

# ESTIMATIVAS DO ARMAZENAMENTO DA ÁGUA NO SOLO (ARM) EM FUNÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET<sub>o</sub>) E DA EVAPORAÇÃO DO TANQUE CLASSE A (ECA)<sup>1</sup>

Valter Barbieri<sup>2</sup>, Luciano Quaglia<sup>3</sup>, Miguel Angelo Maniero<sup>4</sup>, Nilson A. Villa Nova<sup>2</sup>

**ABSTRACT** – To estimate the storage of water and to avoid the uncertainties of measurements involved in the method of the hydric balance was used a lisimeter weight. It was elaborated two equations that permit the estimate of the storage of the water of the bare soil and variations in function of the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and of the evaporation of the class A pan (ECA). The study was in Piracicaba, SP, Brazil (lat. 22°42'S; long. 47°30'W).

## INTRODUÇÃO

Na agricultura tradicional a evaporação está fortemente presente na fase de preparo e implantação das lavouras. Ocorre de forma parcial ao longo do ciclo das culturas anuais e na fase final, na porção solo exposta à atmosfera. No subperíodo sementeira-emergência das sementes, a evaporação da água tem importância muito grande porque pode reduzir a disponibilidade de água para a germinação e estabelecimento e das plantas. Com o crescimento da cultura a transpiração das plantas vai se tornando maior e passa a ser a principal responsável no processo de perda de água pela cultura, tendo em vista que, na maioria das vezes, o solo fica quase que totalmente sombreado pela cultura ou material vegetal. Em culturas perenes utilizando espaçamentos amplos e com grande área de solo nu exposta, as perdas ocorridas por evaporação direta do solo podem ser similares ou maiores que a transpiração.

Para se estimar o armazenamento de água no solo pode ser utilizado o método do balanço hídrico de campo. Muitas vezes envolve o uso de equipamentos caros para o monitoramento da umidade e potencial da água do solo. Para evitar as incertezas de medições envolvidas no método do balanço hídrico vários pesquisadores têm recorrido ao uso da lisimetria de pesagem

A evaporação em solo nu (Es) e algumas formas de estimativas do Armazenamento de água no solo (ARM) são estudadas neste projeto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Piracicaba, SP, Brasil (lat. 22°42'S; long. 47°30'W; alt. 546 m). Foram instalados dois lisímetros compostos de tanques cilíndricos, construídos em aço inoxidável, descritos em Quaglia e Barbieri (2003). O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho distrófico latossólico (NVdl), com a CAD de 75mm no lisímetro utilizado.

A evapotranspiração de referência, ET<sub>oPM</sub>, foi obtida pela equação de Penman – Monteith seguindo as recomendações de cálculo sugeridas pela FAO, conforme Allen et al. (1998).

Os valores da evaporação do solo nu (Es) foram medidos após molhamento (chuva ou irrigação)

durante alguns dias secos. A seca foi caracterizada pela soma de ET<sub>o</sub> ou pela soma de ECA (evaporação do tanque classe A) nos dias secos também após o molhamento.

As medidas de Es e seu somatório ( $\Sigma Es$ ) quando subtraído da CAD do solo na capacidade de campo (75 mm) permitiu a estimativa do armazenamento da água no lisímetro para cada  $\Sigma ET_o$  e  $\Sigma ECA$ .

Essas observações possibilitaram equacionar a variação do armazenamento da água para cada nível de seca aplicado após a chuva ou irrigação.

Sendo a evaporação do solo nu uma função da demanda evaporativa atmosférica (ET<sub>o</sub>) e da umidade do solo (armazenamento da água na profundidade considerada), teorizou-se que, em dado instante, o armazenamento da água (ARM) no solo como sendo uma função de  $\Sigma ET_{oPM}$ . Assim, conhecendo-se a CAD e subtraindo-se dela a  $\Sigma Es$  tem-se o ARM, então para cada dia é possível, com os dados coletados, determinar o ARM.

Mendonça (1958) com o objetivo de estabelecer uma teoria matemática para o método de Thornthwaite (1955), mediante a introdução de parâmetros adimensionais, mostrou que a hipótese mais simples da teoria da proporcionalidade entre a evapotranspiração e o armazenamento de água, quando não ocorre precipitação, pode ser representado pela equação,

$$ARM = CAD e^{-\Sigma ET_o/CAD}$$

Dando continuidade a esse pensamento Rijtema e Aboukhaled (1978) utilizaram a mesma equação a qual considerando-se a fração  $p$  como nula encontra-se a mesma equação para quando a precipitação ou irrigação também é nula e estando o solo descoberto. Assim considera-se que:

CAD<sub>T0</sub> = CAD no tempo 0 (na capacidade de campo)

$$ARM_{T1} = ARM \text{ no tempo } 1$$

$$\text{Assim } Es = CAD_{T0} - ARM_{T1}$$

$$\text{Sendo: } ARMT1 = CAD e^{K\Sigma ET_{oPM1}/CAD}$$

$$\text{Então: } Es = CAD_{T0} - CAD e^{K\Sigma ET_{oPM1}/CAD}$$

$$\text{Portanto: } Es = CAD_{T0}(1 - e^{K\Sigma ET_{oPM1}/CAD})$$

Considerando-se do tempo T1 para o tempo T2 teremos que a evaporação será a variação do armazenamento ARM neste intervalo de tempo assim:

$$Es = ARM1 - ARM2$$

$$Es = CAD e^{K\Sigma ET_{oPM1}/CAD} - CAD e^{K\Sigma ET_{oPM2}/CAD}$$

Então:

$$Es = CAD(e^{K\Sigma ET_{oPM1}/CAD} - e^{K\Sigma ET_{oPM2}/CAD})$$

Conforme descrito por Mendonça (1958) e por Thornthwaite & Mather (1955) então:

$$ARM = CAD e^{\Sigma ET_o/CAD}$$

ou seja

$$\ln ARM/CAD = \Sigma ET_o/CAD \ln(e)$$

<sup>1</sup> Trabalho parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), SP, Brasil.

<sup>2</sup> Depto. de Ciências Exatas (DCE), E.S.A. "Luiz de Queiroz", Univ. de São Paulo, CP 09, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. (email: vbarbier@esalq.usp.br).

<sup>3</sup> DCE, ESALQ, USP, Piracicaba, SP, Brazil. Bolsistas de pós-graduação (Física do Ambiente Agrícola) do CNPq.

<sup>4</sup> UFSCAR CCA.

Portanto  
 $\ln \text{ ARM/CAD} = \sum \text{ ETo/CAD}$  (35)  
 sendo  
 $\ln \text{ ARM/CAD} = Y$  e  $\sum \text{ ETo/CAD} = X$

Elaborou-se uma regressão linear entre x e y

$$Y = K X$$

onde pode-se escrever que

$$\text{ ARM/CAD} = e^{K \sum \text{ ETo/CAD}}$$

Portanto

$$\text{ ARM} = \text{ CAD} e^{K \sum \text{ ETo/CAD}}$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de regressão são apresentados a seguir:

$$E_s = \text{CAD} (e^{K \sum \text{ EToPM1/CAD}} - e^{K \sum \text{ EToPM2/CAD}})$$

em função de  $\sum \text{ EToPM}$  onde  $K = K_{PM} = -1,4345$

$$E_s = \text{CAD} (e^{K \sum \text{ ECA/CAD}} - e^{-K_{ECA}/\text{CAD}})$$

em função de  $\sum \text{ ECA}$  onde  $K = K_{ECA} = -0,7229$

É possível o cálculo da evaporação real  $E_s$  para qualquer índice de seca ( $\sum \text{ EToPM}$  ou  $\sum \text{ ECA}$ ) e, portanto estimar os valores do Arm para qualquer ETo.

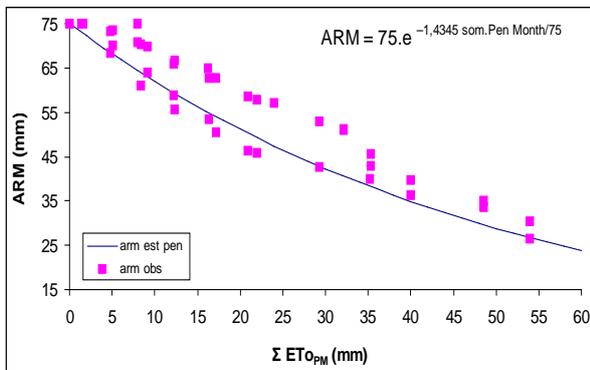


Figura 1. Modelo matemático para estimativa do ARM (armazenamento de água no solo) em função da  $\sum \text{ EToPM}$ .

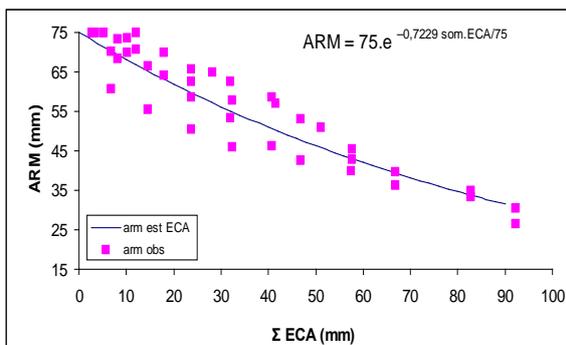


Figura 2. Modelo matemático para estimativa do ARM (armazenamento de água no solo) em função da  $\sum \text{ ECA}$

Estes modelos têm a mesma tendência dos modelos apresentados por Mendonça (1958) e Rijtema e Abouckhled (1978), diferenciando-se deles por considerar somente a evaporação do solo nu. Além de possibilitar a estimativa da umidade do solo, ou seja, para qualquer  $\sum \text{ EToPM}$  ou  $\sum \text{ ECA}$  também possibilita a estimativa da evaporação do solo nu ( $E_s$ ) se for considerado a variação do ARM como evaporação do solo ( $E_s$ )

Estas equações são apresentadas a seguir:

$$\text{ ARM}_{PM} = \text{ CAD} e^{-1,4345 \sum \text{ EToPM} / \text{CAD}} \quad r^2 = 0,843$$

$$\text{ ARM}_{ECA} = \text{ CAD} e^{-0,7229 \sum \text{ ECA} / \text{CAD}} \quad r^2 = 0,862$$

$$\text{ CAD} = 75 \text{ mm}$$

As equações para estimativa do ARM em função dos índices de seca  $\sum \text{ EToPM}$  e  $\sum \text{ ECA}$  mostraram-se adequadas para seus propósitos, podendo ser também utilizadas para a estimativa da evaporação do solo nu ( $E_s$ ).

As constantes  $K_{PM}$  e  $K_{ECA}$  determinadas nas regressões lineares desta pesquisa podem ser melhoradas se observar um maior número de pontos e mais repetições. Sem contar que é possível a mesma análise para diferentes tipos de cobertura do solo, como palha, tecidos e diferentes filtros solares (telas, plásticos e sombrite), podendo também variar a quantidade de água e a frequência dos molhamentos.

## REFERÊNCIAS

- Allen, R. G.; Smith, M.; Perrier, A. An update for the definition of reference evapotranspiration. *Isid Bulletin*, v. 43, n. 2, p. 1 – 34, 1994. Allen, R.G.; Pereira, L. S.; Raes, D. et al. *Crop evaporation: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998.
- Hillel, D. *Applications of soil physics*. London: Academic Press, 1980. 385p.
- Jensen, M.E.; Burman, R.D.; Allen, R.G. *Evapotranspiration and irrigation water requirements*. New York: ASCE, 1990. 332p.
- Quaglia L., Barbieri, V; Projeto e construção de um lisímetro de pesagem para determinação da evaporação do solo nu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13. Santa Maria, 2003. Anais. Santa Maria: UNIFRA - Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2003.
- Mendonça, P. V. Sobre o novo método de balanço hidrológico do solo de Thornthwaite-Mather. In: Congresso Luso-Espanhol para o progresso das ciências, 24, Madrid, 1958. p. 415-25.
- Rijtema, P. E.E; Aboukhaled, A. Crop water using. In: *Research on Crop Water Use, Salt Affected Soils and Drainage in the Arab Republic of Egypt*. FAO Regional Office for the Near East. p. 5-61. 1978
- Ritchie, J. T.; Johnson, B.S. Soil and plant factors affecting evaporation. In: STEWART, B. A.; Nielsen, D.R. (Ed.). *Irrigation of Agricultural Crops*,. Am. Soc. Agron. 1990. p. 363-390. (Agronomy Series 30).
- Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. *The water balance*. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955. 104p.