

LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ
USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

Estática da Água no Solo: mm, Propriedades Físicas do Solo: densidade do solo, umidade do solo, porosidade, armazenamento de água no solo.

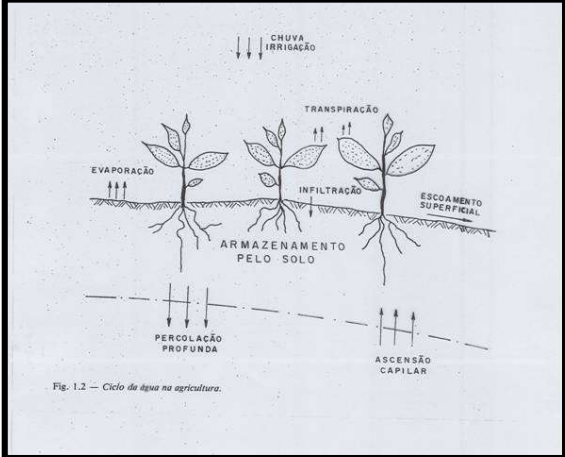
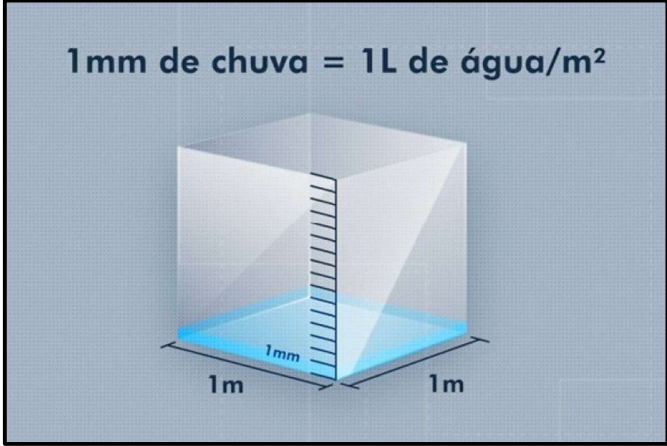


Fig. 1.2 — Ciclo da água na agricultura.

1 mm de chuva = 1 L de água/m²



34

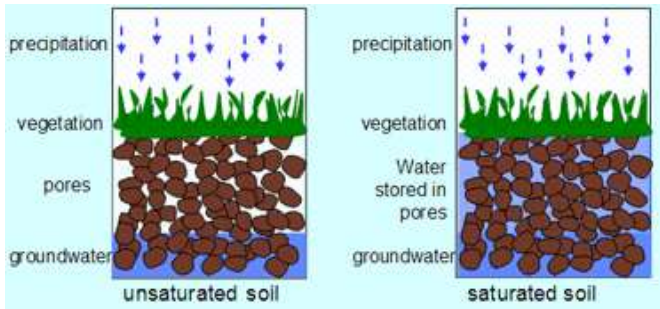
LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ
USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

Estática da Água no Solo: mm, Propriedades Físicas do Solo: densidade do solo, umidade do solo, porosidade, armazenamento de água no solo.

- * Conceitos de massa e volume do solo (relações de massa e volume)
- * Definição de Ponto de Saturação e Capacidade de Campo



35

LEB 1302 - Física para Biologia
 ESALQ USP
 Prof. Jarbas H. de Miranda
 ESALQ/USP
 e-mail: jhmirand@usp.br

Estática da Água no Solo: mm, Propriedades Físicas do Solo: densidade do solo, umidade do solo, porosidade, armazenamento de água no solo.

* Conceitos de massa e volume do solo (relações de massa e volume)
 * Definição de Ponto de Saturação e Capacidade de Campo

Property	Saturated Soil	Field Capacity	Wilting Point
Saturated Soil	100 g	40 ml	Water
Field Capacity	100 g	20 ml	Air
Wilting Coefficient	100 g	10 ml	Air
Hygroscopic Coefficient	100 g	8 ml	Air

Labels in diagram: Saturation, Gravity Water Drains, Field Capacity, Readily Available Water, Available Water, Wilting Point, Permanent Wilting Point. Arrows indicate Unavailable Water and Available Water regions.

36

LEB 1302 - Física para Biologia
 ESALQ USP
 Prof. Jarbas H. de Miranda
 ESALQ/USP
 e-mail: jhmirand@usp.br

Estática da Água no Solo: mm, Propriedades Físicas do Solo: densidade do solo, umidade do solo, porosidade, armazenamento de água no solo.

37

LEB 1302 - Física para Biologia
 ESALQ USP
 Prof. Jarbas H. de Miranda
 ESALQ/USP
 e-mail: jhmirand@usp.br

Estática da Água no Solo: mm, Propriedades Físicas do Solo: densidade do solo, umidade do solo, porosidade, armazenamento de água no solo.

- Densidade de alguns minerais comuns em solos:

- Feldspatos	2500-2600 kg.m ⁻³
- Mica	2700-3000 kg.m ⁻³
- Quartzo	2500-2800 kg.m ⁻³
- Minerais de argila	2200-2600 kg.m ⁻³
Média	$\rho_s = 2650 \text{ kg.m}^{-3}$

valor comum de ρ_s em solos minerais!

A densidade da matéria orgânica varia entre 1300 a 1500 kg.m⁻³.

38

LEB 1302 - Física para Biologia
 ESALQ USP
 Prof. Jarbas H. de Miranda
 ESALQ/USP
 e-mail: jhmirand@usp.br

Curva de Retenção de Água no Solo

Solo não saturado RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO P2C1

van Genuchten (1980)

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha|\phi m|)^n\right]^m}$$

$\theta_{cc} = 1/3 \text{ atm}$
 $\theta_{PMP} = 15 \text{ atm}$

40

LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

Figura 6.22. Esquema de um tensiômetro.

Potencial Mátrico (Tensiômetro)

$$\phi_m = -12,6 \cdot h + h_1 + h_2$$

Potencial Mátrico (Tensímetro)

$$\phi_m = -\text{Tensão} + h_1 + h_2$$

41

41

LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

van Genuchten (1980)

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\phi_m|)^n\right]^m}$$

↑ Negativo ϕ_m ↑ Solo Seco

Em módulo:

↑ Positivo ϕ_m ↑ Solo Seco

Tensiômetros instalados no campo.

42

42

LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ
USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

4) Física da Água no Solo - Exercícios

1) Coletou-se uma amostra de solo em um anel com diâmetro de 4 cm e altura de 12 cm, cuja massa úmida é de 258 g e cuja massa seca é de 206 g. Qual sua umidade na base em massa e de volume? Qual a densidade do solo? Qual a densidade de partículas ($V_s=78,03 \text{ cm}^3$)? Quantos mm de água estão armazenados, com esse solo nessas condições, a uma profundidade de 30 cm.

$$U = \frac{m_a}{m_s} \quad \theta = \frac{V_a}{V} \quad d = \frac{m_s}{V} \quad d_s = \frac{m_s}{V_s} \quad h = \theta \cdot \Delta z$$

Respostas:
 $U = 0,252 \text{ g g}^{-1}$,
 $\theta = 0,3448 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$
 $d = 1,36 \text{ g cm}^{-3}$
 $d_p = 2,64 \text{ g cm}^{-3}$
 $h = 103,45 \text{ mm}$

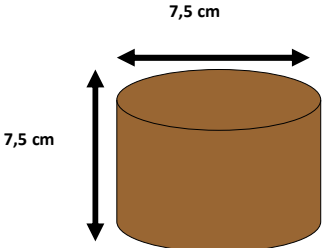
43

LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ
USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

2) Coletou-se uma amostra de solo à profundidade de 60 cm, com anel volumétrico de diâmetro e altura 7,5 cm. O peso úmido do solo foi 560 g e após 48 horas em estufa a 105 °C, seu peso permaneceu constante e igual a 458 g. Qual a densidade do solo? Qual sua umidade na base em massa e em volume? Qual a porosidade do solo? (considere $d_s = 2,65 \text{ g cm}^{-3}$)



Respostas:
 $V = 331,33 \text{ cm}^3$,
 $d = 1,38 \text{ g cm}^{-3}$,
 $U = 0,222 \text{ g g}^{-1}$,
 $\theta = 0,3078 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$
 $\alpha = 47,84\%$


44

LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ
USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

3) Dada uma extensão de solo de 10 ha, considerada homogênea quanto à densidade global e à umidade, até aos 30 cm de profundidade, qual a massa de solo seco em toneladas existente na camada 0-30 cm de profundidade? A umidade do solo é de $0,2 \text{ g g}^{-1}$ e sua densidade é de $1,7 \text{ g cm}^{-3}$. Quantos m^3 de água estão retidos na mesma camada de solo?



30 cm

Respostas:
 $m_s = 51.000 \text{ ton}$
 $V = 10.200 \text{ m}^3/10 \text{ ha}$

45

LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ
USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

4) Um cilindro de solo de $0,1 \text{ m}$ de diâmetro e $0,12 \text{ m}$ de altura tem uma massa de $1,7 \text{ Kg}$, dos quais $0,26 \text{ Kg}$ são água. Assumindo que o valor da densidade da água $\rho_a = 1000 \text{ Kg m}^{-3}$ e o da densidade dos sólidos $\rho_s = 2650 \text{ Kg m}^{-3}$, calcular:

- Umidade % massa
- umidade % volume
- altura da água
- densidade do solo
- porosidade

Respostas:
 $U = 18,06\%$, $\theta = 27,6\%$, $h = 33,10 \text{ mm}$ $d_s = 1527,88 \text{ kg m}^{-3}$, $\alpha = 42,34\%$

46

LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ
USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

5) Um solo de 0,8 m de profundidade tem um valor uniforme de $\theta = 0,13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Calcular quanta água deve ser adicionada ao solo para trazer o valor de sua umidade volumétrica a $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Respostas:
 $h = 136 \text{ mm}$

47

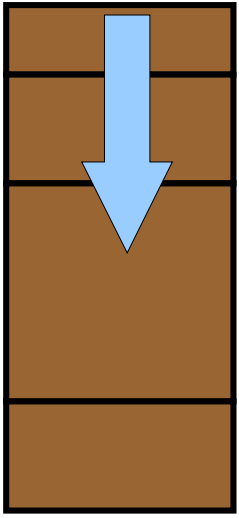
LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ
USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

6) O valor da umidade de um solo à capacidade de campo é $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Os valores de sua umidade inicial (% massa) e de sua densidade, variam com a profundidade e são dados na tabela abaixo. Assumindo que o valor da densidade da água é 1000 Kg m^{-3} , calcular o valor da profundidade de penetração de uma chuva de 50 mm.

Incremento de Profundidade (m)	Umidade à base de massa (Kg/Kg)	Densidade do solo (Kg/m^3)	θ	h
0 - 0,05	0,05	1200		
0,05 - 0,20	0,10	1300		
0,20 - 0,80	0,15	1400		
0,80 - 1,00	0,17	1400		



Respostas:
 $Z = 0,338 \text{ m}$

$h = (\theta_{cc} - \theta) \cdot \Delta z$

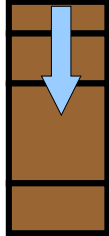
48

LEB 1302 - Física para Biologia

ESALQ USP

Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

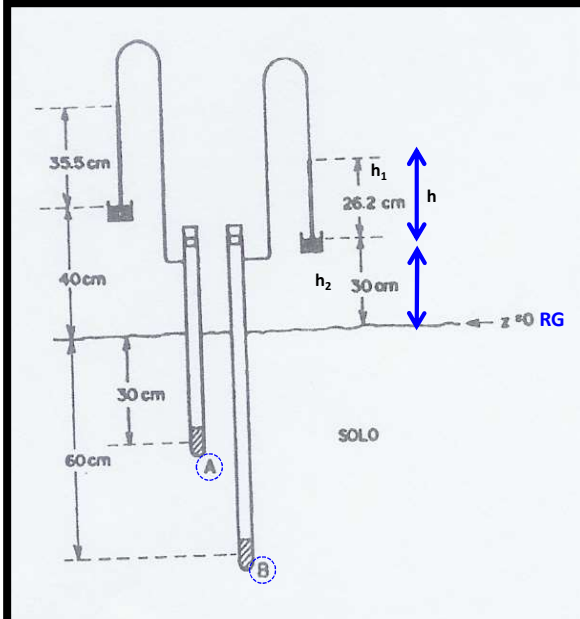
Profundidade (m)	U (kg kg ⁻¹)	Massa Específica (kg m ⁻³)	θ (cm ³ cm ⁻³)	h (mm)
0 - 0,05	0,05	1200	0,06	12
0,05 - 0,20	0,10	1300	0,13	25,5
0,20 - 0,80	0,15	1400	0,21	54
0,80 - 1,00	0,17	1400	0,238	12,4



Respostas:
Z = 0,338 m

$h = (\theta_{cc} - \theta) \cdot \Delta z$

49



Tensiômetros instalados no campo.

$$\phi_m = -12,6 \cdot h + h_1 + h_2$$

a) Qual o valor do potencial mátrico nos pontos A e B?


b) Qual o ponto com maior umidade do solo?

Respostas:
 $\phi_{ma} = -377,3 \text{ cm}$
 $\phi_{mb} = -240,12 \text{ cm}$

50

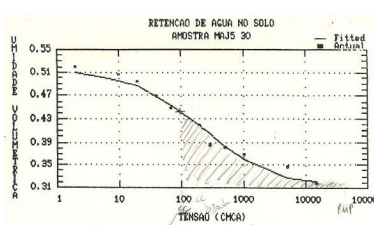
LEB 1302 - Física para Biologia
ESALQ USP
Prof. Jarbas H. de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@usp.br

1) Utilizando os valores abaixo de potencial mátrico (ϕ_m), calcule os valores de umidade do solo (θ), para os 2 tipos de solo e para cada ϕ_m : $\phi_{ma} = -38,2$ cm, $\phi_{mb} = -22,1$ cm, $\phi_{mc} = -6$ cm



$\theta_r = 0,0828$ cm³ cm⁻³
 $\theta_s = 0,4617$ cm³ cm⁻³
 $\alpha = 0,03102$ cm⁻¹
 $n = 1,7761$
 $m = 0,44$

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\phi_m|)^n\right]^m}$$



$\theta_r = 0,3188$ cm³ cm⁻³
 $\theta_s = 0,5203$ cm³ cm⁻³
 $\alpha = 0,00077$ cm⁻¹
 $n = 0,61$
 $m = 2,58$

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\phi_m|)^n\right]^m}$$

Respostas:

Solos	θ (cm ³ cm ⁻³)		
	ϕ_{ma}	ϕ_{mb}	ϕ_{mc}
Arenoso	-38,2 cm	-22,1 cm	-6 cm
Argiloso	0,3428	0,3987	0,4535
	0,4704	0,4827	0,5019

51

$$\theta[\phi_m] = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + (\alpha \cdot |\phi_m|)^n\right]^m}$$

$y(x) = \dots$

ARENOSO
 $\theta_r = 0,0828$ cm³ cm⁻³
 $\theta_s = 0,4617$ cm³ cm⁻³
 $\alpha = 0,03102$ cm⁻¹
 $n = 1,7761$
 $m = 0,44$

ARGILOSO
 $\theta_r = 0,3188$ cm³ cm⁻³
 $\theta_s = 0,5203$ cm³ cm⁻³
 $\alpha = 0,00077$ cm⁻¹
 $n = 0,61$
 $m = 2,58$

Solos	θ (cm ³ cm ⁻³)		
	ϕ_{ma}	ϕ_{mb}	ϕ_{mc}
Arenoso	-38,2 cm	-22,1 cm	-6 cm
Argiloso	0,3428	0,3987	0,4535
	0,4704	0,4827	0,5019

52

ARENOSO

$$\theta_r = 0,0828 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$$

$$\theta_s = 0,4617 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$$

$$\alpha = 0,03102 \text{ cm}^{-1}$$

$$n = 1,7761$$

$$m = 0,44$$

ARGILOSO

$$\theta_r = 0,3188 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$$

$$\theta_s = 0,5203 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$$

$$\alpha = 0,00077 \text{ cm}^{-1}$$

$$n = 0,61$$

$$m = 2,58$$

$$\theta[\phi m] = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \cdot |\phi m|)^n]^m}$$

$$y(x) = \dots$$