

CONSUMO DA ÁGUA NOS DIFERENTES ESTÁDIOS DE CRESCIMENTO DA CULTURA DO FEIJOEIRO¹

RENATO ZORZENON DOS SANTOS² e ROMISIO GERALDO BOUHID ANDRÉ³

RESUMO - Avalia-se o consumo de água na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar Aroana - 80, em todo o seu ciclo de desenvolvimento. Em experimento de campo, na área de experimentação da ESALQ/USP, em São Paulo, foram adotados todos os procedimentos necessários à determinação do balanço hídrico de campo, bem como para a análise de crescimento. Os resultados mostraram que o balanço hídrico, associado à análise de crescimento, serviram para quantificar o uso da água nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. O coeficiente de cultura (Kc) mostrou ser diretamente proporcional ao índice de área foliar durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura.

Termos para indexação: balanço hídrico, fisiologia, coeficiente de cultura, *Phaseolus vulgaris*.

WATER USE FOR BEAN CROP IN DIFFERENT GROWTH STAGES

ABSTRACT - The objective of this work was to analyse the water use efficiency for a bean crop (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar Aroana-80, in different growth stages. A field experiment was conducted on the experimental area of ESALQ/USP. All the parameters for water balance determinations and physiological measures were taken in the center of the plot. The water balance approach associated with the physiological measurements showed to be important tools for analysing the different crop growth stages. The crop coefficient (Kc) showed to be proportional to the leaf area index during all crop growth stages.

Index terms: water balance, physiology, crop coefficient, *Phaseolus vulgaris*.

INTRODUÇÃO

Pelo conhecimento da variação do consumo de água por uma cultura ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, pode-se inferir sobre os aspectos fisiológicos envolvidos no processo, assim como sobre suas conseqüências. As formas de caracterização das várias fases de desenvolvimento da cultura do feijoeiro estão bem definidas por Portes (1981).

A determinação do fluxo vertical de vapor, a partir de uma cobertura vegetal, deve ser feita de modo a considerar a interrelação existente

entre o solo, a planta e a atmosfera, que, segundo Philip (1966), citado por Hillel (1970), constituem um contínuo físico unificado e dinâmico. O processo envolvido, segundo Slavik (1974), depende, basicamente, de três fatores: 1) da direção e magnitude do gradiente de potencial da água no sistema; 2) do balanço de energia junto à superfície e 3) da resistência à difusão de vapor imposta pela cultura.

Hillel (1970), Ward (1971) e Brutsaert (1982) citam o balanço hídrico efetuado a partir de dados tensiométricos como um método que fornece bons resultados.

Vachaud et al. (1983) comentam a variabilidade espacial dos dados tensiométricos e advertem quanto aos cuidados que devem ser tomados na sua interpretação, considerando ainda que os procedimentos de coleta de amostras de solo e demais dados relativos ao balanço hídrico não devem ser feitos a uma distância superior a 20 m da bateria de tensiômetros. Reichardt

¹ Aceito para publicação em 4 de setembro de 1991.

² Eng.-Agr., M.Sc., Núcleo de Monitoramento Ambiental (NMA/EMBRAPA) Av. Prof. Júlio de Soares Arruda, 803, CEP 13085 Campinas, SP.

³ Prof.-Assist. Dr., Dep. de Ciências Exatas da FCAVJ - UNESP, Rodovia Carlos Tonanni s/n, CEP 13870 Jaboticabal, SP.



(1975) lembra que os mesmos devem ser cotados para períodos não inferiores a cinco dias.

Em vista da variabilidade desses parâmetros indiretos para determinação do consumo de água pelas culturas, este trabalho teve por objetivo analisar o consumo de água na cultura de feijão, através do balanço hídrico e também da análise de crescimento, calculados para todo o seu ciclo de desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local

O experimento foi conduzido em área experimental pertencente ao Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cwa, e o solo da área de estudo pertence à série Luiz de Queiroz, sendo classificada como Terra Roxa Estruturada (Ranzani et al. 1966).

A cultura utilizada foi a do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar Aroana - 80, de hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, com ciclo variando de 90 a 100 dias, e início da floração ocorrendo entre 35 e 40 dias após a emergência.

Quanto à disponibilidade hídrica, a cultura foi mantida sem limitação de água, através de um sistema de irrigação por aspersão, instalados no local.

Análise de crescimento

O desenvolvimento do feijoeiro foi acompanhado e analisado através de dados relativos à variação da altura das plantas, da caracterização da duração de cada estágio de desenvolvimento, e da evolução do índice de área foliar (I.A.F.). A metodologia utilizada na avaliação destes parâmetros foi a descrita por Portes (1981).

A altura média das plantas foi obtida por amostragem de cinco plantas previamente selecionadas, nas quais, semanalmente, era medida a altura desde a inserção da haste principal no solo até o último nó da mesma haste. Também, semanalmente, eram coletadas três amostras de 1 m de fileira de plantas para determinação do I.A.F. A planta teve suas partes separadas em folhas, haste + pecíolo e vagens + grãos que, em seguida, eram colocadas em uma estufa a 65°C, por 48 horas. Das folhas eram tomadas, ao acaso, 50 discos de área conhecida. A relação entre o pe-

so total das folhas secas e o peso dos discos secos forneceu a área foliar (ΔF):

$$\Delta F = \frac{\text{Peso total folhas}}{\text{Peso discos}} \cdot \text{área de 50 discos (cm}^2\text{)} \quad (1)$$

O índice de área foliar é dado por:

$$\text{IAF} = \frac{\Delta F}{\Delta S} \quad (\text{adimensional}) \quad (2)$$

sendo ΔS a área de solo amostrado.

Balanço hídrico

Os ganhos e perdas de água nos limites superior e inferior de um volume de solo cultivado, expressos em equivalente de altura de coluna de água, são dados pela precipitação (P), irrigação (I), drenagem profunda (D), evapotranspiração (ET) e escoamento superficial (R), que interferem na variação do armazenamento de água (ΔA) da seguinte forma:

$$P + I + D - ET + R = \Delta A \text{ (mm)} \quad (3)$$

A variação da água no solo (ΔA) foi determinada pelo método de integração da área entre dois perfis consecutivos de umidade do solo até o nível Z (60 cm). Para a obtenção dos perfis, valores diários de umidade do solo foram determinados a partir de dados tensiométricos associados à curva característica do solo.

Os dados tensiométricos foram coletados a partir de uma bateria de tensiômetros instalados de modo a fornecer leituras em seis profundidades (15, 30, 45, 60, 75 e 90 cm). Para a curva característica foram utilizados dados de umidade do solo, determinados pelo método gravimétrico para a profundidade de 30 cm; para as demais profundidades, foram efetuadas medições por meio de uma sonda de nêutrons (modelo 503 da Cambell Pacific Nuclear Inc.), enquanto que o potencial matricial do solo foi calculado a partir dos dados tensiométricos.

A drenagem profunda (D) foi determinada com base na equação de Darcy, para a profundidade de 60 cm; para a determinação da condutividade hidráulica $K(\theta)$, utilizou-se o método do perfil instantâneo simplificado (Libardi et al. 1980).

Sendo $K(\theta)$ uma função da condutividade hidráulica do solo saturado (K_0) e da variação exponencial do teor de umidade, tem-se:

$$K(\theta) = K_0 e^{\alpha(\theta - \theta_s)}, \text{ (cm.h}^{-1}\text{)} \quad (4)$$

em que α é uma constante empírica do solo (adimensional), e Θ , a umidade do solo na condição de saturação.

A expressão obtida para $Z = 60$ cm foi:

$$K(\Theta) = 0,0263 e 185,19 (\Theta - 0,399) \text{ (cm h}^{-1}\text{)} \quad (5)$$

Desta forma, dados de $K(\Theta)$ associados aos referentes ao gradiente de potencial hidráulico ($\Delta \Psi h / \Delta z$) permitem o cálculo de D.

$$D = -K(\Theta) \cdot \frac{\Delta \Psi h}{\Delta z} \quad (\text{mm}) \quad (6)$$

A irrigação era efetuada sempre que o potencial matricial nas camadas superiores indicasse valores fora dos limites entre -0,3 e -0,4, atmosferas, mantendo-se, assim, o solo sempre em condições de umidade próximo à capacidade de campo. A medida do potencial matricial era obtida a partir da média de 30 amostras coletadas aleatoriamente na área sob cobertura vegetal.

A precipitação foi medida por um pluviômetro tipo HH, a cerca de 100 metros do experimento.

O deflúvio superficial foi considerado desprezível, uma vez que a inclinação do terreno para praticamente inexistente.

Os valores médios decendiais de ET_c potencial da cultura foram correlacionados com a evapotranspiração de referência (ET_0), estimada pelo método da radiação proposto por Doorenbos & Pruitt (1975), permitindo a determinação do coeficiente de cultura (K_c), ao longo do ciclo da cultura, em que:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (\text{adimensional}) \quad (7)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo de desenvolvimento do feijoeiro compreendeu um período de 94 dias, desde o plantio (21.01.84) até a colheita. Foi dividido em três estádios de desenvolvimento, segundo Portes (1981) (Tabela 1).

Os dados relativos ao balanço hídrico local (Tabela 2) traduzem a alta demanda evaporativa a que a cultura esteve sujeita, praticamente ao longo de todo seu ciclo.

A cobertura vegetal atingiu a altura máxima (cerca de 45 cm) por volta do 50º dia do ciclo, quando também se observaram os maiores valores do I.A.F. (em torno de cinco).

A variação dos componentes do balanço hídrico ao longo do ciclo da cultura pode ser observada na Fig. 1, que caracteriza bem a situação em que a cultura foi conservada em termos de suprimento de água, procurando-se sempre não limitar a disponibilidade de água com a drenagem profunda mantida quase que todo o período em níveis mínimos. O armazenamento de água no volume de controle de solo variou em torno de 220 mm, porque a irrigação sempre era utilizada para suprir as necessidades hídricas quando a precipitação era insuficiente ou ausente.

Pela Fig. 2, observa-se a relação direta entre a altura do dossel, índice de área foliar e evapotranspiração, cujas curvas têm o mesmo comportamento, indicando que o movimento do

TABELA 1. Evolução do ciclo de desenvolvimento do feijoeiro com respectivos períodos correspondentes a cada fase de desenvolvimento e as datas relativas à coleta de dados.

| Data do plantio: 21.01.84 | | |
|---|------------------|-------------------|
| Fases de desenvolvimento | Período | Coleta de dados |
| Vegetativo | 22.01 a 02.03.84 | 29.02 e 01.03.84 |
| Florescimento | 03.03 a 24.03.84 | 05-06.09-10.03.84 |
| Enchimento de grãos | 12.03 a 30.03.84 | 19.03 e 20.03.84 |
| Data da maturação fisiológica: 09.04.84 | | |

TABELA 2. Dados de precipitação (P), irrigação (I), drenagem profunda (D), variação do armazenamento de água no solo (ΔA), evapotranspiração potencial da cultura (ET_c), evapotranspiração de referência (ET_o), e coeficiente de cultura (K_c), durante o ciclo da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivar Aroana-80, em intervalos de 10 dias, considerando um perfil do solo de 60 cm de profundidade.

| Período | P (mm) | I (mm) | D (mm) | ΔA (mm) | ET_c | | ET_o (mm) | K_c (mm) |
|---------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------|
| | | | | | período (mm) | diária (mm/dia) | | |
| 28.01 a 06.02 | 58,2 | 0 | -73,6 | -27,0 | 11,59 | 1,16 | 5,86 | 0,20 |
| 07.02 a 16.02 | 10,9 | 39,1 | -0,6 | +10,6 | 38,70 | 3,87 | 5,81 | 0,67 |
| 17.02 a 26.02 | 2,2 | 62,5 | 0,0 | -0,1 | 64,83 | 6,48 | 7,49 | 0,89 |
| 27.02 a 07.03 | 29,1 | 41,2 | 0,0 | -2,0 | 72,35 | 7,23 | 5,05 | 1,43 |
| 08.03 a 17.03 | 0 | 47,3 | 0,0 | +1,0 | 46,34 | 4,63 | 6,14 | 0,75 |
| 18.03 a 27.03 | 14,5 | 36,6 | -3,1 | +0,7 | 47,29 | 4,73 | 4,78 | 0,99 |
| 28.03 a 06.04 | 22,4 | 0 | +7,8 | -2,1 | 32,27 | 3,23 | 4,40 | 0,73 |
| 07.04 a 11.04 | 3,7 | 0 | 0 | -0,3 | 4,00 | 0,80 | 5,16 | 0,15 |
| Média | - | - | - | - | 39,67 | 4,01 | 5,56 | 0,73 |

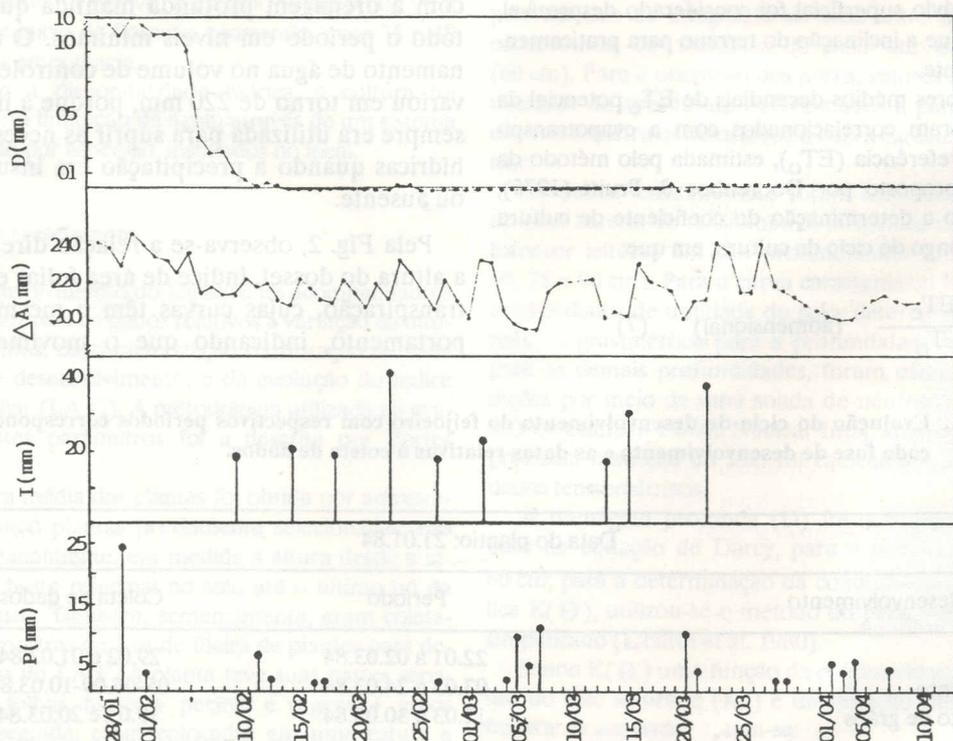


FIG. 1. Variação da drenagem profunda (D), do armazenamento de água no solo (ΔA), da precipitação (P) e da irrigação (I), ao longo do ciclo da cultura.

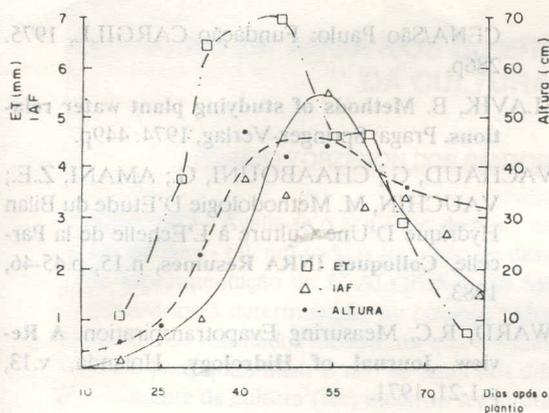


FIG. 2. Variação do índice de área foliar (I.A.F.), altura do dossel e evapotranspiração (ET) durante o ciclo da cultura.

dossel leva a uma elevação no volume de massa verde, acarretando um conseqüente aumento na taxa de evapotranspiração. A evapotranspiração média diária variou desde um valor mínimo de 0,8 mm, observados entre 15 a 20 dias do plantio e no período próximo à data da maturação fisiológica (07 a 11.04.84), quando o I.A.F. era de apenas 1,5 por efeito do amarelecimento e queda de folhas que caracterizam esta fase, até o valor máximo de 7,23 mm de 27.02 a 07.03.84, que corresponde ao final do estágio vegetativo e início do período de florescimento, marcado por altos valores de I.A.F., ou seja, uma grande superfície evaporante. Esta situação implica também o maior valor para o coeficiente de cultura, 1,43, um pouco maior do que o citado por Doorenbos & Pruitt (1975), de 1,2, para a cultura de feijão, no fim do estágio vegetativo, sob condições de alta demanda atmosférica. Os limites inferiores observados no valor de Kc são de 0,20 e 0,15, correspondendo, respectivamente, aos períodos inicial e final do ciclo de desenvolvimento do feijoeiro (Fig. 3).

Observou-se, ainda, uma redução repentina no valor de Kc (0,75) no período de 08 a 17.03.84, associado provavelmente a um período de alta demanda atmosférica e ausência de precipitação (P = 0), quando o suprimento de água por irrigação não se mostrou suficiente para manter a situação ideal, ou seja, sem limitação hídrica.

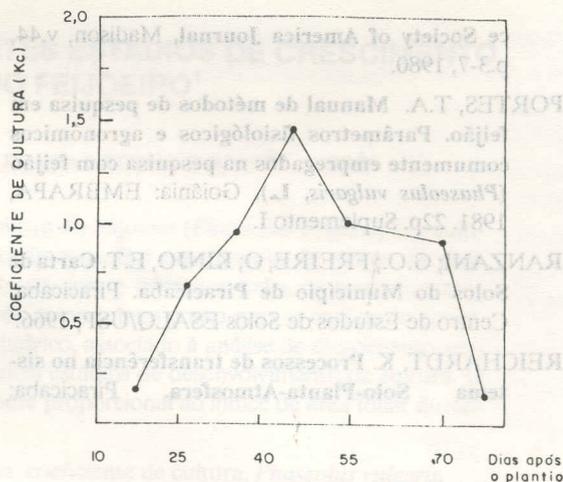


FIG. 3. Coeficiente de cultura (k_c) nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

CONCLUSÕES

1. O balanço hídrico é um instrumento eficiente na caracterização do consumo de água para as diversas fases da cultura, desde que as limitações do método sejam respeitadas.
2. A associação de dados do balanço hídrico e a análise de crescimento mostraram-se correlacionadas em todo o ciclo da cultura, que foi conduzida praticamente sem restrição de umidade.
3. O coeficiente de cultura (Kc) variou de 0,15 a 1,43, resultados próximos dos de alguns trabalhos já existentes.

REFERÊNCIAS

- BRUTSAERT, W. *Evaporation into the atmosphere*. Holanda: D. Reidel, 1982. 299p.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Crop water requirements*. Roma: FAO, 1975. 179 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).
- HILLEL, D. *Solo e Água, Fenômenos e Princípios Físicos*. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRS, 1970. 231p.
- LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Simple field method for estimating soil hydraulic conductivity. *Soil Sci-*

- ce *Society of America Journal*, Madison, v.44, p.3-7, 1980.
- PORTES, T.A. **Manual de métodos de pesquisa em feijão. Parâmetros fisiológicos e agrônômicos comumente empregados na pesquisa com feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. Goiânia: EMBRAPA, 1981. 22p. Suplemento I.
- RANZANI, G.O.; FREIRE, O; KINJO, E.T. **Carta de Solos do Município de Piracicaba**. Piracicaba: Centro de Estudos de Solos ESALQ/USP, 1966.
- REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema Solo-Planta-Atmosfera**. Piracicaba: CENA/São Paulo: Fundação CARGILL, 1975. 286p.
- SLAVIK, B. **Methods of studying plant water relations**. Praga: Springer-Verlag, 1974. 449p.
- VACHAUD, G.; CHAABOUNI, G.; AMANI, Z.E.; VAUCHIN, M. **Methodologie D'Etude du Bilan Hydrique D'Une Culture à L'Echelle de la Parcelle**. *Colloques INRA Resumes*, n.15, p.45-46, 1983.
- WARD, R.C. **Measuring Evapotranspiration. A Review Journal of Hidrology**, Holanda, v.13, p.1-21, 1971.