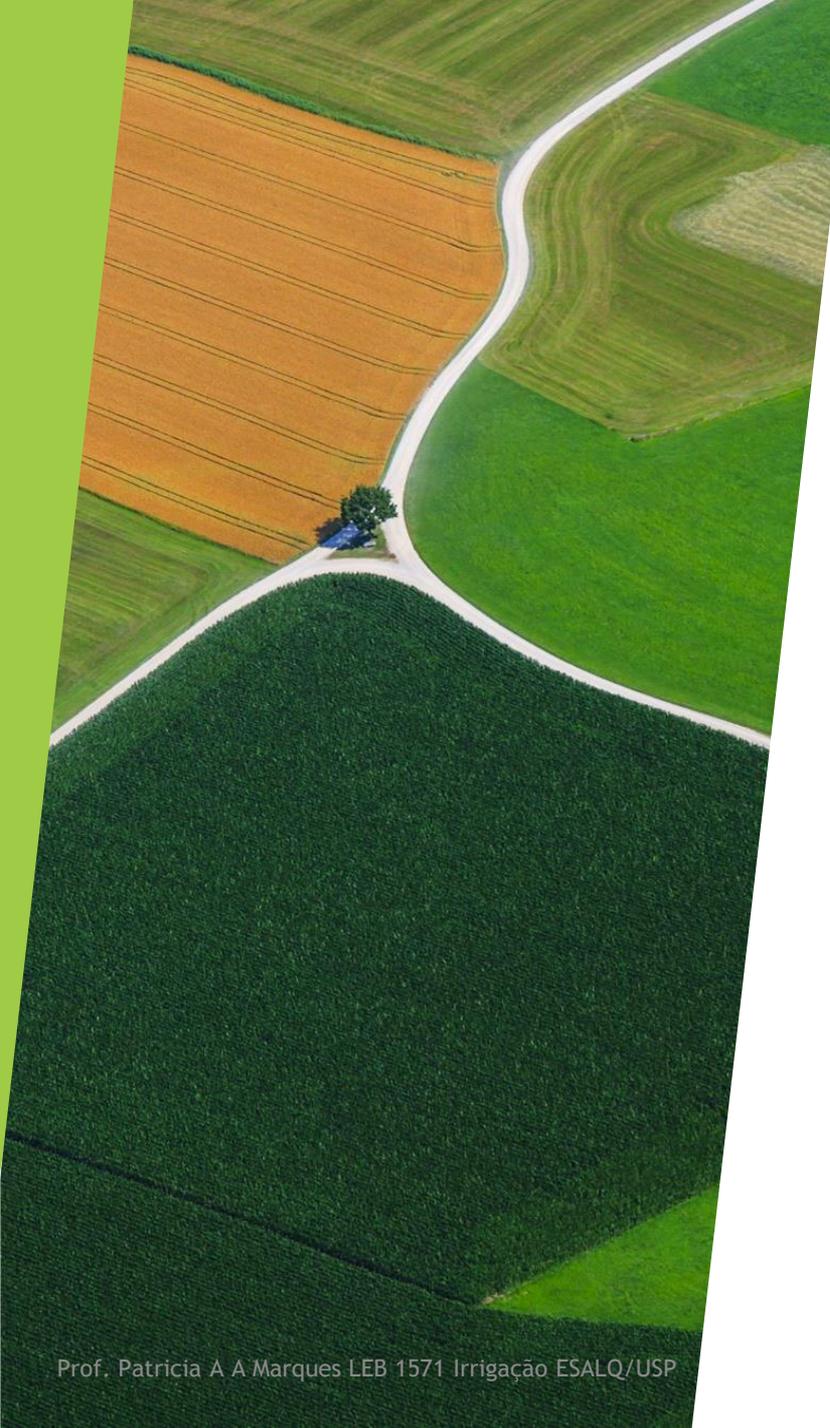




2. RELAÇÃO SOLO - ÁGUA

LEB 1571 Irrigação ESALQ/USP

Prof. Patricia A A Marques



Solo

▶ material poroso
constituído de 3 fases:

- ▶ Sólida
- ▶ Gasosa
- ▶ Líquida

O SOLO AGRÍCOLA



Prof. Patricia A A Marques LEB 1571 Irrigação ESALQ/USP

PROPRIEDADES FÍSICAS ▶ DO SOLO PARA USO EM MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Densidade real ou massa específica real de partículas (d_p)

$$d_p = \frac{M_s \text{ (massa de sólidos)}}{V_s \text{ (volume de sólidos)}} = g \text{ cm}^{-3}$$

$d_p \cong 2,65 \text{ g cm}^{-3}$ para a maioria dos solos

Densidade global ou massa específica aparente de partículas ou densidade do solo (dg ou ds)

$$dg = \frac{Ms \text{ (massa de sólidos)}}{Vt \text{ (volume total)}} = g \text{ cm}^{-3}$$

Arenosos	1,3 a 1,8 g cm ⁻³
Argilosos	1,0 a 1,4 g cm ⁻³
Orgânicos	0,2 a 0,6 g cm ⁻³

Umidade ou teor de água no solo

- Expressa de duas formas:
 - Umidade com base em massa seca (U)
 - Umidade com base em volume (θ)

- **Umidade com base em massa seca U**

$$U = \frac{Mw \text{ (massa de água)}}{Ms \text{ (massa de sólidos)}} = \frac{g \text{ de água}}{g \text{ de solo}}$$

Ou

$$U\% = \frac{Mw}{Ms} \times 100 = \frac{g \text{ de água}}{100 g \text{ de solo}}$$

- **Umidade com base em volume** θ

$$\theta = \frac{V_w \text{ (volume de água)}}{V_t \text{ (volume total)}} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de água}}{\text{cm}^3 \text{ de solo}}$$

Ou

$$\theta\% = \frac{V_w}{V_t} \times 100 = \frac{\text{cm}^3 \text{ de água}}{100 \text{ cm}^3 \text{ de solo}}$$

$$\theta = U \cdot dg$$

Exemplo 1:

Tem-se um solo com umidade de 0,1 g de água por g de solo e densidade de solo de $1,4 \text{ g/cm}^3$.

Qual a sua umidade com base em massa seca e com base em volume?

Exemplo 1:

$$0,1 \text{ g de \u00e1gua/g de solo} = U\% = 10\%$$
$$d_s = 1,4 \text{ g/cm}^3$$

Exemplo 1:

0,1 g de água/g de solo = $U\%$ = 10%
 $d_s = 1,4 \text{ g/cm}^3$

Assim

Base massa seca $\rightarrow U = 10\%$

Base volume $\rightarrow \theta = U \cdot d_g = 0,1 \cdot 1,4 = 14\%$

Exemplo 2:

Tem-se um solo com umidade de $0,1 \text{ cm}^3$ de água por cm^3 de solo e densidade de solo de $1,4 \text{ g/cm}^3$.

Qual a sua umidade com base em massa seca e com base em volume?

Exemplo 2:

$0,1 \text{ cm}^3$ de água/ cm^3 de solo = $\theta\%$ = 10%
 $d_s = 1,4 \text{ g/cm}^3$

Exemplo 2:

$0,1 \text{ cm}^3$ de água/ cm^3 de solo = $\theta\%$ = 10%
 $d_s = 1,4 \text{ g/cm}^3$

Assim

Base volume $\rightarrow \theta = 10\%$

Base massa seca \rightarrow

$$\begin{aligned}\theta &= U \cdot d_g \\ 0,1 &= U \cdot 1,4 \\ U &= 7,1\%\end{aligned}$$

Exemplo 3: Tem-se uma amostra de solo de 331,33 cm³ com peso úmido de 560 g. Após 24 h em estufa a 105 °C obteve-se o peso seco de 458g. Qual a d_s , a U e θ ?

Exemplo 3: Tem-se uma amostra de solo de 331,33 cm³ com peso úmido de 560 g; após 24 h em estufa a 105 °C obteve-se o peso seco de 458g. Qual a d_s , a U e θ ?

$$d_s = d_g = \frac{M_s}{V_t} = \frac{458 \text{ g}}{331,33 \text{ cm}^3} = 1,38 \text{ g/cm}^3$$

Exemplo 3: Tem-se uma amostra de solo de 331,33 cm³ com peso úmido de 560 g; após 24 h em estufa a 105 °C obteve-se o peso seco de 458g. Qual a d_s , a U e θ ?

$$d_s = d_g = \frac{M_s}{V_t} = \frac{458 \text{ g}}{331,33 \text{ cm}^3} = 1,38 \text{ g/cm}^3$$

$$U = \frac{M_w}{M_s} = \frac{(560 - 458) \text{ g}}{458 \text{ g}} \cdot 100 = 22,3 \%$$

Exemplo 3: Tem-se uma amostra de solo de 331,33 cm³ com peso úmido de 560 g; após 24 h em estufa a 105 °C obteve-se o peso seco de 458g. Qual a d_s , a U e θ ?

$$d_s = d_g = \frac{M_s}{V_t} = \frac{458 \text{ g}}{331,33 \text{ cm}^3} = 1,38 \text{ g/cm}^3$$

$$U = \frac{M_w}{M_s} = \frac{(560 - 458) \text{ g}}{458 \text{ g}} \cdot 100 = 22,3 \%$$

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} = \frac{(560 - 458)}{331,33 \text{ cm}^3} \cdot 100 = 30,8\% \text{ ou}$$

Exemplo 3: Tem-se uma amostra de solo de 331,33 cm³ com peso úmido de 560 g; após 24 h em estufa a 105 °C obteve-se o peso seco de 458g. Qual a ds, a U e θ ?

$$ds = dg = \frac{Ms}{Vt} = \frac{458 \text{ g}}{331,33 \text{ cm}^3} = 1,38 \text{ g/cm}^3$$

$$U = \frac{Mw}{Ms} = \frac{(560 - 458) \text{ g}}{458 \text{ g}} \cdot 100 = 22,3 \%$$

$$\theta = \frac{Vw}{Vt} = \frac{(560 - 458)}{331,33 \text{ cm}^3} \cdot 100 = 30,8\% \text{ ou}$$

$$\theta = U \cdot ds = 22,3 \cdot 1,38 = 30,8\%$$

Porosidade (α)

- É o volume de vazios, ou seja, a % do volume do solo não ocupado pela parte sólida.

$$\alpha = \frac{Vv \text{ (volume de vazios)}}{Vt \text{ (volume total)}} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de poros}}{\text{cm}^3 \text{ de solo}}$$

Ou

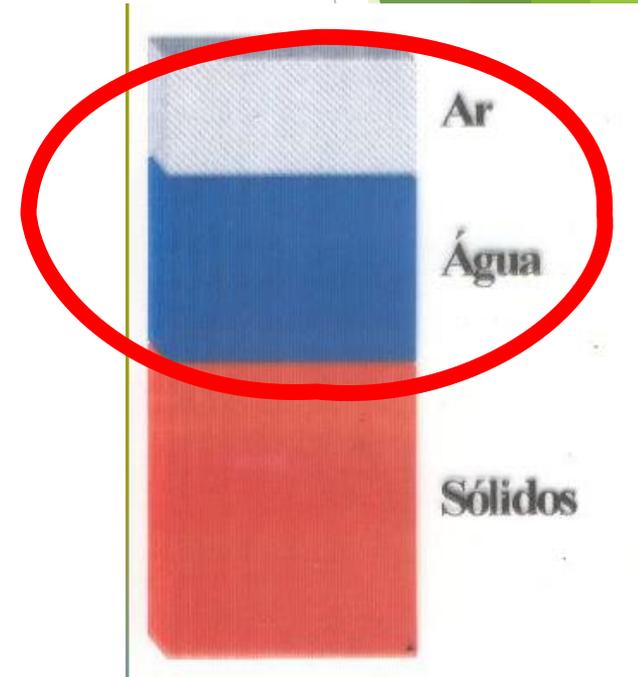
Na prática $\alpha = 1 - \frac{dg}{dp}$

Porosidade (α)

$$\alpha = 1 - \frac{dg}{dp} = 1 - \frac{\frac{Ms}{Vt}}{\frac{Ms}{Vs}}$$

$$\alpha = 1 - \frac{Ms}{Vt} \cdot \frac{Vs}{Ms}$$

$$\alpha = 1 - \frac{Vs}{Vt} = \frac{Vv}{Vt}$$



Porosidade livre de água (β)

- Porosidade de aeração, fração ocupada pelo ar. Também chamado de porosidade drenável.

$$\beta = \frac{Var \text{ (volume de ar)}}{Vt \text{ (volume total)}} = \frac{cm^3 \text{ de ar}}{cm^3 \text{ de solo}}$$

Ou

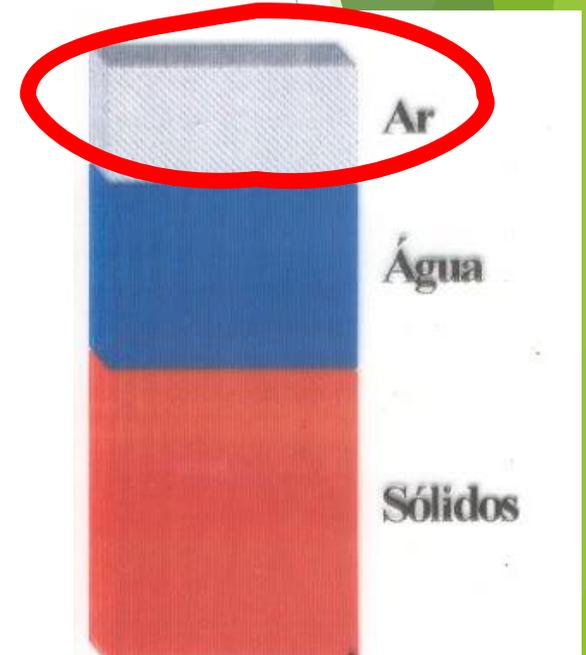
Na prática $\beta = \alpha - \theta$

Porosidade livre de água (β)

$$\beta = \alpha - \theta$$

$$\beta = \frac{Vv}{Vt} - \frac{Vw}{Vt}$$

$$\beta = \frac{Var}{Vt}$$



Grau de saturação (S)

- Relação espaço poroso total ocupado pela água.

$$S = \frac{\theta}{\alpha}$$



Solo seco $\rightarrow S = 0$

Solo saturado $\rightarrow S = 1$

Grau de saturação (S)

$$S = \frac{\theta}{\alpha} = \frac{\frac{V_w}{V_t}}{\frac{V_v}{V_t}}$$

$$S = \frac{V_w}{V_t} \cdot \frac{V_t}{V_v} = \frac{V_w}{V_v}$$



Exemplo 4: Um volume de 1.000 cm^3 de solo apresenta uma massa úmida de 1.460g e massa seca de 1.200g . Sendo $d_p = 2,65 \text{ g/cm}^3$ e $d_w = 1$, calcule:

- a) $U\%$
- b) $\theta\%$
- c) d_g ou d_s
- d) α (porosidade)
- e) β (porosidade livre)
- f) S (grau de saturação)

a)
$$U = \frac{M_w}{M_s} = \frac{(1460 - 1200)}{1200} \cdot 100 = 21,7 \%$$

b)

c)

a)
$$U = \frac{M_w}{M_s} = \frac{(1460 - 1200)}{1200} \cdot 100 = 21,7 \%$$

b)
$$\theta = \frac{V_w}{V_t} = \frac{(1460 - 1200)}{1000 \text{ cm}^3} \cdot 100 = 26\%$$

c)

a)
$$U = \frac{M_w}{M_s} = \frac{(1460 - 1200)}{1200} \cdot 100 = 21,7 \%$$

b)
$$\theta = \frac{V_w}{V_t} = \frac{(1460 - 1200)}{1000 \text{ cm}^3} \cdot 100 = 26\%$$

c)
$$d_s = d_g = \frac{M_s}{V_t} = \frac{1200 \text{ g}}{1000 \text{ cm}^3} = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

d) α (porosidade)

$$\alpha = 1 - \frac{dg}{dp} = 1 - \frac{1,2}{2,65} \cdot 100 = 54,7\%$$

e) β (porosidade livre)

f) S (grau de saturação)

d) α (porosidade)

$$\alpha = 1 - \frac{dg}{dp} = 1 - \frac{1,2}{2,65} \cdot 100 = 54,7\%$$

e) β (porosidade livre)

$$\beta = \alpha - \theta = 54,7 - 26 = 28,7\%$$

f) S (grau de saturação)

d) α (porosidade)

$$\alpha = 1 - \frac{dg}{dp} = 1 - \frac{1,2}{2,65} \cdot 100 = 54,7\%$$

e) β (porosidade livre)

$$\beta = \alpha - \theta = 54,7 - 26 = 28,7\%$$

f) S (grau de saturação)

$$S = \frac{\theta}{\alpha} = \frac{26}{54,7} \cdot 100 = 47,5\%$$

INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Prof. Patricia A A Marques LEB 1571 Irrigação
ESALQ/USP

CONCEITO – “A Infiltração é definida como sendo o processo de penetração da água no solo, através de sua superfície, no sentido vertical descendente, indo molhar camadas mais profundas.”

IMPORTÂNCIA PARA IRRIGAÇÃO – Define a intensidade máxima de aplicação de água por aspersão, para minimizar o escoamento superficial, e define a vazão derivada à parcela e o tempo de irrigação em sistemas por superfície.



Fatores que interferem na velocidade de infiltração

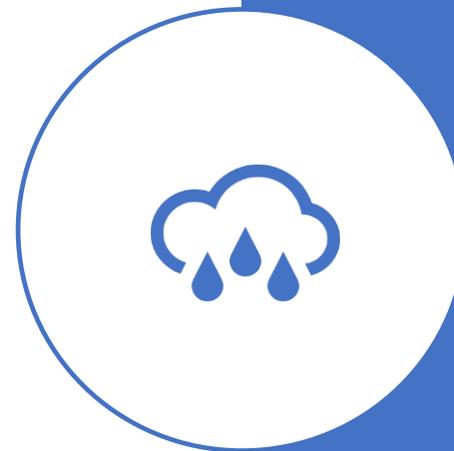
- - Umidade inicial do solo
- - Textura e estrutura do solo
- - Matéria orgânica
- - Camada de impedimento
- - Variabilidade espacial

- **TERMOS USUAIS**

- **Infiltração acumulada (I)** – É a quantidade total de água infiltrada durante um determinado tempo (cm, mm, L/m²; L/m).

- **Velocidade de infiltração (VI)** – Taxa de variação da infiltração acumulada com o tempo (cm/min; mm/min; cm/h; mm/h).

- **Velocidade de infiltração básica (VIB)** – É a VI quando sua variação com o tempo é muito pequena (após longo tempo de infiltração).

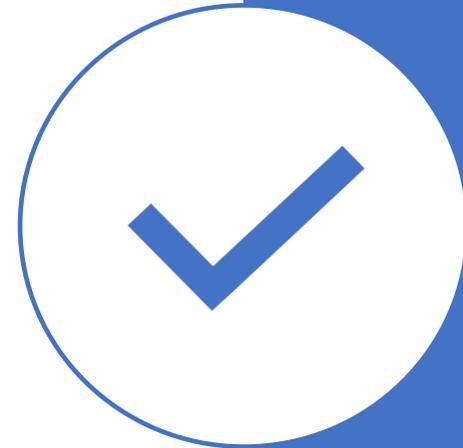


ETAPAS DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO

- No início da infiltração, quando o solo ainda está relativamente seco, o gradiente de potencial é muito grande, e a velocidade de infiltração é alta.
- Após algum tempo, o gradiente de potencial é reduzido e a velocidade diminui.
- A medida que as argilas se expandem e contraem parcialmente os poros, a velocidade de infiltração diminui gradualmente até chegar a um ponto em que se mantém praticamente constante.
- Este valor constante chama-se de velocidade de infiltração básica (VIB).
- Depende fundamentalmente da textura do solo.

Os valores de velocidade de infiltração básica (VIB) ou taxa de infiltração básica, são os seguintes:

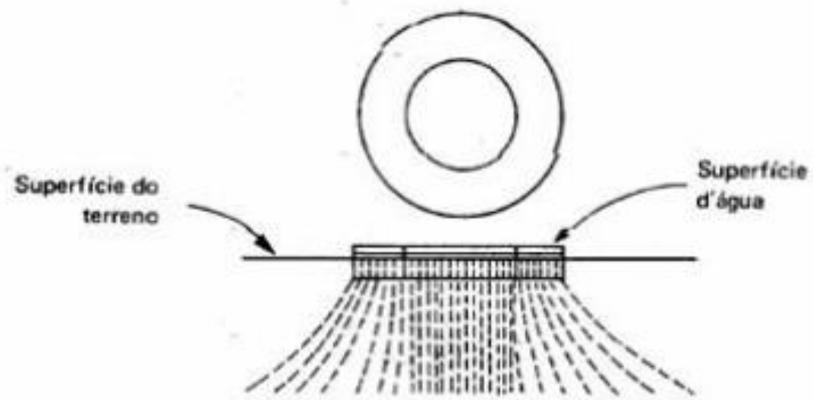
- **VIB muito alta: > 30 mm/h**
- **VIB alta: 15 - 30 mm/h**
- **VIB média: 5 - 15 mm/h**
- **VIB baixa: < 5 mm/h**



INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO

✓ **Infiltrômetro de anel** – quando a infiltração se processa apenas na vertical: Utilizado para irrigação por aspersão e por inundação.



<https://slideplayer.com.br/slide/4071276/>

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO

✓ **Infiltrômetro de aspersão e simuladores de chuva** – quando a infiltração se processa apenas na vertical, simulando uma chuva natural: Utilizados para irrigação por aspersão.



<https://docplayer.com.br/6903226-Infiltracao-de-agua-no-solo-e-erosao-hidrica-sob-chuva-simulada-em-sistema-de-integracao-agricultura-pecuaria.html>

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO

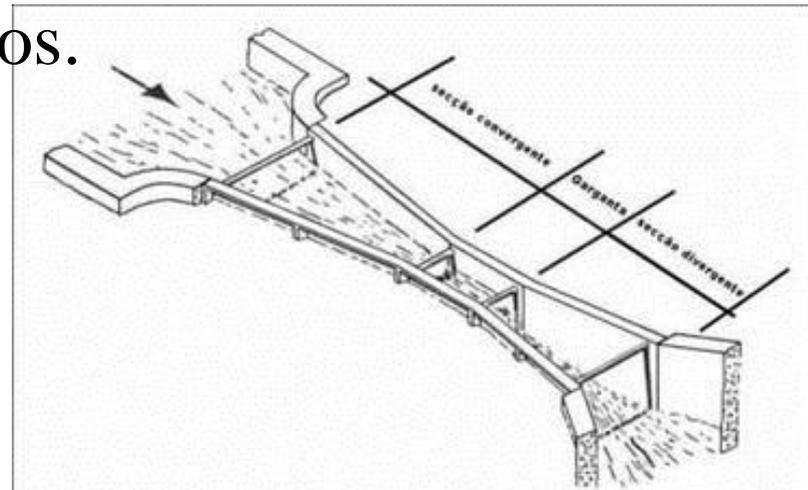
✓ **Infiltrômetro de sulco** – quando a infiltração se processa tanto na direção vertical quanto na horizontal, sem escoamento superficial: Utilizado para irrigação por sulcos em nível e curtos.



http://www.gpeas.ufc.br/disc/sup/instr_infilt.pdf

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO

✓ **Entrada e saída da água no sulco** – quando a infiltração se processa tanto na direção vertical quanto na horizontal, com escoamento superficial: Utilizado para irrigação por sulcos com gradiente de declive e longos. Utiliza calhas para determinar a vazão. Veremos com detalhes no projeto de sulcos.





http://www.gpeas.ufc.br/disc/sup/instr_infilt.pdf

Prof. Patricia A A Marques LEB 1571 Irrigação
ESALQ/USP

FUNÇÕES DE INFILTRAÇÃO

✓ Infiltração acumulada: em solos arenosos a lâmina infiltrada tende, de maneira geral, a ser maior que em solos argilosos devido a diferença na distribuição de macro e microporos. Há facilidade de entrada de água no solo.

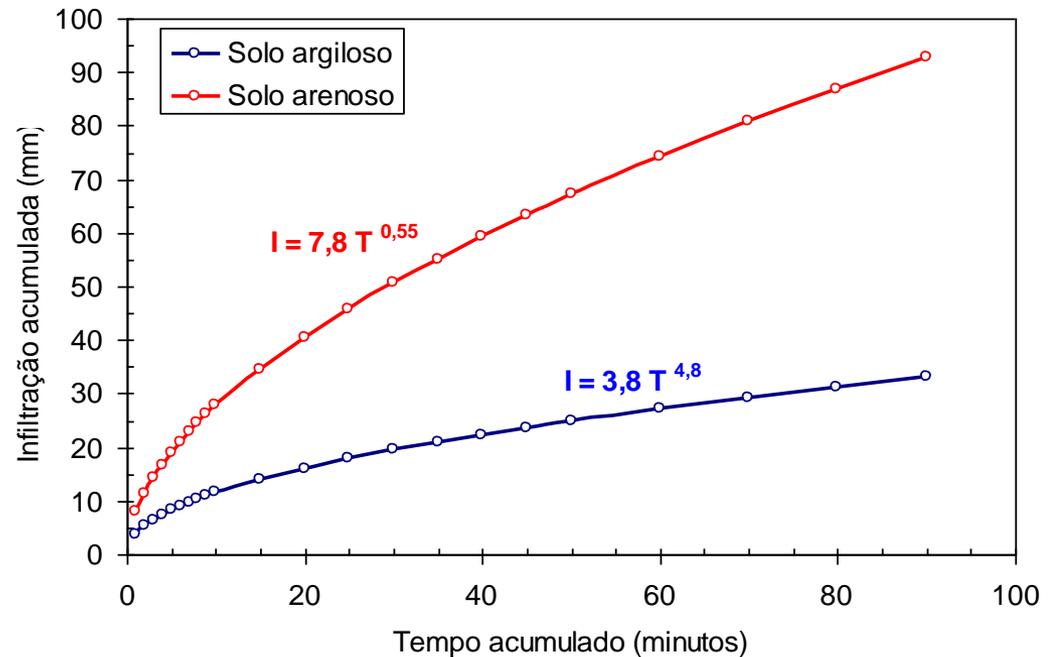
$$I = k T^n$$

✓ I = infiltração

em mm

✓ T tempo em

minutos



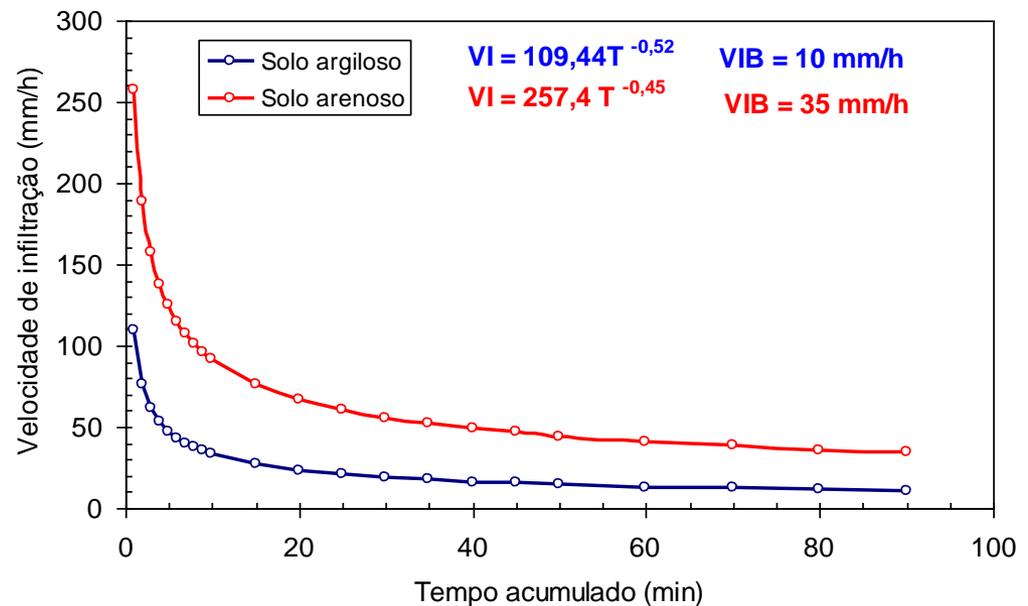
FUNÇÕES DE INFILTRAÇÃO

✓ Velocidade de infiltração: em solos arenosos a lâmina VI tende, de maneira geral, a ser maior que em solos argilosos devido a diferença na distribuição de macro e microporos. Facilidade de movimentação da água no solo.

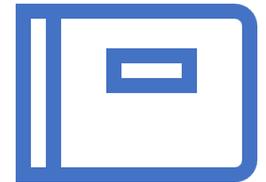
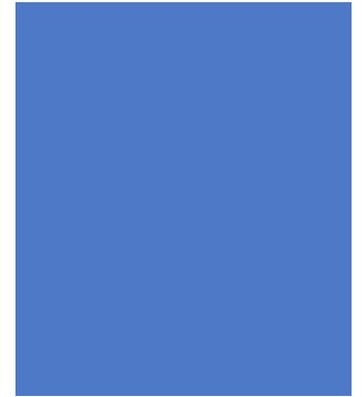
$$VI = \beta T^a$$

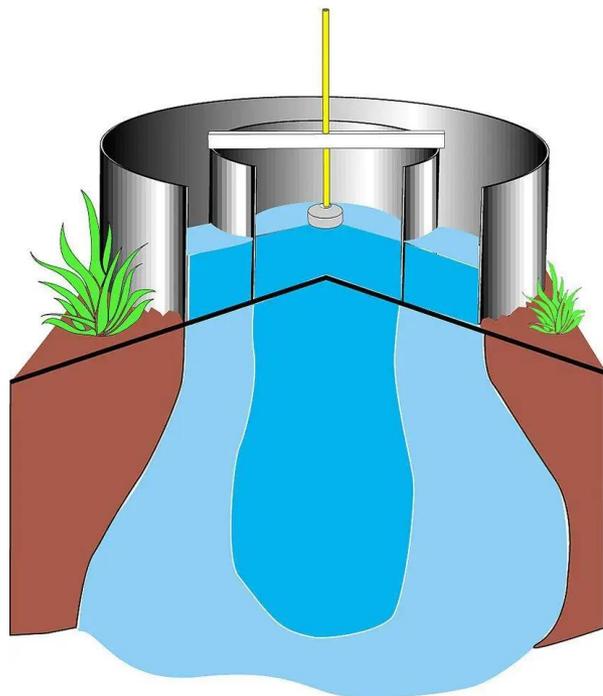
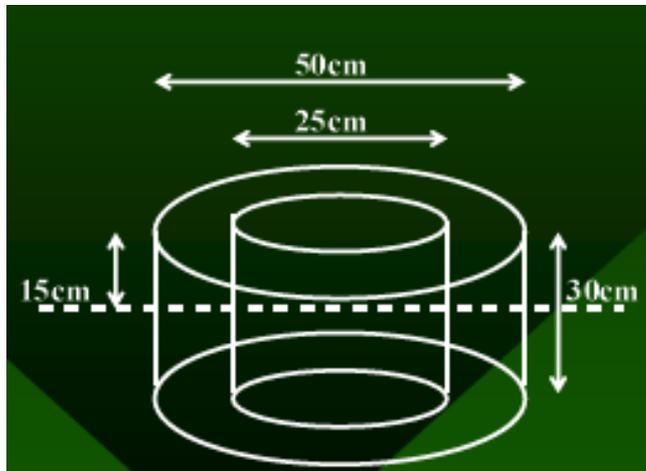
✓ VI = velocidade de Infiltração em mm/h

✓ T tempo em minutos



Método de determinação da Infiltração da água no solo





Infiltrômetro de Anel

- 2 anéis concêntricos (25 cm e 50 cm de diâmetro e 30 cm de altura);
- Enterrados de 10 a 15 cm no solo;
- Lâmina de água variável
- (oscilação máxima de 4 cm).

Instalação

Material:
2 cilindros, interno e externo;
Prancha de madeira;
Marreta e Regua;
Plástico





Carga variável

Carga variável: Ocorre reabastecimento manual da água nos dois anéis quando apresentar valores baixos na leitura.



Carga constante

Carga constante: Há reabastecimento constante e o nível de água é mantido constante.

MODELO DE KOSTIAKOV

$$I = K \cdot T^m$$

Modelo potencial

I = infiltração acumulada (cm);

T = tempo de infiltração acumulado (min);

K e m = coeficiente que depende do solo (0-1)

Formas para definir K e m

-gráfica

-analítica

Preenchimento da planilha em campo:

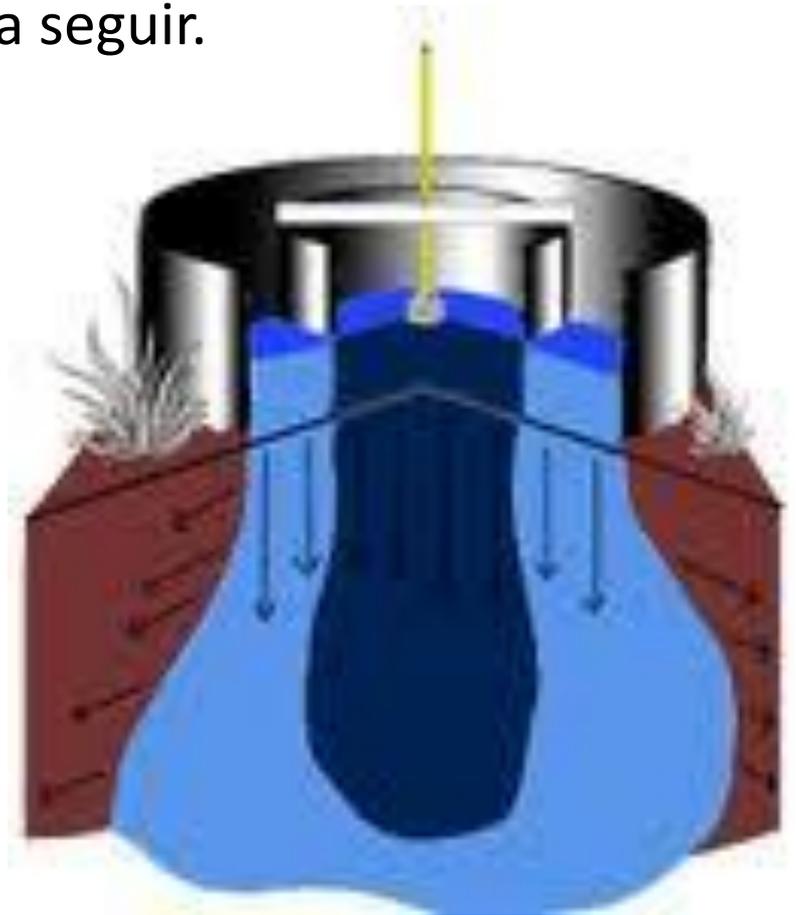
Alguns exemplos de instalação e condução do ensaio.

O cálculo será explicado a seguir.

<https://www.youtube.com/watch?v=81Y-3R3Mdgg>

<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/134>

<https://youtu.be/HN1IZPHwmTQ>



EXMPLO DE DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

HORAS	INTERVALO DE TEMPO (min)	TEMPO ACUMULADO (min)	LEITURA DA RÉGUA (cm)		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (cm)
			INSTANTÂNEA	DIFERENÇA	
12:44	0	0	10,8	-----	-----
12:45	1	1	10,3	$10,8 - 10,3 = 0,5$	
12:47	2	3			
12:49	2	5			
12:54	5	10			
12:59	5	15			
13:09	10	25			
13:19	10	35			
13:34	15	50			
13:49	15	65			
14:19	30	95			
14:49	30	125			
15:19	30	155			

EXMPLO DE DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

HORAS	INTERVALO DE TEMPO (min)	TEMPO ACUMULADO (min)	LEITURA DA RÉGUA (cm)		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (cm)
			INSTANTÂNEA	DIFERENÇA	
12:44	0	0	10,8	-----	-----
12:45	1	1	10,3	0,5	0,5
12:47	2	3			
12:49	2	5			
12:54	5	10			
12:59	5	15			
13:09	10	25			
13:19	10	35			
13:34	15	50			
13:49	15	65			
14:19	30	95			
14:49	30	125			
15:19	30	155			

EXMPLO DE DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

HORAS	INTERVALO DE TEMPO (min)	TEMPO ACUMULADO (min)	LEITURA DA RÉGUA (cm)		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (cm)
			INSTANTÂNEA	DIFERENÇA	
12:44	0	0	10,8	-----	-----
12:45	1	1	10,3	0,5	0,5
12:47	2	3	9,8	$10,3 - 9,8 = 0,5$	
12:49	2	5			
12:54	5	10			
12:59	5	15			
13:09	10	25			
13:19	10	35			
13:34	15	50			
13:49	15	65			
14:19	30	95			
14:49	30	125			
15:19	30	155			

EXMPLO DE DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

HORAS	INTERVALO DE TEMPO (min)	TEMPO ACUMULADO (min)	LEITURA DA RÉGUA (cm)		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (cm)
			INSTANTÂNEA	DIFERENÇA	
12:44	0	0	10,8	-----	-----
12:45	1	1	10,3	0,5	0,5
12:47	2	3	9,8	0,5	0,5 + 0,5 = 1,0
12:49	2	5			
12:54	5	10			
12:59	5	15			
13:09	10	25			
13:19	10	35			
13:34	15	50			
13:49	15	65			
14:19	30	95			
14:49	30	125			
15:19	30	155			

EXMPLO DE DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

HORAS	INTERVALO DE TEMPO (min)	TEMPO ACUMULADO (min)	LEITURA DA RÉGUA (cm)		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (cm)
			INSTANTÂNEA	DIFERENÇA	
12:44	0	0	10,8	-----	-----
12:45	1	1	10,3	0,5	0,5
12:47	2	3	9,8	0,5	1,0
12:49	2	5			
12:54	5	10			
12:59	5	15			
13:09	10	25			
13:19	10	35			
13:34	15	50			
13:49	15	65			
14:19	30	95			
14:49	30	125			
15:19	30	155			

EXMPLO DE DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

HORAS	INTERVALO DE TEMPO (min)	TEMPO ACUMULADO (min)	LEITURA DA RÉGUA (cm)		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (cm)
			INSTANTÂNEA	DIFERENÇA	
12:44	0	0	10,8	-----	-----
12:45	1	1	10,3	0,5	0,5
12:47	2	3	9,8	0,5	1,0
12:49	2	5	9,3	0,5	1,5
12:54	5	10	8,7		
12:59	5	15	8,0		
13:09	10	25	7,1/12,4		
13:19	10	35			
13:34	15	50			
13:49	15	65			
14:19	30	95			
14:49	30	125			
15:19	30	155			

Neste momento a leitura estava muito baixa (7,1cm) correndo o risco de perder a próxima leitura. Realiza-se o reabastecimento, imediatamente, após a leitura e anota-se nova leitura da régua (12,4cm).

EXMPLO DE DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

HORAS	INTERVALO DE TEMPO (min)	TEMPO ACUMULADO (min)	LEITURA DA RÉGUA (cm)		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (cm)
			INSTANTÂNEA	DIFERENÇA	
12:44	0	0	10,8	-----	-----
12:45	1	1	10,3	0,5	0,5
12:47	2	3	9,8	0,5	1,0
12:49	2	5	9,3	0,5	1,5
12:54	5	10	8,7	0,6	2,1
12:59	5	15	8,0	0,7	2,8
13:09	10	25	7,1/12,4	0,9	3,7
13:19	10	35	11,5	$12,4 - 11,5 = 0,9$	
13:34	15	50			
13:49	15	65			
14:19	30	95			
14:49	30	125			
15:19	30	155			

EXMPLO DE DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

HORAS	INTERVALO DE TEMPO (min)	TEMPO ACUMULADO (min)	LEITURA DA RÉGUA (cm)		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (cm)
			INSTANTÂNEA	DIFERENÇA	
12:44	0	0	10,8	-----	-----
12:45	1	1	10,3	0,5	0,5
12:47	2	3	9,8	0,5	1,0
12:49	2	5	9,3	0,5	1,5
12:54	5	10	8,7	0,6	2,1
12:59	5	15	8,0	0,7	2,8
13:09	10	25	7,1/12,4	0,9	3,7
13:19	10	35	11,5	0,9	4,6
13:34	15	50	10,4	1,1	5,7
13:49	15	65	9,4	1,0	6,7
14:19	30	95	8,1/11,7	1,3	8,0
14:49	30	125	10,4	1,3	9,3
15:19	30	155	9,1	1,3	10,6

EXMPLO DE DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

HORAS	INTERVALO DE TEMPO (min)	TEMPO ACUMULADO (min)	LEITURA DA RÉGUA (cm)		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (cm)
			INSTANTÂNEA	DIFERENÇA	
12:44	0	0	10,8	-----	-----
12:45	1	1	10,3	0,5	0,5
12:47	2	3	9,8	0,5	1,0
12:49	2	5	9,3	0,5	1,5
12:54	5	10	8,7	0,6	2,1
12:59	5	15	8,0	0,7	2,8
13:09	10	25	7,1/12,4	0,9	3,7
13:19	10	35	11,5	0,9	4,6
13	<div style="border: 2px solid orange; padding: 5px;"> Após ocorrer três leituras de 30 minutos com valores muito próximos, encerra-se o ensaio. Atingiu-se a Velocidade de Infiltração Básica (VIB). Pode ser estimada por $1,3 \text{ cm} \times 30 \text{ minutos} \times 2 \times 10 = 26 \text{ mm/h}$ </div>			1,1	5,7
13				1,0	6,7
14				1,3	8,0
14				1,3	9,3
15				1,3	10,6

Modelo de Infiltração

b) Método da regressão linear

$$I = K \cdot T^n$$

Modelo potencial

$$\log I = \log K + n \cdot \log T$$

$$\underbrace{\log I}_{Y} = \underbrace{\log K}_{A} + \underbrace{n}_{B} \cdot \underbrace{\log T}_{X}$$

Modelo linear

$$Y = A + B X$$

O coeficiente angular (B) e a interseção (A) da reta são dados por:

$$B = n$$

$$n = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}}$$

$$A = \bar{Y} - B \bar{X}$$

$$\begin{aligned} \text{Log } K &= A \\ K &= \text{ant log } A = 10^A \end{aligned}$$

Equação de Infiltração:

$$I = K T^n$$

$$I(\text{mm}) = 10 * K * T^n$$

Velocidade de Infiltração (VI):

$$VI = \frac{\partial I}{\partial T}$$

$$VI(\text{cm/min}) = n * k * T^{n-1} \rightarrow$$

$$VI(\text{mm/h}) = 10 * n * 60 * k * T^{n-1}$$

- Cria-se uma nova planilha com a coluna de Tempo acumulado e a coluna de infiltração acumulada.
- Calcula-se as colunas de $x = \log(T)$, $y = \log(I)$, $x*y$ e x^2 .
- Lembrar que a média refere-se a média de valores, ou seja, a primeira linha não conta. No exemplo $N = 12$



EXMPLO DE DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL

HORAS	INTERVALO DE TEMPO (min)	TEMPO ACUMULADO (min)	LEITURA DA RÉGUA (cm)		INFILTRAÇÃO ACUMULADA (cm)
			INSTANTÂNEA	DIFERENÇA	
12:44	0	0	10,8	-----	-----
12:45	1	1	10,3	0,5	0,5
12:47	2	3	9,8	0,5	1,0
12:49	2	5	9,3	0,5	1,5
12:54	5	10	8,7	0,6	2,1
12:59	5	15	8,0	0,7	2,8
13:09	10	25	7,1/12,4	0,9	3,7
13:19	10	35	11,5	0,9	4,6
13:34	15	50	10,4	1,1	5,7
13:49	15	65	9,4	1,0	6,7
14:19	30	95	8,1/11,7	1,3	8,0
14:49	30	125	10,4	1,3	9,3
15:19	30	155	9,1	1,3	10,6

Teste de Infiltração

T (min)	I (cm)	X =Log T	Y = Log I	X * Y	X ²
0	-----	-	-	-	-
1	0,5	0,000	-0,301	0,000	0
3	1,0	0,477	0,000	0,000	0,228
5	1,5	0,699	0,176	0,123	0,488
10	2,1	1,000	0,322	0,322	1,000
15	2,8	1,176	0,447	0,526	1,386
25	3,7	1,398	0,568	0,794	1,954
35	4,6	1,544	0,663	1,024	2,384
50	5,7	1,699	0,756	1,284	2,887
65	6,7	1,813	0,826	1,496	3,287
95	8,0	1,977	0,903	1,785	3,909
125	9,3	2,097	0,968	2,029	4,397
155	10,6	2,190	1,025	2,245	4,796
	Total	16,071	6,354	11,633	26,717
	média	1,334	0,529	0,969	2,226

Teste de Infiltração

T (min)	I (cm)	X =Log T	Y = Log I	X * Y	X ²
0	-----	-	-	-	-
1	0,5	0,000	-0,301	0,000	0
3	1,0	0,477	0,000	0,000	0,228
5	1,5	0,699	0,176	0,123	0,488
10	2,1	1,000	0,322	0,322	1,000
15	2,8	1,176	0,447	0,526	1,386
25	3,7	1,398	0,568	0,794	1,954
35	4,6	1,544	0,663	1,024	2,384
50	5,7	1,699	0,756	1,284	2,887
65	6,7	1,813	0,826	1,496	3,287
95	8,0	1,977	0,903	1,785	3,909
125	9,3	2,097	0,968	2,029	4,397
155	10,6	2,190	1,025	2,245	4,796
	Total	16,071	6,354	11,633	26,717
	média	1,334	0,529	0,969	2,226

$$I = K \cdot T^n$$

$$\log I = \log K + n \cdot \log T$$
$$Y = A + B X$$

O coeficiente angular (B) e a interseção (A) da reta são dados por:

$$B = n$$

$$n = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}}$$

$$\Sigma xy = 11,633$$

$$\Sigma x = 16,071$$

$$\Sigma y = 6,354$$

$$\Sigma x^2 = 26,717$$

$$N = 12$$

$$n = 0,60$$

$$A = \bar{Y} - B \bar{X}$$

$$A = 0,529 - 0,60 * 1,334 = -0,271$$

$$\text{Log } K = A \quad K = \text{ant log } A$$

$$K = \text{antlog } -0,271 = 10^{(-0,271)} = 0,536$$

$$I = K T^n$$

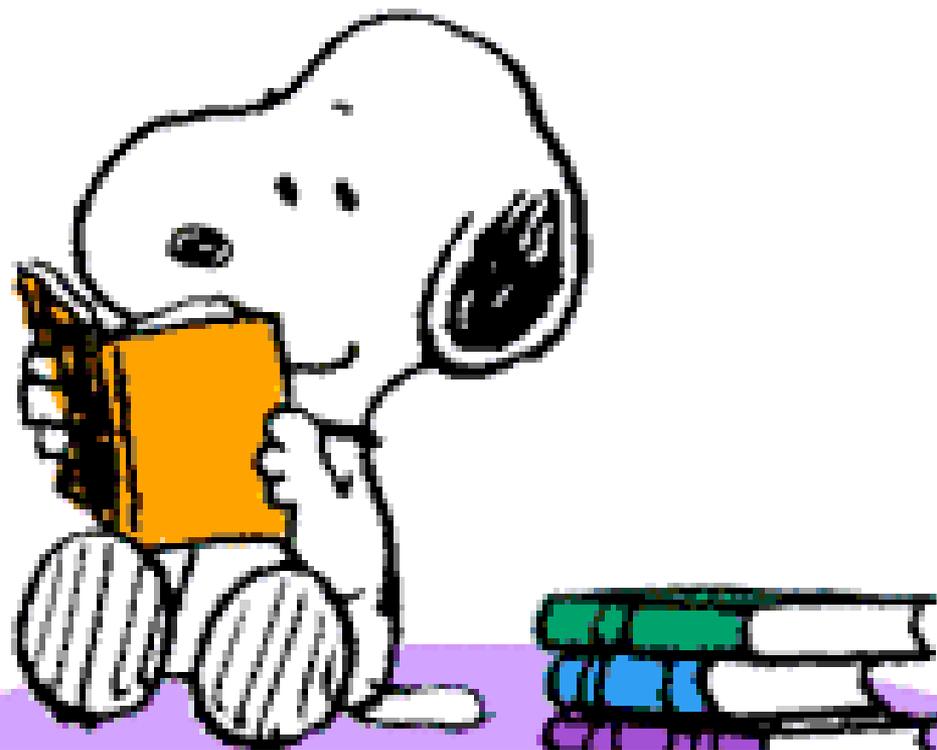
$$I = 0,536 \cdot T^{0,60} \rightarrow \text{cm}$$

$$I = 5,36 T^{0,60} \rightarrow \text{mm}$$

$$VI = 10 \cdot n \cdot 60 \cdot K \cdot T^{n-1} =$$

$$VI = 10 \cdot 0,60 \cdot 60 \cdot 0,536 \cdot T^{0,60-1}$$

$$VI = 192,96 T^{-0,40} \rightarrow \text{mm/h}$$



Bom estudo a todos!

CC BY-NC-ND