

BALANÇO DE ÁGUA EM SOLO CULTIVADO COM PASTAGENS NO AGRESTE PERNAMBUCANO

*Renan Almeida Brito da Silva*¹; *José Romualdo de Sousa Lima*²; *Antonio C. Dantas Antonino*³;
*Patrícia Sousa de Sales Gondim*¹; *Edevaldo Miguel Alves*⁴; *Eduardo Soares de Souza*⁵ & *Apolo*
*Alves Ribeiro*⁶

RESUMO – Com o objetivo de determinar a evapotranspiração, bem como os outros componentes do balanço hídrico (precipitação pluvial, variação do armazenamento de água no solo, drenagem profunda e/ou ascensão capilar) num Neossolo Regolítico cultivado com pastagens, foram instalados sensores para a medição da umidade do solo nas profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm e um pluviômetro automático na Fazenda Riacho do Papagaio em São João-PE (latitude 6°58'12" S, longitude 35°42'15" O, altitude: 620 m). Além disso, foram coletadas amostras para a determinação da curva de retenção e realizados ensaios de infiltração para a determinação da condutividade hidráulica do solo. Verificou-se que a variação do armazenamento de água no solo seguiu as variações da precipitação pluvial e que o fluxo de água no solo foi sempre negativo, ou seja, drenagem profunda, com valor total de -103,14 mm. Já a evapotranspiração foi mais elevada nos períodos de maior disponibilidade hídrica, com um valor médio de 1,2 mm d⁻¹, e valor total de 325,0 mm.

ABSTRACT– In order to determine the evapotranspiration and other water balance components (rainfall, variation of soil water storage, deep drainage and / or capillary rise) in Entisol cultivated with pastures, were installed sensors to measure soil moisture at 10, 20, 30 and 40 cm depths and an automatic rain gauge in Farm “Riacho do Papagaio” located in the municipality of São João, Pernambuco State (latitude 6°58'12" S, longitude 35°42'15" O, altitude: 620 m). In addition, samples were collected for determination of retention curve and were conducted infiltration tests to determination of the soil hydraulic conductivity. The results show that the variations of soil water storage followed the variations in rainfall and that the flow of water in the soil was always negative, i.e. deep drainage, with total value of -103.14 mm. The evapotranspiration was higher in the periods of increased water availability, with the average value of 1.2 mm d⁻¹, and a total value of 325.0 mm.

Palavras-Chave – evapotranspiração, umidade do solo, drenagem profunda.

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola, UAG/UFRPE. Av. Bom Pastor S/N, Boa Vista, 55292-270, Garanhuns-PE. (87) 3761-0882, britaas@yahoo.com.br, patricia.s.gondim@hotmail.com

² Professor Adjunto da UAG/UFRPE. Av. Bom Pastor S/N, Boa Vista, 55292-270, Garanhuns-PE. (87) 3761-0882, romualdo@uag.ufrpe.br

³ Professor Associado do DEN/UFPE. Av. Prof. Luiz Freire, 1000, Cidade Universitária, 50740-540, Recife-PE. (81) 2126-7973, acda@ufpe.br

⁴ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, CTG/UFPE, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50670-901, edevaldofisica@gmail.com

⁵ Professor Adjunto da UAST/UFRPE. Fazenda Saco S/N, Caixa Postal 063, Serra Talhada-PE. (87) 3831-2206, eduardosouza@uast.ufrpe.br

⁶ Graduando em Agronomia, UAG/UFRPE. Av. Bom Pastor S/N, Boa Vista, 55292-270, Garanhuns-PE. (87) 3761-0882, apolo_alves@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

No Agreste Meridional de Pernambuco a busca para aumentar a produtividade dos rebanhos de gado bovino, ovino e caprino é cada vez mais presente, obrigando cada vez mais os produtores a ter pastagens de alta qualidade e bem manejadas, permitindo satisfazer as demandas alimentares dos rebanhos. Entretanto essa atividade possui riscos econômicos e ambientais relativamente altos, adjuntos aos vários fatores essenciais à planta, ao solo, ao clima e a economia.

Na região nordeste do Brasil, e consequentemente no Agreste Meridional Pernambucano, um dos fatores que mais afetam a produtividade das pastagens, devido a sua elevada variabilidade, é a precipitação pluvial. No entanto, apenas os dados de precipitação pluvial não são suficientes para se prever a quantidade de água disponível no solo para as culturas, uma vez que esses nos dizem tão somente a entrada de água no solo. Faz-se necessário conhecer também as perdas de água do solo, quer seja, as perdas relacionadas à evapotranspiração, quer seja às relacionadas com a drenagem e com o escoamento superficial, ou seja, é necessário realizar o balanço hídrico no solo.

O balanço hídrico é uma ferramenta que possibilita avaliar a intensidade das saídas e entradas de água no solo e, por conseguinte, permite definir os períodos mais prováveis de déficit hídrico para a cultura, sendo que sua importância está relacionada não só ao conhecimento dos fatores que o compõem (evapotranspiração, precipitação, drenagem interna ou ascensão capilar) como, também, ao conhecimento das características da planta, principalmente da sua fenologia, que representa o ponto de partida para a interpretação coerente dos resultados do balanço (Cintra *et al.*, 2000).

O balanço hídrico é o monitoramento e a contabilidade das quantidades de água que entram e que saem de uma determinada camada de solo que vai da superfície até uma profundidade L. Através do balanço hídrico podem-se estabelecer critérios para a drenagem ou irrigação de um solo. O método do balanço hídrico do solo é satisfatório na determinação da evapotranspiração de culturas, visto que contabiliza as entradas e saídas de água no volume de controle e indica o volume de água que permanece no solo para atender às necessidades metabólicas das plantas (Reichardt e Timm, 2004).

O método do balanço de água tem quatro características básicas que são: 1) pode ser avaliado por outro sistema do ciclo hidrológico, para qualquer área, e qualquer período de tempo; 2) serve para avaliar se todos os fluxos e componentes armazenados envolvidos têm sido considerados quantitativamente; 3) calcula um dos componentes desconhecido do balanço, desde que os outros componentes sejam conhecidos com suficiente exatidão e 4) pode ser apreciado com um modelo do processo hidrológico completo em estudo, isto é, pode ser usado para predeterminar que efeito

impõe a troca sobre certos componentes, que terão sobre outro componente do sistema ou subsistema (Rivero Yujra, 2001).

O balanço hídrico é uma ferramenta importante para o manejo racional dos recursos hídricos, pois permite, quando realizado em condições de campo, o acompanhamento das relações hídricas durante as diferentes fases fenológicas da cultura (Oliveira *et al.*, 2010).

A utilização do balanço hídrico como método para estimar a demanda hídrica de pastagens, baseando-se nas quantidades e disponibilidades hídricas da região agroclimática, é de suma importância para um planejamento agrícola adequado, assim diminuindo os riscos, de modo a propiciar condições para a obtenção de elevados rendimentos.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo empregar a metodologia do balanço hídrico para a determinação do consumo de água em pastagens na microrregião de Garanhuns-PE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização, clima e solo da área experimental

As medidas para a realização do balanço hídrico foram efetuadas numa área de 23 há cultivada com Braquiária decumbens Stapf, na fazenda Riacho do Papagaio, em São João-PE, na mesorregião do Agreste Meridional do estado de Pernambuco (8° 52' 30'' S e 36° 22' 00'' O, com 705 m de altitude). O clima predominante na região é o As', que equivale a um clima quente e úmido, conforme classificação de Köppen (Fundação de Informações para o Desenvolvimento de Pernambuco, 1982). O período chuvoso começa no outono/inverno tendo início em dezembro/janeiro e término em setembro. A precipitação média anual é de 1.310 mm. O solo da área é classificado como Neossolo Regolítico (EMBRAPA, 2006).

Foi realizada a caracterização física do solo (Tabela 1) nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, constando de análise granulométrica, densidade (Ds) e porosidade total (PT) do solo, de acordo com EMBRAPA (1997).

Tabela 1 – Caracterização física do solo da área experimental

Camada	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Ds (kg dm ⁻³)	PT (m ³ m ⁻³)
0-20 cm	87,66	8,82	3,53	1,69	0,361
20-40 cm	81,65	12,03	6,33	1,74	0,342
40-60 cm	76,41	16,21	7,38	1,77	0,332

2.2 Determinação do balanço hídrico

O estudo dos componentes do balanço hídrico foi realizado durante o período de 01/03/2011 a 30/11/2011.

Para a determinação do balanço hídrico foram instalados sensores automatizados para medição da umidade volumétrica do solo (modelo CS 615 da Campbell Scientific) nas profundidades de 10, 20, 30, 40, e 50 cm. As leituras de cada sensor foram realizadas a cada minuto com o valor de cada trinta minutos armazenado num sistema de aquisição de dados CR 1000 (Campbell Scientific).

O balanço hídrico em determinado volume de solo, num certo período de tempo (Lima *et al.*, 2005), é descrito pela equação:

$$\Delta A = P + I + AC - D \pm R - ET \quad (1)$$

A partir da equação do balanço hídrico (equação 1), a evapotranspiração da cultura (ET) foi obtida por:

$$ET = P + I + AC - D \pm R - \Delta A \quad (2)$$

sendo, ΔA a variação de armazenamento de água no perfil de solo (mm); P a precipitação pluvial (mm); I a irrigação (mm); AC a ascensão capilar (mm); D a drenagem profunda (mm) e R o escoamento superficial (mm).

O termo irrigação foi nulo, pois o trabalho foi realizado em condições de sequeiro. Considerou-se que não houve escoamento superficial de água, devido o solo apresentar declive suave e serem naturalmente bem drenados. A precipitação pluvial foi monitorada por meio de um pluviógrafo automatizado instalado numa torre no centro da área.

O armazenamento acumulado de água no solo foi calculado pela regra do trapézio, considerando-se que as medidas foram realizadas em intervalos igualmente espaçados, desde a superfície ($z = 0$) até a profundidade de interesse ($z = L$) (Lima *et al.*, 2005), por meio da equação:

$$A_L = \int_0^L \theta(z) dz = \left[0,50\theta(z_0) + \sum_{i=1}^{n-1} \theta(z_i) + 0,50\theta(z_n) \right] \Delta z \quad (3)$$

sendo θ a umidade volumétrica do solo.

A variação no armazenamento de água no perfil de solo (ΔA) foi determinada pela diferença dos valores de umidade volumétrica do solo obtidos do perfil nos tempos inicial e final de cada período considerado, sendo expressa pela seguinte equação:

$$\Delta A = [\theta_{(f)} - \theta_{(i)}] L = A_f - A_i \quad (4)$$

sendo A_f e A_i os armazenamentos acumulados de água final e inicial, respectivamente.

O fluxo de água através da base do perfil de solo estudado (drenagem profunda ou ascensão capilar) foi estimado com base na equação de Darcy – Buckingham:

$$q = -K(\theta) \nabla \phi_t \quad (5)$$

sendo $K(\theta)$ a condutividade hidráulica não saturada e $\nabla \phi_t$ o gradiente de potencial total na direção vertical.

Os dados experimentais das curvas de retenção da água no solo foram ajustados por intermédio da equação proposta por van Genuchten (1980):

$$\theta(h) = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \cdot \left[1 + (\alpha \cdot h)^n \right]^{-m} \quad \text{com } m = 1 - \frac{2}{n} \quad \text{Burdine (1953)} \quad (6)$$

sendo θ_s a umidade volumétrica saturada do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_r a umidade volumétrica residual ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); h o potencial matricial (cm); α representa o inverso da pressão de borbulhamento (cm^{-1}) a partir da qual a água começa a ser drenada do solo previamente saturado; n e m são parâmetros de ajuste da equação.

A condutividade hidráulica não saturada, $K(\theta)$, foi obtida por intermédio da equação de Brooks e Corey (1964).

$$K(\theta) = K_s \left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^\eta \quad (7)$$

sendo K_s a condutividade hidráulica saturada do solo e η um parâmetro de ajuste da equação.

Para estimar a condutividade hidráulica saturada do solo (K_s) realizaram-se ensaios de infiltração com infiltrômetro de anel simples com 15 cm de diâmetro na superfície e nas profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm, utilizando-se o método proposto por Haverkamp *et al.* (1994). Este método consiste em anotar o tempo em que volumes constantes de água levam para infiltrar no solo, sendo que esses volumes de água podem variar de 70 a 250 ml dependendo da taxa de infiltração, a fim de evitar uma carga hidráulica e conseqüente fluxo forçado no solo. A infiltração acumulada é obtida calculando-se a razão entre o volume acumulado e a área do infiltrômetro de anel ($A = 176,71 \text{ cm}^2$).

Haverkamp *et al.* (1994) propuseram a seguinte equação para a infiltração acumulada para tempos longos:

$$I_{3D} = \left(K_s + \frac{\gamma \cdot S_o^2}{r \cdot \Delta \theta} \right) \cdot t + \frac{S_o^2}{2 \cdot (K_s) \cdot (1 - \beta c)} \cdot \ln \left(\frac{1}{\beta c} \right) \quad (8)$$

sendo r o raio do disco, K_s a condutividade hidráulica saturada, S_o a sorvidade, $\Delta\theta$ a variação de umidade, β_c uma constante no intervalo ($0 < \beta_c < 1$) (Haverkamp *et al.*, 1994) e γ uma constante teórica, cujo valor é igual a 0,75.

A condutividade hidráulica saturada (K_s) do solo foi obtida por intermédio do ajuste, da equação (8), aos dados da infiltração acumulada em função do tempo por meio da subrotina DBCONF da IMSL (IMSL, 1989).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 é apresentada a evolução diária da precipitação pluvial e da umidade volumétrica do solo nas profundidades de 10, 20, 30, e 40 cm, durante o período de 01/03/2011 a 30/11/2011.

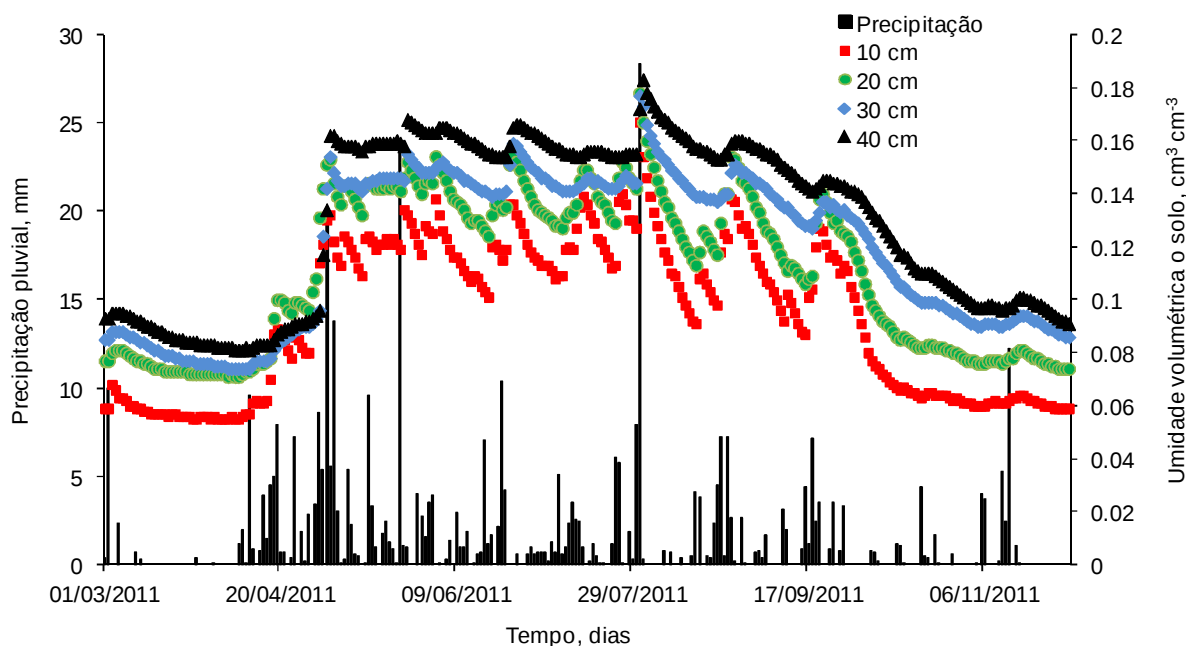


Figura 1 – Precipitação pluvial e umidade volumétrica do solo durante o período de 01/03/2011 a 30/11/2011 em São João - PE

Observa-se para o período estudado que a umidade volumétrica do solo seguiu as variações da precipitação pluvial. A quantidade de água precipitada na área experimental, durante o período citado acima, foi de 427,7 mm. Vê-se, ainda, que as profundidades mais superficiais tiveram maiores variações na umidade volumétrica, em relação as mais profundas (30 e 40 cm), provavelmente, devido a sua posição em relação às demais; pois, por ser superficial, sofre maior influência de fatores como precipitação, vento, umidade relativa do ar, exploração pelas raízes da brachiária e a radiação solar, entre outros, que contribuem para a entrada e saída da água nestas camadas. A profundidade de 40 cm foi a que apresentou os maiores valores de umidade volumétrica, e a de 10 cm os menores valores.

A evolução do fluxo de água na base do perfil de solo, ascensão capilar ou drenagem profunda, é apresentada na Figura 2.

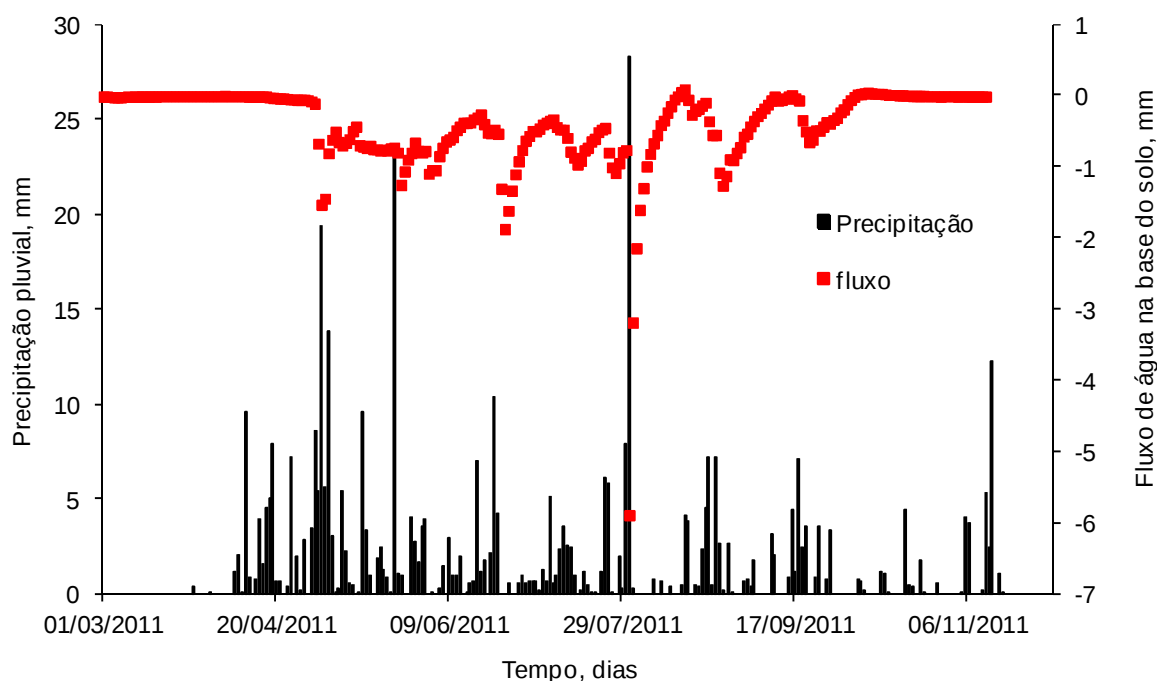


Figura 2 – Precipitação pluvial e fluxo de água no solo durante o período de 01/03/2011 a 30/11/2011 em São João - PE

Observa-se que o fluxo de água no solo, como esperado, seguiu as variações da precipitação pluvial, ocorrendo valores negativos (drenagem profunda) quando ocorreram precipitações elevadas, por exemplo, no dia 31/07/2011 choveu 28,3 mm e ocorreu um fluxo de drenagem de -5,9 mm. Isso se explica devido à textura desse solo ser muito arenosa (Tabela 1). Por outro lado, nos períodos de menor umidade volumétrica e precipitações (Figura 1), que correspondeu ao início e final do período experimental (meses de março-abril e outubro-novembro), ocorreu fluxo de drenagem muito pequeno, praticamente nulo, e em alguns dias, fluxo positivo, ou seja, ascensão capilar.

O balanço hídrico foi realizado até a profundidade de 40 cm, uma vez que a totalidade do sistema radicular da brachiária se encontrava nessa profundidade.

O período de estudo dos componentes do balanço hídrico do solo (01/03/2011 a 30/11/2011) totalizou 275 dias, o qual foi subdividido em 18 subperíodos, conforme Tabela 2. A Figura 3 mostra os componentes do balanço hídrico durante o período experimental.

Observa-se na Figura 3 que a variação do armazenamento de água no solo (ΔA) seguiu as variações da precipitação pluvial, com valores negativos quando ocorreram pequenos volumes de chuva e valores positivos quando ocorreram grandes volumes de chuva. O subperíodo 5 correspondeu ao maior valor positivo de ΔA com 18 mm, e o menor valor de ΔA ocorreu no subperíodo 15, com -19,0 mm.

Tabela 2 – Subperíodos utilizados para o estudo do balanço hídrico

Subperíodos	Datas	Duração em dias
1	01/03- 15/03/2011	15
2	15/03- 31/03/2011	16
3	31/03 - 15/04/2011	15
4	15/04 - 30/04/2011	15
5	30/04 - 15/05/2011	15
6	15/05 - 31/05/2011	16
7	31/05 - 15/06/2011	15
8	15/06 - 30/06/2011	15
9	30/06 - 15/07/2011	15
10	15/07 - 31/07/2011	16
11	31/07 - 15/08/2011	15
12	15/08 - 31/08/2011	16
13	30/08 -15/09/2011	15
14	15/09 - 30/09/2011	15
15	30/09 - 15/10/2011	15
16	15/10 - 31/10/2011	16
17	30/10 - 15/11/2011	15
18	15/11 - 30/11/2011	15

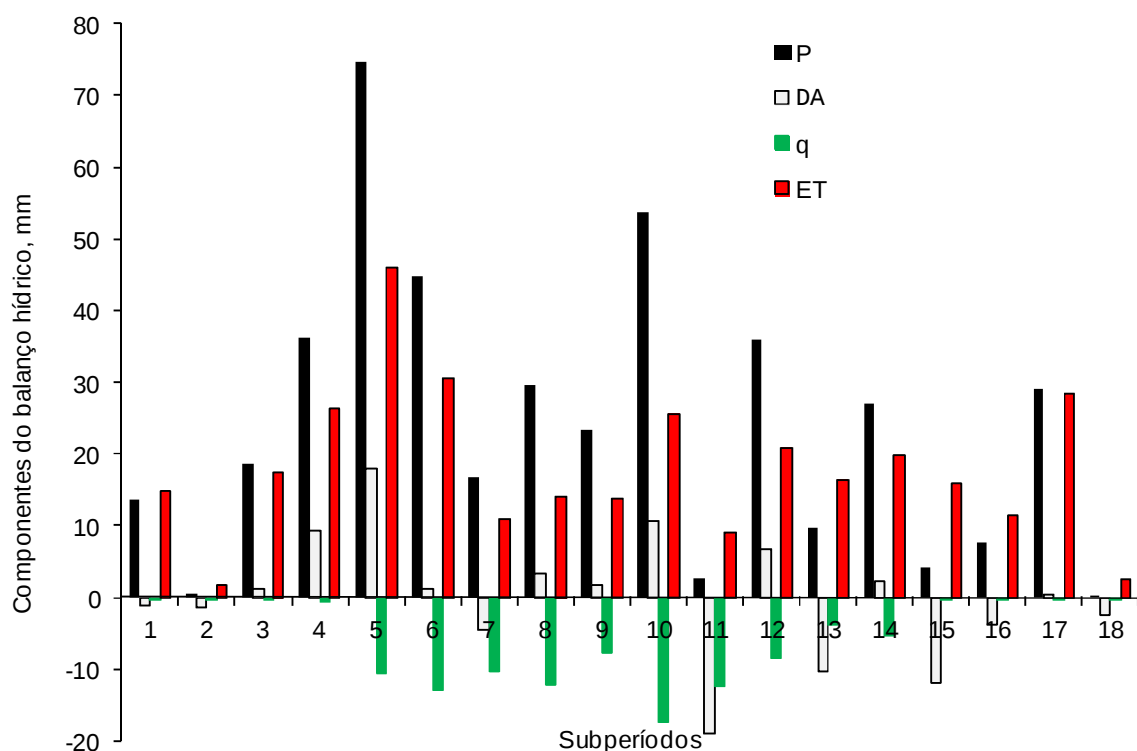


Figura 3 – Balanço hídrico em pastagens durante o período de 01/03/2011 a 30/11/2011 em São João - PE

Em relação ao fluxo de água na base do solo (q), observa-se que só ocorreram valores negativos, ou seja, drenagem profunda. Observa-se, ainda, que dos subperíodos 5 até o 14 ocorreram valores expressivos, em torno de -10,0 mm, com valor médio diário de $-0,66 \text{ mm d}^{-1}$; enquanto nos subperíodos de 1 a 4 e de 15 a 18 os valores de drenagem foram desprezíveis com média de $-0,015 \text{ mm d}^{-1}$. O valor total de drenagem profunda, ou seja, perdas de água na base do solo, foi -103,14 mm. Outros autores que realizaram estudos sobre balanço hídrico encontraram resultados semelhantes, a exemplo de Valnir Júnior *et al.* (2001), que trabalhando num Argissolo, encontraram valores médios de drenagem de $-0,34 \text{ mm d}^{-1}$ e Azevedo *et al.* (2003) que estudando o balanço hídrico na cultura da manga em um Latossolo Vermelho-Amarelo, encontraram valores totais de drenagem de -99,5 mm.

A evapotranspiração da pastagem (ET) teve seus maiores valores nos mesmos subperíodos em que aconteceram as maiores precipitações. Esses maiores valores de evapotranspiração em virtude das maiores precipitações pluviométricas, ocorrem, de acordo com Cruz *et al.* (2005), devido a maior evaporação e transpiração nas camadas superficiais. O maior valor de ET foi encontrado no subperíodo 5 com 45,9 mm e média de $3,1 \text{ mm d}^{-1}$. O valor total de ET durante os 275 dias do período experimental foi 325,0 mm e médio de $1,2 \text{ mm d}^{-1}$.

Esses resultados estão de acordo com os valores médios encontrado por Andrade *et al.*

(2009), os quais analisaram a evapotranspiração de pastagens com o uso de imagens orbitais, e encontraram que o valor médio diário de ET variou de 1 a 2 mm d⁻¹. No entanto, estão muito abaixo dos obtidos por Silva *et al.* (2005), que avaliaram a evapotranspiração do capim Tanzânia pelo método da razão de Bowen e lisímetro de pesagem em Piracicaba-SP, e encontraram valores médios de evapotranspiração de 4,13 mm d⁻¹. Essas diferenças podem ter ocorrido devido ao fato dos experimentos se localizarem em distintas regiões do país, com diferentes condições edafoclimáticas.

4. CONCLUSÕES

O método do balanço hídrico do solo pode ser usado para determinar a evapotranspiração de pastagens nas condições do Agreste Meridional Pernambucano, sendo a ET total de 325,0 mm e média de 1,2 mm d⁻¹.

Quanto aos outros componentes do balanço hídrico, verificou-se o fluxo de água no solo foi predominantemente de drenagem profunda, e que as variações do armazenamento de água no perfil de solo seguiram as variações da precipitação pluvial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, pelo auxílio financeiro concedido ao segundo autor (processo 475094/2009-3) e bolsa de produtividade em pesquisa ao terceiro autor; ao PIC/UFRPE, pela concessão de cota ao quinto autor; à FACEPE, pela concessão de recursos financeiros por meio dos projetos “Impacto de mudanças climáticas sobre a cobertura e uso da terra em Pernambuco: geração e disponibilização de informações para o subsídio a políticas públicas” (Edital FACEPE 02/2009 - Mudança Climática Global) e “Dinâmica da Água e de Carbono em Ecossistemas no Estado de Pernambuco” (Edital FACEPE 12/2010 PRONEM/FACEPE/CNPq) e pelas bolsas de doutorado ao quarto autor e de mestrado ao primeiro autor; bem como ao proprietário da fazenda Riacho do Papagaio (Prof. Antonio de Pádua Montenegro), em São João-PE, pelo espaço doado para realização do experimento.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R.G; BATISTELLA, M; AMARAL, T. B; MENEZES, S.J.M.C. *Análise preliminar da variabilidade espacial da evapotranspiração de pastagens com o uso de imagens orbitais*. Embrapa gado de corte. Campo grande, MS. 2009.
- AZEVEDO, P.V.; SILVA, B.B.; SILVA, V.P.R. (2003). “Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil”. *Agricultural Water Management* 58, pp. 241-254.

- BROOKS, R.H.; COREY, A.T.(1964) “*Hydraulic properties of porous media*”. Hydrology Paper 3, Colorado State Univ. Fort Collins.
- BURDINE, N. T. (1953) “*Relative permeability calculation from size distribution data*”. Trans. AIME 198, pp.71-78.
- CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; SAAD, A.M. (2000). “*Balanço hídrico no solo para porta-enxerto de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 4, pp. 23-28.
- CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A.; ROCHA, G. C. (2005). “*Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros*”. Revista Brasileira de Ciência do Solo 29, pp. 1-10.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (1997). *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, 212p.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2ª.ed. Rio de Janeiro, 306p.
- FUNDAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA DESENVOLVIMENTO DE PERNAMBUCO. (1982). *Informações municipais*. São João. Recife, “não paginado”.
- HAVERKAMP, R.; ROSS, P.J.; SMETTEM, K.R.J.; PARLANGE, J.Y. (1994). “*Three dimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer. 2. Physically based infiltration equation*”. Water Resource Research 30, pp. 2931-2935.
- IMSL. (1989). *IMSL math/library; User manual*. IMSL, Houston.
- LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SOUZA, C.; SOARES, W.A.; SILVA, I.F.; LIRA, C.A.B.O.; MACIEL NETTO, A.; SANTIAGO, R.D. (2005). “*Estimativa da evapotranspiração do feijão caupi utilizando os métodos dos balanços de água e de energia*” in Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, Nov. 2005, CD ROM.
- OLIVEIRA, N.T.; CASTRO, N.M.R.; GOLDENFUM, J.A. (2010) “*Influência da palha no balanço hídrico em lisímetros*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 15(2), pp. 93-103.
- REICHARDT, K.; TIMM, L.C. (2004). *Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações*. Manole Barueri, 478p.
- RIVERO YUJRA, P.R. (2001). *Estimativa da umidade de um solo de várzea sob duas condições de drenagem e subirrigação*. FCA/UNESP, Botucatu-SP. 185p. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem).
- SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V.; VILLA NOVA, N.A. (2005). “*Evapotranspiração do capim Tanzânia obtida pelo método de Razão de Bowen e lisímetro de pesagem*”. Engenharia Agrícola 25 (3), pp.705-712.
- VALNIR JÚNIOR, M.; COSTA, R.N.T.; AGUIAR, J.V. (2001) “*Análise de componentes do balanço hídrico em cultura de caupi (Vigna unguiculata (L) Walp), sob condições de recarga hídrica natural*”. Revista Irriga 6(3), pp.1-13.
- van GENUCHTEN, M.Th. (1980) “*A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils*”. Soil Science Society of America Journal 44, pp.892-898.