

APOSTILA DE EXERCÍCIOS – PARTE I

CCA 039 - IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

Centro/Setor:

Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Núcleo de Engenharia de Água e Solo – NEAS

Professores:

Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz
Prof. Dr. Tales Miler Soares
Prof. Dr. Francisco Adriano de C. Pereira
Prof. Dr. Áureo Silva de Oliveira

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
- 2013-

RELAÇÃO SOLO-ÁGUA

1. Estudar o Capítulo 3 "O solo como um reservatório de água" (Livro: A água em sistemas agrícolas; Klaus Reichardt).
2. Apresentar uma resenha (3 páginas digitadas em espaço 1,5) sobre a importância da água na produção vegetal, com ênfase à irrigação e drenagem.
3. Coletou-se uma amostra de solo à profundidade de 60cm, com anel volumétrico de diâmetro de 7,5cm. O peso úmido do solo foi 560g e após 48 horas em estufa à 105°C, seu peso permaneceu constante e igual a 458g. Qual a densidade global do solo? Qual sua umidade na base de massa e volume?
4. O solo da amostra anterior, após 48 horas em estufa à 105°C foi colocado em uma proveta contendo 100cm³ de água. Leu-se então, na proveta, um volume de 269cm³. Qual a densidade das partículas do solo?
5. Qual a porosidade total, a porosidade livre de água e o grau de saturação relativa da amostra do problema anterior?
6. Coletou-se uma amostra de solo com anel volumétrico de 200cm³, a uma profundidade de 10cm. Obteve-se $m = 332\text{g}$ e $m_s = 281\text{g}$. Após a coleta, fez-se um teste de compactação do solo, passando sobre ele um rolo compressor. Nova amostra coletada com o mesmo anel e a mesma profundidade apresentou: $m = 360\text{g}$ e $m_s = 305\text{g}$. Determine antes e depois da compactação: a densidade global, U , θ e a porosidade total. Considere a densidade das partículas do solo igual a 2,7 g/cm³.
7. Um pesquisador necessita de exatamente 100g de um solo seco, e dispõe de uma amostra úmida com $\theta = 0,250 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ e $\rho_g = 1,2 \text{ g/cm}^3$. Quanto solo úmido deve pesar para obter o peso de solo seco desejado?
8. A umidade média de um perfil de solo até a profundidade de 60cm é de 38,3% em volume. Qual a altura d'água armazenada nesta camada?
9. Dada uma extensão de solo de 10ha, considerada homogênea quanto à densidade global e à umidade até os 30cm de profundidade, qual a massa de solo seco, em toneladas, existentes na camada 0-30cm de profundidade? A umidade do solo é de 0,2 g/g e sua densidade global 1,7 g/cm³. Quantos litros de água estão retidos pela mesma camada de solo?
10. Um solo de 80cm de profundidade tem um $\theta = 0,13 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Calcular a quantidade de água que deve ser adicionada para trazer a umidade volumétrica do solo à capacidade de campo, sendo $\theta_{cc} = 0,13 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.
11. Um solo tem uma umidade inicial de 0,10 cm³/cm³. Que profundidade uma chuva de 10cm umedecerá o solo, considerando a umidade volumétrica do solo na capacidade de campo igual a 0,30 cm³/cm³?
12. No mesmo solo do exercício anterior, quanta água é necessária para umedecer o solo até a profundidade de 125cm?

13. A umidade de um solo à capacidade de campo é $0,30 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Sua umidade inicial (% massa) e sua densidade global variam com a profundidade e seus valores são dados na tabela abaixo. Assumindo que a densidade absoluta da água é $1\text{g}/\text{cm}^3$, calcular a profundidade de penetração de uma chuva de 5cm.

Incremento de profundidade (cm)	Umidade a base de massa (g/g)	Densidade global (g/cm^3)	θ_i (cm^3/cm^3)	$\Delta\theta$ (cm^3/cm^3)
0 – 5	0,05	1,2	0,060	0,240
5 – 20	0,10	1,3	0,130	0,170
20 – 80	0,15	1,4	0,210	0,090
80 – 100	0,17	1,4	0,238	0,062

14. Os dados da tabela a seguir são valores médios de θ obtidos com uma sonda de neutrons numa terra roxa estruturada, em local plano, com cultura de milho. Todas as leituras foram feitas às 8 horas. Pede-se:

- desenhar em um só gráfico os perfis de umidade de cada dia;
- calcular o armazenamento de água em cada dia, até a profundidade de 120cm;
- calcular as variações de armazenagem entre cada leitura;
- sabendo-se que houve apenas uma chuva após a leitura do dia 03/06, calcular a evapotranspiração da cultura, em mm/dia, para cada período de 28/05 a 03/06.
- No período de 28 a 31/05, calcular a contribuição de cada camada de 15cm na evapotranspiração da cultura;
- Imaginando que a mesma taxa média de evapotranspiração ocorrida no período de 28/05 a 03/06 continue no período de 03/06 a 06/06, calcular a quantidade de água recebida pelo solo através da chuva do dia 03/06, que foi de muito curta duração.

Profundidade	28/05	31/05	03/06	06/06
0 - 15	0,331	0,319	0,301	0,405
15 – 30	0,368	0,351	0,343	0,423
30 – 45	0,410	0,393	0,379	0,431
45 – 60	0,484	0,474	0,468	0,477
60 – 75	0,439	0,432	0,428	0,426
75 – 90	0,421	0,418	0,415	0,413
90 – 105	0,396	0,396	0,395	0,396
105 – 120	0,370	0,371	0,371	0,370

15. Sendo dados:

- capacidade de campo = 22 g da água/100g de solo
- ponto de murchamento permanente = 11 g de água/100g de solo
- profundidade efetiva do sistema radicular = 30cm
- densidade global = $1,4 \text{ g}/\text{cm}^3$
- fator de disponibilidade = 0,6;
- evapotranspiração máxima = 4,6 mm/dia

Pede-se:

- disponibilidade total de água;
- disponibilidade real de água;
- capacidade total de água;
- capacidade real de água;
- freqüência de irrigação e a lâmina líquida;
- a umidade a base de volume na qual se deve proceder nova irrigação;
- qual será a lâmina líquida, caso se adote uma freqüência de 4 dias;
- qual a lâmina bruta a ser aplicada nos casos (c) e (e), supondo uma eficiência de 80%.

16. Sendo dados:

- umidade a capacidade de campo = $0,23 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$
- umidade no momento da irrigação = $0,12 \text{ g/g}$
- densidade global do solo = $1,2 \text{ g/cm}^3$
- profundidade efetiva do sistema radicular = 50cm

Pede-se:

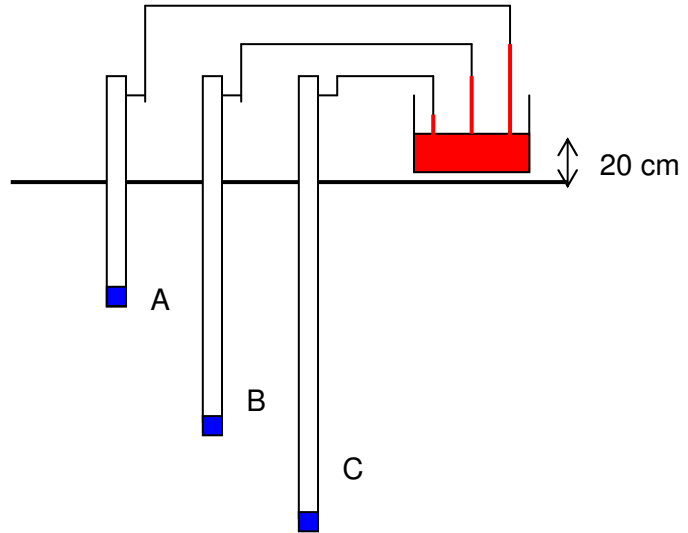
O volume de água a aplicar por irrigação em m^3/h , mm, L/m^2

MOVIMENTO DA ÁGUA NO SOLO

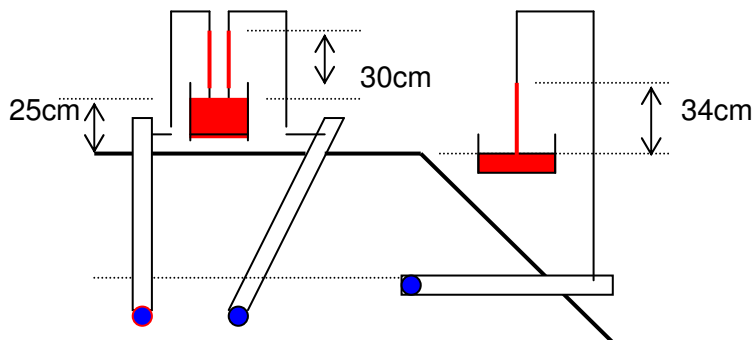
I. Potenciais e Curva Característica de Água no Solo

1. Nos tensiômetros da figura, fez-se leituras nos dias 14/09 e 18/09. Estime o potencial total e comente sobre a variação de umidade nas diferentes profundidades.

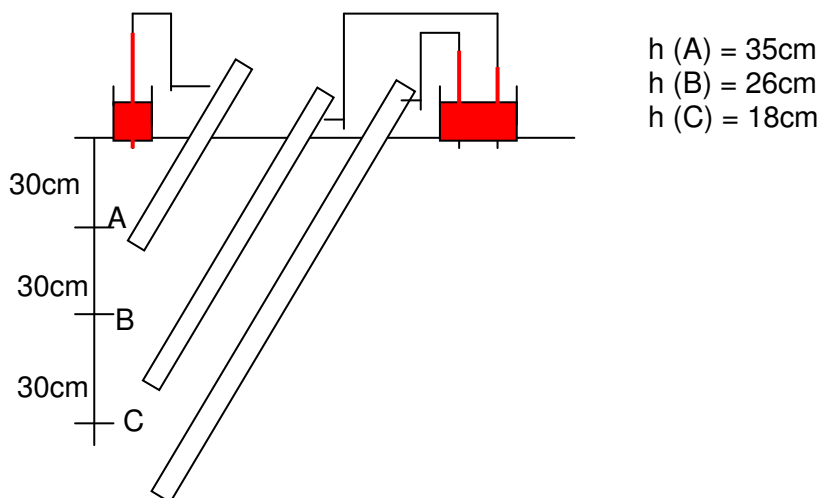
Prof (cm)	Altura de Hg (cm)	
	14/09	18/09
25	20,2	24,0
50	26,5	29,1
75	34,3	36,8



2. Estime o potencial total da água a partir dos tensiômetros instalados de acordo com a figura abaixo e comente sobre o movimento da água.



3. Em uma cultura de arroz inundado, a lâmina de água acima da superfície do solo é de 15cm. Qual o potencial de pressão em um ponto do solo 15cm abaixo da superfície ?
4. Determinar o potencial gravitacional da água em três pontos A, B e C situados a 30, 60 e 120 cm abaixo da superfície de um solo não saturado. Dar os resultados em cm H₂O e atm.
5. Estime o potencial total da água no solo para as diferentes profundidades (figura) e comente sobre o movimento da água.



6. Para um solo obteve-se a curva de retenção de água a partir dos dados da tabela abaixo. Faça os gráficos $\psi_m \times \theta$ em papel gráfico.

ψ_m (atm)	θ (cm ³ /cm ³)
0	0,541
-0,1	0,502
-0,3	0,456
-0,5	0,363
-1,0	0,297
-3,0	0,270
-5,0	0,248
-10,0	0,233
-15,0	0,215

7. Uma amostra de solo foi submetida, após saturada, a diferentes tensões, obtendo-se os seguintes resultados. A massa seca é de 105,6 g e a densidade global é 1,41 g/cm³. Fazer a curva de retenção do solo para o intervalo de 0 a 300 cm H₂O.

ψ_m (cm H ₂ O)	Peso da Amostra Úmida (g)
0	146,6
50	144,9
100	141,9
150	135,6
200	129,3
250	125,1
300	121,1

8. Um tensiômetro com cuba de mercúrio está instalado a uma profundidade de 20cm. Sua leitura é de 20,63 cm Hg e sua cuba está a 40cm da superfície do solo. Qual o potencial matricial do solo naquela profundidade ?
9. Considerando que a curva de retenção do exercício 7 é do mesmo solo do exercício 8, qual a umidade do solo no ponto onde o tensiômetro está instalado?

10. Depois de três dias, o tensiômetro do exercício 8 apresenta uma leitura de 28,57 cm Hg. Qual a nova umidade do solo ?
11. Para dois solos obteve-se os dados de retenção de água apresentados da tabela seguinte.
- Faça as curvas de retenção de ambos os solos, no mesmo papel, utilizando papel comum e papel semi-log;
 - Qual seria o solo mais arenoso ?
 - Qual seria a umidade dos solos para um potencial de 0,7 MPa ?
 - Para os solo, considerando que a capacidade de campo corresponde à uma tensão de 0,33 atm e o ponto de murcha à 15 atm, estime:
 - A disponibilidade total de água;
 - A porcentagem de água disponível para os intervalos de tensão.

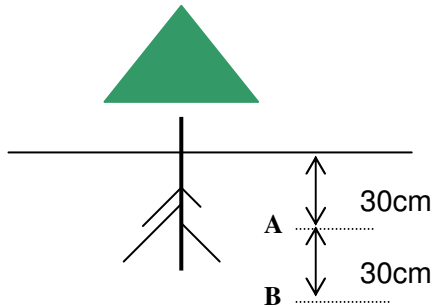
ψ_m (cm H ₂ O)	θ (cm ³ /cm ³) - Solo A	θ (cm ³ /cm ³) - Solo B
0	0,556	0,491
10	0,540	0,398
100	0,430	0,257
300	0,403	0,236
500	0,391	0,227
1000	0,382	0,209
3000	0,375	0,198
10000	0,359	0,195
15000	0,343	0,191

12. Estudar e revisar as unidades de pressão
13. Quais as limitações para o uso da curva de retenção ?
14. Qual o limite máximo de tensão permitido para uso do tensiômetro ?
15. Estudar a importância das forças de adesão e coesão e, os efeitos da capilaridade na retenção de água pelos solos.
16. Estudar os capítulos 1 “Água no Solo” e 3 “Qualidade da água para irrigação e salinização do solo” (Livro: Manual de Irrigação; Salassier Bernardo).

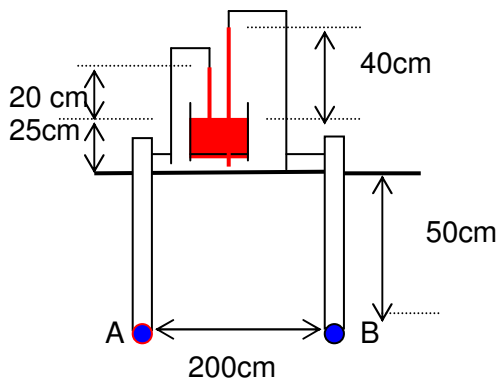
MOVIMENTO DA ÁGUA NO SOLO

II. Fluxos e Infiltração da Água no Solo

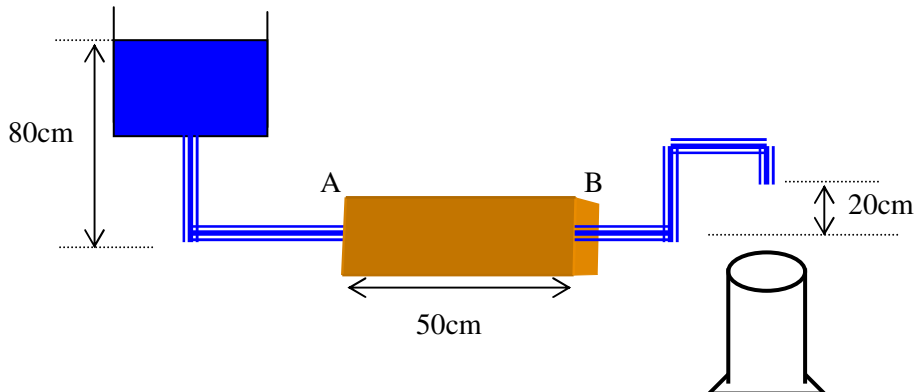
Dado o esquema abaixo, calcular o fluxo de água na camada de solo da 60cm de profundidade para a camada de 30cm, sendo $K(\theta) = 0,1 \text{ cm/dia}$.



1. Através de uma seção transversal de 5 m^2 passam 22 litros de água por dia. Qual a densidade de fluxo de água neste solo ?
2. Dados os tensiômetros instalados de acordo com a figura, determine a densidade de fluxo entre os pontos A e B ($K = 0,50 \text{ cm/min}$).



3. Entre uma camada profunda de solo (em torno de 150cm) a condutividade hidráulica é de, aproximadamente, $5,515 \text{ cm/dia}$. Dois tensiômetros instalados a 135cm e 165cm de profundidade medem o gradiente de potencial. O primeiro tensiômetro tem uma leitura de $\psi_m = -75 \text{ cmH}_2\text{O}$ e o segundo $\psi_m = -88 \text{ cmH}_2\text{O}$. Qual o fluxo de água nesta camada ?
4. Através de uma seção de solo de 100 cm^2 , conforme mostra a figura abaixo, o volume de água que atravessa essa seção é de 588 cm^3 em um dia. Calcular a condutividade hidráulica saturada do solo.



5. Entre dois pontos no solo, na horizontal, existe um gradiente de potencial de $1,7 \times 10^{-3}$ (cm^3/cm^3)/cm de solo. O fluxo de água é de 0,26 cm/dia. Qual a condutividade hidráulica nessa região ?
6. Foi realizado um teste de infiltração, cujos resultados então apresentados na tabela abaixo.

T - Tempo acumulado (min)	Leitura na régua (cm)	Diferença (cm)	I - Infiltração acumulada (cm)
0	5,0		
1	3,4/5,0		
2	4,6		
3	4,3		
4	4,1		
5	3,9/5,0		
10	4,2		
15	3,6/5,0		
20	4,5		
30	3,7/5,0		
40	4,3		
50	3,7		
60	3,1/5,0		
70	4,2		
80	4,0		
100	3,1/5,0		
120	4,2		
140	3,4/5,0		
170	3,8/5,0		
200	3,9/5,0		
230	4,0		
260	3,0/5,0		
290	4,0		

- a) Determinar a equação da Infiltração
 b) Determinar a equação da velocidade de infiltração
 c) A velocidade de infiltração básica do solo (VIB)
 d) Determine o tempo necessário para a infiltração de uma lâmina de água correspondente a 30mm?
7. Estudar o capítulo 2 “Relação Solo-Água-Planta e Atmosfera” (Livro: Manual de Irrigação; Salassier Bernardo)
8. Dentro de uma tubulação de água de secção transversal de 20 cm^2 passam 150 cm^3 de água em 8 minutos. Qual a vazão e a densidade de fluxo da água ?

RELAÇÃO PLANTA-CLIMA

1. Estudar o capítulo 2 “Relação Solo-Água-Planta e Atmosfera” do livro Manual de Irrigação (Salassier Bernardo).
2. Em dada localidade, em certo dia, a evapotranspiração potencial de referência é 5,3mm/dia. Neste mesmo dia, quais as evapotranspirações máximas para outras culturas com coeficientes de cultura de 0,4;0,8;1,0 e 1,2?
3. Qual o valor de ETo estimado pelo método de Thornthwaite, para uma localidade no Equador, de temperatura média 25°C, para um período de 7 dias, em setembro, quando a temperatura média do ar para o período em questão é de 24°C?
4. Um tanque de evaporação tipo Classe A, tem uma bordadura de grama 8m. Em um dia no qual ele perdeu 6,7 mm, a umidade relativa foi sempre maior que 75% e o vento moderado. Qual o valor de ETo?
5. Sabendo-se que a ETp de uma determinada região é 4,5 mm/dia e que o Kc da cultura é 1,1, calcule a lâmina líquida necessária para essa cultura.
6. Determinar a evapotranspiração de referência para a localidade de Cruz das Almas – Bahia localizada a 12°40´Sul pelo método de Thornthwaite, sabendo-se que a temperatura normal (°C) tem a seguinte distribuição ao longo do ano: **JAN** = 26,3 **FEV** = 26,5 **MAR** = 26,4 **ABR** = 25,1 **MAI** = 23,8 **JUN** = 22,5 **JUL** = 21,8 **AGO** = 22,0 **SET** = 23,0 **OUT** = 24,5 **NOV** = 25,5 **DEZ** = 26,0 Média anual = 24,5 (°C)

$$ETP_p = 16 (10 T_i/l)^a \quad T_i > 0^\circ\text{C}$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot l^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot l^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} \cdot l + 0,49239$$

$$l = \text{som } (i=1 \text{ até } 12) (0,2 \cdot T_i) 1,514, T_i > 0^\circ\text{C}$$

Duração máxima de insolação diária (N), em horas nos meses e latitude. Os valores correspondem ao 15º dia de cada mês.

Lat.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
12°S	12,7	12,5	12,2	11,8	11,6	11,4	11,5	11,7	12,0	12,1	12,7	12,8
14°S	12,8	12,6	12,2	11,8	11,5	11,3	11,4	11,6	12,0	12,1	12,8	12,9
20°S	13,2	12,8	12,2	11,6	11,2	10,9	11,0	11,4	12,0	12,5	13,2	13,3