de consumo de água durante a fase de floração tendo encontrado neste estágio fenológico os maiores valores de coeficientes de cultura. VASCONCELLOS & ANDRÉ (1998) fizeram um estudo do consumo de água para o feijoeiro nas estações outono-inverno, na região de Jaboticabal, SP, determinando os coeficientes de cultura obtidos por quatro métodos de estimativa da evapotranspiração de referência.

A deficiência hídrica prejudica a cultura na germinação, floração e enchimento dos grãos (WREGG *et al.*, 2000). GARCIA *et al.* (2000) estudaram o efeito do estresse hídrico sobre as características fenológicas de uma cultura de feijão, submetida a duas condições de disponibilidade hídrica. Estes autores concluíram que o estresse hídrico reduz o ciclo fenológico da cultura e pode reduzir a produção.

O feijoeiro é sensível às variações de temperatura do ar. Por exemplo, temperaturas maiores do que 30°C, podem não prejudicar o desenvolvimento vegetativo, mas provocam aceleração no processo de respiração e causam abortamento das flores. Quando ocorrem altas temperaturas na floração, o feijoeiro apresenta-se vigoroso, contudo sem a produção esperada (GONÇALVES *et al.*, 1997).

Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de estudar o consumo de água pelo feijoeiro comum, determinando os coeficientes de cultura visando a condução da irrigação.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Estação Agrometeorológica da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal (latitude 21°15'22" S, longitude 48°18'58" W, altitude 595m), durante as estações outono - inverno de 1998. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 1999) tendo o experimento uma área de 400m² (20x20m) e declividade de 0%.

Um conjunto de 12 lisímetros de drenagem foi utilizado para obtenção da evapotranspiração máxima (ETM), ou demanda ideal da cultura. Dados meteorológicos de radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento, coletados no local do experimento, foram utilizados para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o). Medidas fenométricas (altura de plantas, área foliar, matéria seca), nos diferentes estádios fenológicos, foram tomadas para serem relacionadas ao consumo de água e coeficientes de cultura, K_c (FERRI, 1985).

O sistema de irrigação adotado foi o de aspersão, e as irrigações foram baseadas no cálculo da ETM, com dados estimados pelo Tanque Classe A. Foram utilizados 16 microaspersores que proporcionaram uma precipitação de 7mm/hora. Esta precipitação foi determinada utilizando-se pluviômetros, construídos de tubos PVC, sendo dispostos 12 deles dentro dos lisímetros de drenagem e oito fora dos mesmos.

A semeadura foi realizada no dia 28/05/1998, utilizando-se a cultivar de feijão IAC – Carioca. Foi utilizado um espaçamento de 0,40 m entre linhas e um total de 13 plantas por metro. A adubação de semeadura foi baseada na análise de solo, sendo adicionado 250 kg/ha da formulação 4 – 24 – 12 + B12. A adubação de cobertura foi realizada 35 dias após a semeadura, com 200 kg/ha de sulfato de amônia. A colheita foi feita manualmente, utilizando-se uma debulhadeira para separar as sementes da palha.

A prevenção contra a mosca branca foi feita no tratamento de sementes realizado antes da semeadura, com fungicida Premier 700 PM, na proporção de 0,2 kg /100 kg de sementes e de quatro aplicações de inseticida Hamidop 600 na base de 1250 ml/ha. A aplicação de herbicida para controle de ervas daninhas ocorreu 34 dias após a semeadura e o produto utilizado foi Robust com uma dose de 500 ml/ha.

Foram realizadas cinco amostragens, aos 30, 47, 73, 88 e 98 dias, após a emergência, para as

análises fenométricas, coletando-se as plantas existentes em 0,5 m de linha de cultura, tomadas ao acaso, com quatro repetições. Durante a avaliação utilizou-se um medidor portátil, modelo 3000, da LICOR, para determinar a área foliar real (S) das folhas simétricas e das folhas assimétricas das plantas de feijão.

Das plantas coletadas foram separadas as folhas, os pecíolos, os caules e os legumes. Em seguida, foram acondicionados em sacos de papel e colocados a secar em estufa a 70 °C até chegar a peso constante. Finalmente, foi determinada a matéria seca de cada uma desses órgãos da planta. A altura de planta foi obtida medindo-se a distância da inserção no solo até o nó do último ramo apresentado pela planta. Posteriormente, foi feita a média de altura por repetição.

Para obtenção da ETM, foram utilizados 12 lisímetros de drenagem, montados na Estação Agroclimatológica do Campus de Jaboticabal. Trata-se de caixas de concreto armado, de 1,0 m² de área, 1,50 m de profundidade, 2,5 cm de espessura e sistema de drenagem tipo “espinha de peixe”, com 10 cm de bordadura acima do solo para evitar escoamento superficial. A precipitação foi obtida por meio de um pluviômetro, modelo Ville de Paris, montado na Estação Agroclimatológica, com sua borda superior a 1,5 m da superfície do solo.

A partir dos valores diários de água aplicada (chuva ou irrigação) e da água percolada (drenagem), realizou-se o balanço hídrico para os subperíodos selecionados, de acordo com o critério da drenagem mínima:

$$ETM = P + I - D \quad (1)$$

em que, ETM é a evapotranspiração máxima (mm), P a precipitação (mm), I a irrigação (mm) e D a drenagem profunda (mm).

Dados meteorológicos de temperatura, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento, necessários à obtenção da ETo, foram obtidos na Estação Automática, montada no experimento. O saldo de radiação foi estimado por equações de regressão, ajustadas por GARCIA & ANDRÉ (1999).

Para o cálculo da ETo diária, utilizou-se a equação combinada de Penman-Monteith, descrita por ALLEN et al. (1986) e SMITH et al. (1991):

$$ETo = \frac{sR_L}{I(s + g^*)} + r c_p \frac{(e_s - e)}{(s + g^*)} \frac{86,4}{r_a I} \quad (2)$$

em que, ETo é a evapotranspiração de referência (mm.d⁻¹), R_L o saldo de radiação (MJ.m⁻².d⁻¹), s a tangente à curva de pressão de saturação de vapor em relação à temperatura (kPa.°C⁻¹), ρ a massa específica do ar (kg.m⁻³), c_p o calor específico do ar úmido (kJ.kg⁻¹.C⁻¹), (e_s - e) o deficit de pressão de vapor (kPa), λ o calor latente de evaporação da água (MJ.kg⁻¹), 86,4/λ o fator de conversão de kJ.m⁻².s⁻¹ a mm.d⁻¹, γ* a constante psicrométrica modificada (k.Pa.°C⁻¹), expressa por:

$$g^* = g \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right) \quad (3)$$

sendo γ, a constante psicrométrica (kPa.°C⁻¹), r_a, a resistência aerodinâmica (s.m⁻¹) e r_c, a resistência da cobertura vegetal (s.m⁻¹), estimadas segundo metodologia proposta por ALLEN et al. (1986) e SMITH et al. (1991).

Resultados e discussão

O balanço hídrico de campo, para oito subperíodos da cultura do feijoeiro, é mostrado na Tabela 1, e os valores correspondem à média para os doze lisímetros. Os dados da Tabela 1 mostram que a evapotranspiração máxima foi crescente desde a germinação até final do período de crescimento vegetativo, atingindo um máximo de 4,68 mm/dia no início da fase de floração. A partir deste período, a evapotranspiração máxima começa a cair, registrando-se 2,52 mm/dia fase de enchimento de grãos, decrescendo para 1,94 mm/dia na fase de maturação fisiológica. O consumo hídrico requerido pela cultura foi de 274,01 mm. SANTOS & ANDRÉ (1992) encontraram um consumo total de 317,37mm para o feijoeiro, em experimento conduzido em área pertencente ao Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP, Piracicaba, SP. No trabalho de VASCONCELLOS & ANDRÉ (1998), o consumo hídrico da cultura foi de 326,51 mm, em experimento realizado no Departamento de Horticultura da FCAV/UNESP.

Com da ETo, obtida pelo método de Penman-Monteith, foram estimadas médias por subperíodos, para efeito de comparação com a ETM. Os resultados, para os diversos estádios fenológicos, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Valores de precipitação (P), irrigação realizada (I), drenagem média (D), evapotranspiração máxima (ETM), valores acumulados (ETMac) e evapotranspiração máxima média diária (ETMm), obtidas do balanço hídrico para o ciclo do feijoeiro. Jaboticabal, 1998.

D.A.E	P (mm)	I (mm)	D (mm)	ETM (mm)	ETMac (mm)	ETMm (mm/dia)
6			7,64	2,36	—	0,39
13	0,50	20,00	4,26	16,24	18,60	2,32
31		59,00	7,94	51,06	69,66	2,83
54		101,40	36,96	64,44	134,10	2,80
72	57,50	70,00	73,92	53,58	187,68	2,97
82		62,00	15,17	46,83	234,51	4,68
90	2,10	35,00	16,97	20,13	254,64	2,52
98	15,00	9,00	4,63	19,37	274,01	1,94

D.A.E.-Dias após a emergência.

A Tabela 2 mostra o comportamento dos valores de ETM e ETo, estimado pelo método de Penman-Monteith. Observa-se que os valores da Eto são menores na fase inicial, crescendo no final do desenvolvimento vegetativo e início do floração. O valor máximo é atingido, também no floração, decrescendo até a maturação fisiológica. A relação entre a ETM e a ETo é o chamado coeficiente de cultura (Kc).

Os valores da matéria seca total estão representados na Figura 1. Observa-se que os valores de matéria seca total foram crescentes até o estágio de enchimento de grãos, permanecendo constante a partir deste estágio, uma vez que a fotossíntese atinge níveis mínimos daí em diante.

Tabela 2. Valores da evapotranspiração máxima (ETM), evapotranspiração de referência (ETo) e relação entre as duas, estimada pelo método de Penman-Monteith para o ciclo do feijoeiro. Jaboticabal, 1998.

D. A. E	Estádio	ETM (mm/dia)	ETo (mm/dia)	ETM/ ETo
6	DV	0,39	2,88	0,14
13	DV	2,32	2,32	1,00
31	DV	2,83	2,57	1,10
54	DV	2,80	3,21	0,90
62	FL	2,97	3,10	0,96
82	FL	4,68	4,01	1,17
90	EG	2,52	3,62	0,7
98	MF	1,94	3,53	0,55

DV-Desenvolvimento vegetativo, FL-Floração, EG-Enchimento de grãos e MF-Maturação Fisiológica.

Relacionando o valor da matéria seca total produzida pelo feijoeiro com o consumo de água no mesmo período, pode-se encontrar um índice de eficiência no uso da água igual a 0,25g/mm, ou seja, para cada milímetro de água consumida foi produzido 0,25 g de matéria seca/m² de área cultivada ou 2,5 kg de matéria seca/ha. VASCONCELLOS & ANDRÉ (1998) encontraram 0,497 g/mm ou seja 4,97 kg de matéria seca/ha.

Na Figura 2 estão as variações do índice da área foliar (IAF) e do coeficiente de cultura (kc). O índice de área foliar e coeficiente de cultura foram crescentes até a fase de floração, sendo o estágio de maturação acompanhado de um decréscimo nos valores mencionados. Com relação aos valores médios dos coeficientes de cultura e índices de área foliar, os comportamentos foram semelhantes, ou seja, menor valor de índice de área foliar (0,54) corresponde a menor valor de Kc (0,74), na fase de desenvolvimento vegetativo, tendo variado de 0,74 a 0,87 de 30 D.A.E a 47 D.A.E. SANTOS & ANDRÉ (1992) en-

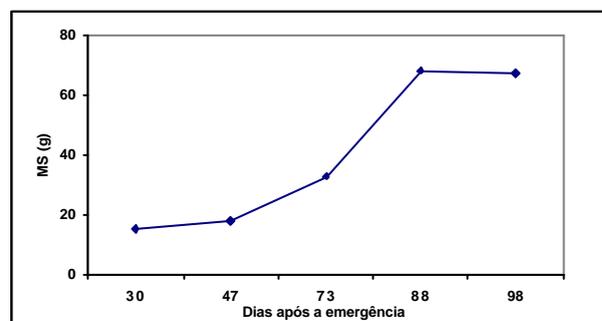


Figura 1. Evolução da matéria seca total, MS (g), durante o ciclo do feijoeiro. Jaboticabal, 1998.

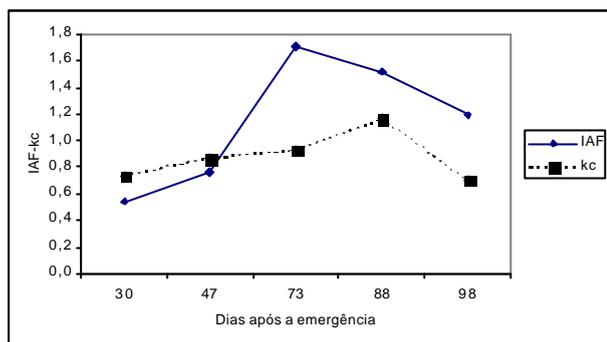


Figura 2. Coeficiente de cultura (Kc) e índice de área foliar (IAF), durante o ciclo do feijoeiro. Jaboticabal, 1998.

contraram, para esta fase, o valor 0,82. DOORENBOS & KASSAM (1979) encontraram valores entre 0,7 e 0,8 e VASCONCELLOS & ANDRÉ (1998) 0,68. Durante o subperíodo floração-enchimento de grãos (73 a 88 D.A.E.), observaram-se os maiores valores de coeficiente de cultura, tendo este variado de 0,94 a 1,17, acompanhado de um índice de área foliar entre 1,71 a 1,52. SANTOS & ANDRÉ (1992) encontraram o valor de 1,21, DOORENBOS & KASSAM (1979) valores entre 1,05 e 1,20 e VASCONCELLOS & ANDRÉ (1998) o valor de 1,35. No estágio de maturação fisiológica (98 D.A.E.), o índice de área foliar foi de 1,19 e o coeficiente de cultura variou de 0,70 a 0,55. VASCONCELLOS & ANDRÉ (1998) encontraram o valor de 0,82. Finalmente pode-se relacionar o consumo de água pela cultura de 274,0 mm com a produtividade obtida que foi de 3870 kg/ha, ou seja, 1,41 g de grãos por kg de água aplicada.

Conclusões

- O coeficiente de cultura mostrou um comportamento crescente, atingindo o valor máximo de 1,17 no subperíodo floração-enchimento de grãos de grãos. Este se correlacionou muito bem com o IAF, evidenciando que o desenvolvimento das plantas implica num maior consumo de água.
- O consumo de água requerido pelo feijoeiro, em seu ciclo total, foi de 274,0 mm, sendo 2,1 mm/dia no estágio de desenvolvimento vegetativo, 3,82 mm/dia no estágio de floração, 2,52 mm/dia no enchimento de grãos e 1,94 mm/dia na maturação fisiológica.

- A produtividade observada foi de 3870 kg/ha, considerada elevada para a região e cultura estudada.
- A eficiência no uso da água foi de 1,41g de produção de grãos por kg de água aplicada.

Referências bibliográficas

- ALLEN, R.G. et al. A Penman for all seasons. **Journal Irrigation Drainage Engineering**, New York, v. 112, n. 4, p. 348-68, 1986.
- AMORIM NETO, M.S. et al. Índice de estresse hídrico da cultura do feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 49-53, 1996.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Field response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (FAO. Irrigation and drainage Paper, 33).
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA- Produção de Informações, EMBRAPA Solos, 1999, xxvi, 412 p. il.
- FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: E.P.U., 1985. V. 1, 362 p.
- GARCIA, A.; ANDRÉ, R.G.B. Parâmetros derivados do balanço de radiação numa cultura de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, 11., 1999. Florianópolis, SC, **Anais...**, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. (CD-ROM).
- GARCIA A. et al. Eficiência do uso da água em uma cultura de feijão, submetida a duas condições de disponibilidade hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 16-20 de outubro de 2000. Rio de Janeiro, **Anais...**, Rio de Janeiro: Comitê de Agrometeorologia, 2000. (AG00038, CD).
- GONÇALVES, S.L. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30° C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado na safra das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 99-107, 1997.
- INMET – Ministério da Agricultura., **Normais Climatológicas (1961-90)**, Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação, 1992. 84p.
- LOPES et al. Crescimento e conversão da energia solar em *Phaseolus vulgaris*, L. submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. **Revista Ceres**, v. 33, n. 156, p. 142-164, 1986.
- ROSTON, A.J.; BULISANI, E.A. **Feijão**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. 1988. 16 p. (Instrução Prática, n. 219).

SANTOS, R. Z.; ANDRÉ, R.G.B. Consumo de água nos diferentes estádios de crescimento da cultura do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 543-548, 1992.

SMITH, M. *et al.* **Expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45 p.

VASCONCELLOS, S.B.; ANDRÉ, R.G.B. Necessidade de água para o feijoeiro (*Phaseolus Vulgaris* L.) cv.

Carioquinha e coeficientes de cultura estimados por diferentes métodos. **Científica**, São Paulo. v. 26, n. 1/2, p. 187-201, 1998.

WREGE S. M. et al. Época de semeadura com menor risco climático para feijão nos Campos Gerais do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro, **Anais...**, Comitê de Agrometeorologia: Rio de Janeiro: Comitê de Agrometeorologia, 2000. (CD-ROM).