

DESENVOLVIMENTO DE UMA EQUAÇÃO PARA O CÁLCULO DO FATOR DE ATRITO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE CARGA PARA ESCOAMENTO BIFÁSICO EM CONDUTO HORIZONTAL SOB PRESSÃO

Resumo

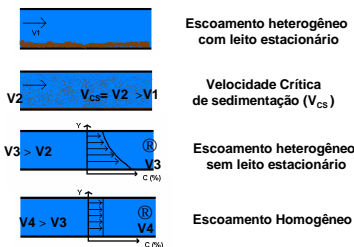
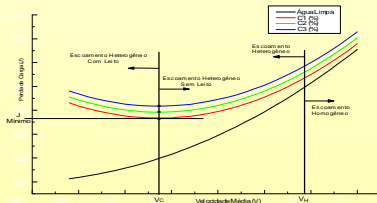
São apresentados os resultados de uma pesquisa experimental visando estudar o comportamento do escoamento de misturas bifásicas em conduto horizontal sob pressão. Estudou-se o fator de atrito da Equação Universal de Perda de Carga para o escoamento de mistura de água e calcário. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Hidráulica da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil. Para o desenvolvimento da pesquisa foi montada uma bancada experimental que permitiu medir todos os parâmetros necessários para se determinar o fator de atrito da Equação Universal de Perda de Carga, e desenvolver uma equação para o cálculo deste fator levando em consideração a concentração do sólido e o número de Reynolds. A equação desenvolvida mostrou-se válida, uma vez que, o erro relativo percentual médio, entre os valores do fator de atrito determinados experimentalmente e os calculados foi de apenas 2,54%. Os valores da constante (K_D), utilizados nas equações para o cálculo da perda de carga em escoamentos de misturas heterogêneas, foram muito maiores que aqueles encontrados na literatura, mostrando inadequados, e que misturas constituídas de água e calcário não podem ser consideradas heterogêneas.

Distinção entre os regimes de escoamentos

- Velocidade crítica (V_C)
- Velocidade crítica de sedimentação (V_{CS});
- Velocidade de transição (V_H).

$$V_H = \sqrt[3]{1,800 \times g \times v_{ss} \times D}$$

Na qual:
 V_H = velocidade de transição entre escoamentos homogêneo e heterogêneo;
 V_{CS} = velocidade de sedimentação da partícula;
 D = diâmetro da tubulação
 Segundo NEWITT et alii (1955)



Bancada de ensaios

- Reservatório Principal
- Sistema de Medidas Gravimétricas
- Tanque de Descarga
- Bomba Principal
- Bomba Misturadora 1
- Bomba Misturadora 2
- Canalização de Sucção
- Canalização de Recalque
- Desviador rotacional de Fluxo



Tubulação de recalque instalada com as tomadas de pressão



Bomba principal

Vista interna do tanque principal



Transdutores diferenciados de pressão

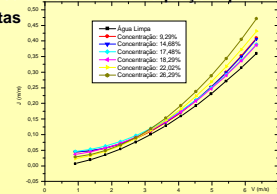
Tubo de acrílico transparente Sedimentos depositados

Metodologia

- **Peso Específico**
- Método Do Picnômetro
- Calcário: $\rho_s = 2,67 \text{ g/cm}^3$.
- Mistura Água-Calcário
- 86 ensaios;
- Água Limpa;
- Variação Decrescente de Velocidades;
- **Concentrações (expressas em volume):**
9,29% ® 14,68% ® 17,48%
18,29% ® 22,02% ® 26,29%

Análise Dos Dados:

- **Curvas**
- Perda de Carga X Velocidade Média;
- Ajuste Polinomial
- Equações Representativas;
- **Velocidades Críticas de Sedimentação (V_{CS})**
- calculadas através de equações propostas



Curvas ajustadas de perda de carga em função da velocidade média

Resultados

- **Fórmula Universal de Perda de Carga**

$$j = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

- **Fator de Atrito ® função da concentração e do Nº Reynolds**
- **Isolou-se o f:**

$$f = \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

- **Curvas de f em função do Nº de Reynolds para cada concentração;**
- **Curvas ajustadas através de regressão potencial:**

$$f = y_0 + A1 \times e^{\left(\frac{-Re \cdot y}{t1}\right)}$$

- **Curvas de cada parâmetro (y_0 , $A1$ e $t1$) em função concentrações:**

$$y_0 = \frac{-2,26 \times 10^{-3}}{\left(\frac{C-22,01887}{1,18658}\right)^2} + 0,01697$$

$$A1 = \frac{0,11292}{\left(\frac{C-22,01887}{1,18658}\right)^2} + 0,09247$$

$$T1 = 41405,5678 + 140875,6 \times \frac{6,80215}{4 \times (C - 19,12925)^2 + 46,27}$$

$$f = \left[\frac{-2,26 \times 10^{-3}}{\left(\frac{C-22,01887}{1,18658}\right)^2} + 0,01697 \right] + \left[\frac{0,11292}{\left(\frac{C-22,01887}{1,18658}\right)^2} + 0,09247 \right] \times e^{\left[\frac{41405,5678 + 140875,6 \times \frac{6,80215}{4 \times (C - 19,12925)^2 + 46,27}}{C} \right]}$$

Conclusões

- **Equação de fator de atrito (f) em função da concentração da mistura e do Nº de Reynolds**
- $f = f(C, Rey)$;
- Comparação entre as curvas de Fator de Atrito: valores obtidos nos ensaios em laboratório com os valores calculados através da Equação
- Diferença percentual relativa média entre as curvas foi de 2,54%
- Adequabilidade da Equação para esse tipo de