



# Universidade: presente!



## XXXI SIC

21.25. OUTUBRO. CAMPUS DO VALE

### AVALIAÇÃO DO EFEITO DE ESCALA NA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE QUEDA DE GRÃOS

Caren Camila de Christo Morais<sup>1</sup> Eduardo Puhl<sup>2</sup>

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Núcleo de estudos de correntes de densidade (NECOD)

<sup>1</sup>Autor <sup>2</sup>Orientador

#### INTRODUÇÃO

O conhecimento da velocidade de queda de grãos é importante para a definição dos materiais a serem utilizados em modelos físicos do laboratório, pois através desta velocidade pode-se fazer a semelhança entre os fenômenos hidráulicos modelados no laboratório e na natureza. Como também é essencial para avaliação do transporte de sedimentos em diferentes ambientes naturais, tais como: rios, estuários ou oceanos.

#### OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é determinar a velocidade de queda de diferentes grãos, analisar se há ou não efeito de escala na determinação deste fenômeno (com o uso do tubo de Griffith em dois diferentes tamanhos) e validar os resultados obtidos experimentalmente através de dados estatísticos para comparar com equações teóricas utilizadas na literatura.

#### MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos ensaios foram utilizados dois aparatos experimentais em tamanhos distintos, conhecidos como Tubo de Griffith. Esses equipamentos possuem diferentes diâmetros no tubo, porém ambos com a mesma altura. O equipamento menor possui um tubo com 65 mm de diâmetro interno, uma bandeja giratória com 700 mm de diâmetro interno e 19 bandejas para coleta. Já o equipamento maior possui 290 mm de diâmetro interno, uma bandeja giratória com 1170 mm de diâmetro interno e 9 bandejas para coleta. O método se baseia em preencher a coluna de água e introduzir uma amostra de sedimento no topo da coluna. A partir do tempo que cada bandeja recebe os sedimentos, sabendo a altura do tubo e a distância que foi percorrida, obtêm-se a velocidade de queda dos grãos.

Foram escolhidas duas amostras de areia (média e fina) em diferentes quantidades (20g e 80g). Ambas possuem D50 diferentes (Tabela 1), sendo a areia fina com o D50 = 196,88µm e a areia média com D50 = 264,48µm.

O cálculo do coeficiente de uniformidade (CU) foi necessário para obter uma maior precisão na diferença da curva granulométrica dos sedimentos. Sendo obtido a partir da razão entre o D60 e o D10 das amostras. Obteve-se para areia fina um CU de 2,3 e para a areia média 3,3. Todas as amostras coletadas foram caracterizadas através uso de um analisador de partículas por difração à laser (marca CILAS - 0,04 µm a 2000 µm).

| % Sedimento   | Fina  | Média |
|---------------|-------|-------|
| %Areia        | 2,34  | 2,14  |
| %Silte        | 5,53  | 5,00  |
| %AreiaMFina   | 7,18  | 5,98  |
| %Areia Fina   | 60,27 | 3,45  |
| %Areia Média  | 24,43 | 53,50 |
| %Areia Grossa | 0,25  | 1,93  |

Tabela 1 – Tabela da caracterização granulométrica dos sedimentos

#### RESULTADOS

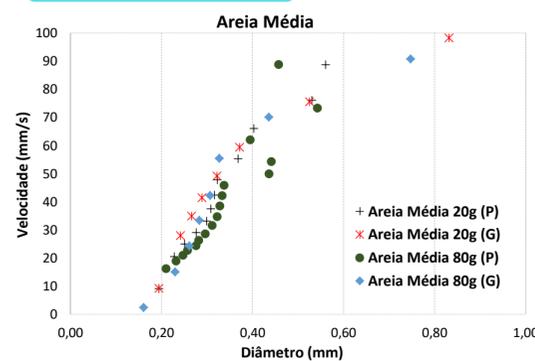


Figura 2 – Velocidade de queda da areia média nos dois tubos de Griffith.

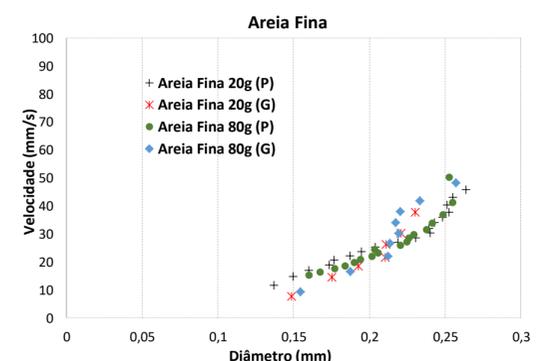


Figura 3 – Velocidade de queda da areia fina nos dois tubos de Griffith.

Os gráficos acima representam a velocidade de queda (mm/s) em função do D50 (mm) de oito amostras de areia: quatro amostras de cada material, amostradas com massas diferentes nos dois tamanhos de tubos de queda – menor (P) e maior (G). Na Figura 2, vê-se que, para diâmetros inferiores a 0,2 mm, existe uma diferença de ordem de grandeza de 3 mm/s nas velocidades medidas com 20g e 80g. Já para diâmetros maiores que 0,2 mm observa-se que para ambos os materiais (Figura 2 e 3) há maior dispersão dos valores.

Os resultados experimentais foram comparados com fórmulas de velocidades teóricas de outros autores como Stokes (1851), Rubey (1933), Cheng (1997) e Ferguson (2004). Contando com o percentual de erros experimentais e uma banda de confiança de aproximadamente 10%, utilizando uma análise estatística (Tabela 2), percebe-se que para a areia fina a equação de Rubey (1933) se ajustou melhor em ambos equipamentos e quantidades de material (20g e 80g). No entanto, o comportamento da areia média se ajustou a diferentes equações, segundo o tipo de amostra, como pode-se observar nas Figuras 4 e 5.

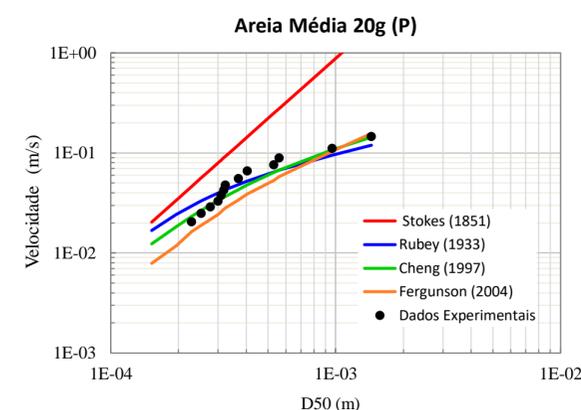


Figura 4 – comparação da velocidade de queda teórica com a velocidade experimental da areia fina.

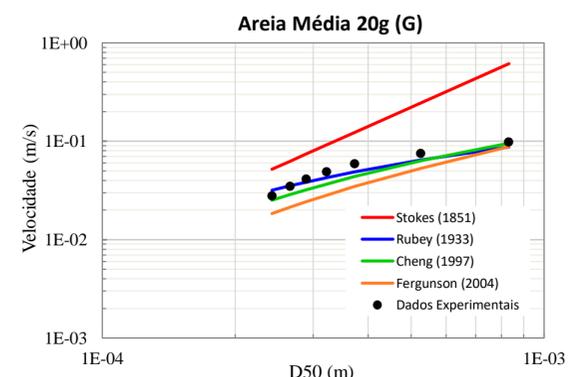


Figura 5 – comparação da velocidade de queda teórica com a velocidade experimental da areia média.

| Material    | Tubo de Griffith | Amostra | Equação de melhor ajuste |
|-------------|------------------|---------|--------------------------|
| Areia Média | Grande           | 20g     | Rubey                    |
|             |                  | 80g     | Rubey                    |
|             | Pequeno          | 20g     | Cheng                    |
|             |                  | 80g     | Cheng                    |
| Areia Fina  | Grande           | 20g     | Rubey                    |
|             |                  | 80g     | Rubey                    |
|             | Pequeno          | 20g     | Rubey                    |
|             |                  | 80g     | Rubey                    |

Tabela 2 – Comparação entre resultados experimentais e teóricos.

#### CONCLUSÃO

Ao final, conclui-se que para grãos com tamanhos até 0,2 mm as amostras não sofreram diferenças significativas na velocidade de queda. No entanto, pode-se associar a variação de valores em diâmetros maiores que 0,2 mm ao choque entre as partículas, concluindo que há efeito de escala entre os grãos.

Além disso, a areia fina se ajustou melhor com a equação de Rubey (1933) em ambos equipamentos; já para a areia média os dados se ajustaram segundo a escala do equipamento: a equação de Cheng (1997) para menor escala e a equação de Rubey (1933) com o maior escala.

A - Introdução da amostra  
B - Tubo de queda  
C - Bandeja coletora  
D - Bandeja giratória

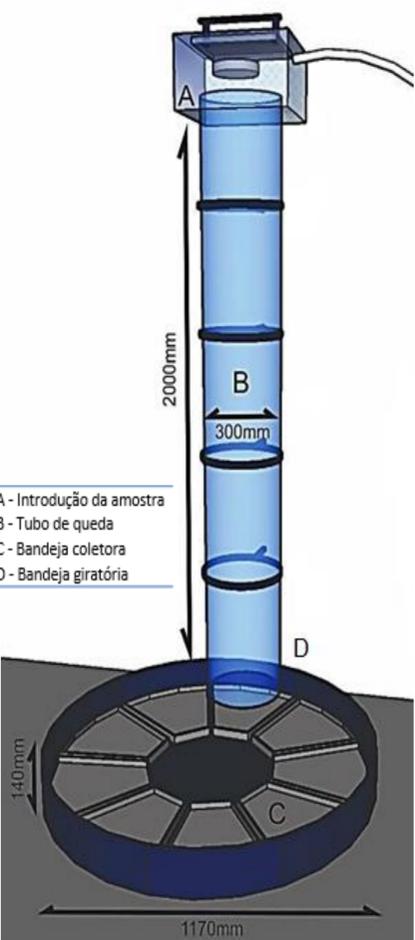


Figura 1 – Tubo de Griffith Grande

#### REFERÊNCIAS

- \* Cheng, N. S. 1997. A simplified settling velocity formula for sediment particle. Journal of hydraulic engineering J. Hydraul. Eng., 123 (2):149-152.
- \* Ferguson, R. I., Church, M. 2004. A simple universal equation for grain settling velocity. Journal of Sedimentary Research , 74 (6):933-937.
- \* Rubey, W. W. 1933. Settling velocity of gravel, sand and silt particles American Journal of Science, 5 (25):325-338.
- \* Stokes, G. 1851. On the effect of internal friction of fluids on the motion of pendulums. Trans. Cambridge Philos. Soc., 9, 8-106.