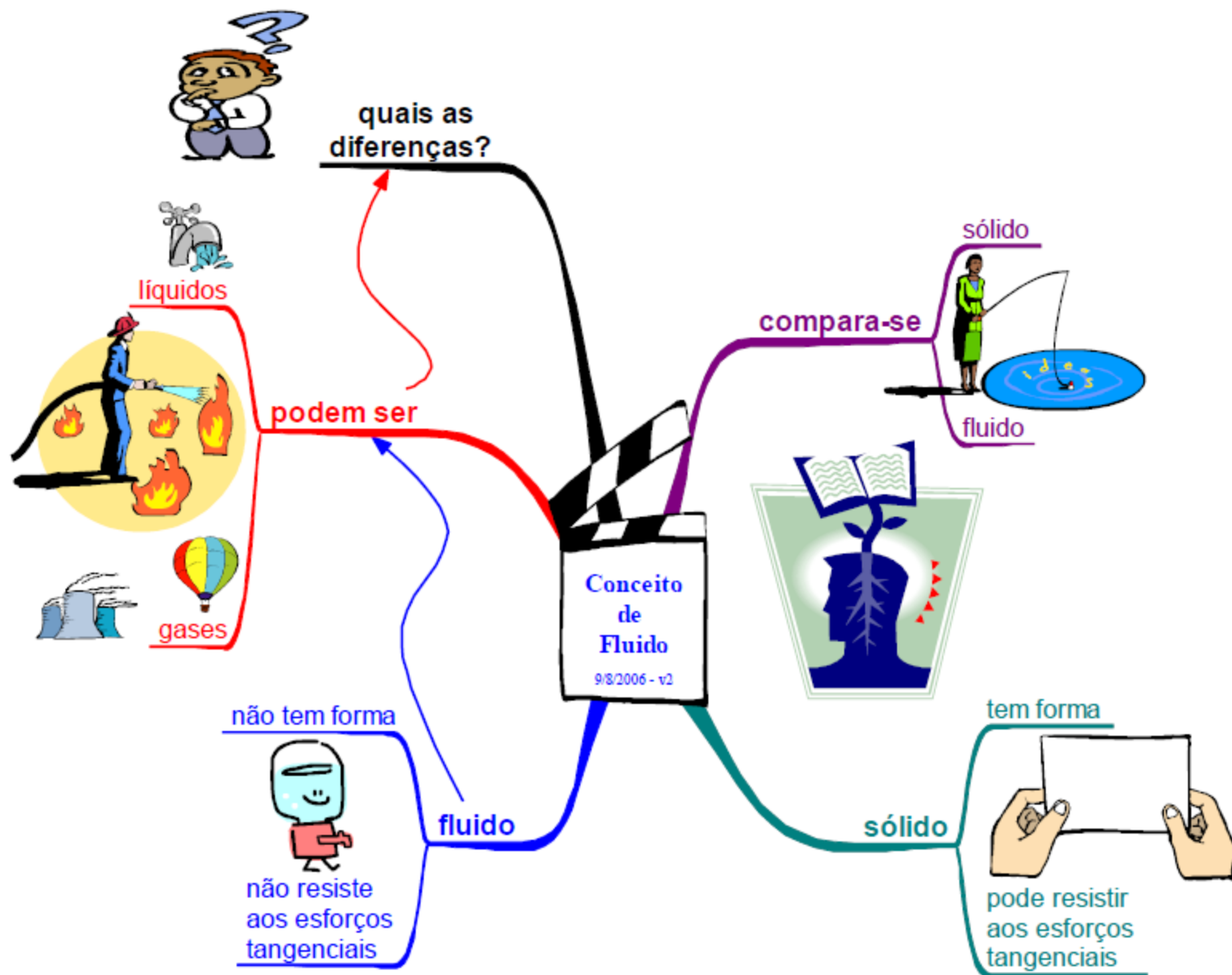
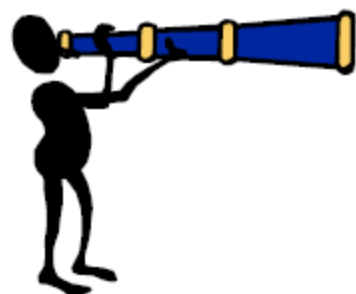


# Segunda aula de FT

Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio





que reconhece  
os fluidos



## Primeira classificação dos fluidos

8/9/2006 - v4

líquidos

volume definido  
mas não próprio



superfície livre



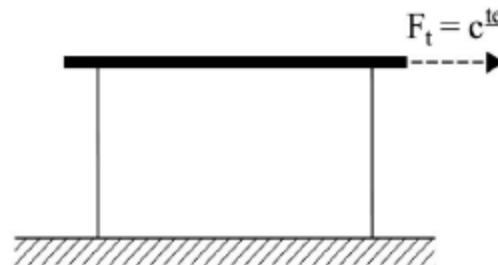
gases

sem volume próprio



sem superfície livre

**sólido**

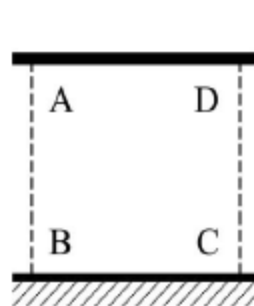


(a)

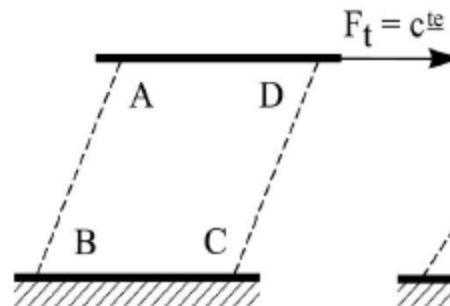


(b)

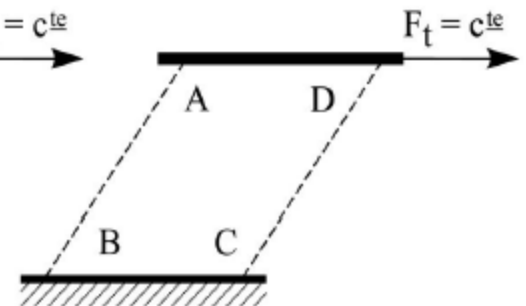
Sólido se deforma angularmente  
mas pode assumir nova posição de  
equilíbrio



(a)



(b)



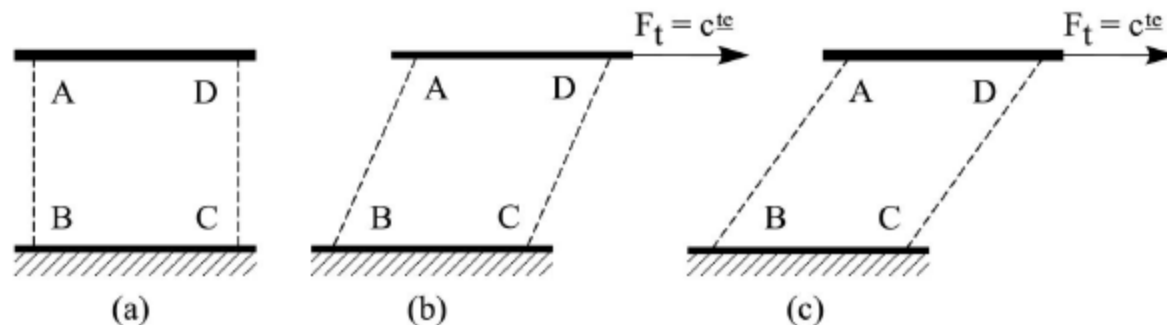
(c)

Líquido se deforma  
continuamente

**líquido**

**Experiência  
das  
duas placas**

9/8/2006 - v4



princípio de aderência

As partículas fluidas  
em contato com uma  
superfície sólida  
apresentam a  
velocidade da  
superfície



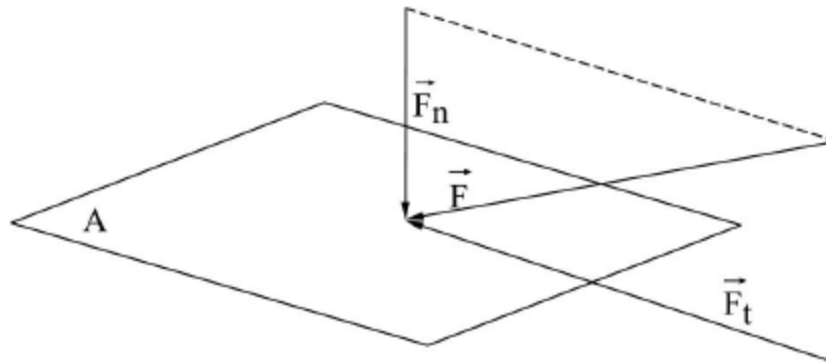
## tensão de cisalhamento



Uma força  
aplicada a uma  
área "A" pode ser  
decomposta.

Define-se tensão de  
cisalhamento:

$$\tau = \frac{F_t}{A}$$



**tensão de cisalhamento**

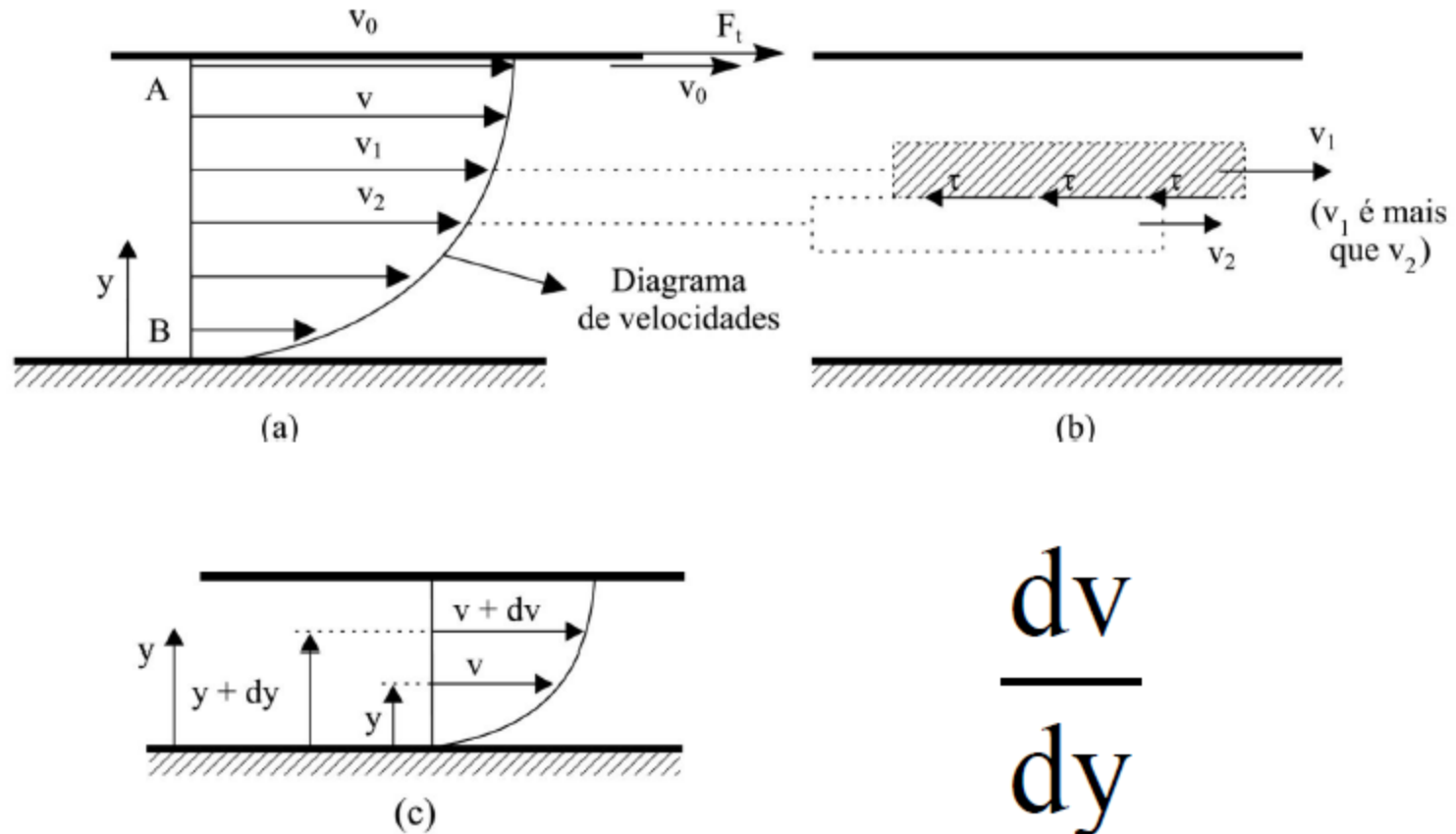


será calculada pela

**lei de Newton da viscosidade**

A tensão de cisalhamento é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade.

# Gradiente de velocidade



$$\frac{dv}{dy}$$



## Lei de Newton da Viscosidade

$$\tau = \mu \times \frac{dv}{dy}$$

Espessuras pequenas originam a simplificação prática da Lei de Newton da viscosidade.

$$v = \frac{V}{\varepsilon} \times y$$

$$\tau = \mu \times \frac{V}{\varepsilon}$$

# Viscosidade cinemática

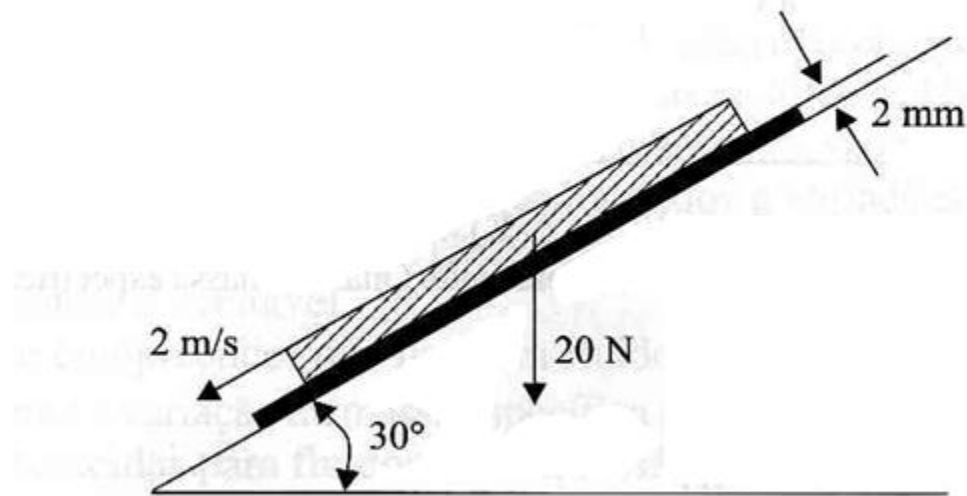
$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Observações:

$$\gamma = \rho \times g$$

$$\gamma_R = \rho_R = \frac{\gamma}{\gamma_{\text{padrão}}} = \frac{\rho}{\rho_{\text{padrão}}}$$

- 1.5 Uma placa quadrada de 1,0 m de lado e 20 N de peso desliza sobre um plano inclinado de  $30^\circ$ , sobre uma película de óleo. A velocidade da placa é 2 m/s constante. Qual é a viscosidade dinâmica do óleo se a espessura da película é 2 mm?



Resp.:  $\mu = 10^{-2} \text{ N.s/m}^2$

# Resolução

Sendo constante a velocidade da placa, deve haver um equilíbrio dinâmico na direção do movimento, isto é, a força motora (a que provoca o movimento) deve ser equilibrada por uma força resistente (de mesma direção e sentido contrário).

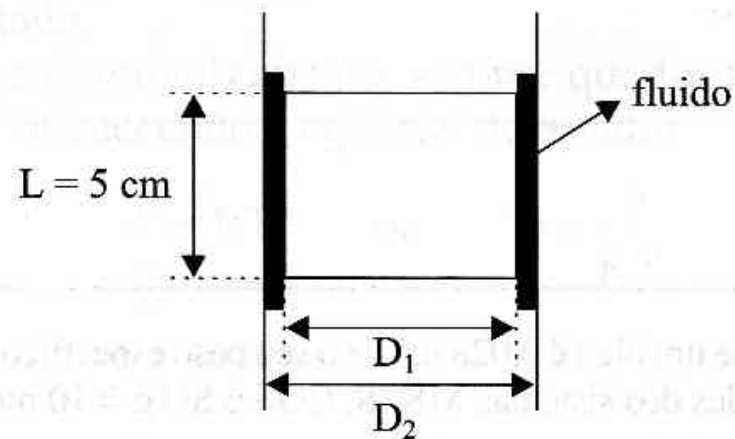
$$G \sin 30^\circ = F_t$$

$$G \sin 30^\circ = \tau A$$

$$G \sin 30^\circ = \mu \frac{v}{\varepsilon} A$$

$$\mu = \frac{\varepsilon G \sin 30^\circ}{v A} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 20 \times \sin 30^\circ}{2 \times 1 \times 1} = 10^{-2} \frac{\text{N.s}}{\text{m}^2}$$

- 1.6 O pistão da figura tem uma massa de 0,5 kg. O cilindro de comprimento ilimitado é puxado para cima com velocidade constante. O diâmetro do cilindro é 10 cm e do pistão é 9 cm e entre os dois existe um óleo de  $\nu = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  e  $\gamma = 8.000 \text{ N/m}^3$ . Com que velocidade deve subir o cilindro para que o pistão permaneça em repouso? (Supor diagrama linear e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .)



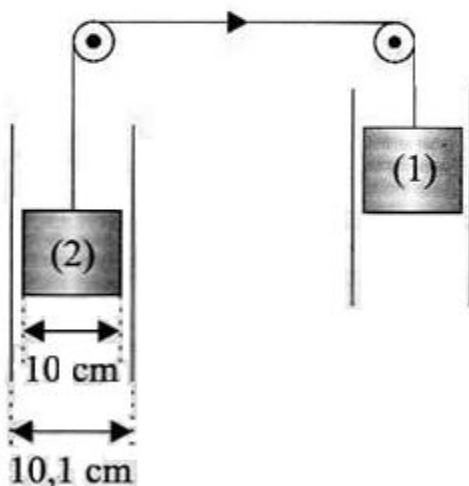
## 1.6 - Resolução

Supondo o cilindro em repouso tem - se :

$$0,5 \times 10 = 10^{-4} \times \frac{8000}{10} \times \frac{v}{\frac{(10 - 9) \times 10^{-2}}{2}} \times \pi \times 0,09 \times 0,05$$

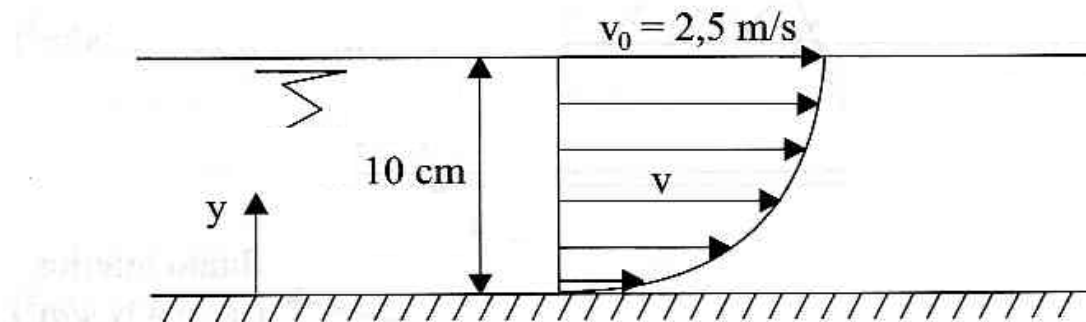
$$\therefore v = \frac{0,5 \times 10 \times 10 \times 0,5 \times 10^{-2}}{10^{-4} \times 8000 \times \pi \times 0,09 \times 0,05} \cong 22,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- 1.8 O dispositivo da figura é constituído de dois pistões de mesmas dimensões geométricas que se deslocam em dois cilindros de mesmas dimensões. Entre os pistões e os cilindros existe um lubrificante de viscosidade dinâmica  $10^{-2} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ . O peso específico do pistão (1) é  $20.000 \text{ N}/\text{m}^3$ . Qual é o peso específico do pistão (2) para que o conjunto se desloque na direção indicada com uma velocidade de  $2 \text{ m/s}$  constante? Desprezar o atrito na corda e nas roldanas.



Resp.:  $\gamma_2 = 16.800 \text{ N}/\text{m}^3$

- 1.14** Assumindo o diagrama de velocidades indicado na figura, em que a parábola tem seu vértice a 10 cm do fundo, calcular o gradiente de velocidade e a tensão de cisalhamento para  $y = 0; 5; 10$  cm. Adotar  $\mu = 400$  centipoises.





## 1.14 - Resolução

$$v = ay^2 + by + c$$

$$1) \text{ para } y = 0,1\text{m} \Rightarrow v = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \therefore 2,5 = a \times 0,1^2 + b \times 0,1 \quad (1)$$

$$2) \text{ para } y = 0 \Rightarrow v = 0 \therefore c = 0$$

$$3) \text{ para } y = 0,1\text{m} \Rightarrow \frac{dv}{dy} = 0 \therefore 0 = 2 \times a \times 0,1 + b \therefore b = -0,2a \quad (2)$$

$$\text{De (2) em (1): } 2,5 = a \times 0,1^2 - 0,1 \times 0,2 \times a \therefore a = -250 \frac{1}{\text{ms}}$$

$$\therefore b = 50 \frac{1}{\text{s}} \Rightarrow v = -250y^2 + 50y \text{ e } \frac{dv}{dy} = -500y + 50$$

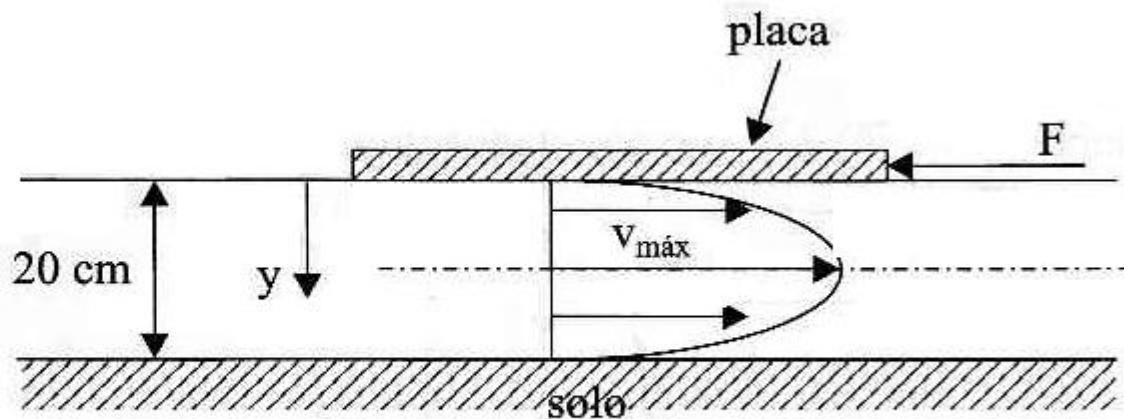
$$\text{para } y = 0 \Rightarrow \frac{dv}{dy} = 50 \frac{1}{\text{s}} \therefore \tau = 400 \times 10^{-2} \times 50 = 200 \frac{\text{dina}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{para } y = 0,05\text{m} \Rightarrow \frac{dv}{dy} = -500 \times 0,05 + 50 = 25 \frac{1}{\text{s}} \therefore \tau = 400 \times 10^{-2} \times 25 = 100 \frac{\text{dina}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{para } y = 0,1\text{m} \Rightarrow \frac{dv}{dy} = -500 \times 0,1 + 50 = 0 \therefore \tau = 400 \times 10^{-2} \times 0 = 0$$

**1.15** A placa da figura tem uma área de  $4 \text{ m}^2$  e espessura desprezível. Entre a placa e o solo existe um fluido que escoa, formando um diagrama de velocidades dado por  $v = 20y v_{\text{máx}} (1 - 5y)$ . A viscosidade dinâmica do fluido é  $10^{-2} \text{ N.s/m}^2$  e a velocidade máxima do escoamento é  $4 \text{ m/s}$ . Pede-se:

- a) o gradiente de velocidades junto ao solo;
- b) a força necessária para manter a placa em equilíbrio.



**Resp.:** a)  $-80 \text{ s}^{-1}$ ; b)  $3,2 \text{ N}$

## 1.15 - Resolução

$$v = 20yv_{\text{máx}} - 100y^2v_{\text{máx}}$$

$$\left(\frac{dv}{dy}\right)_{y=0,2\text{m}} = 20v_{\text{máx}} - 200yv_{\text{máx}} = 20 \times 4 - 200 \times 0,2 \times 4 = -80\text{ s}^{-1}$$

$$\left(\frac{dv}{dy}\right)_{y=0} = 20v_{\text{máx}} = 80\text{ s}^{-1}$$

$$\tau_{y=0} = \mu \left(\frac{dv}{dy}\right)_{y=0} = 10^{-2} \times 80 = 0,8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$F = \tau A = 0,8 \times 4 = 3,2\text{ N}$$