

USO CONSUNTIVO DA CULTURA DO MILHO, SOB CONDIÇÕES NATURAIS DE PRECIPITAÇÃO, NA MICRORREGIÃO-HOMOGÊNEA DE QUIXERAMOBIM*

LUIS CARLOS UCHÔA SAUNDERS**
PAULO TEODORO DE CASTRO**
FRANCISCO MARCUS L. BEZERRA**

RESUMO

Pesquisa realizada na Fazenda Lavoura Seca, situada no município de Quixadá-CE, pertencente a Microrregião - Homogênea de Quixeramobim, de propriedade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, visando determinar o uso consuntivo da cultura do milho (*Zea mays*, L), em regime pluviométrico natural, utilizando-se o balanço hídrico em um volume de controle do solo, obedecendo a metodologia sugerida por ROSE & STERN 7

O solo do presente estudo é um Podzólico Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico, tendo sido estudado às profundidades de 0-40cm, 0-70cm e 0-100cm, visando observar a dinâmica da água do solo, sem regime de irrigação.

Os valores da evapotranspiração atual seguiram uma normalidade de distribuição com valores iniciais da ordem de 5,60 mm/dia, terminando com 7,03 mm/dia na colheita. Vale ressaltar que, no período que correspondeu à floração/frutificação, os valores da evapotranspiração, para as camadas estudadas, foram os mais elevados, tendo se observado um valor máximo de

8,3 mm/dia. A evapotranspiração do ciclo do cultivo apresentou um valor médio de 6,38 mm/dia e a mesma tendência de variação obtida por VILLA NOVA & OMETTO 13.

PALAVRAS CHAVES: Uso consuntivo, Balanço Hídrico, Metodologia ROSE & STERN, Milho.

ABSTRACT

ROSE & STERN⁷ water balance method was applied to determine corn evapotranspiration (E) in a given volume of soil at "Fazenda Lavoura Seca", Quixadá-CE, under dry-farming conditions. The soil is a red-yellow equivalent eutrophic Podzohc and the study was conducted at the depths of 0-40cm, 0-70cm and 0-100cm.

Actual evapotranspiration was normally distributed and calculated values varied from a minimal of 5.60 mm/day to 7.03 mm/day at harvest. Maximum E value (8.31 mm/day) was obtained at flowering/frutification period; mean evapotranspirations was 6.38 mm/day. These results are in agreement with VILLA NOVA and OMETTO 13.

* Trabalho realizado com recursos do Convênio Manejo e Conservação do Solo (CNPq/FCPC) e apresentado no XIV CONBEA, Fortaleza-1984.

** Professores do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará e pesquisadores do CNPq.

*** Aluno do Curso de Pós-Graduação em Agronomia com Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do DENA/CCA/UFC. Técnico do Convênio BID/CNPq/UFC - PDCT/CE-01.

INTRODUÇÃO:

A produtividade de grãos de cereais, sob regime pluviométrico natural, não tem despertado o devido interesse por parte dos pesquisadores, tendo em vista a ausência de informes gerais, no que diz respeito ao número de área explorada com cultivos.

O milho, por se apresentar como um cereal de grande importância econômica, mormente para a população rural, devida a sua rentabilidade e participação na produção de grãos da região, detém, paralelamente com outros cereais, o interesse da pesquisa agrícola, principalmente no que tange às exigências hídricas durante o ciclo vegetativo.

Operando em regime natural de chuvas e através da utilização do balanço hídrico em um volume de controle do solo, na determinação do uso consuntivo da cultura, conforme recomendações de ROSE & STERN⁷, reforçados pelos trabalhos de CASTRO & REICHARDT², SAUNDERS *et alii*⁹, ARAGÃO JÚNIOR & CASTRO¹ e SAUNDERS *et alii*¹⁰, onde seus componentes precipitação, escoamento superficial, drenagem profunda, variação de armazenamento e evapotranspiração real, se encontram relacionados em uma equação de balanço de massa.

O balanço hídrico da região Nordeste se apresenta deficitário em todo decorrer do ano agrícola, o que traduz uma redução de produtividade, sendo este quadro modificado com a irrigação. Devido a ausência de material bibliográfico sobre a dinâmica da água do solo, em regime pluviométrico normal, e visando solucionar esta lacuna, é que partiu-se para a determinação da evapotranspiração em regime de sequeiro, através do balanço hidrológico, pela aplicação da equação do balanço de massa, que é a própria lei da conservação da energia.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho, realizado na Fazenda Lavoura Seca, propriedade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, localizada na Microrregião-Homogênea de Quixeramobim (Quixadá-CE), no ano agrícola de 1982, constou de uma parcela de 15m x 15m, onde instalaram-se duas baterias de tensiômetros às profundidades de 25,55 e 85 e 115 cm, com cubas de mercúrio a 20 cm da superfície do solo, para determinação da variação do conteúdo de água e do potencial total da água do solo.

O solo da parcela experimental é um Podzólico Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico, abruptico, plúntico, A fraco, textura arenosa/argilosa, fase caatinga hiper-xerófila, relevo plano e suave ondulado, segundo classificação de MOTA & MOREIRA⁵. Segundo a classificação da SOIL TAXONOMY¹¹, recebe a denominação de Typic Paleustolf Argiloso Caulinítico Iso-Hipertérmico. Pela classificação de GAUSSEN, a caracterização climática da região é do tipo 4 a th — clima tropical quente, de seca acentuada, seca de inverno, índice xerotérmico entre 150 a 200, com 7 a 8 meses secos. A pluviosidade anual situa-se entre 600 e 700 mm, com isotermas anuais de 26° a 27°C, sendo que a estação seca dura cerca de 214 dias.

A caracterização do perfil do solo teve as seguintes etapas: a) determinação da análise de granulométrica pelo método da pipeta; b) determinação da densidade do solo pelo cilindro de UHLAND; c) confecção das curvas características da água do solo, com amostras indeformadas, segundo recomendações de COELHO & OLIVEIRA³; d) determinação da condutividade hidráulica $K(\theta)$, pelo método modificado por SAUNDERS⁸.

A variedade utilizada na pesquisa foi a Centralmex, 40.000 plantas/ha, sendo o plantio realizado a 17 de março e a

colheita em 23 de julho de 1982, com uma área colhida de 57,4 m².

A estimativa da evapotranspiração atual da cultura do milho foi calculada pela equação.

$$P + I \pm Q_L \pm E \pm R = \pm \Delta A \quad (1)$$

onde: P = precipitação pluviométrica, período considerado para o balanço e medida no pluviométrico instalado na parcela experimental;

I = irrigação ocorrida no período considerado para o balanço. Como as condições experimentais são épocas de seca, I = 0;

Q_L = percolação profunda ou ascensão capilar, na profundidade L, no período de tempo considerado para o balanço. Este parâmetro foi estimado pela equação de DARCY,

$$Q_L = -K(\theta) \frac{\partial \Psi}{\partial z}$$

onde: K(θ), foi determinado pelo método modificado por SAUNDERS⁸ e $\frac{\partial \Psi}{\partial z}$,

a partir das leituras diárias dos tensiômetros e considerando a seguinte aproximação por diferenças finitas:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial z} = \frac{\Psi_n - (\Psi_{n-1})}{30}$$

Os valores de K(θ) empregados nas quatro profundidades estudadas foram obtidos a partir das expressões apresentadas a seguir:

| Profundidade (cm) | K(θ) (cm/dia) | R ² |
|-------------------|-------------------------------|----------------|
| 0 - 40 | e ^{25,788(3,227θ-1)} | 0,960 |
| 0 - 70 | e ^{15,960(2,918θ-1)} | 0,990 |
| 0 - 100 | e ^{21,180(3,239θ-1)} | 0,949 |

E = evapotranspiração atual da cultura do milho, para o período considerado, e obtida pela equação (1);

R = escoamento superficial, considerado zero, devido ao endicamento da área experimental;

ΔA = variação de armazenagem no período considerado e estimado em função das leituras dos tensiômetros e das curvas características da água do solo, às profundidades estudadas.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Nas TABELAS 1, 2 e 3, observam-se os valores dos componentes do balanço hídrico para os períodos considerados e determinados de acordo com a metodologia descrita em Material e Métodos. Analisando-se estas tabelas, verifica-se que a escolha dos intervalos considerados para a determinação do uso consuntivo foi baseada nas precipitações pluviométricas ocorridas no período, o que levou a períodos que variam de 3 até 10 dias. Segundo recomendações de JENSEN⁴, para que não haja possíveis erros na determinação do uso consuntivo dos cultivos de regiões tropicais, há necessidade que os intervalos escolhidos para o balanço sejam iguais ou menores que 5 dias.

A variação do armazenamento da água do solo, nos seis intervalos tomados para o balanço apresentou resultado negativo, induzindo que havia utilização da água do solo, pela planta, através da evapotranspiração durante um ciclo vegetativo. No intervalo de 18 a 27/04, apesar da ocorrência de uma boa precipitação (32,6 mm), a redistribuição da água no perfil do solo e seu conseqüente aproveitamento pelo vegetal, mesmo assim, ainda resultou numa depleção de umidade de valor negativo, evidenciando que o cultivo do milho possivelmente apresentava elevados índices de evapotranspiração nessa fase de desenvolvimento. Ainda sob este aspecto, o valor de Q_L, no mesmo intervalo, mostra estar havendo um pequeno fluxo para fora do limite inferior, considerado para o balanço, indicando que há possibilidade de que toda água esteja sendo utilizada na evapotranspiração do cultivo do milho.

Já no intervalo de 13 a 19/05, onde praticamente não houve chuva, o valor de Q_L , teve sinal negativo, mostrando as perdas por percolação, mesmo em períodos sem precipitações, devido a redistribuição da água no perfil de solo, em função das precipitações ocorridas nos dias anteriores, conforme mostra a TABELA 4. É neste intervalo considerado para o balanço, que a planta se encontra no seu período mais crítico de exigência hídrica, pois os valores de evapotranspiração são os mais elevados para as três camadas, sendo, respectivamente, 6,20, 7,06 e 8,31 mm/dia, para as profundidades de 0-40, 0-70 e 0-100 cm.

Na TABELA 5 observaram-se os valores de avapotranspiração atual e de percolação profunda, em percentuais e na camada de 0-100 cm. Vê-se que os valores do componente drenagem profunda são bem elevados nos seis intervalos, mormente no período de 13 a 19/05, onde se observa um valor de 48,68%, reforçando, mais uma vez, que este compo-

nente deve ser levado em conta, quando se estuda a dinâmica da água no solo, conforme evidenciam os trabalhos de VACHAUD et alii¹², REICHARDT et alii⁶ e SAUNDERS et alii¹⁰.

Os valores observados da evapotranspiração real do milho, para as três camadas, seguem uma tendência à normalidade, sem ferir a literatura que se apresenta nos compêndios da Física de Solos. Dessa maneira, tem-se os valores mais baixos no início do ciclo vegetativo da planta, coincidindo obviamente com o período de menor requerimento da água, e aumentando paulatinamente até atingir o máximo requerimento, que, logicamente, se encontra na fase de produção dos frutos, tendo uma pequena queda na fase da colheita. Essas variações seguem os mesmos resultados a que chegaram VILLA NOVA & OMETTO¹³, estudando a determinação da evapotranspiração real do milho, em Piracicaba-SP, utilizando como parâmetro de correção a evaporação do tanque "Classe A".

TABELA 1

Componentes do Balanço Hídrico Durante o Desenvolvimento da Cultura do Milho na Profundidade de 40 cm. Quixadá, Ceará, 1982

| Período | P (mm) | A _Z (mm) | ΔA _Z (mm) | Q _Z (mm) | E (mm) | N.º de Dias No Período | E.D. (mm/dia) |
|----------|--------|---------------------|----------------------|---------------------|--------|------------------------|---------------|
| 17/março | | 119,2 | | | | | |
| 27/março | 3,9 | 76,0 | -43,2 | -7,78 | 39,52 | 10 | 3,93 |
| 30/março | | 108,8 | | | | | |
| 02/abril | 4,4 | 101,6 | -7,2 | -1,48 | 10,12 | 03 | 3,37 |
| 04/abril | — | 107,6 | | | | | |
| 14/abril | — | 63,2 | -44,4 | -0,92 | 43,48 | 10 | 4,35 |
| 18/abril | | 76,0 | | | | | |
| 27/abril | 32,6 | 65,6 | -10,4 | 0 | 43,0 | 09 | 4,78 |
| 13/maio | | 109,6 | | | | | |
| 19/maio | 0,3 | 73,6 | -36,0 | +0,88 | 37,18 | 06 | 6,20 |
| 23/maio | | 94,0 | | | | | |
| 02/junho | 9,1 | 65,2 | -28,8 | -0,02 | 37,88 | 10 | 3,79 |

Convenções: P — Precipitação, em mm.
A_Z — Armazenamento do solo até a profundidade Z, em mm.
ΔA_Z — Variação do armazenamento na camada de solo de espessura 0 a Z cm
Q_Z — Fluxo de água no solo na profundidade Z, em mm.
E — Fluxo de evapotranspiração, em mm/dia
E.D. — Fluxo médio da evapotranspiração, em mm/dia.

TABELA 2

Componentes do Balanço Hídrico Durante o Desenvolvimento da Cultura do Milho na Profundidade de 70 cm. Quixadá, Ceará, 1982

| Período | P (mm) | A _Z (mm) | ΔA _Z (mm) | Q _Z (mm) | E (mm) | N. ^o de Dias No Período | E.D. (mm/dia) |
|----------|--------|---------------------|----------------------|---------------------|--------|------------------------------------|---------------|
| 17/março | | 200,8 | | | | | |
| 27/março | 3,9 | 148,0 | -52,8 | -4,83 | 51,87 | 10 | 5,19 |
| 30/março | | 191,9 | | | | | |
| 02/abril | 4,4 | 178,1 | -13,8 | -3,11 | 15,09 | 03 | 5,03 |
| 04/abril | | 188,3 | | | | | |
| 14/abril | | 124,1 | -64,2 | -2,26 | 61,94 | 10 | 6,19 |
| 18/abril | | 135,8 | | | | | |
| 27/abril | 32,6 | 123,8 | -11,9 | +0,26 | 44,76 | 09 | 4,97 |
| 13/maio | | 213,7 | | | | | |
| 19/maio | 0,3 | 152,8 | -60,9 | -18,82 | 42,38 | 06 | 7,06 |
| 23/maio | | 166,6 | | | | | |
| 02/junho | 9,1 | 120,7 | -45,9 | -1,15 | 53,85 | 10 | 5,38 |

Convenções: P — Precipitação, em mm.
 A_Z — Armazenamento do solo até a profundidade Z, em mm.
 ΔA_Z — Variação do armazenamento na camada de solo de espessura 0 a Z cm
 Q_Z — Fluxo de água no solo na profundidade Z, em mm.
 E — Fluxo de evapotranspiração, em mm/dia
 E.D. — Fluxo médio da evapotranspiração, em mm/dia.

TABELA 3

Componentes do Balanço Hídrico Durante o Desenvolvimento da Cultura do Milho na Profundidade de 100cm. Quixadá, Ceará, 1982

| Período | P (mm) | A _Z (mm) | ΔA _Z (mm) | Q _Z (mm) | E (mm) | N. ^o de Dias No Período | E.D. (mm/dia) |
|----------|--------|---------------------|----------------------|---------------------|--------|------------------------------------|---------------|
| 17/março | | 280,6 | | | | | |
| 23/março | 3,9 | 221,5 | -59,1 | -6,98 | 56,02 | 10 | 5,60 |
| 30/março | | 266,6 | | | | | |
| 02/abril | 4,4 | 254,0 | 12,6 | -1,49 | 15,51 | 03 | 5,17 |
| 04/abril | | 264,2 | | | | | |
| 14/abril | | 193,1 | -71,1 | -1,95 | 19,15 | 10 | 6,91 |
| 18/abril | | 203,2 | | | | | |
| 27/abril | 32,6 | 189,5 | -13,7 | -0,64 | 45,66 | 09 | 5,07 |
| 13/maio | | 312,1 | | | | | |
| 19/maio | 0,3 | 233,2 | -78,9 | -29,35 | 49,85 | 06 | 8,31 |
| 23/maio | | 241,6 | | | | | |
| 12/junho | 9,1 | 182,5 | -59,1 | +2,13 | 70,33 | 10 | 7,03 |

Convenções: P — Precipitação, em mm.
 A_Z — Armazenamento do solo até a profundidade Z, em mm.
 ΔA_Z — Variação do armazenamento na camada de solo de espessura 0 a Z cm
 Q_Z — Fluxo de água no solo na profundidade Z, em mm.
 E — Fluxo de evapotranspiração, em mm/dia
 E.D. — Fluxo médio da evapotranspiração, em mm/dia.

TABELA 4

Precipitação Pluviométrica, em mm, Ocorrida na Fazenda Lavoura Seca, Quixadá-CE, 1982.

| Dia | Fevereiro | Março | Abril | Maiο | Junho | Julho | Agosto | Total |
|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 01 | | | | 18,3 | 5,8 | 7,4 | | 31,5 |
| 02 | | | 4,4 | 6,6 | 4,2 | | | 15,2 |
| 03 | | 9,8 | 14,8 | | 5,0 | | | 29,6 |
| 04 | | 1,0 | | | 0,4 | | | 1,4 |
| 05 | | | | | | | | — |
| 06 | | | | 8,6 | | | 1,1 | 9,7 |
| 07 | | | | 3,5 | | | | 3,5 |
| 08 | | 9,8 | | 22,5 | 0,3 | | | 32,6 |
| 09 | 9,5 | | | 38,3 | | | | 47,8 |
| 10 | | 57,1 | | | | | | 57,1 |
| 11 | | 12,8 | | | | | | 12,8 |
| 12 | | 0,5 | | 9,0 | | | | 9,5 |
| 13 | | 1,2 | | 88,3 | | | | 89,5 |
| 14 | | | 9,0 | | | | | 9,0 |
| 15 | | 40,4 | 52,5 | | | | | 92,9 |
| 16 | | 0,8 | 0,8 | 0,3 | 5,8 | | 0,2 | 7,9 |
| 17 | | | 0,1 | | 0,3 | | | 0,4 |
| 18 | | | 0,2 | | | 25,4 | | 25,6 |
| 19 | 7,3 | | | | | | | 7,3 |
| 20 | | 0,2 | | 0,3 | | | | 0,5 |
| 21 | | 0,4 | 2,6 | | | | | 3,0 |
| 22 | | | 2,5 | 20,7 | 2,2 | | | 25,4 |
| 23 | | | 1,8 | | | | | 1,8 |
| 24 | | | | 0,5 | | | | 0,5 |
| 25 | 3,2 | | | | | | | 3,2 |
| 26 | 10,1 | 3,3 | 4,5 | | 1,8 | | 6,2 | 25,9 |
| 27 | 6,6 | 10,8 | 21,0 | | | | | 38,4 |
| 28 | 14,3 | 4,3 | 21,8 | | | | | 40,4 |
| 29 | | 43,0 | 8,1 | 2,8 | | | | 53,9 |
| 30 | | | 1,1 | | | 1,2 | | 2,3 |
| 31 | | | | | | 3,8 | | 3,8 |
| Total | 51,0 | 195,4 | 145,2 | 219,7 | 25,8 | 37,8 | 7,5 | 682,4 |

TABELA 5

Evapotranspiração Atual e Percolação Profunda, em mm, da Cultura do Milho em um Solo Podzólico Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico no Período de 17 de Março a 02 de Junho de 1982.
Quixadá, Ceará, 1982.

| Período | E/Camada | | | % de E/Camada | | | E | PP | P |
|---------------------|----------------|--------|--------|----------------|-----------------|------------------|--------|--------|-------|
| | 0 - 40 (cm) | | | 0 - 40 (cm) | 40 - 70 (cm) | 70 - 100 (cm) | | | |
| 17-27/março | -39,32 | -12,55 | -4,15 | 70,19 | 22,40 | 7,41 | -56,02 | -19,59 | 25,91 |
| 30/março a 02/abril | -10,12 | -4,97 | -0,42 | 65,25 | 32,04 | 2,71 | -15,51 | -6,08 | 28,16 |
| 04-14/abril | -43,48 | -18,46 | -7,21 | 62,88 | 26,69 | 10,43 | -69,15 | -5,13 | 6,91 |
| 18-27/abril | -43,00 | -1,76 | -0,90 | 94,17 | 3,86 | 1,97 | -45,66 | -0,38 | 0,80 |
| 13-19/maio | -37,18 | -5,29 | -7,47 | 74,58 | 10,44 | 14,98 | -49,85 | -47,29 | 48,68 |
| 23/maio a 02/junho | -37,88 | -15,97 | -16,48 | 53,86 | 22,71 | 23,43 | -70,33 | — | 0 |

Convenções: E — Evapotranspiração atual, em mm.
PP — Percolação profunda, em mm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAGÃO JUNIOR, T.C. & CASTRO, P. T. de Utilização do Balanço Hídrico na Determinação do Coeficiente de Cultura (Kc) da Cenoura (*Daucus carota* L.). Ciên. Agron., Fortaleza, 14 (1-2): 116-122. 1983.
2. CASTRO, P. T. de & REICHARDT, K. Estimativa da Evapotranspiração Real e Potencial de uma Cultura de Milho (*Zea mays* L.). Ciên. Agron., Fortaleza, 11 (2): 109-113, 1980.
3. COELHO, M.A. & OLIVEIRA, F.V.S. — Procedimento para Determinação da Curva Característica da Água do Solo com Emprego de Tensiômetro. Trabalho Apresentado no XIV CONBEA. Fortaleza-CE. 1984.
4. JENSEN, M. E. — Evaluating Irrigation Efficiency. J. of the Irrigation and Drainage. 1967. 95: 83-98.
5. MOTA, F. O. B. & MOREIRA, E. G. S. — Levantamento de Solos da Fazenda Lavoura Seca, Quixadá-CE, Relatório — Convênio FCPC/CNPq. 1979. p. 16-23.
6. REICHARDT, K.; RIBARDI, P. L.; SAUNDERS, L.C.U.; CADIMA, Z. — Dinâmica de Água em Solo Cultivado com Milho. Piracicaba-SP. CENA. 1978. 19 p.
7. ROSE, C.W, & STERN, W.R. — Determination of wilk-dramal of water from Soil by Crop Roots as Function of Depth and Time. Aus. J. Soil. Rev. 5: 11-19. 1967.
8. SAUNDERS, L.C.U. — Métodos de Determinação e Variabilidade Espacial da Condutividade Hidráulica sob Condições de Campo. Piracicaba-SP. 71 p. 1978. Tese de Doutorado.
9. SAUNDERS, L.C.U.; MOTA, F.O.B.; CASTRO, P.T. de & MATIAS FILHO, J. Caracterização Morfológica, Física e Química de um Solo Aluvial na FEVC. Ciên. Agron., Fortaleza, 11(2): 137-143, 1980.
10. SAUNDERS, L.U.C.; CASTRO, P.T. de; BEZERRA, F.M.L. & PEREIRA, A.L.C. Evapotranspiração Atual da Cultura do Feijão-de-Corda (*Vigna sinensis* (L) Savii) na Microrregião-Homogênea de Quixeramobim. Ciên. Agron., Fortaleza, 16 (1). 1985 (No prelo)
11. SOIL SURVEY STAFF SOIL TAXONOMY — A Basic System of Soil Classification for Wating and Interpreting Soil Surveys. Agriculture Hand Book n.º 436. U.S. Government Printing Office. Washington. DC. 1975. 754 p.
12. VACHAUD, G.; TEHEL, J.; ROYER, J.M. & BOCALATO, E. — Controle Automatic "in-situ" des transferte d'eau das la Zone non Saturée. IN: IAEA. Isotope and Radiation Techniques in Soil Physic and Irrigation Studies. Vienna. p. 1-5. 1975.
13. VILLA NOVA, V.A. & OMETTO, J.C. — Instruções para Utilização do Tanque "Classe A" em Estimativas de Evapotranspiração Potencial, Real e Freqüência de Irrigação. Piracicaba-SP. Publicação do Departamento de Física e Meteorologia. 15 p. 1977.