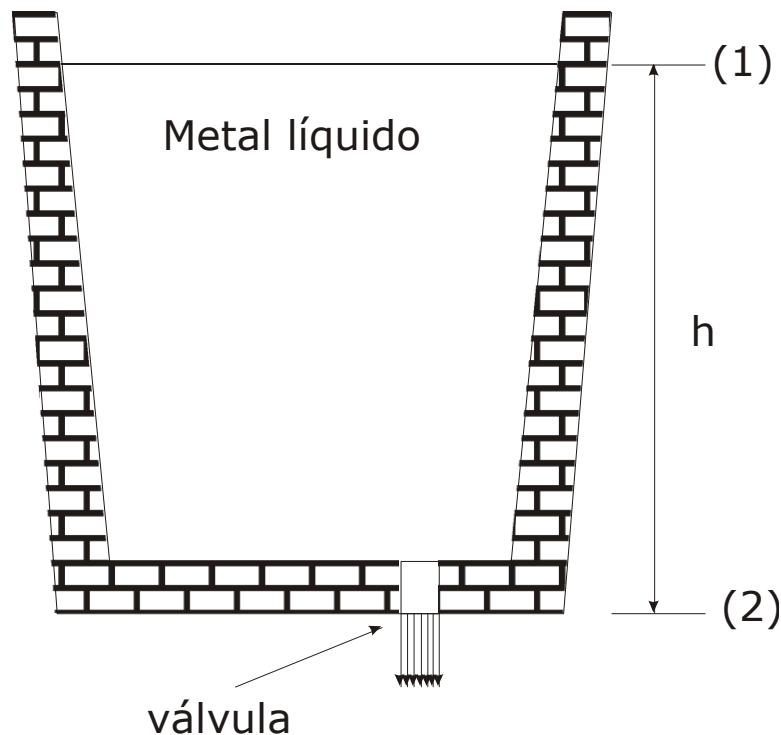


METALURGIA EXTRATIVA DOS NÃO FERROSOS

PMT 3409

Flávio Beneduce

VAZAMENTO DE METAIS LÍQUIDOS



$$\bar{v}_2 = \left[\frac{1}{\beta_2} + e_f \right]^{-0,5} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

V_2 = velocidade média

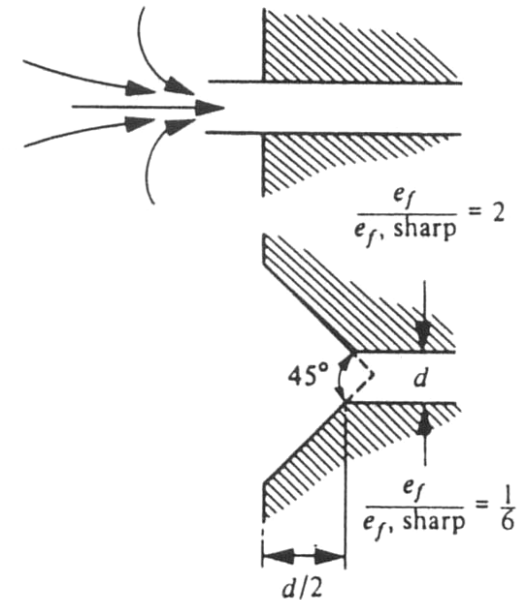
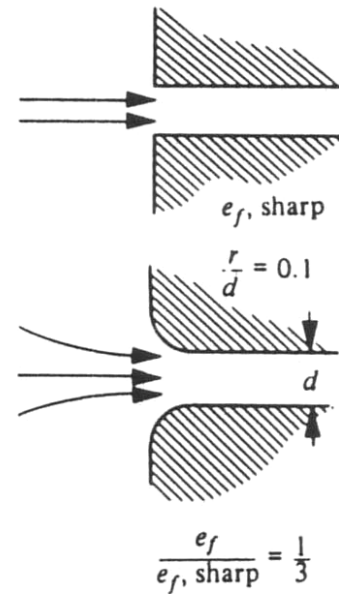
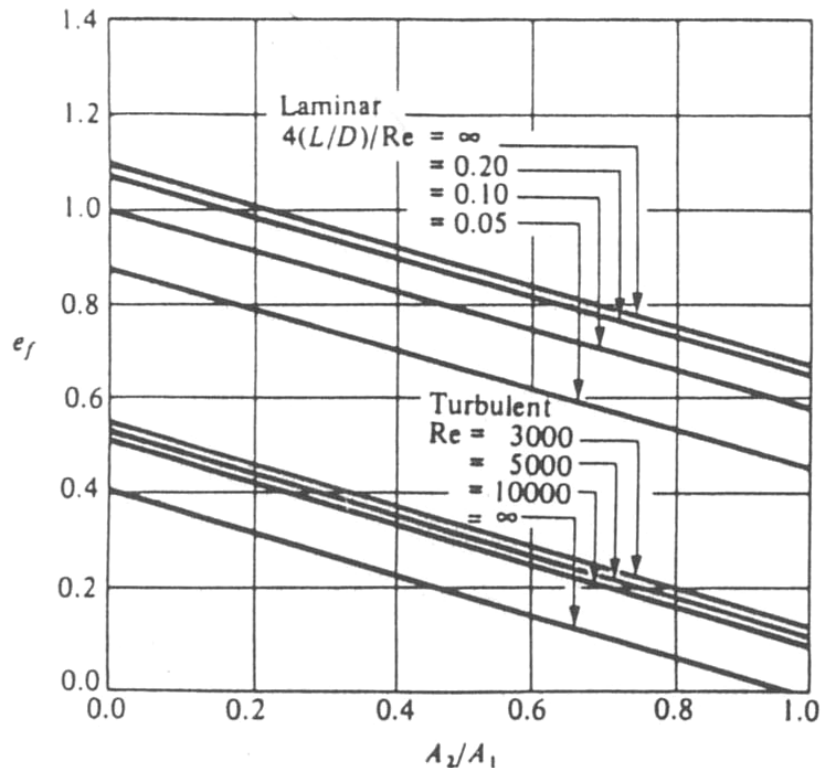
V_2 = velocidade mássica/densidade/área

β_i = função do nº de Reynolds; Em
tubos circulares: $\beta = 0,5$ (fluxo laminar) e
 $\beta \cong 1$ (fluxo turbulento)

g = aceleração da gravidade

e_f = coeficiente de atrito

VAZAMENTO DE METAIS LÍQUIDOS



VAZAMENTO DE METAIS LÍQUIDOS

$$\bar{v}_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{Velocidade máxima}$$

$$C_D = \left[\frac{1}{\beta_2} + e_f \right]^{-0,5} \quad \text{Coeficiente de descarga}$$

$$t_t = \frac{\pi \cdot D_L^2}{2 \cdot S_N \cdot C_D} \cdot \left(\frac{h_o}{2 \cdot g} \right)^{0,5} \quad \text{Tempo total de vazamento}$$

VAZAMENTO DE METAIS LÍQUIDOS

Uma panela de diâmetro interno de 0,914m e uma capacidade de 1,22m de altura tem uma válvula com um ângulo de entrada de 45° e um diâmetro de saída de 76mm. Calcular:

- o tempo para esvaziar a panela;
- as taxas de descarga (kg/s) inicial e quando a panela está 75% vazia.

Dados: $\eta = 2,75 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}$; $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$

$$\bar{v}_2 = \sqrt{2 \times 9,8 \times 1,22} = 4,89 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\eta} = \frac{2400 \times 0,076 \times 4,89}{2,75 \times 10^{-3}} = 324.535$$

turbulento – $\beta = 1$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{0,076^2}{0,914^2} = 0,0069$$

$$C_D = \left[\frac{1}{1} + \frac{0,42}{6} \right]^{-0,5} = 0,97$$

VAZAMENTO DE METAIS LÍQUIDOS

$$\bar{v}_2 = 0,97 \times 4,89 = 4,74 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\eta} = \frac{2400 \times 0,076 \times 4,74}{2,75 \times 10^{-3}} = 314.391$$

turbulento – $\beta = 1$

Para 1 cm de altura:

$$\bar{v}_2 = \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,01} = 0,443 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$Re = \frac{2400 \times 0,076 \times 0,443}{2,75 \times 10^{-3}} = 29.383$$

turbulento – $\beta = 1$

$$C_D = \left[\frac{1}{1} + \frac{0,5}{6} \right]^{-0,5} = 0,96$$

Portanto, C_D é constante

VAZAMENTO DE METAIS LÍQUIDOS

$$t_t = \frac{\pi \cdot D_L^2}{2 \cdot S_N \cdot C_D} \cdot \left(\frac{h_o}{2 \cdot g} \right)^{0,5} =$$

$$= \frac{\pi \times 0,914^2}{2 \times \frac{\pi \times 0,076^2}{4} \cdot 0,96} \cdot \left(\frac{1,22}{2 \times 9,8} \right)^{0,5} = 75,18s$$

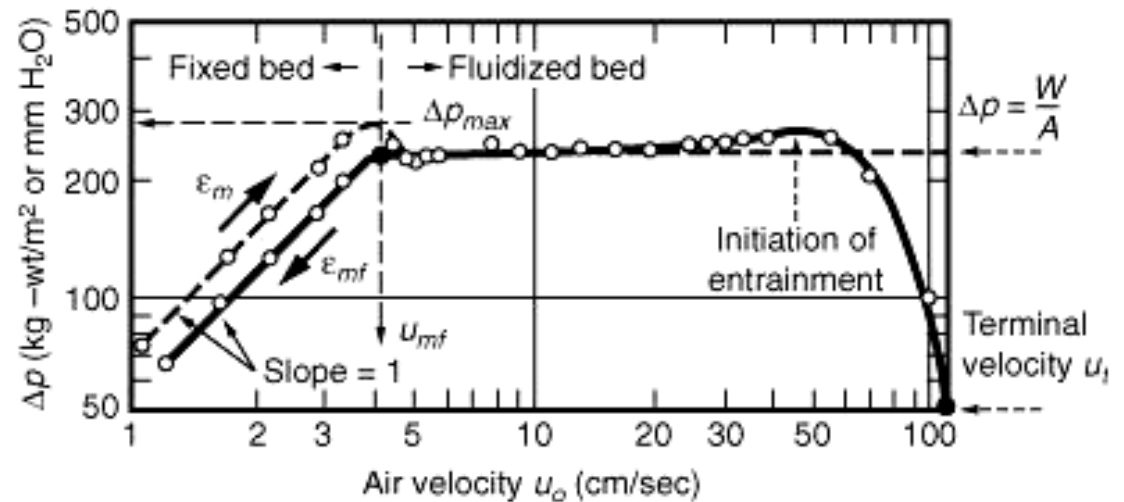
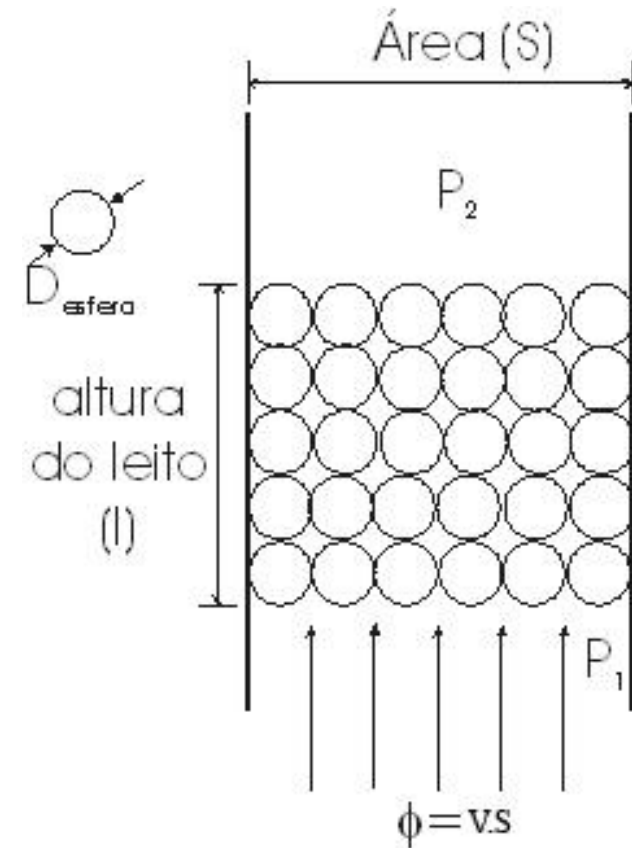
Para a panela cheia

$$\dot{m} = 0,97 \times 4,89 \times 2400 \times \frac{\pi \times 0,076^2}{4} = 50,06 kg/s$$

Para a panela 75% vazia

$$\dot{m} = 0,97 \times 2,44 \times 2400 \times \frac{\pi \times 0,076^2}{4} = 25,77 kg/s$$

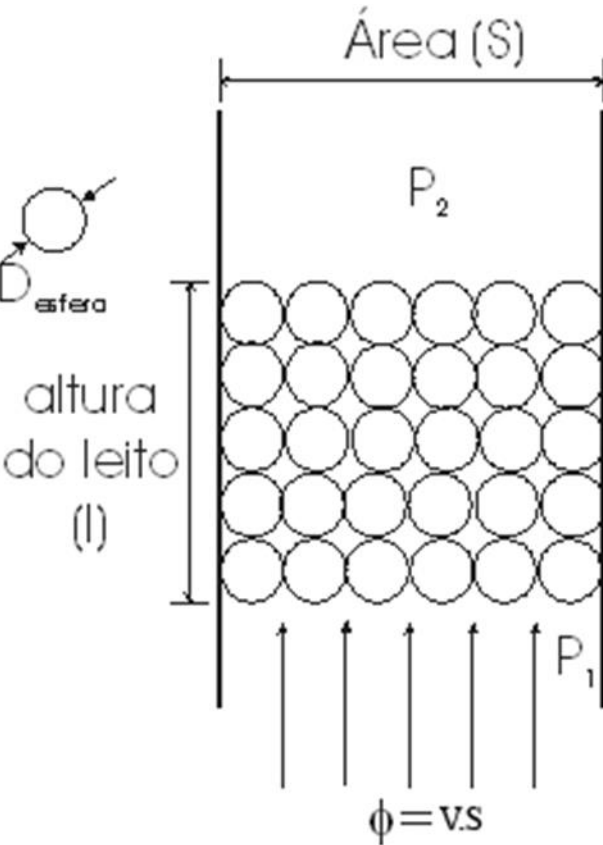
FLUXO COMPLEXO DE FLUIDOS



From D. Kunii and O. Levenspiel, *Fluidization Engineering* (Melbourne, Fla.: Robert E. Krieger Publishing Co., 1977). Reprinted with permission of the publishers.

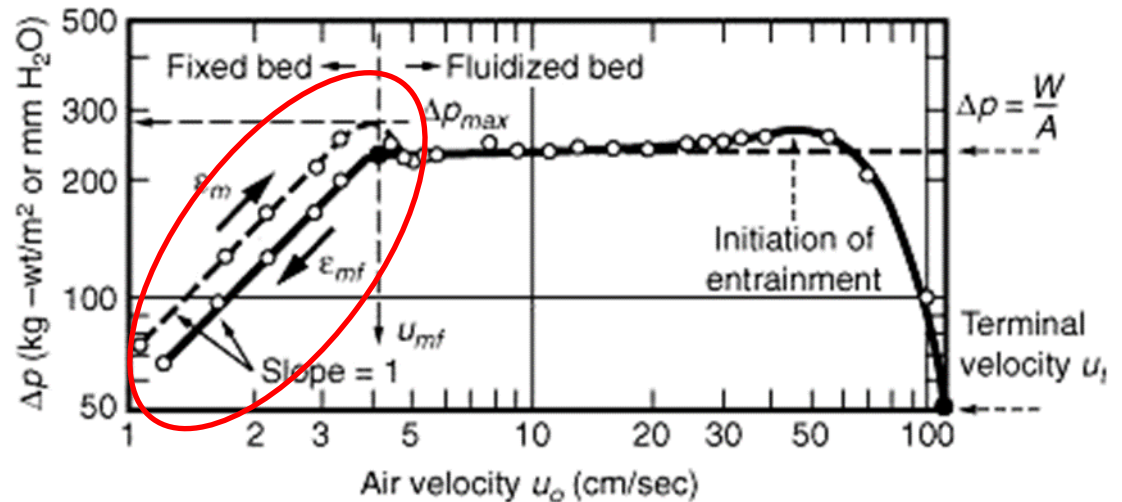
FLUXO COMPLEXO DE FLUIDOS

LEITO FIXO



ΔP proporcional a:

- Comprimento do leito
- Velocidade do fluido
- Viscosidade do fluido



$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\eta}{k_1} \cdot v_s$$

Equação de Darcy (Re↓)

k_1 = constante de permeabilidade viscosa ou Darciana (m²)

FLUXO COMPLEXO DE FLUIDOS

LEITO FIXO

Uma característica importante de moldes de fundição em areia é a possibilidade dos gases envolvidos no processo permearem o molde. Dessa forma, a permeabilidade dos moldes de areia é rotineiramente medida nas indústrias. Calcule a permeabilidade de uma amostra de um molde de areia de 2" de diâmetro, 2" de comprimento, pela qual passam 2000 cm³ de ar em 45s gerando uma queda de pressão de 10 gf/cm².

$$\frac{10}{2 \times 2,54} = \frac{178 \times 10^{-6}}{k_1} \times \frac{2000}{45} \times \frac{1}{\frac{\pi \times (2 \times 2,54)^2}{4}}$$

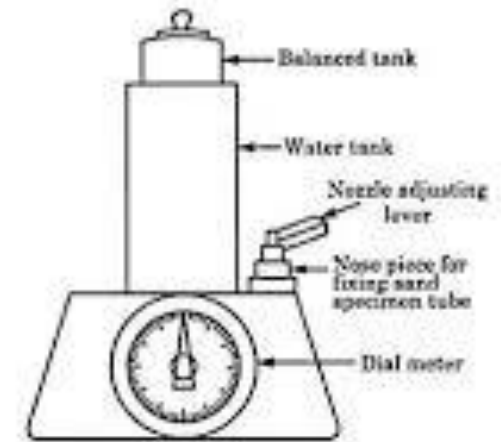
$$k_1 = 1,98 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$P_{AFS} = (V \times H) / P \times A \times T$$

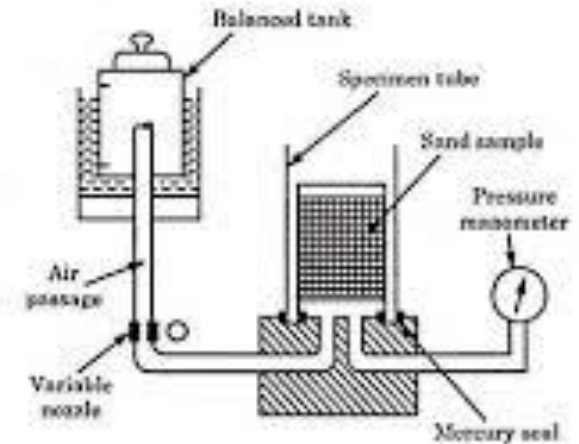
onde

- V = volume de ar em ml passando através da amostra
- H = altura da amostra em cm
- A = Área da seção transversal da amostra em cm²
- P = Pressão de ar em cm de água
- T = Tempo em minutos

$$P_{AFS} = \frac{2000 \times 2 \times 2,54}{10 \times \left(\frac{\pi \times (2 \times 2,54)^2}{4} \right) \times \frac{45}{60}} = 67$$



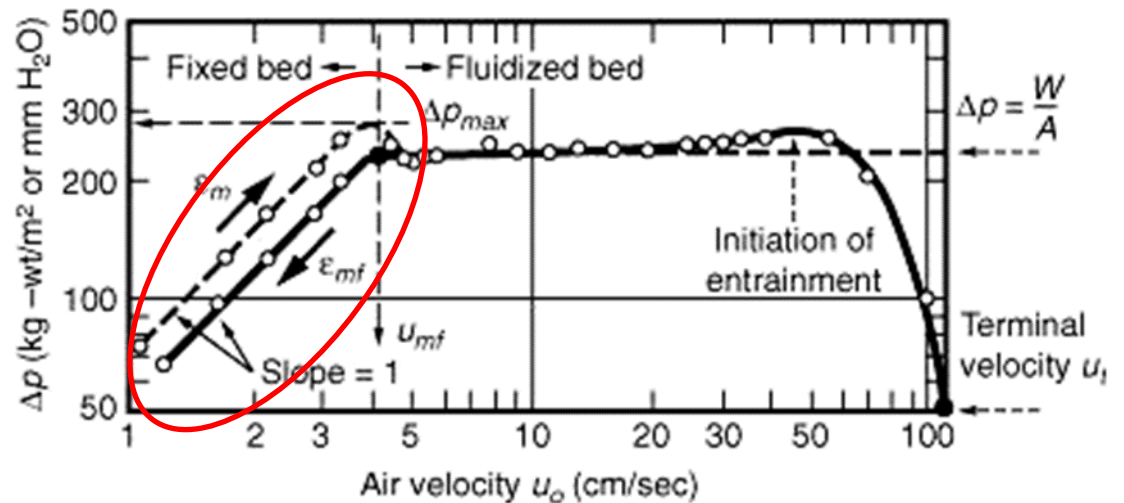
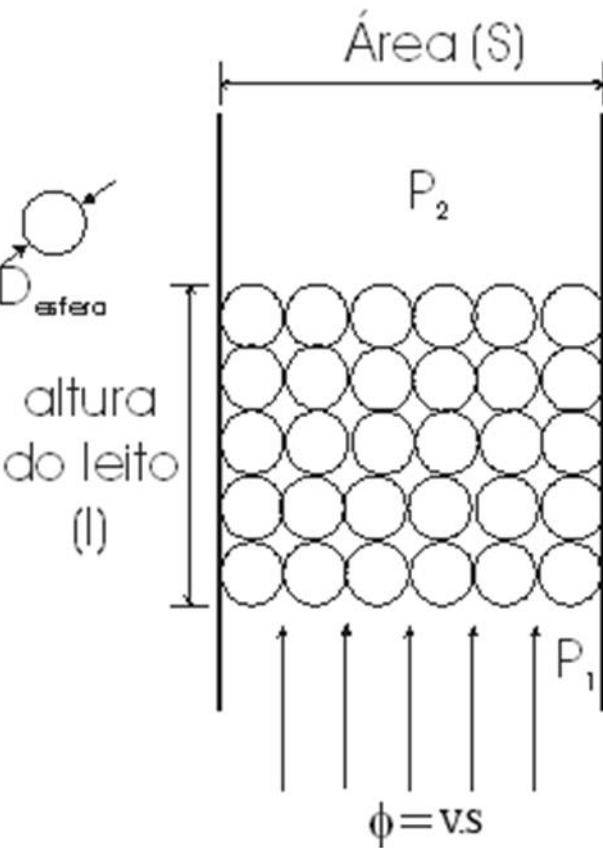
(a) Permeability meter.



(b) Schematic sketch of permeability meter.
Fig. 3.25

FLUXO COMPLEXO DE FLUIDOS

LEITO FIXO



$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\eta}{k_1} \cdot v_s$$

Equação de Darcy (Re↓)

k_1 = constante de permeabilidade viscosa ou Darciana (m²)

FLUXO COMPLEXO DE FLUIDOS

LEITO FIXO

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\eta}{k_1} \cdot v_s + \frac{\rho}{k_2} \cdot v_s^2$$

Equação de Forchheimer

$k_1 \rightarrow$ atrito

$k_2 \rightarrow$ turbulência e tortuosidade

$$\frac{\Delta P}{L} = 150 \cdot \frac{(1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\eta}{d_p^2} \cdot v_s + 1,75 \cdot \frac{(1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\rho}{d_p} \cdot v_s^2$$

Equação de Ergun
Características estruturais

FLUXO COMPLEXO DE FLUIDOS

LEITO FIXO

A sinterização de um minério de Fe de diâmetro médio de 0,5mm utiliza um leito de 30 cm de altura e uma % de vazios de 39%. A velocidade de insuflação de ar é de 25 cm/s. A densidade do ar é de $1,23 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ e a viscosidade é de $178 \times 10^{-6} \text{ P}$. Determinar a perda de carga total do sistema.

$$\frac{\Delta P}{L} = 150 \cdot \frac{(1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\eta}{d_p^2} \cdot v_s + 1,75 \cdot \frac{(1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\rho}{d_p} \cdot v_s^2$$

$$\frac{\Delta P}{30} = 150 \cdot \frac{(1 - 0,39)^2}{0,39^3} \cdot \frac{178 \times 10^{-6}}{0,05^2} \cdot 25 + 1,75 \cdot \frac{(1 - 0,39)}{0,39^3} \cdot \frac{1,23 \times 10^{-3}}{0,05} \cdot 25^2$$

$$\Delta P = 5,15 \times 10^4 \text{ dy/cm}^2$$