

UC Necessidades Hídricas e Sistemas de Rega / 1º ciclo de Eng. Agronómica / M.ª Rosário Carneira / Instituto Superior de Agronomia



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

Departamento de Ciências e
Engenharia de Biosistemas

UC Necessidades hídricas e sistemas de rega



Aula 4

3. Necessidades de rega das culturas

3.1 Dotação útil de rega, eficiência de rega e dotação total de rega;

3.2 Balanço hídrico para a condução da rega;

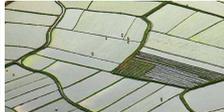
3.2.1 Conceitos

3.2.2 BH em situação de conforto hídrico

3.2.3 BH em condições de stress hídrico

3.3 As necessidades de rega para projeto vs as necessidades de rega para condução da rega






UC Necessidades Hídricas e Sistemas de Rega / 1º ciclo de Eng. Agronómica / M.ª Rosário Carneira / Instituto Superior de Agronomia

3.1 Dotação útil de rega, eficiência de rega, dotação de rega e dotação total de rega;

Dotação útil de rega, D_u :

- Quantidade (volume) de água que deve ser reposta dentro do solo para satisfazer as necessidades hídricas das culturas (ET);
- Contabilizam-se todas as estradas e saídas de água do sistema;
- As unidades mais comuns são $m^3 ha^{-1}$ e o $L m^{-2}$ ou mm.

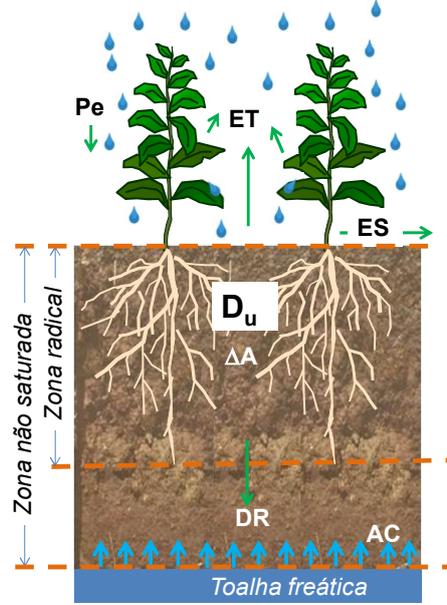
Depende de:

- Culturas a beneficiar; **ET**
- Características do solo; Valor máximo $D_u = RFU$ **Porquê?**
- Intervalo entre regas.

Equação do Balanço Hídrico

$$Pe + Du + AC - (ES + DR + ETc) = \Delta A$$

entradas saídas Variação do armazenamento

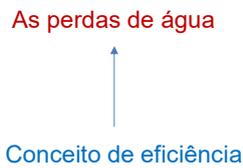


2/48

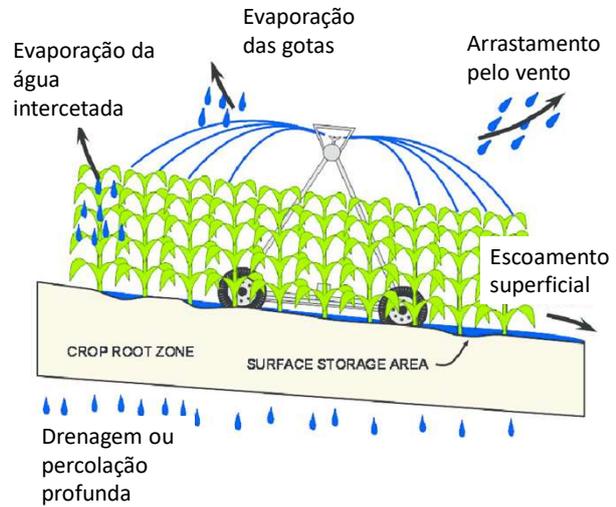
Dotação bruta de rega ou apenas dotação de rega, D:

Quantidade (volume) de água a aplicar pelo sistema de rega, em cada rega, por unidade de área do terreno. As unidades mais comuns são $m^3 ha^{-1}$ e o $L m^{-2}$ ou mm.

Qual a relação entre a dotação útil e a dotação que o sistema de rega tem que aplicar?

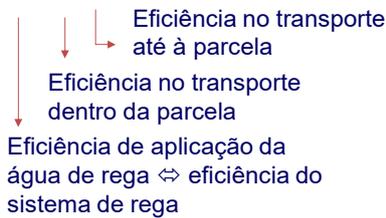


Exemplo: perdas de água na rega com rapa pivotante



Eficiência traduz a fração de água que, partindo do sistema abastecedor, chega até à planta = Eficiência no transporte (dentro e fora da exploração) x Eficiência na aplicação

Eficiência de rega



$$D = \frac{Du}{Ef}$$

Sendo

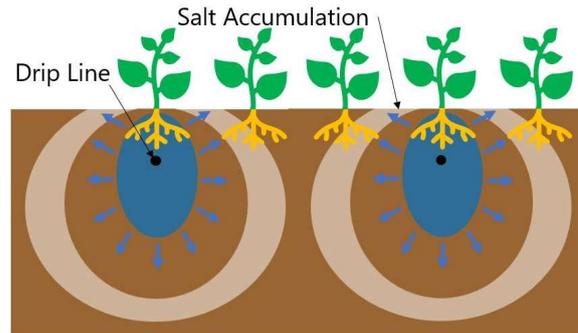
- D** a dotação de rega (mm),
- Ef** a eficiência do sistema de rega;
- Du** a dotação útil de rega calculada pelo BH (mm)

Sistemas de rega	Eficiências (%)
Métodos de rega	
• Rega de gravidade com nivelamento de precisão	
Sulcos	65 – 85
Faixas	70 – 85
Bacias	70 – 90
• Rega de gravidade tradicional	
Sulcos	40 – 70
Faixas	45 – 70
Bacias	45 – 70
• Rega de arroz, canteiros em alagamento permanente	25 – 70*
• Rega por aspersão	
Sistemas estacionários de cobertura total	65 – 85
Sistemas estacionários deslocáveis manualmente	65 – 80
rampas com rodas	65 – 80
Aspersores canhão com enrolador ou com cabo	55 – 70
Rampas móveis, com pivot central	65 – 85
• Miorregia (rega localizada)	
Gotejadores, 3 emissores por planta (pomares)	85 – 95
Gotejadores, < 3 emissores por planta	80 – 90
Micro-aspersores e “bubblers” (pomares)	85 – 95
Linha contínua de emissores gota-a-gota	70 – 90

Dotação total de rega, D_T :

Em alguns casos (quase sempre nos sistemas de rega localizada) é ainda necessário aplicar uma quantidade extra de água de rega para efetuar a lavagem de sais que se acumulam no bolbo molhado (D_L)

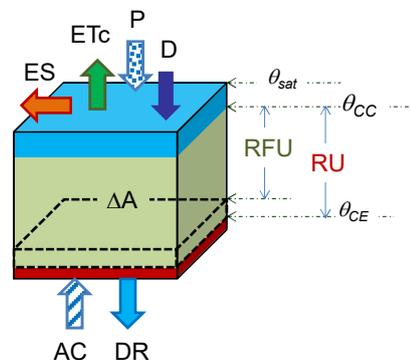
$$D_T = D + D_L$$



5/48

3.2 Balanço hídrico para a condução da rega**3.2.1 CONCEITOS****Solo ⇔ Reservatório**

- ✓ recebe água através da precipitação, da rega ou da ascensão capilar;
- ✓ perde água através da evapotranspiração das culturas, do escoamento superficial ou da drenagem profunda;
- ✓ armazena água;

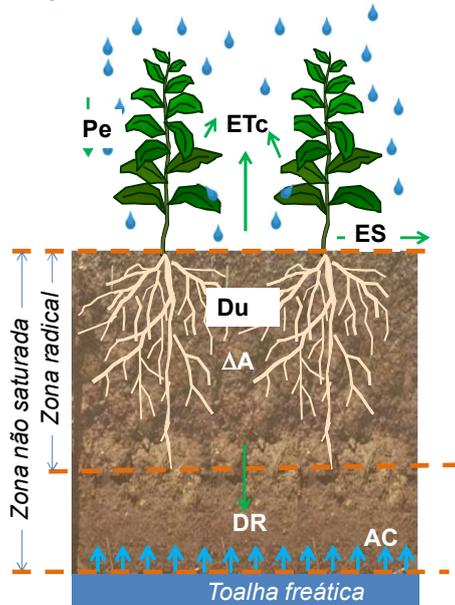


6

Água utilizável no solo



Componentes do balanço hídrico na zona explorada pelas raízes



Equação do balanço para um intervalo de tempo de Δt ($t_2 - t_1$) dias:

$$E - S = \Delta A$$

Termos do BH

Entradas:

- Pe – precipitação efetiva
- Du – Dotação útil de rega
- AC – ascensão capilar

Saídas:

- ES – Escoamento superficial
- DR – Percolação ou drenagem profunda
- ETc – Evapotranspiração cultural

ΔA – variação do armazenamento
 $\Delta A = A(t_2) - A(t_1)$

Todos os termos em mm

$$Pe + Du + AC - (ES + DR + ETc) = \Delta A_{(t_2-t_1)}$$

Exercício 10

Determine a dotação útil de rega diária que foi aplicada a uma cultura durante o período $\Delta t = 3$ dias. Dados: $\theta_{t_1} = 0.2 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$; $\theta_{t_2} = 0.22 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$; $Z_r = 0.3 \text{ m}$; $P_e = 0$, $A_c = 0$; $E_S = 0$; $D_R = 0$, $E_{T_c} = 5 \text{ mm d}^{-1}$
 ($D_u = 7 \text{ mm d}^{-1}$)

Exercício 11

Considere a situação do exercício anterior e determine a variação de armazenamento que ocorrerá nos 5 dias seguintes na ausência de rega e o teor de água final, quando $E_{T_c} = 4 \text{ mm d}^{-1}$; $P_e = 2.5 \text{ mm}$; $A_c = 0$; $E_S = 0$; $D_R = 0$

($\Delta A = -17.5 \text{ mm}$; $\theta_{t_3} = 0.16 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

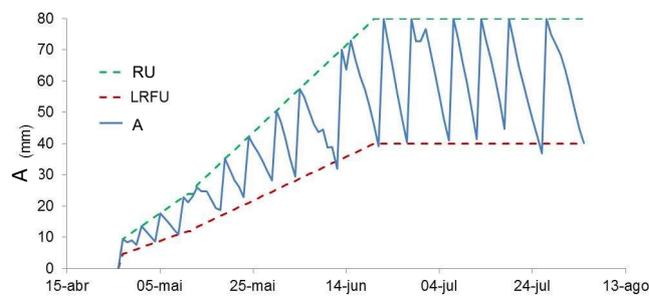
9/48

3.2.2 BALANÇO HÍDRICO PARA A CONDUÇÃO DA REGA EM CONFORTO HÍDRICO

Condução da rega:

- pretende responder às perguntas quando regar e quanto regar
- resulta da combinação ótima entre as necessidades hídricas das culturas, as características do solo, e o método/sistema de rega a utilizar.

O conhecimento do balanço hídrico do solo na zona explorada pelas raízes é fundamental para a boa condução da água em regadio.

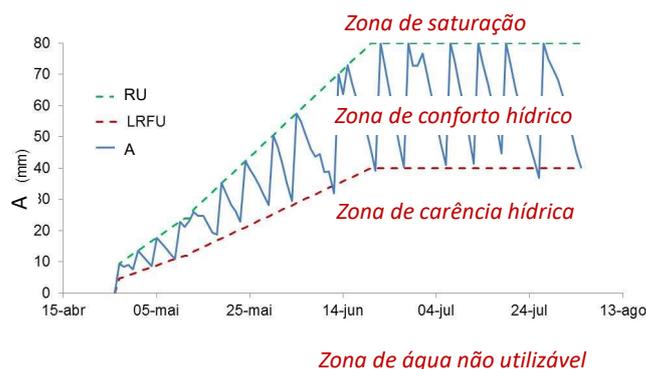


Data	Dotação (mm)
1-mai	7.7
5-mai	10.8
10-mai	13.7
19-mai	19.4
24-mai	23.0
30-mai	25.9
4-jun	32.8
13-jun	45.0
22-jun	47.9
28-jun	47.3
7-jul	46.0
13-jul	46.3
19-jul	42.4
27-jul	48.6
	456.8

10/48

Delimitam-se no gráfico:

- uma **zona de saturação**, em que a água não é imediatamente utilizável, acima da capacidade de campo,
- uma **zona de conforto hídrico** entre a capacidade de campo e o LRFU, onde a cultura se desenvolve em condições ótimas,
- uma **zona de carência hídrica** entre este limite e o coeficiente de emurchecimento, em que se reduz a evapotranspiração cultural de acordo com a diminuição do teor de água no solo, e uma **zona de água não utilizável** abaixo deste valor.



11

Exercício 12

Um solo apresenta teores volumétricos de água à capacidade de campo de 16%, e no coeficiente de emurchecimento, de 8 %. A cultura nele instalada apresenta, para as diferentes fases do ciclo, as profundidades radiculares do Quadro seguinte. A fração da reserva facilmente utilizável é 0.4.

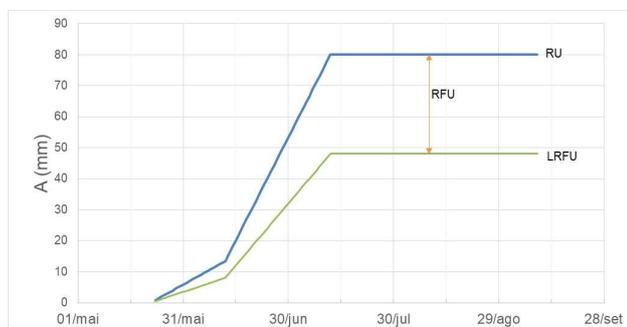
- Calcule RU, RFU e LRFU;
- Apresente graficamente a sua evolução ao longo do ciclo

Dados relativos à cultura

Fases do ciclo	Início dia	Zr m
Estabelecimento	23/mai	0,01
Rápido desenvolvimento	12/jun	0,17
Reprodução/maturação	12/jul	1,00
Senescência	21/ago	1,00

Soluções

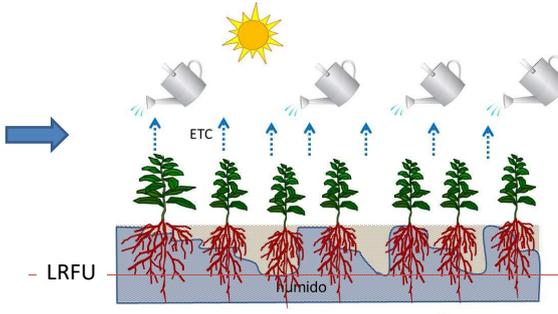
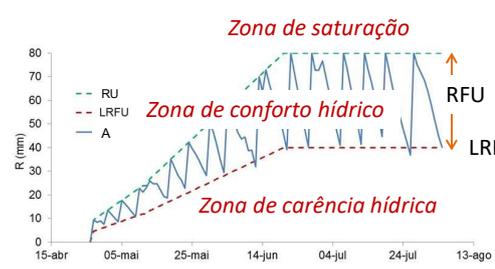
Fases do ciclo	Início dia	RU mm	RFU mm	LRFU mm
Estabelecimento	23/mai	0,8	0,3	0,5
Rápido desenvolvimento	12/jun	13,6	5,4	8,2
Reprodução/maturação	12/jul	80,0	32,0	48,0
Senescência	21/ago	80,0	32,0	48,0



UC Necessidades Hídricas e Sistemas de Rega / 1º ciclo de Eng. Agrônoma / M^a Rosário Carneira / Instituto Superior de Agronomia

conforto hídrico

Para a maior parte das culturas, a rega deve ser conduzida de modo a que a água no solo se mantenha sempre na zona de conforto hídrico.

Exemplo: rega com sistema fixo de rega por aspersão

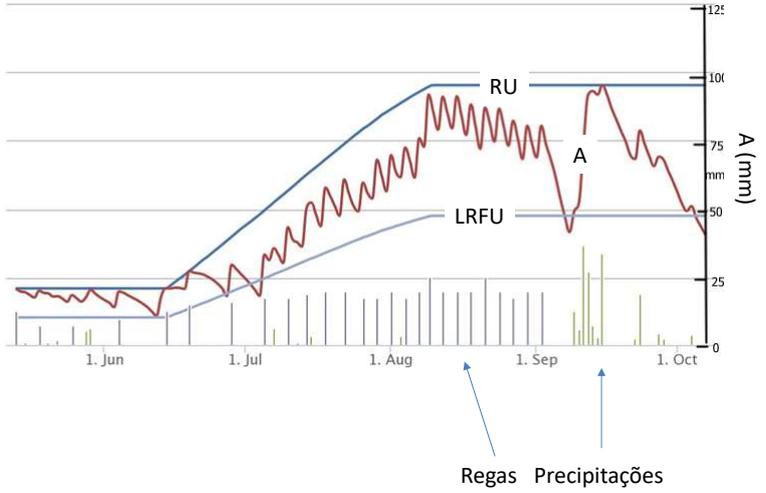
Utiliza-se toda a RFU do solo entre regas



13

UC Necessidades Hídricas e Sistemas de Rega / 1º ciclo de Eng. Agrônoma / M^a Rosário Carneira / Instituto Superior de Agronomia

Exemplo de condução da rega com rampa pivotante na cultura da beterraba sacarina, mantendo-se a reserva do solo sempre na zona de conforto hídrico



14

Na zona de conforto hídrico – simplificações da equação do balanço hídrico

- $DR = 0$, porque $\theta < \theta_{CC}$ e $A < A_{CC}$;
- ET é igual ao seu valor máximo, ET_c
- $Ac = 0$, porque não há gradiente de humidade entre a zona das raízes e a zona freática

$$\Delta A = (P_e - ET_c + Du)$$

P_e e ET_c em mm dia⁻¹

15

Exercício 13 Muito IMP!

Considere uma cultura de milho para forragem semeado no dia 23 de Maio num solo franco arenoso com $\theta_{CC} = 0.16 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $\theta_{CE} = 0.08 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. O sistema de rega é a aspersão fixa com cobertura total (pretende aproveitar-se a RFU do solo). O p da cultura é 0.4.

- Calcule RU, RFU e LRFU; (feito no exercício 12)
- Apresente graficamente a sua evolução ao longo do ciclo (feito no exercício 12)
- Determine os dias de rega e as dotações considerando que se pretende:
 - manter a cultura sempre na zona de conforto hídrico;
 - aproveitar a RFU do solo
 - regar no início do dia
 - Acabar as regas no dia 1 de setembro

Recorra aos dados do Quadro 2

Considere que no início do primeiro dia $A = 85\%$ de RU

- Represente graficamente a evolução do armazenamento, com rega, ao longo do período de desenvolvimento intermédio

- Apresente um quadro com os dias e as dotações de rega

Quadro 1 Dados relativos à cultura

Fases do ciclo	Início dia	Zr m
Estabelecimento	23/mai	0,01
Rápido desenvolvimento	12/jun	0,17
Reprodução/maturação	12/jul	1,00
Senescência	21/ago	1,00

Na aula, resolver o problema apenas para o período de desenvolvimento intermédio,

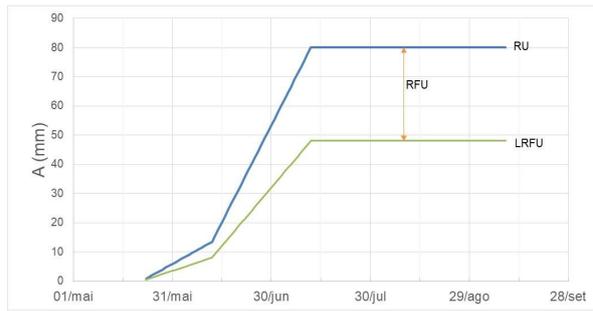
Fora da aula, resolver o problema para todo o ciclo cultural.

16

a) Determinar RU, RFU e LRFU;

	Início	Zr	RU	RFU	LRFU
Fases do ciclo	dia	m	mm		
Estabelecimento	23/mai	0,01	0,8	0,3	0,5
Rápido desenvolvimento	12/jun	0,17	13,6	5,4	8,2
Reprodução/maturação	12/jul	1,00	80,0	32,0	48,0
Senescência	21/ago	1,00	80,0	32,0	48,0

b) Representar graficamente a zona de conforto hídrico



Quadro 2

Dia	Pinf (mm d ⁻¹)	Etc (mm d ⁻¹)	A (mm d ⁻¹)		Depleção (mm d ⁻¹)	Du (mm d ⁻¹)
			com rega	sem rega		
12/jul	0	8.83	68.1	11.9		
13/jul	0	8.03	59.3	20.7		
14/jul	0	6.84	51.2	80.0	0.0	28.8
15/jul	0	6.62	73.2	6.8		
16/jul	0	6.73	66.5	13.5		
17/jul	0	7.49	59.8	20.2		
18/jul	13	8.71	52.3	27.7		
19/jul	0	7.42	56.6	23.4		
20/jul	0	8.12	49.2	80.0	0.0	30.8
21/jul	0	7.48	71.9	8.1		
22/jul	0	5.97	64.4	15.6		
23/jul	0	5.92	58.4	21.6		
24/jul	0	6.08	52.5	0.0		
25/jul	0	6.22	46.4	6.1		
26/jul	0	5.86	40.2	12.3		
27/jul	0	5.91	34.3	18.2		
28/jul	0	5.40	28.4	24.1		
29/jul	0	4.07	23.0	80.0	0.0	29.5
30/jul	0	3.53	75.9	4.1		
31/jul	0	5.37	72.4	7.6		
01/ago	0	6.60	67.0	13.0		
02/ago	0	7.36	60.4	19.6		
03/ago	0	7.91	53.1	80.0	0.0	26.9
04/ago	0	5.47	72.1	7.9		
05/ago	5	7.94	66.6	13.4		
06/ago	0	7.23	63.7	16.3		
07/ago	5	6.15	56.5	23.5		
08/ago	0	5.96	55.3	24.7		
09/ago	0	6.06	49.3	80.0	0.0	30.7
10/ago	0	6.75	43.3	6.1		
11/ago	0	7.84	36.5	0.0		

c) Aplicar a equação do BH e calcular as datas e dotações uteis de rega no período intermédio de desenvolvimento da cultura

Conforto hídrico => $A_c = 0$; $DR = 0$

$$A_i = A_{i-1} + P_{i-1} - ETC_{i-1}$$

$$Du = RU - A$$

→ $0.85 \times RU$

→ $68 + 0 - 8.83$

→ Regámos pois sem rega, ao fim do dia A seria < 48 mm ou Dp seria > RFU. Com a rega, o A foi repostado até à RU (80 mm)

→ $= 52.3 - 8.71 + 13$

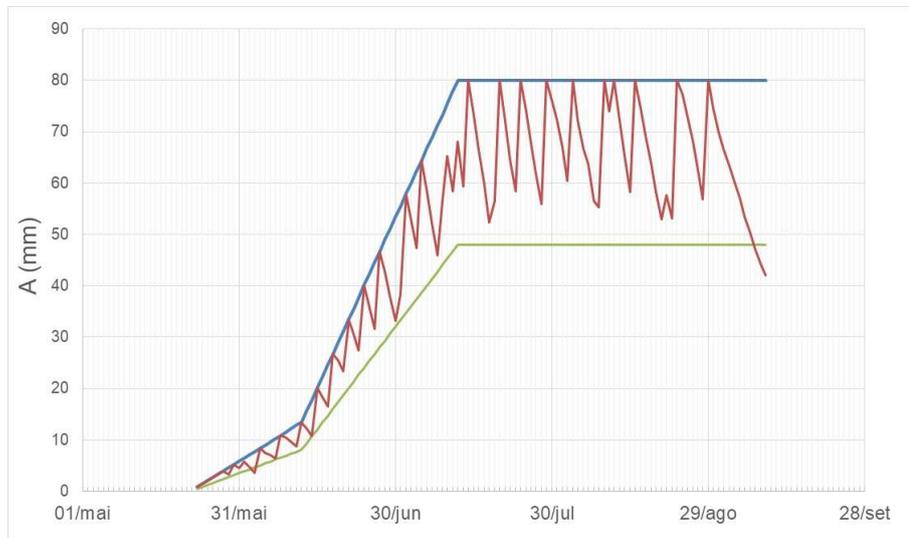
Uma vez que não queremos stress hídrico, regamos para evitar que

❑ $A < LRFU$

e/ou

❑ $Dp > RFU$

d) Represente graficamente a evolução do armazenamento, com rega, ao longo do período de desenvolvimento intermédio



Dia	Du (mm d ⁻¹)
30/05/2018	1
04/06/2018	6
08/06/2018	5
12/06/2018	6
15/06/2018	11
18/06/2018	12
21/06/2018	12
24/06/2018	16
27/06/2018	20
02/07/2018	22
05/07/2018	23
14/07/2018	29
20/07/2018	31
29/07/2018	29
03/08/2018	27
09/08/2018	31
15/08/2018	29
23/08/2018	30
29/08/2018	27
Total	367

Figura - Balanço hídrico para o período intermédio de desenvolvimento da cultura de milho forragem regado por aspersão em solo arenoso franco