

Balço hídrico em fruteiras

Introdução

A fruticultura é uma atividade cada vez mais importante no Brasil, tanto nas regiões de clima temperado, como nas regiões tropicais do país. Para se obter altas produtividades e frutas de qualidade, faz-se imprescindível a manutenção de condições hídricas adequadas nos solos.

O acompanhamento contínuo dessas condições é fundamental no gerenciamento das áreas cultivadas, tanto para a previsão de safras, como para a avaliação da qualidade final dos produtos. Além disso, em áreas irrigadas, o monitoramento da água no solo é indispensável para um manejo correto e econômico dos recursos hídricos, a fim de se evitar perdas de água, energia e produção.

O balanço hídrico é um dos métodos mais utilizados para o acompanhamento da umidade no solo. Nesse método, calcula-se a entrada e a saída periódica de água na camada em que se concentra a maior parte das raízes das plantas, obtendo-se a variação no armazenamento hídrico do solo.

A água que entra se deve à precipitação pluvial (chuva), à ascensão capilar, ao fluxo subterrâneo horizontal e à irrigação; a água que sai refere-se à transpiração das culturas, à evaporação da água do solo, ao escoamento superficial, ao fluxo subterrâneo horizontal e à drenagem (ou percolação) abaixo da zona radicular (Figura 1).

Normalmente, considera-se que os fluxos subterrâneos de entrada e saída se equivalem e se anulam. Em áreas com um manejo adequado do solo, assume-se que o escoamento superficial é desprezível. Também é recomendado evitar o plantio de fruteiras em locais onde o lençol freático esteja próximo à superfície, evitando-se a ascensão capilar.

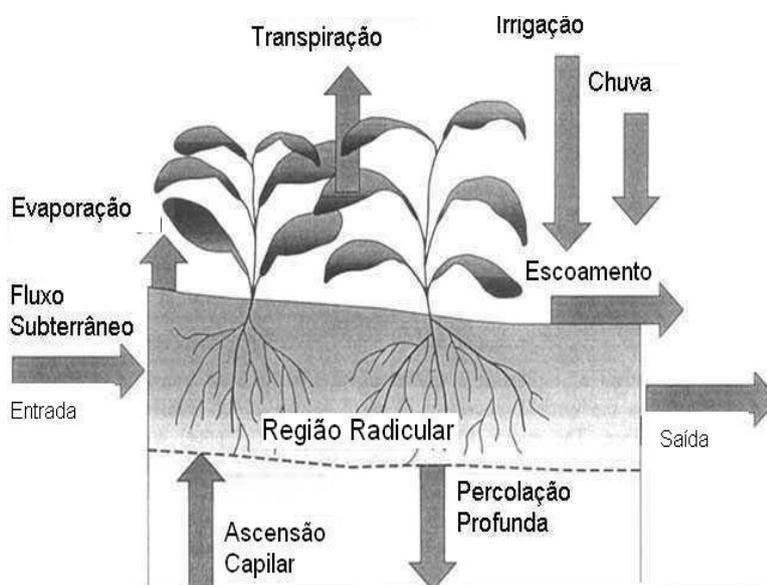


Figura 1 – Esquema representando o balanço hídrico no solo. Adaptado de Allen et al. (1998).

Autores

Marco Antonio F. Conceição
Eng. Agr., Dr., Pesquisador
Embrapa Uva e Vinho
Estação Experimental de
Viticultura Tropical
Jales, SP
marcoafc@cnpuv.embrapa.br

Assim, os fatores que normalmente compõem o balanço hídrico são: a precipitação pluvial e a irrigação (quando utilizada), como entrada de água no sistema; como saída, a drenagem (ou percolação profunda) e a evapotranspiração, que representa a soma da evaporação da água do solo e da transpiração das plantas.

No presente trabalho, são apresentadas as características do balanço da água no solo em fruteiras, com base na metodologia apresentada pela FAO (ALLEN et al., 1998).

O solo como reservatório hídrico

No balanço hídrico (BH), o solo é considerado um reservatório no qual a água é armazenada e disponibilizada para as culturas (Figura 2). A profundidade de solo considerada no BH refere-se à camada onde se concentra a maior parte das raízes. Essa camada é também chamada de profundidade efetiva (Pe) das raízes (Figura 2).

Embora os sistemas radiculares das fruteiras possam apresentar grandes extensões, geralmente a maior parte das raízes se situa entre 0,40 m e 1,00 m de profundidade (FACHINELLO et al., 1996; PIRES et al., 1997; COELHO et al., 2000; BASSOI et al., 2002; BASSOI et al., 2003; HOFFMANN; BERNARDI, 2004).

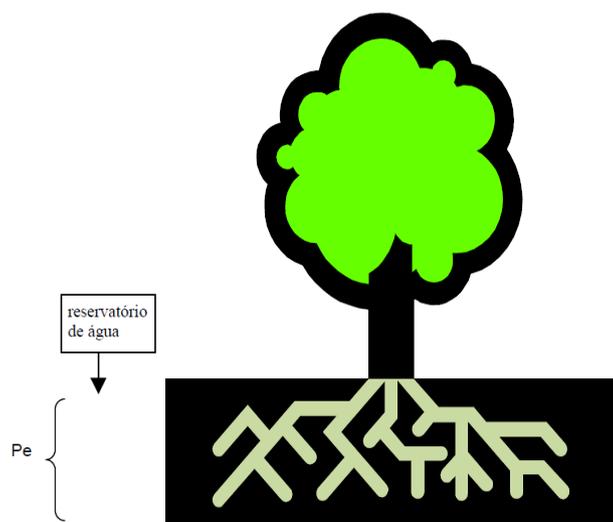


Figura 2 – Solo como reservatório de água para as plantas e a profundidade efetiva (Pe), onde se concentra a maior parte das raízes.

Quando todos os espaços porosos do solo estão repletos de água, devido à chuva ou irrigação excessivas, diz-se que foi atingido o ponto de saturação de água do solo (Figura 3).

Quando o excesso de água é drenado, atinge-se o limite superior de armazenamento de água do solo, que é denominado Capacidade de Campo (CC), como se observa na Figura 4.

Conforme se reduz a umidade do solo, aumenta a dificuldade das raízes para absorverem água, até atingir-se um limite em que, embora exista umidade, as plantas não conseguem mais aproveitar a água que restou (Figura 5). Esse limite inferior de armazenamento da água no solo é denominado Ponto de Murcha Permanente (PMP).



Figura 3 – Esquema representando o solo saturado.

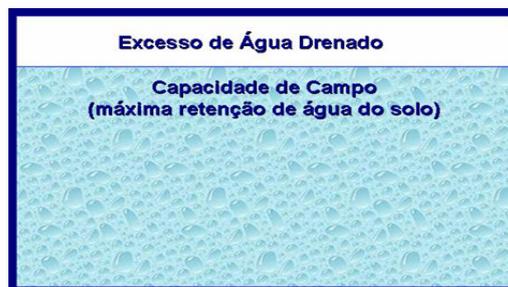


Figura 4 – Esquema representando a capacidade de campo.

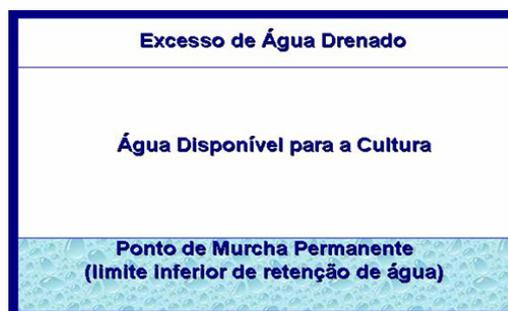


Figura 5 – Esquema representando o ponto de murcha permanente e a água disponível para a cultura.

Como se observa na Figura 5, o intervalo entre a CC e o PMP é considerado como sendo a água do solo disponível para a cultura (ADC).

Cada solo apresenta uma capacidade de água disponível (CAD). De maneira geral, os valores da CAD podem ir de 50 mm de água por metro de profundidade (50 mm/m), em solos de menor

capacidade de retenção de água, até 200 mm/m, nos solos de maior capacidade de retenção (ALLEN et al., 1998).

Esse valor da CAD deve ser multiplicado pela profundidade efetiva (P_e) do solo, para se obter o total de água disponível para a cultura (ADC). Assim, por exemplo, para uma CAD igual a 120 mm/m e uma P_e igual a 0,60 m, a ADC será igual 72 mm de água (120 mm/m . 0,60 m = 72 mm).

Conforme mencionado anteriormente, quanto mais seco fica o solo, maior a dificuldade de absorção, o que pode comprometer o desenvolvimento e a produção da cultura.

Existe, entretanto, uma fração da água do solo facilmente disponível (FAD), que pode ser consumida sem que haja déficit hídrico para as plantas. Esse valor depende da espécie, da cultivar e da evapotranspiração da cultura (ET_c).

O valor da FAD pode ser calculado pela expressão (ALLEN et al., 1998):

$$FAD = FAD_{tab} + 0,04 \cdot (5,0 - ET_c) \quad (1)$$

em que:

FAD – fração de água disponível do solo (adimensional);

FAD_{tab} – FAD tabelada (Tabela 1), em que a ET_c é considerada igual a 5,0 mm/dia (adimensional);

ET_c – evapotranspiração da cultura (mm/dia).

Tabela 1 – Valores de FAD_{tab} para algumas fruteiras ($ET_c = 5,0$ mm/dia).

Fruteira	Fad_{tab}
Abacaxi	0,50
Banana	0,35
Citros	0,50
Coco	0,65
Frutas Vermelhas	0,50
Kiwi	0,35
Maçã, Pera e Pêssego	0,50
Morango	0,20
Uva de Mesa	0,35
Uva de Vinho	0,45

Fonte: Allen et al. (1998).

Quanto menor for a FAD_{tab} , mais sensível é a cultura ao estresse hídrico. Por exemplo: de acordo

com a Tabela 1, o morangueiro apresenta déficit hídrico a partir de um consumo de 0,20 (20 %) da ADC, enquanto que com o coqueiro isso ocorre somente após o consumo de 0,65 (65 %) da ADC

Pela eq.1 verifica-se, também, que quanto maior for a ET_c menor será a FAD. Por exemplo: para uvas de mesa, ($FAD_{tab} = 0,35$), se a ET_c for igual a 3,0 mm/dia, a FAD será igual a:

$$FAD = 0,35 + 0,04 \cdot (5,0 - 3,0) = 0,43$$

Isso significa que, nessas condições, a cultura pode consumir até 0,43 (43 %) da ADC sem que ocorra déficit hídrico.

Já para a mesma cultura, se a ET_c for igual a 6,0 mm/dia a FAD será igual a:

$$FAD = 0,35 + 0,04 \cdot (5,0 - 6,0) = 0,31$$

O que significa que a cultura pode consumir apenas 0,31 (31 %) da ADC sem que haja déficit hídrico.



Figura 6 – Esquema representando a água facilmente disponível para a cultura.

A lâmina de água (em mm) correspondente à FAD é considerada a água do solo facilmente disponível para as plantas (AFDC), como ilustrado na Figura 6.

O valor da AFDC pode ser calculado pela expressão:

$$AFDC = ADC \cdot FAD \quad (2)$$

em que:

AFDC – água facilmente disponível (mm);

ADC – água disponível para a cultura (mm);

FAD – fração de água disponível no solo (adimensional).

Por exemplo: para uma ADC igual a 72 mm e uma FAD igual a 0,43, o consumo máximo da água do

solo, para que não haja déficit hídrico, será de 31 mm ($72 \text{ mm} \cdot 0,43 = 31 \text{ mm}$).

Quando o balanço hídrico é empregado em áreas irrigadas por sistemas localizados (gotejamento e microaspersão), deve-se considerar, no cálculo da ADC e da AFDC, o percentual do volume do solo que é umedecido pelo sistema de irrigação (Figura 7).



Figura 7 – Esquema representando a água facilmente disponível para a cultura sob irrigação por gotejamento.

Por exemplo: se os valores de ADC e AFDC forem iguais a 72 mm e 31 mm, respectivamente, e se o sistema de irrigação por gotejamento umedece apenas 0,50 (50 %) da área, a ADC corrigida será igual a 29 mm ($72 \text{ mm} \cdot 0,50 = 36 \text{ mm}$) e a AFDC corrigida será igual a 15,5 mm ($31 \text{ mm} \cdot 0,50 = 15,5 \text{ mm}$). Esses são os novos valores que devem ser empregados no balanço hídrico no solo.

Condições de estresse hídrico

A partir do consumo da água do solo facilmente disponível para a cultura (AFDC), se inicia um processo de déficit hídrico, com a redução da evapotranspiração da cultura (ETc). Sob essas condições, a ETc deve ser multiplicada por um coeficiente de estresse hídrico (Ke), cujo valor varia de 0 a 1,00:

$$ETcR = ETc \cdot Ke \quad (3)$$

em que:

ETcR – evapotranspiração real da cultura (mm/dia);
ETc – evapotranspiração da cultura (mm/dia);
Ke – coeficiente de estresse hídrico (adimensional).

Quando o consumo de água do solo (CAS), na região das raízes, for igual ou inferior à AFDC, o valor de Ke será igual a 1,00 (Figura 8). Nesse caso, pela eq.3, $ETcR = ETc$.

Já quando CAS for superior à AFDC, o valor de Ke será menor que 1,00, chegando a zero quando toda a água disponível para a cultura (ADC) for consumida e a umidade atingir o ponto de murcha permanente (Figura 8).

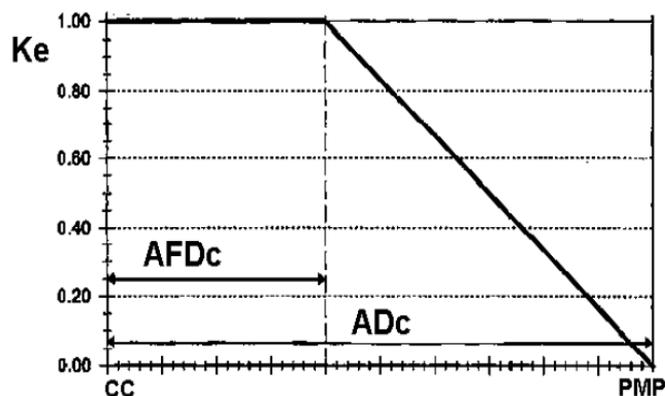


Figura 8 – Coeficiente de estresse hídrico (Ke) em função da água disponível no solo. ADC é a água disponível no solo, AFDC é a água facilmente disponível no solo, CC é a capacidade de campo e PMP é o ponto de murcha permanente. Adaptado de Allen et al. (1998).

Quando os valores de Ke forem menores que 1,00, eles poderão ser calculados empregando-se a expressão (ALLEN et al., 1998):

$$Ke = (ADC - CAS) \div (ADC - AFDC) \quad (4)$$

em que:

Ke – coeficiente de estresse hídrico (adimensional);
ADC – água disponível para a cultura na região das raízes (mm);
AFDC – água facilmente disponível para a cultura na região das raízes (mm);
CAS – consumo de água do solo na região das raízes (mm).

É importante frisar que a eq.4 só poderá ser empregada quando os valores de CAS forem superiores à AFDC.

No exemplo anterior, em que ADC é igual a 72 mm e a AFDC é igual a 31 mm, se o consumo de água na região radicular (CAS) for de 40 mm, o valor de Ke será:

$$Ke = (72 - 40) \div (72 - 31) = (32) \div (41) = 0,78$$

Nesse caso, se a ETc for igual a 4,0 mm/dia, o seu valor real (ETcR) será de 3,1 mm/dia ($4,0 \text{ mm/dia} \cdot 0,78 = 3,1 \text{ mm/dia}$).

Evapotranspiração da cultura (ETc)

Para se calcular a ETc, multiplica-se a evapotranspiração de referência do local (ETo) pelo coeficiente da cultura (Kc):

$$ETc = ETo \cdot Kc \quad (5)$$

em que:

ETc – evapotranspiração potencial da cultura (mm/dia);

Kc – coeficiente da cultura (adimensional);

ETo – evapotranspiração de referência (mm/dia).

Os valores de ETo são determinados com base nos dados meteorológicos locais e representam a demanda hídrica da atmosfera. Assim, se a ETo for igual a 5,0 mm/dia e o valor de Kc for igual a 0,80, a ETc será igual a 4,0 mm/dia ($5,0 \text{ mm/dia} \cdot 0,80 = 4,0 \text{ mm/dia}$).

Cálculo de ETo

Se a estação meteorológica possuir registros de radiação solar, velocidade do vento, temperatura do ar e umidade do ar, pode-se empregar o método considerado padrão para cálculo de ETo, que é o de Penman-Monteith, recomendado pela FAO (ALLEN et al., 1998). O roteiro para o seu uso é descrito por Conceição (2006) e planilhas para o cálculo diário de ETo com base nesse método estão disponíveis na página da Embrapa Uva e Vinho (www.cnpuv.embrapa.br/tecnologias).

Caso se tenha dados somente das temperaturas máxima e mínima do ar, pode-se utilizar o método de Hargreaves, descrito por Conceição e Mandelli (2005). Planilhas para o uso desse método também estão disponíveis na página da Embrapa Uva e Vinho (www.cnpuv.embrapa.br/tecnologias).

Valores de Kc

Os valores de Kc variam com a espécie, a cultivar, a cobertura do solo e o ciclo da cultura, entre outros fatores. Alguns índices biométricos podem ser utilizados para a estimativa de Kc, como a fração coberta do solo, a porcentagem sombreada pelo sol ao meio-dia e o índice de área foliar. Pode-se, também, utilizar equações em que Kc é função do número de dias do ciclo da cultura. De modo geral, pode-se estabelecer três

estágios de Kc:Kci, correspondendo ao início do desenvolvimento da cultura; Kcm, correspondendo ao período intermediário; e Kcf, período final de desenvolvimento da planta.

As Tabelas 2 e 3 apresentam valores de Kci, Kcm e Kcf para algumas fruteiras. Observa-se que os valores de Kc na presença de cobertura vegetal são, normalmente, maiores do que sem cobertura vegetal. Isso se deve ao maior consumo de água das plantas que cobrem o solo, que competem com as fruteiras por esses recursos, entre outros.

Roteiro de cálculo

Para se realizar um balanço hídrico, se faz necessária a obtenção dos dados da cultura, do solo e das condições meteorológicas.

Dados da Cultura

Videira para vinho, sem cobertura vegetal, alta densidade, na fase de crescimento de bagas e profundidade efetiva das raízes (Pe) igual a 0,50 m (Pe = 0,50 m).

A fase de crescimento de bagas representa um estágio intermediário do ciclo da cultura. Assim, de acordo com a Tabela 3, o coeficiente da cultura intermediária (Kcm) nessa fase, para plantas com alta densidade, é igual a 0,75 (Kcm = 0,75).

Dados de Solo

Solo com Capacidade de Água Disponível (CAD) igual a 140 mm/m (CAD = 140 mm/m).

Como a profundidade efetiva das raízes (Pe) é igual a 0,50 m, a Água Disponível para a Cultura (ADC) será igual a 70 mm (ADC = $140 \text{ mm/m} \cdot 0,50\text{m} = 70 \text{ mm}$).

Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos se referem à precipitação pluvial (P) e à evapotranspiração de referência (ETo). Esses dados devem ser fornecidos diariamente, sendo coletados no local empregando-se estação ou posto meteorológico. Esse posto deve conter, pelo menos, termômetro de máxima e mínima (para se calcular ETo) e pluviômetro, para se medir a quantidade de chuva.

A partir dos dados da cultura, do solo e meteorológicos pode-se realizar o balanço hídrico no solo.

Tabela 2 – Valores de Kci, Kcm e Kcf para fruteiras, com ou sem cobertura vegetal (plantas competidoras) e diferentes densidades de plantio. Fontes: Allen et al. (1998) e Allen & Pereira (2009).

Fruteira	Kci	Kcm	Kcf
Abacaxizeiro sem cobertura vegetal	0,50	0,30	0,30
Abacaxizeiro com cobertura vegetal	0,50	0,50	0,50
Bananeira – 1º ano	0,50	1,10	1,00
Bananeira – 2º ano	1,00	1,20	1,10
Citros sem cobertura vegetal			
- Densidade alta (70 %)ª	0,95	0,90	0,90
- Densidade média (50 %)ª	0,80	0,75	0,75
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %)ª	0,55	0,50	0,50
Citros com cobertura vegetal			
- Densidade alta (70 %)ª	1,00	0,95	0,95
- Densidade média (50 %)ª	0,95	0,95	0,95
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %)ª	0,90	0,90	0,90
Coqueiro sem cobertura vegetal			
- Densidade alta (70 %)ª	0,90	0,95	0,95
- Densidade média (50 %)ª	0,80	0,80	0,80
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %)ª	0,50	0,55	0,55
- Densidade muito baixa ou planta jovem (10 %)ª	0,35	0,35	0,35
Coqueiro com cobertura vegetal			
- Densidade alta (70 %)ª	0,95	0,95	0,95
- Densidade média (50 %)ª	0,90	0,90	0,90
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %)ª	0,85	0,85	0,85
- Densidade muito baixa ou planta jovem (10 %)ª	0,80	0,80	0,80
Frutas vermelhas (arbustos)	0,30	1,05	0,50
Kiwizeiro	0,40	1,05	1,05
Mangueira sem cobertura vegetal			
- Densidade alta (70 %)ª	0,35	0,90	0,75
- Densidade média (50 %)ª	0,35	0,75	0,60
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %)ª	0,30	0,45	0,40
Morangueiro	0,40	0,85	0,75

ªPercentual da área coberta pelo dossel da planta.

ºValores até a queda das folhas. Após a queda, Kcf igual a 0,20, sem cobertura vegetal; e variará de 0,50 a 0,80 com cobertura.

Exemplo de cálculo

O exemplo a seguir ilustra o uso do balanço hídrico na cultura da videira.

A Tabela 4 apresenta os dados de ETo do coeficiente da cultura (Kc) e da evapotranspiração da cultura (ETc), calculada multiplicando-se ETo por Kc.

Assim, no dia 01 (Tabela 3) o valor de ETc será:

$$ETc = 5,2 \cdot 0,75 = 3,9 \text{ mm}$$

Em seguida (Tabela 5), calcula-se a diferença entre a

precipitação pluvial (P) e a ETc e o consumo de água do solo (CAS).

A partir da ETc, calcula-se o fator de água disponível no solo (FAD), empregando-se a eq.1. Deve-se observar que, de acordo com a Tabela 1, a fração de água disponível tabelada (FADtab) para a cultura da videira para vinho é igual a 0,45 (FADtab = 0,45). No entanto, neste exemplo, esse valor pode ser arredondado para 0,50.

Assim, por exemplo, no dia 01 (Tabela 6), o valor do FAD será igual a:

Tabela 3 – Valores de Kci, Kcm e Kcf para fruteiras com ou sem cobertura vegetal (plantas competidoras) e diferentes densidades de plantio. Fontes: Allen et al. (1998) e Allen e Pereira (2009).

Fruteira	Kci	Kcm	Kcf
Macieira, Pereira e Cerejeira sem cobertura vegetal			
- Densidade alta (70 %) ^a	0,50	1,15	0,80 ^b
- Densidade média (50 %) ^a	0,50	1,05	0,75 ^b
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %) ^a	0,40	0,70	0,55 ^b
Macieira, Pereira e Cerejeira com cobertura vegetal			
- Densidade alta (70 %) ^a	0,85 ^c	1,20	0,85 ^b
- Densidade média (50 %) ^a	0,85 ^c	1,15	0,85 ^b
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %) ^a	0,85 ^c	1,05	0,85 ^b
Pessegueiro e frutas de caroço sem cobertura vegetal			
- Densidade muito alta (90 %) ^a	0,50	1,20	0,85 ^b
- Densidade alta (70 %) ^a	0,50	1,15	0,80 ^b
- Densidade média (50 %) ^a	0,45	1,00	0,70 ^b
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %) ^a	0,40	0,60	0,45 ^b
Pessegueiro e frutas de caroço com cobertura vegetal			
- Densidade muito alta (90 %) ^a	0,80 ^c	1,25	0,85 ^b
- Densidade alta (70 %) ^a	0,80 ^c	1,20	0,85 ^b
- Densidade média (50 %) ^a	0,80 ^c	1,15	0,85 ^b
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %) ^a	0,80 ^c	1,00	0,85 ^b
Videira (mesa, suco) sem cobertura vegetal			
- Densidade alta (70 %) ^a	0,30	1,10	0,85 ^b
- Densidade média (50 %) ^a	0,30	0,95	0,75 ^b
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %) ^a	0,30	0,60	0,50 ^b
Videira (vinho) sem cobertura vegetal			
- Densidade alta (70 %) ^a	0,30	0,75 ^d	0,55 ^{bd}
- Densidade média (50 %) ^a	0,30	0,70 ^d	0,50 ^{bd}
- Densidade baixa ou planta jovem (25 %) ^a	0,30	0,45 ^d	0,30 ^{bd}

^aPercentual da área coberta pelo dossel da planta.

^bValores até a queda das folhas. Após a queda, Kcf igual a 0,20, sem cobertura vegetal; e variará de 0,50 a 0,80 com cobertura.

^cNa ocorrência de geada os valores de Kci passam a ser iguais a 0,50.

^dEsses valores incluem um coeficiente de estresse (Ke) igual a 0,70, comum na produção de uvas para vinho fino.

Tabela 4 – Evapotranspiração de referência (ET_o), coeficiente de cultura (Kc) e evapotranspiração da cultura (ET_c).

Dia	ET _o (mm)	Kc	ET _c (mm)
01	5,2	0,75	3,9
02	4,4	0,75	3,3
03	4,7	0,75	3,5
04	3,1	0,75	2,3
05	4,2	0,75	3,1
06	4,3	0,75	3,2
07	3,8	0,75	2,8

$$FAD = 0,50 + 0,04.(5,0-3,9) = 0,54$$

Multiplicando-se a ADC (70 mm) pelo FAD obtém-se a água facilmente disponível para a cultura

(AFDC = ADC . FAD). Na Tabela 5, são apresentados os valores do FAD e da AFDC. No dia 01, por exemplo, considerando-se a ADC igual a 70 mm e um FAD igual a 0,54, o valor de AFDC será:

$$\text{AFDC} = 70 \text{ mm} \cdot 0,54 = 37,8 \text{ mm}$$

Tabela 5 – Precipitação pluvial (P), evapotranspiração da cultura (ETc) e a diferença entre os dois valores.

Dia	P (mm)	ETc (mm)	P-ETc (mm)
01	0,0	3,9	-3,9
02	0,0	3,3	-3,3
03	8,2	3,5	4,7
04	0,0	2,3	-2,3
05	0,0	3,1	-3,1
06	0,0	3,2	-3,2
07	0,0	2,8	-2,8

Tabela 6 – Precipitação pluvial (P), fator de água disponível (FAD) e água facilmente disponível para a cultura (AFDC).

Dia	ETc (mm)	FAD	AFDC (mm)
01	3,9	0,54	37,8
02	3,3	0,57	39,9
03	3,5	0,56	39,2
04	2,3	0,61	42,7
05	3,1	0,58	40,6
06	3,2	0,57	39,9
07	2,8	0,59	41,3

Para se calcular o consumo de água do solo (CAS), deve-se conhecer a quantidade de água armazenada no solo (ARM), uma vez que CAS é igual a diferença entre ADC e ARM (CAS = ADC - ARM).

Considerando-se que ADC é igual a 70 mm (ADC = 70 mm), se o valor inicial de ARM (ARMi) for igual 40 mm, o valor de CAS será:

$$\text{CAS} = \text{ADC} - \text{ARM} = 70 - 40 = 30 \text{ mm}$$

Com base nesse exemplo, obtêm-se os demais valores de ARM (Tabela 7) somando-os com os de P - ETc. Observa-se que os valores de CAS representam as diferenças entre ADC (70 mm) e ARM.

Se o valor inicial de ARM (ARMi) não for conhecido, deve-se iniciar o balanço hídrico após um período de chuvas suficientes para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo (CC). Neste caso, o valor

inicial de ARM será igual ao da água disponível para a cultura (ARM = ADC).

Tabela 7 – Diferença entre a precipitação pluvial (P) e evapotranspiração da cultura (ETc), armazenamento da água no solo (ARM) e consumo de água do solo (CAS).

Dia	P-ETc(mm)	ARM(mm)	CAS(mm)
		ARMi = 40	CASi = 30
01	-3,9	36,1	33,9
02	-3,3	32,8	37,2
03	4,7	37,5	32,5
04	-2,3	35,2	34,8
05	-3,1	32,1	37,9
06	-3,2	28,9	41,1
07	-2,8	26,1	43,9

Com base nos valores de ADC, AFDC e CAS, calcula-se o coeficiente de estresse hídrico (Ke) empregando-se a eq.4. Quando o CAS for menor do que AFDC o valor de Ke será igual a 1,00. É o caso dos dias 01 a 05 da Tabela 8. Já nos dias 06 e 07, os valores de CAS são maiores do que AFDC, fazendo com que Ke seja menor do que 1,00. No dia 07 (Tabela 8), por exemplo, o valor de Ke será:

$$\text{Ke} = (\text{ADC} - \text{CAS}) \div (\text{ADC} - \text{AFDC})$$

$$\text{Ke} = (70 - 43,9) \div (70 - 41,3) = 0,91$$

A partir dos valores de Ke, deve-se corrigir a evapotranspiração da cultura (ETc), obtendo-se os valores reais de ETc (ETcR). Quando Ke for igual a 1,00, a ETcR será igual à ETc (ETcR = ETc). Quando Ke for

Tabela 8 – Água facilmente disponível no solo (AFDC), consumo de água do solo (CAS) e coeficiente de estresse hídrico (Ke), considerando-se a água disponível para a cultura igual a 70 mm (ADC = 70 mm).

Dia	AFDC (mm)	CAS (mm)	Ke
01	37,8	33,9	1,00
02	39,9	37,2	1,00
03	39,2	32,5	1,00
04	42,7	34,8	1,00
05	40,6	37,9	1,00
06	39,9	41,1	0,96
07	41,3	43,9	0,91

menor do que 1,00, a ETcR será inferior à ETc (ETcR < ETc), sendo calculada pela eq.3. Assim, no dia 07 da Tabela 9, o valor de ETcR será igual a:

$$ETcR = ETc \cdot Ke = 2,8 \cdot 0,91 = 2,5 \text{ mm}$$

Tabela 9 – Evapotranspiração da cultura (ETc), coeficiente de estresse hídrico (Ke) e evapotranspiração real da cultura (ETcR).

Dia	ETc (mm)	Ke	ETcR (mm)
01	3,9	1,00	3,9
02	3,3	1,00	3,3
03	3,5	1,00	3,5
04	2,3	1,00	2,3
05	3,1	1,00	3,1
06	3,2	0,96	3,1
07	2,8	0,91	2,5

A partir de ETcR, deve-se corrigir os valores de ARM e CAS, obtendo-se o armazenamento real de água no solo (ARMR) e o consumo real de água do solo (CASR).

O déficit hídrico (DH) ocorrerá sempre que ETcR for menor do que ETc, representando a diferença entre os dois valores. (DH = ETcR - ETc). No dia 07 da Tabela 10, por exemplo, o valor de DH será:

$$DH = 2,5 - 2,8 = -0,3 \text{ mm}$$

Tabela 10 – Evapotranspiração da cultura (ETc), evapotranspiração real da cultura (ETcR) e déficit hídrico (DH).

Dia	ETc (mm)	ETcR (mm)	DH (mm)
01	3,9	3,9	0,0
02	3,3	3,3	0,0
03	3,5	3,5	0,0
04	2,3	2,3	0,0
05	3,1	3,1	0,0
06	3,2	3,1	-0,1
07	2,8	2,5	-0,3

Já o excedente hídrico (EXC) ocorrerá sempre que a precipitação pluvial (P) ou a irrigação (I) superarem o armazenamento máximo de água do solo (ARMmax),

que é igual à ADC (ARMmax = ADC). Na Tabela 11, por exemplo, devido à chuva ocorrida no dia 03, a diferença entre P - ETc foi igual a 44,7 mm. Contudo, a soma desse valor com o armazenamento do dia anterior (32,8 mm) supera o valor de ADC (70 mm), correspondendo ao excedente hídrico (EXC), que será igual a:

$$EXC_{03} = (P - ETc) + ARM_{02} - ADC$$

$$EXC_{03} = 44,7 + 32,8 - 70 = 7,5 \text{ mm}$$

O excedente hídrico será drenado para as camadas mais profundas do solo, podendo alimentar o lençol freático.

Tabela 11 – Diferença entre a precipitação pluvial (P) e evapotranspiração da cultura (ETc), armazenamento da água no solo (ARM) e excedente hídrico (EXC).

Dia	P - ETc (mm)	ARM (mm)	EXC (mm)
01	-3,9	36,1	0,0
02	-3,3	32,8	0,0
03	44,7	70,0	7,5
04	-2,3	67,7	0,0
05	-3,1	64,6	0,0
06	-3,2	61,4	0,0
07	-2,8	58,6	0,0

Planilhas eletrônicas

O uso de planilhas eletrônicas facilita os cálculos do balanço hídrico diário. Em uma planilha semelhante à da Tabela 12, por exemplo, é necessário fornecer os seguintes dados (células em branco): a água disponível para a cultura (ADC), que no caso é igual a 70 mm; a precipitação pluvial (P); a evapotranspiração de referência (ETo); e o coeficiente da cultura (Kc), que variará conforme a fase de desenvolvimento das plantas.

A partir desses valores, são realizados os cálculos e apresentados os resultados, conforme a Tabela 12 (células em amarelo), que são: o armazenamento real de água no solo (ARMR), o déficit hídrico (DEF) e o excedente hídrico (EXC).

Na Tabela 13, é apresentado um balanço hídrico em que é utilizada a irrigação. Nesse caso, além dos dados fornecidos na Tabela 12, acrescenta-se a

lâmina de irrigação (LI), a água facilmente disponível para a cultura (AFDC) e o consumo real de água do solo (CASR).

Para que não haja déficit hídrico, quando o CASR se aproximar da AFDC, deve-se realizar a irrigação.

Na Tabela 13, por exemplo, isso ocorre no dia 07, sendo que no dia 08 realizou-se a irrigação, com a aplicação de uma lâmina igual a 40 mm. Verifica-se que, com a irrigação, os dias com déficit hídrico, que ocorreram na Tabela 12, não se apresentaram mais na Tabela 13.

Tabela 12 – Exemplo de balanço hídrico diário no solo na cultura da videira sem o uso de irrigação, em que a água disponível para cultura (ADC) é igual a 70 mm. P é a precipitação pluvial, ETo é a evapotranspiração de referência, Kc é o coeficiente de cultura, ARM R é o armazenamento real de água no solo, ARMi é a água armazenada no início do balanço hídrico, DEF é o déficit hídrico e EXC é o excedente hídrico.

ADC = 70 mm						
Dia	P (mm)	ETo (mm)	Kc	ARM R (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
ARMi (mm)				70,0		
1	28,2	2,6	0,75	50,0	0,0	26,2
2	0,0	4,4	0,75	46,7	0,0	0,0
3	0,0	4,7	0,75	43,2	0,0	0,0
4	0,0	3,1	0,75	40,9	0,0	0,0
5	0,0	4,2	0,75	37,7	0,0	0,0
6	0,0	4,3	0,75	34,5	0,0	0,0
7	0,0	3,8	0,75	31,6	0,0	0,0
8	0,0	3,9	0,75	28,8	-0,1	0,0
9	0,0	2,7	0,75	26,8	0,0	0,0
10	0,0	3,0	0,75	24,7	-0,2	0,0
11	0,0	2,4	0,75	23,1	-0,2	0,0
12	0,0	3,6	0,75	21,2	-0,8	0,0
13	0,0	3,7	0,75	19,4	-1,0	0,0
14	0,0	3,0	0,75	18,0	-0,9	0,0
15	0,0	3,7	0,75	16,5	-1,3	0,0
16	0,0	3,1	0,75	15,3	-1,1	0,0
17	0,0	3,3	0,75	14,1	-1,3	0,0
18	25,0	3,0	0,75	36,8	0,0	0,0
19	0,0	2,5	0,75	34,9	0,0	0,0
20	0,0	3,7	0,75	32,1	0,0	0,0
21	39,0	2,1	0,75	69,5	0,0	0,0
22	18,0	2,5	0,75	70,0	0,0	15,6
23	0,0	2,8	0,75	67,9	0,0	0,0

Considerações Finais

O balanço hídrico pode ser um instrumento útil para o monitoramento da água no solo e para o manejo da irrigação de fruteiras. Deve-se ressaltar, entretanto, que o seu uso requer determinações precisas das características hídricas do solo e dos dados meteorológicos diários.

Sempre que possível, também, deve-se realizar o monitoramento hídrico do solo empregando-se sensores como tensiômetros, por exemplo. Esse monitoramento permite ajustar os valores dos coeficientes da cultura (Kc), uma vez que os fornecidos pela Tabelas 2 e 3 nem sempre se adequam às condições de solo, clima e cultivar utilizadas.

Tabela 13 – Exemplo de balanço hídrico diário no solo na cultura da videira sem o uso de irrigação, em que a água disponível para cultura (ADC) é igual a 70 mm. P é a precipitação pluvial, ETo é a evapotranspiração de referência, Kc é o coeficiente de cultura, LI é a lâmina de irrigação, AFDC é a água facilmente disponível para a cultura, CASR é o consumo real de água do solo, ARMR é o armazenamento real de água no solo, ARMi é a água armazenada no início do balanço hídrico, DEF é o déficit hídrico e EXC é o excedente hídrico.

ADC = 70 mm

Dia	P (mm)	ETo (mm)	Kc	LI (mm)	AFDC (mm)	CASR (mm)	ARMR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
ARMi (mm)							0,0	70,0	
1	28,2	2,6	0,75	0,0	43,4	20,0	50,0	0,0	26,2
2	0,0	4,4	0,75	0,0	39,9	23,3	46,7	0,0	0,0
3	0,0	4,7	0,75	0,0	39,2	26,8	43,2	0,0	0,0
4	0,0	3,1	0,75	0,0	42,7	29,1	40,9	0,0	0,0
5	0,0	4,2	0,75	0,0	39,9	32,3	37,7	0,0	0,0
6	0,0	4,3	0,75	0,0	39,9	35,5	34,5	0,0	0,0
7	0,0	3,8	0,75	0,0	40,6	38,4	31,6	0,0	0,0
8	0,0	3,9	0,75	40,0	40,6	1,3	68,7	0,0	0,0
9	0,0	2,7	0,75	0,0	43,4	3,3	66,7	0,0	0,0
10	0,0	3,0	0,75	0,0	42,7	5,6	64,4	0,0	0,0
11	0,0	2,4	0,75	0,0	44,1	7,4	62,6	0,0	0,0
12	0,0	3,6	0,75	0,0	41,3	10,1	59,9	0,0	0,0
13	0,0	3,7	0,75	0,0	41,3	12,9	57,1	0,0	0,0
14	0,0	3,0	0,75	0,0	42,7	15,2	54,8	0,0	0,0
15	0,0	3,7	0,75	0,0	41,3	18,0	52,0	0,0	0,0
16	0,0	3,1	0,75	0,0	42,7	20,3	49,7	0,0	0,0
17	0,0	3,3	0,75	0,0	42,0	22,8	47,2	0,0	0,0
18	25,0	3,0	0,75	0,0	42,7	0,1	69,9	0,0	0,0
19	0,0	2,5	0,75	0,0	43,4	2,0	68,0	0,0	0,0
20	0,0	3,7	0,75	0,0	41,3	4,8	65,2	0,0	0,0
21	39,0	2,1	0,75	0,0	44,8	0,0	70,0	0,0	32,6
22	18,0	2,5	0,75	0,0	43,4	0,0	70,0	0,0	16,1
23	0,0	2,8	0,75	0,0	43,4	2,1	67,9	0,0	0,0

Referências Bibliográficas

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. *Irrigation Science*, New York, v. 28, p.17-34, 2009.

ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

BASSOI, L. H.; HOPMANS, J. W.; JORGE, L. A. de

C.; ALENCAR, C. M. de; SILVA, J. A. M. Grapevine root distribution in drip and microsprinkler irrigation. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 377-387, 2003.

BASSOI, L. H.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, J. A. M. e; SILVA, E. E. G. da. Root distribution of irrigated grapevine rootstocks in a coarse texture soil of the São Francisco Valley, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 35-38,2002.

COELHO, E. F.; SOUSA, V. F. de; AGUIAR NETTO, A. de O.; OLIVEIRA, A. S. de. **Manejo de irrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa

Mandioca e Fruticultura, 2000. 48 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 40).

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MANDELLI, F. **Cálculo da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 4 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 61). Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/comunicado/cot061.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2009.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Roteiro de cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith-FAO**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 8 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 65). Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/circular/cir065.pdf>>. Acesso

em: 21 out. 2009.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. Pelotas: Editora UFPEL, 1996. 311 p.

HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. Aspectos botânicos. In: NACHTIGALL, G. R. (Ed.). **Maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.17-24.

PIRES, R. C. de M.; SAKAI, E.; FOLEGATTI, M. V.; PIMENTEL, M. H. L.; FUJIWARA, M. Distribuição e profundidade do sistema radicular da videira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997. 1 CD-ROM.

Circular Técnica, 82

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Uva e Vinho

Rua Livramento, 515 - Caixa Postal 130
95700-000 Bento Gonçalves, RS

Fone: (0xx) 54 3455-8000

Fax: (0xx) 54 3451-2792

<http://www.cnpuv.embrapa.br>

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



1ª edição

1ª impressão (2010): 1000 exemplares

Comitê de Publicações

Presidente: Mauro Celso Zanus

Secretária-Executiva: Sandra de Souza Sebben

Membros: Alexandre Hoffmann, César Luís Girardi, Flávio Bello Fialho, Henrique Pessoa dos Santos, Kátia Midori Hiwatashi, Thor Vinícius Martins Fajardo e Viviane Maria Zanella Bello Fialho

Expediente

Tratamento das ilustrações: Alessandra Russi

Normalização bibliográfica: Kátia Midori Hiwatashi