

# METODOLOGIAS PARA ESTIMATIVA EDAFOCLIMÁTICA DOS COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO AGRÍCOLA

Valter BARBIERI<sup>1</sup>, Miguel NAVARRO Dujmovich<sup>2</sup>, Luiz Roberto ANGELOCCI<sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

Para a quantificação da lâmina de irrigação e a determinação da época na qual sua aplicação é mais importante, é necessária a escolha de um método adequado para o cálculo do balanço hídrico de uma cultura. Na tentativa de ampliar a possibilidade de escolha, discute-se a abordagem teórica de dois métodos, considerando-se tanto a, evapotranspiração máxima, que depende da área foliar, quanto o crescimento em profundidade da raiz, através da incorporação subsequente de camadas de solo ao balanço hídrico. A abordagem está sendo testada em Piracicaba, tendo o trabalho sido iniciado durante a estadia do primeiro autor na Universidade de Córdoba, Espanha, como bolsista da FAPESP.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Método 1.

Este método consiste em calcular o balanço hídrico pelo uso da metodologia de Thornthwaite e Mather (1955) e estimando-se a evapotranspiração de referência (Eto) conforme Penman-Monteith (1965). Utiliza-se, também, o conceito de evapotranspiração máxima (Etm), que varia com o crescimento da área foliar. Considera-se, também, a variação da CAD (capacidade de água disponível do solo), por aumento gradual da profundidade do sistema radicular ao longo do ciclo. A inclusão subsequente de camadas de solo quando aumenta a profundidade do sistema radicular, promove um aumento da água disponível do solo devido à água remanescente na camada que foi adicionada sem que tenha ocorrido chuva ou irrigação. Leva-se em conta, também, que a água excedente de uma camada num determinado período de cálculo, passa para a camada seguinte mais profunda até completar o armazenamento máximo dessa camada e somente não será utilizada pela cultura quando drenar para além da profundidade máxima das raízes. Este balanço não considera a intensidade de precipitação nem a taxa de infiltração da água no solo. Como se sabe, durante a infiltração no solo, a água gravitacional "excedente" pode ser aproveitada de forma significativa pelas raízes, mas estes parâmetros, se considerados no balanço hídrico, poderão torná-lo demasiadamente detalhado para seu uso em modelos; no entanto, estuda-se a possibilidade de incluí-los numa fase mais adiantada da proposta.

Contudo, na forma aqui proposta, o modelo traz simplicidade e facilidade de ser aplicado, sendo de fácil compreensão. Apresenta-se a metodologia na forma de exemplo na planilha da Tabela 1, cujo preenchimento é detalhado a seguir, com dados simulados de forma a abranger a maioria das situações possíveis. Para a estimativa do armazenamento de água no solo (Arm) e dos negativos acumulados,  $\sum(P-Etm) < 0$ , foram utilizadas as seguintes equações de Mendonça (1958) :

$$\text{Arm} = \text{CAD} \cdot e^{(\text{Neg. Acum} / \text{CAD})} \quad (1)$$

$$\text{Neg. Acum.} = \text{CAD} \cdot \ln (\text{Arm} / \text{CAD}) \quad (2)$$

No exemplo, assumiu-se que o solo continha no início 50% da CAD em cada camada, representada pela profundidade da raiz em função do tempo (por exemplo, na profundidade de 10 cm o conteúdo de água era de 8mm). Os valores de Arm e Neg Acum são calculados para o início (i) e para o fim (f) de cada decêndio

### Roteiro para elaboração do balanço hídrico

1-A planilha do balanço hídrico **deverá ser iniciada sempre pela coluna Arm (i) em todos os decêndios**. Sendo assim o Arm(i) no 1º decêndio de Dezembro será de 8mm, considerado o valor do Arm na data do plantio.

2- Quando  $(P-Etm) < 0$ , por ex., 1º e 2º decêndios de dezembro: sendo o Arm(f) dec(1) = 1 então no início do 2º dec o Arm(i) será igual a 1mm somado de 8mm rem(2) e ficará com 9mm, correspondendo a -41mm de Neg. Acum (i) . Este valor de Neg Acum foi calculado através da equação 2. Assim o valor do Arm(f) no 2º decêndio será de -41mm acrescido de (P-Etm) negativo deste decêndio, o que corresponderá a -41-37= -78 e então o Arm(f) será de 3mm estimado pela equação 1, ou seja,  $\text{Arm}(i) = 32 \cdot \exp(-78/32) = 2,8 \approx 3,0 \text{ mm}$  .

3- Quando  $(P-Etm) \geq 0$  então o valor do Arm(i) será a soma do Arm(f) do decêndio anterior somado da remanescente do decêndio em questão. A este valor do Arm(i) soma-se o (P-Etm) positivo e obtém-se o Arm(f) do decêndio. Se esta soma ultrapassar o valor da CAD do decêndio, o Arm(i) será então o valor da CAD, a diferença será considerada excedente (Exc=CAD-(Arm(i)+(P-Etm))). Tal excedente deverá ser distribuído na coluna Rem+Exc das camadas sucessivas conforme a capacidade de retenção de água de cada uma.

4- Alteração do Arm:  $\text{Arm}(f-i) = \text{Arma}(f) - \text{Arm}(i)$ .

5-A Eta será igual a Etm se  $\text{Arm}(f-i) \geq 0$ . Se negativo, então  $\text{Eta} = |\text{Alt}| + P$  (mm).

6-A deficiência é igual a  $\text{Etm} - \text{Eta}$ .

<sup>1</sup> Dr. Prof. Departamento Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP. E-Mail: [vbarbier@carpa.ciagri.usp.br](mailto:vbarbier@carpa.ciagri.usp.br) .

<sup>2</sup> M.Sc. Prof. De la Universidad N. Del Centro de la Provincia de Buenos Aires-Facultad de Agronomía de Azul. E-Mail: [mnavarro@faa.unicen.edu.ar](mailto:mnavarro@faa.unicen.edu.ar)

<sup>3</sup> Dr. Prof., Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP. Bolsista do CNPq. E-Mail: [lrangelo@carpa.ciagri.usp.br](mailto:lrangelo@carpa.ciagri.usp.br)

Tabela 1. Planilha do Balanço hídrico para CAD=160mm, sendo Arm(i)=8mm/10cm solo

Mês	dec	Prof raiz	CAD	Δ CAD	Rem+Exc	Excedente	P-Etm	Neg. Acum(i)	Arm(i)	Neg. Acum(f)	Arm.(f)	Δ Arm (f-i)	Eta	Def	P	Etm
		cm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
dez	1	10	16	0	0	0	-40	-11	8	-11-40=-51	1	-7	7	33	0	40
dez	2	20	32	16	8+0	0	-37	-41	1+8=9	-41-37=-78	3	-6	11	31	5	42
dez	3	30	48	16	8+0	0	-70	-71	3+8=11	-71-70=-141	3	-8	8	62	0	70
jan	1	40	64	16	8+0	0	45		3+8=11		11+45=56	45	60	0	105	60
jan	2	50	80	16	8+0	80-(64+20)=4	20		56+8=64		64+20=80	16	60	0	80	60
jan	3	60	96	16	8+4=12	96-(92+23)=19	23		80+12=92		92+23=96	4	55	0	78	55
fev	1	70	112	16	8+8=16	0	-40	0	96+16=112	0-40=-40	78	-34	54	6	20	60
fev	2	80	128	16	8+8=16	0	-10	-40	78+16=94	-40-10=-50	87	-7	57	3	50	60
fev	3	100	160	32	16+3=19	160-(106+75)=21	75		87+19=106	.	105+75=160	54	60	0	135	60
mar	1	120	192	32	16+16=32	0	-20	0	160+32=192	0-20=-20	173	-19	64	1	45	65
mar	2	140	224	32	16+5=21	224-(194+35)=5	35		176+21=194	.	194+35=224	30	65	0	100	65
mar	3	150	240	16	8+5=13	240-(237+10)=7	10		224+13=237	.	237+10=240	3	65	0	75	65
abr	1	150	240	0	0	0	-20	0	240+0=240	0-20=-20	221	-19	59	1	40	60
abr	2	150	240	0	0	0	-60	-20	221+0=221	-20-60=-80	172	-49	49	11	0	60
abr	3	150	240	0	0	0	-55	-80	172+0=172	-85-55=-135	137	-35	35	20	0	55
						7										

## Método 2

Este método é semelhante ao anterior, deferindo apenas pelo fato de considerar  $E_{ta}=E_{tm}$  até que seja consumida a fração  $p$  da CAD. Esta fração é dependente da cultura e da  $E_{tm}$ , conforme mostram as equações de 3 a 6, elaboradas a partir das tabelas em Doorembos e Kassan (1978):

**Grupo 1: cebola, pimenta e batata.**  
 $p=0,0054.E_{tm}^2 - 0,1035E_{tm} + 0,6838$  eq. 3

**Grupo 2: banana, repolho, uva, ervilha e tomate.**  
 $p=0,0061.E_{tm}^2 - 0,1275.E_{tm} + 0,8988$  eq. 4

**Grupo 3: banana, feijão, cítricas, amendoim, abacaxi, girassol, melancia, trigo.**  
 $p=0,0061.E_{tm}^2 - 0,1326.E_{tm} + 1,10361$  eq. 5

**Grupo 4: algodão, milho, azeitona, açafraão, sorgo, soja, beterraba, cana-de-açúcar e tabaco.**  
 $p=0,0058.E_{tm}^2 - 0,1302.E_{tm} + 1,122$  eq. 6

Considera-se, então, que não ocorre déficit hídrico até que seja consumida uma lâmina de água igual a  $p.CAD$ , ou seja, se a soma de  $(P-E_{tm})$  negativos for menor que  $p.CAD$ , o que quer dizer que nessa fase de secagem do solo, tem-se  $E_{ta}=E_{tm}$ . Terminada essa fase, passa-se a utilizar as equações 7 e 8, que diferem das originais de Doorembos e Kassan por ter-se introduzido nela a precipitação  $P$ :

$$Arm = pCAD.e^{(pCAD - \sum(P-E_{tm}))/pCAD} \quad \text{eq. 7}$$

$$Neg. Acum = pCAD.Ln(Arm/pCAD) \quad \text{eq. 8}$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estas abordagens estão sendo atualmente testadas utilizando-se evapotranspirômetros de pesagem equipados com células de carga, tanto para medir a variação do peso promovida pela evapotranspiração e drenagem, como para medir a drenagem individualmente quando em condições de excedente hídrico. Equipamentos estes, permitem a medida contínua da evapotranspiração, o que quer dizer que durante o processo de drenagem, mesmo com água livre no solo permite-se que sejam elaboradas as medidas. Quando devidamente ajustados será possível estimar a evapotranspiração real ( $E_{ta}$ ) em condições de déficits de água no solo a níveis inferiores a  $(1-p)CAD$ . Tal parâmetro é essencial nas estimativas dos efeitos dos déficits hídricos no rendimento agrícola das culturas, portanto nas decisões referentes ao quanto e quando irrigar, como também na escolha das épocas mais adequadas para o plantio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G., JENSEN, M.E., WRIGHT, J.L., BURMAN, R.D. Operational estimates of reference evapotranspiration. *Agronomy Journal*, Madison, 81: 650-62. 1989.
- DOORENBOS, J., AND KASSAM, A. H. Yield response to water. *Irrig. Drain. Pap.* (1979) 33, 1-193
- 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.
- PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N.A., PEREIRA A.S., BARBIERI, V.A. A model for the Class A, pan coefficient. *Agric. And Forest Meteorology*, 76: 75-82p, 1995.
- PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A., SEDYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 180p.
- VALANDRO, J.; ANDRIOLO, J.L.; BURIOL, G.A. Dispositivo lisimétrico simples para determinar a transpiração das hortaliças cultivadas fora do solo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 189-193, 1999.