

BALANÇO DE ÁGUA NA CULTURA DO FEIJÃO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO¹

PEDRO MARQUES DA SILVEIRA e LUIZ FERNANDO STONE²

RESUMO - O balanço de água em feijão foi estudado num Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura franco-argilosa, através da equação: $ET_a = P - ES \pm D \pm \Delta A$. A variação do armazenamento de água do solo (ΔA) foi medida, a partir da integração dos valores de conteúdo diário de água, até 0,60 m de profundidade. A drenagem interna (D) foi estimada com base na equação de DARCY, que descreve o fluxo de água em um perfil do solo. O escoamento superficial (ES) foi determinado utilizando-se parcelas de escoamento. A precipitação (P) foi determinada através de pluviômetro. A evapotranspiração atual (ETa) foi calculada por subtração dos demais termos da equação. Determinou-se, também, a evaporação do tanque Classe A (Eo). No período estudado (75 dias), P, ES, D, ETa e Eo atingiram os totais de, respectivamente, 281,80; 19,30; 40,15; 220,47 e 358,07 mm de água. De acordo com os totais de água, a Eo foi 1,3P, e a ETa, D e Es foram 0,62; 0,11 e 0,05 Eo, respectivamente. Nos diversos estádios de desenvolvimento da planta, a ETa foi 3,2; 3,2 e 1,7 mm/dia ou 0,62; 0,77 e 0,38 Eo, respectivamente, nos estádios da germinação ao início da floração, floração e do desenvolvimento de vagens à maturação.

Termos para indexação: balanço de água, feijão, Latossolo Vermelho-Amarelo, evapotranspiração.

FIELD WATER BALANCE IN BEANS ON A RED-YELLOW LATOSOL

ABSTRACT - Field water balance in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) was studied on a clay loam Red-Yellow Latosol by the equation: $ET_a = P - ES \pm D \pm \Delta A$. Soil water storage (ΔA) calculated down to 0.60 m depth. Internal drainage (D) was estimated based on Darcy's equation which describes water flux in a soil profile. Runoff (ES) was determined using runoff plots. Rainfall (P) was measured with a raingauge. Actual evapotranspiration (ETa) was evaluated by subtraction using the above equation. Evaporation of the Classe A tank (Eo) was also measured. During the 75 day period of this study, the values of P, ES, D, ETa and Eo were 281.80; 19.30; 40.15; 220.47 and 358.07 mm of water, respectively. From the above values Eo was found to be 1.3P, ETa, D and ES were 0.62, 0.11 and 0.05 Eo, respectively. During the periods of germination to flowering, flowering and pod development to maturation, ETa was 3.2; 3.2 and 1.7 mm/day or 0.62; 0.77 and 0.38 Eo, respectively.

Index terms: water balance, beans, Red-Yellow Latosol, evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

A camada superficial do solo é de inestimável importância no ciclo hidrológico. É nela que ocorre a interação entre a água da atmosfera e a água subterrânea, através dos processos de evapotranspiração, transpiração, precipitação pluvial e artificial, escoamento superficial e drenagem profunda. Esta camada sustenta, ainda, todas as atividades agrícolas exercidas pelo homem, para as quais a água é o recurso natural mais limitante (Pereira et al. 1974).

A planta em crescimento transpira uma grande quantidade de água que é extraída do solo. Em solos bem drenados, com baixa capacidade de retenção de água, como aqueles de textura arenosa, poderá observar-se uma baixa produção das cultu-

ras, ocasionada pelo baixo nível de água nos solos. A necessidade de água pelas plantas é maior nas regiões quentes e secas, onde a demanda evaporativa da atmosfera é maior. O aumento excessivo de transpiração diminui o conteúdo de água disponível no solo e, caso haja deficiência de chuva, poderão ocorrer dias de "stress" de água. Por intermédio do balanço de água no solo, é possível determinar dias de "stress" ou períodos no qual a cultura dentro do seu ciclo necessita de água e, ainda mais, quantificar tal necessidade, avaliando a deficiência de chuvas em relação às exigências de água pela planta.

O balanço é uma exposição detalhada de todas as entradas, saídas e variações da água ocorridas num dado volume de solo, da superfície até uma profundidade definida e durante um intervalo de tempo específico (Hillel 1972, Baver et al. 1972). Este balanço de água é estabelecido pela seguinte equação de conservação de massa:

$$P + I - ES - E - T \pm D = \pm \Delta A \pm \Delta V$$

¹ Aceito para publicação em 16 de fevereiro de 1979.

² Eng.º Agr.º, M.Sc. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) - EMBRAPA, Caixa Postal 179, CEP 74.000 - Goiânia, GO.

onde P é precipitação; I é água aplicada por irrigação; ES é escoamento superficial; E é evaporação do solo; T é transpiração da planta; D é drenagem abaixo da zona radicular ou percolação profunda; ΔA é a variação do armazenamento de água no solo; ΔV é a variação do armazenamento de água na planta. Dependendo da precisão com que se obtenham os parâmetros do balanço, pode-se ter uma boa estimativa do comportamento da água no solo. A drenagem abaixo da zona radicular (D), a variação do armazenamento de água no perfil do solo (ΔA) e a variação do armazenamento de água na planta (ΔV) podem ser positivas ou negativas.

Devido à dificuldade de se medir a drenagem profunda, alguns físicos do solo a consideram desprezível (Wilcox 1960, Hillel 1972). Tal afirmativa era justificada com base no conceito de "capacidade de campo", que tem sido definida como o conteúdo de água de um perfil de solo, inicialmente saturado, após 24 ou 48 horas de drenagem. Assim, considera-se que a subsequente drenagem vertical, após aquele tempo, "virtualmente cessava" ou tornava-se muito pequena. Portanto, se uma irrigação fosse feita com o simples propósito de preencher a deficiência de água de um solo até a "capacidade de campo", não se teria uma essencial drenagem (Hillel 1972). Gardner et al. (1970) e Baver et al. (1972) afirmaram que o processo de drenagem, após uma irrigação, ocorre por muitos dias, mesmo em taxa reduzida gradualmente com o tempo. Logo, uma simples definição de "capacidade de campo", dependendo das condições de retenção de água do solo, não é possível. Carvalho et al. (1975) afirmaram que o processo de percolação pode ser bidirecional e que a drenagem pode constituir 20% ou mais do balanço de água. Eles indicaram que, ao contrário de ser considerado desprezível, o processo de drenagem deve ser

determinado e controlado, se se deseja aumentar a eficiência do manejo de água.

Pereira et al. (1974) demonstraram, também, a importância da drenagem profunda quando obtiveram valores deste componente de, aproximadamente, 30 a 35% do total das perdas em um balanço hídrico feito em duas culturas de café.

O propósito do presente estudo resumiu-se em quantificar os componentes do balanço de água para a cultura do feijão em Latossolo Vermelho-Amarelo, determinando, desta maneira, necessidades hídricas da cultura durante o seu desenvolvimento vegetativo, e relacioná-los com o tanque de evaporação Classe A, como meio de fornecer informações para o manejo solo-água da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, em Goiânia, Goiás, num Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-argilosa, apresentando uma declividade da ordem de 5%.

Os valores médios mensais de precipitação, umidade relativa, temperaturas máxima e mínima registrados durante o período experimental (fevereiro a maio de 1977) e normais de 30 anos, para o mesmo período, são mostrados na Tabela 1.

O plantio foi executado no dia 15.2.77, utilizando-se a cultivar Tambó, numa densidade de dez a doze plantas/metro linear e com 5 m de espaçamento entre linhas de plantio. A área total plantada foi de 0,2 ha.

O balanço de água foi determinado, partindo da equação

$$P + I - ES - E - T \pm D = \pm \Delta A \pm \Delta V$$

Não se forneceu água por irrigação, eliminando-se, dessa forma, o termo I da fórmula. A variação

TABELA 1. Valores médios mensais de precipitação, umidade relativa, temperaturas máxima e mínima registradas durante o período experimental (fevereiro a maio de 1977) e normais de 30 anos para o mesmo período.

Parâmetro Meteorológico	fevereiro		março		abril		maio	
	1977	normal	1977	normal	1977	normal	1977	normal
Precipitação (mm)	152,0	210,4	85,4	193,0	110,0	110,2	124,0	29,6
Umidade Relativa (%)	71,0	81,6	67,0	82,3	70,0	77,9	66,0	72,2
Temp. Máxima (°C)	30,1	29,2	31,9	29,4	29,7	29,4	28,0	28,8
Temp. Mínima (°C)	19,3	18,2	20,1	18,0	19,3	16,0	15,9	12,9

do conteúdo de água na planta (ΔV) foi desprezada, por ser considerada muito pequena, não influenciando, praticamente, na equação (Castro 1976). Os termos evaporação do solo (E) e transpiração da planta (T) foram agrupados em ETa, evapotranspiração atual, calculada por subtração $ETa = P - ES \pm D \pm \Delta A$, equação final usada neste trabalho para calcular o balanço de água.

A precipitação (P) foi determinada com o auxílio de um pluviômetro instalado no local do ensaio. O escoamento superficial (ES) foi medido em três parcelas de escoamento de 3,5 x 7 m localizadas dentro da área experimental. O armazenamento de água no perfil do solo (A) foi calculado integrando valores de conteúdo de água até 0,60 m de profundidade. Os dados de umidade do solo foram determinados gravimetricamente. As amostras de solo foram coletadas diariamente nos intervalos de profundidade de 0 - 15 cm, 15 - 30 cm, 30 - 45 cm e 45 - 60 cm. Transformou-se a umidade do solo de % peso seco para % volume, multiplicando-se a % peso seco pela densidade aparente (global) correspondente a cada intervalo de profundidade.

A variação diária do armazenamento de água no perfil do solo é ΔA . A Tabela 2 apresenta os valores da umidade do solo e vários potenciais matriciais, nas quatro profundidades.

TABELA 2. Valores médios da umidade do solo a vários potenciais matriciais, em quatro profundidades.

Potencial Matricial (atm)	Umidade Volumétrica (cm ³ . cm ⁻³)			
	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm
15,0	0,1493	0,1526	0,1487	0,1577
10,0	0,1362	0,1434	0,1326	0,1550
8,0	0,1598	0,1575	0,1509	0,1555
6,0	0,1609	0,1600	0,1526	0,1630
4,0	0,1675	0,1627	0,1567	0,1626
2,0	0,1772	0,1723	0,1630	0,1677
1,5	0,1820	0,1720	0,1565	0,1707
0,8	0,1792	0,1761	0,1662	0,1723
0,6	0,1992	0,1874	0,1772	0,1809
0,4	0,2042	0,1921	0,1902	0,1797
0,1	0,3379	0,3085	0,2803	0,2686

A drenagem interna (D) foi estimada com base na equação geral que descreve o fluxo de água em um perfil do solo (Darcy 1856) e pode ser descrita como:

$$D = K(\theta) \left[\frac{\partial H}{\partial Z} \right]_{Z_r}$$

onde $K(\theta)$ é a condutividade hidráulica do solo e $\left[\frac{\partial H}{\partial Z} \right]_{Z_r}$ é o gradiente de potencial total da água operado através do plano Z_r .

A condutividade hidráulica foi determinada pelo método de Hillel et al. (1972 b). A relação entre a condutividade hidráulica e a umidade do solo em questão é $K = 10^{-8,01559 + 31,24924\theta}$ para a profundidade de 60 cm de solo (Stone & Silveira 1977).

O potencial total de água (H) foi obtido pela soma do potencial matricial (h) com o potencial gravitacional (Z). O potencial gravitacional é igual à profundidade. O potencial matricial foi obtido através das curvas de retenção de água do solo para as profundidades de 0 - 15 cm, 15 - 30 cm, 30 - 45 cm e 45 - 60 cm, a partir dos valores do conteúdo diário de água.

O quociente de diferença de dois potenciais totais de água, em duas profundidades, um a Z_r e o outro em nível inferior, pela diferença entre estas profundidades, foi considerado como o gradiente de potencial total da água em Z_r .

Através do produto de condutividade hidráulica não saturada pelo gradiente de potencial total de água, ambos os termos obtidos diariamente, tem-se o valor da drenagem diária ocorrida.

Os parâmetros da equação do balanço de água foram expressos em mm de água. O valor de Z_r considerado foi 60 cm de profundidade no solo. O intervalo de tempo utilizado foi em base semanal, calculando-se e somando-se o uso diário de água. O balanço iniciou-se no dia 21 de janeiro de 1977 e terminou no dia 6 de maio de 1977, perfazendo um total de 75 dias. Durante todo o período de estudo, mediu-se a evaporação da água (E_o) com o auxílio do tanque Classe A.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, encontram-se os resultados em mm de água da precipitação (P), escoamento superficial (ES), drenagem profunda (D), evapotranspiração atual (ETa), evaporação do tanque (E_o) e variação do armazenamento de água no solo (ΔA). Os resultados foram agrupados em períodos de se-

TABELA 3. Valores em mm de água da precipitação (P), escoamento superficial (ES), drenagem profunda (D), evapotranspiração atual (ETa), evaporação do tanque (Eo) e variação do armazenamento de água (ΔA) durante o período de estudo.

Período	Data	P	ES	D	ETa	Eo	ΔA
1	21.2-27.2.78	57,00	8,00	4,63	23,10	34,33	21,27
2	28.2- 6.3.78	32,00	1,00	2,20	23,80	35,64	5,00
3	7.3-13.3.78	0,00	0,00	0,00	21,70	41,24	-21,70
4	14.3-20.3.78	23,80	0,00	0,00	23,80	38,71	0,00
5	21.3-27.3.78	44,00	5,40	14,44	21,00	32,57	3,16
6	28.3- 3.4.78	17,00	0,00	4,57	21,70	34,02	-9,27
7	4.4-10.4.78	47,00	0,00	8,70	24,50	27,04	13,8
8	11.4-17.4.78	48,00	4,90	3,93	24,01	30,76	15,16
9	18.4-24.4.78	0,00	0,00	0,00	16,13	27,23	-16,13
10	25.4- 1.5.78	0,00	0,00	0,00	9,23	34,78	-9,23
11	2.5- 6.5.78	13,00	0,00	1,68	11,50	21,25	-0,18
Total		281,80	19,30	40,15	220,47	358,07	

te dias, com exceção do último período que foi de cinco dias, calculando-se e somando-se o uso diário de água a partir do dia 21.1.77 (germinação e 6.5.77 (colheita).

Verifica-se pela Tabela 3, que, durante o estudo, a precipitação (P), escoamento superficial (ES), drenagem interna (D), evapotranspiração atual (ETa) e evaporação do tanque (Eo) atingiram os totais de, respectivamente, 281,80; 19,30; 40,15; 220,47 e 358,07 mm de água. De acordo com os totais de água, a Eo foi 1,3P e a ETa, D e ES foram 0,62; 0,11; e 0,05 Eo, respectivamente. Nota-se que o valor da drenagem profunda é relativamente alto, ou seja, 11% da evaporação do tanque. De acordo com Carvalho et al. (1975) e Pereira et al. (1974) este valor não pode ser desprezado em estudos de balanço de água, quando se deseja aumentar a eficiência do uso de água.

A Fig. 1 mostra os valores diários cumulativos de P, ES, D, ETa, Eo e precipitação normal (média de 30 anos) para o período de estudo.

A precipitação ocorrida durante o período de estudo foi 22,1% menor que a precipitação normal para a mesma época.

A distribuição dos estádios de desenvolvimento da cultura durante os 75 dias em que se realizou o balanço de água foi de 36 dias para o estádio da germinação ao início da floração, 24 para o de floração e quinze para o do desenvolvimento de vagens à maturação. A evapotranspiração atual foi 3,2; 3,2 e 1,7 mm/dia ou 0,62, 0,77 e

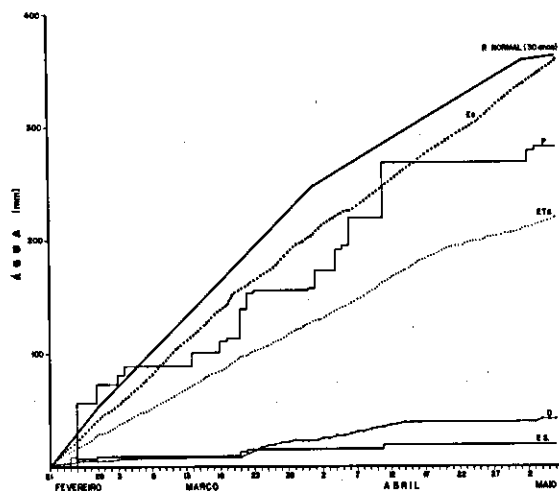


FIG. 1. Valores diários cumulativos em mm de água de precipitação (P), escoamento superficial (ES), drenagem profunda (D), evapotranspiração atual (ETa), evaporação do tanque Classe A (Eo) e precipitação normal (média de 30 anos) para o período de estudo.

0,38 Eo, respectivamente, nos estádios da germinação ao início de floração, floração, e do desenvolvimento de vagens à maturação.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, condicionados pelos fatores climáticos e edafológicos que envolveram o presente estudo são os seguintes:

1. Os valores de precipitação (P), escoamento superficial (ES), drenagem interna (D), evapo-

transpiração atual (ET_a) e evaporação do tanque Classe A (E_o) atingiram os totais de, respectivamente, 281,80; 19,30; 40,15; 220,47 e 358,07 mm de água;

2. De acordo com os totais de água, a evaporação do tanque (E_o) foi 1,3P, a evapotranspiração atual (ET_a), a drenagem interna (D) e o escoamento superficial (ES) foram, respectivamente, 0,62; 0,11 e 0,05 E_o.

3. A evapotranspiração atual média diária foi de 3,2; 3,2 e 1,7 mm de água, respectivamente, nos estádios da germinação ao início da floração, floração, e do desenvolvimento de vagens à maturação.

4. A evapotranspiração atual (ET_a) foi 0,62; 0,77; e 0,38 E_o, respectivamente, nos estádios da germinação ao início de floração, floração e do desenvolvimento de vagens à maturação.

REFERÊNCIAS

- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Soil physics. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1972.
- CARVALHO, H.O. & AZEVELO, H.M. de. Determinação da condutividade hidráulica não saturada, baseada na curva de retenção de água do solo. Fortaleza, III SENIR/MINTER/ABID/DNOCS, 1975. Citado por Castro, 1976.
- CASTRO, L.L.F. de. Balanço de água em Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumach) sob diferentes regimes de irrigação. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1976. 70 p.
- DARCY, H. Les fontaines publique de la Ville de Dijon. Paris, Victor Dalmont, 1856. 592 p.
- GARDNER, W.R. HILLEL, D. & BENYAMINI, Y. Post-irrigation movement of soil water. II - Simultaneous redistribution and evaporation. Water Resour. Res., Washington, 6:1145-53, 1970.
- HILLEL, D. The field water balance and use efficiency. In: Optimizing the soil environment toward greater crop yields. New York, Academic Press, 1972. p. 79-100.
- . KREBOS, V.D. & STYLIANOV, Y. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics *in situ*. Soil Sci., 114:395-400, 1972 b.
- PEREIRA, A.R.; BARROS, E.S.F.; REICHARDT, K. & LIBARDI, P.L. Estimativa da evapotranspiração e da drenagem profunda em cafezais cultivados em solos Podzolizados Lins e Marília. Piracicaba, -ESALQ/CENA, 1974. 13 p.
- STONE, L.F. & SILVEIRA, P.M. da. Condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho-Amarelo. Goiânia, CNPAF/EMBRAPA, 1977. 18 p. Prelo.
- WILCOX, J.C. Rate of soil drainage following an irrigation. II. Effects of determination of rate of consumptive use. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 40:15-27, 1960.