

CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DE MISTURAS UTILIZADAS EM SIMULAÇÃO FÍSICA DE CORRENTES DE TURBIDEZ

Camila Castro, Ana Luiza de Oliveira Borges, Rafael Manica

*Necod – Núcleo de Estudos em Correntes de Densidade, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500 – cx postal 15029– Porto Alegre – Brasil - +55 51 33087587
camila.castro@ufrgs.br, alborges@iph.ufrgs.br, rafaelmanica@gmail.com*

RESUMO:

Este trabalho tem o objetivo de apresentar a caracterização reológica de misturas de água e sedimento (caulim, carvão e esfera de vidro) utilizadas na simulação física de correntes de turbidez. As misturas foram ensaiadas com diferentes concentrações em volume (Cv) e proporção de sedimentos na mistura. O estudo incluiu o uso de um equipamento específico, o reômetro rotacional, e o uso de quatro diferentes *spindles* (cone e prato, prato paralelo, cilindro concêntrico e vane). Os resultados experimentais da caracterização reológica se ajustaram bem as modelos de Newton e Herschel-Bulkley.

ABSTRACT:

This work presents the rheological characterization of mixtures of water and sediment (kaolin, coal and glass sphere) that are used in the laboratory in the physical simulation of turbidity currents. The mixtures were tested with different concentrations by volume (Cv) and the proportion of sediment in the mixture. The study included the use of a rheometer, and the use of four different spindles (cone and plate, parallel plate, concentric cylinder and vane). The experimental results of rheological characterization is well fit the models of Newton and Herschel-Bulkley.

PALAVRAS-CHAVE: reologia; suspensões compostas

INTRODUÇÃO

Na natureza, as correntes de turbidez são fluxos gerados pela diferença de densidade entre fluidos ocasionada pela presença de sedimentos em suspensão (Kneller & Buckee, 2000). As correntes de turbidez são fenômenos extremamente complexos na natureza, e suas propriedades reológicas são resultado da interação entre as partículas em suspensão. A reologia é uma ciência que se preocupa com a descrição do comportamento mecânico da matéria, ou seja, como um sólido se deforma, ou como um fluido flui, quando submetida a forças externas. A descrição desse comportamento é dada por meio do ajuste de um modelo reológico, cuja equação constitutiva reflete o comportamento em termos da relação entre a tensão e a taxa de cisalhamento (reograma).

É sabido que, quando se aumenta a fração de sólidos e/ou coesão (mantendo outros parâmetros constantes), ocorre uma maior variação dos valores de tensão de cisalhamento no reograma correspondente (Coussot, 1997). Observa-se que suspensões com uma alta concentração de sedimentos e presença de argila obedecem ao modelo reológico de Herschel-Bulkley (Coussot, 1995).

Este trabalho tem o objetivo de apresentar a caracterização reológica de misturas de água e sedimento (caulim, carvão e esfera de vidro) utilizadas na simulação física de correntes de turbidez. As misturas foram ensaiadas com diferentes concentrações em volume (Cv) e proporção de sedimentos na mistura.

MATERIAIS – SEDIMENTOS E SUAS MISTURAS

As características físicas dos minerais desempenham um papel importante no comportamento reológico das misturas que a compõem. Para as simulações, foram utilizadas os seguintes materiais caulim-A ($\rho = 2600 \text{ kg/m}^3$ e d_{50} de $7,5 \text{ }\mu\text{m}$) e caulim-B ($\rho = 2600 \text{ kg/m}^3$ e d_{50} de $8,22 \text{ }\mu\text{m}$), microesferas de vidro – ballotini - ($\rho = 2600 \text{ kg/m}^3$ e d_{50} de $41 \text{ }\mu\text{m}$) e carvão cardiff 205 ($\rho = 1190 \text{ kg/m}^3$ e d_{50} de

47,98 μm). As misturas de caulim-A e ballotini foram ensaiadas nas concentrações volumétricas de 2,5, 5, 10, 15, 20, 25, e 30% e para a concentração de 20%, foram empregadas diferentes proporções de ballotini e caulim-A: 0:100, 10:90, 75:25, 50:50, 25:75, 90:10 e 0:100. Já as misturas compostas de carvão mineral e caulim-B foram ensaiadas nas concentrações volumétricas de 5, 10, 15, 20, 25 e 30% para as seguintes proporções de carvão e caulim-B: 0:100, 15:85, 25:75, 50:50, 75:25, 85:15 e 100:0.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente as misturas eram preparadas em potes separados e a metodologia de operação do reômetro consistia em colocar o *spindle* selecionado no equipamento e colocar, com o uso de uma seringa, a quantidade de aproximadamente 1,5 ml de fluido entre as geometrias de medição, para o caso do *spindle* cone e prato e prato paralelo e, a quantidade de 10 ml, para os *spindles* cilindro concêntrico e vane. Posteriormente, os parâmetros para cada ensaio eram ajustados no próprio aplicativo do reômetro, entre eles, a faixa de variação da tensão a ser aplicada, o tempo e o tipo de ensaio, no caso, tensão controlada. Na busca para minimizar os erros aleatórios dos ensaios, os dados reométricos apresentados são resultado da repetição de vários ensaios (mais de 5) para uma mesma suspensão. Uma das dificuldades em se trabalhar com misturas com partículas suspensas é a ocorrência de uma possível separação de fases da mistura, resultante da diferença de densidade entre os elementos e a ação da gravidade (sedimentação). Para garantir que os dados experimentais usados para gerar a curva que descreve o comportamento reológico fossem obtidos com a amostra em estado homogêneo, ou seja, sem a ocorrência do efeito da sedimentação/ressuspensão das partículas, foi determinada a tensão de deformação ou taxa de cisalhamento mínimas a serem consideradas no ajuste dos dados resultantes do teste de cisalhamento (Castro, 2016). Após selecionar os dados mais coerentes entre si, as curvas eram agrupadas em uma única série de dados e o modelo reológico escolhido era aplicado.

RESULTADOS – COMPORTAMENTO REOLÓGICO

Os resultados experimentais da caracterização reológica ajustaram-se bem aos tradicionais modelos de Newton (linear) e Herschel-Bulkley (não linear). A tabela 1 apresenta a influência da variação da concentração volumétrica, cujo aumento ocasiona a mudança para um comportamento não linear. O aumento da viscosidade com a concentração pode ser atribuído ao aumento da frequência de interações entre partículas, devido à diminuição da quantidade de água entre as mesmas. A proporção de sedimentos relativo à quantidade total de material colocado na mistura, também tem influência na mudança de comportamento. É possível ver na tabela 2 que, para as amostras com 100 e 85% de caulim, essa transição ocorre para uma concentração na faixa de 10 a 15%. Para uma proporção de 75 e 50% de caulim, a transição ocorre para uma concentração volumétrica de 15 a 20%; para a proporção de 25 e 15% de caulim, a transição ocorre para uma concentração de 20 a 25%; e, por fim, para a mistura com 100% de carvão, a mudança de comportamento ocorre em uma faixa de concentração ainda mais alta, de 25 a 30%.

Partículas não coloidais (carvão e esfera de vidro) são principalmente influenciadas por interações hidrodinâmicas sem a atuação de forças adicionais que surgem a partir de forças eletrostáticas, o que é justamente significativo para partículas coloidais (argila). Isto resulta em diferenças na reologia de suspensões coloidais e não coloidais: a mistura com carvão/esfera de vidro apresenta um comportamento Newtoniano para uma ampla gama de concentrações volumétricas, mas suspensões coloidais desenvolvem um comportamento não Newtoniano com uma concentração volumétrica muito mais baixa. A proporção de caulim na mistura também é um fator importante de influência no comportamento reológico. No gráfico da figura 1 pode-se visualizar a relação direta entre o teor de argila e a viscosidade relativa das misturas de caulim e carvão. Nota-se que a diferença de viscosidade relativa entre as misturas aumenta conforme aumenta a concentração volumétrica desse sedimento. Devido as suas características físicas, as partículas de caulim se unem, constituindo flocos com água aprisionada em seu interior, que, por sua vez, não está disponível para o escoamento, de modo que a suspensão se comporta como se a concentração volumétrica de sólidos fosse maior. Por essa razão, a viscosidade relativa de suspensões em que a quantidade de caulim é maior, é mais elevada.

Tabela 1.- Comportamento reológico de misturas compostas de caulim + carvão e caulim + esfera de vidro para diferentes concentrações volumétricas e proporção de sedimento na mistura

Composição da Mistura		Concentração Volumétrica (%)							
% Caulim-B	% Carvão	2,5	5	10	15	20	25	30	35
100	0	-	-	-	-	-	-	-	-
85	15								
75	25								
50	50								
25	75								
15	85								
0	100	-	-	-	-	-	-	-	-
% Caulim-A	% Esfera de Vidro								
100	0								
50	50	-	-	-	-	-	-	-	-
0	100								

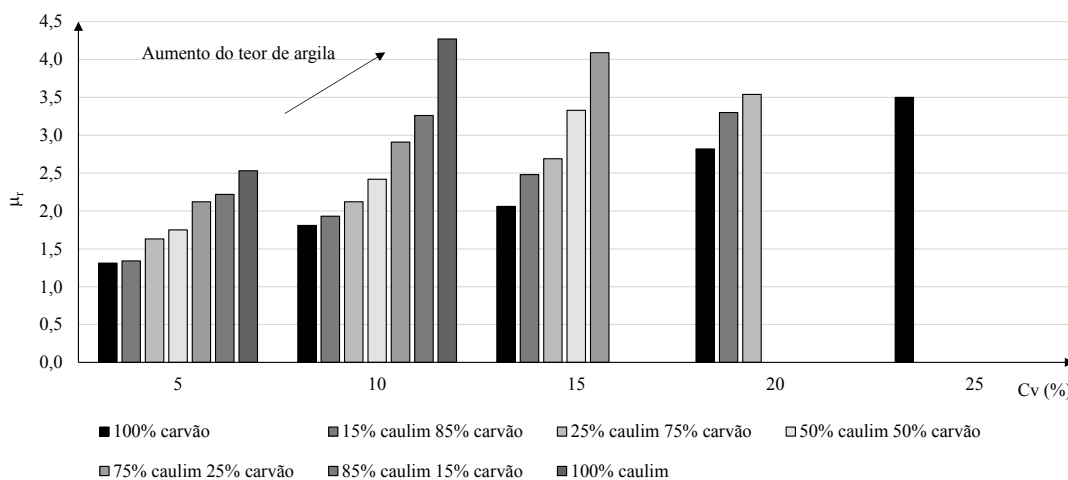


Figura 1.- Gráfico da viscosidade relativa X concentração volumétrica (%) para diferentes proporções de caulim e carvão

CONCLUSÕES

Com a caracterização reológica das misturas estudadas, observou-se que a quantidade de material e as características físicas do sedimento influenciam o comportamento reológico das misturas. Como as correntes de turbidez são compostas de materiais coesivos (argila) e não coesivos (areia), que possuem propriedades físicas distintas, a quantidade de argila, ou seja, de redes de ligações coloidais, influenciam a interação entre as partículas. Dessa forma, o estudo do comportamento reológico das misturas utilizadas em simulação física de correntes de turbidez tem uma grande importância na compreensão desse fenômeno, uma vez que o comportamento reológico influi diretamente nos processos hidrodinâmicos das correntes de turbidez bem como nos mecanismos de transporte e de deposição dos sedimentos.

REFERÊNCIAS

- Castro, C.** (2016). Propriedades reológicas de misturas utilizadas em simulação física de correntes de turbidez. *Dissertação de Mestrado, UFRGS*, 87f.
- Coussot, P.** (1997). *Mudflow rheology and dynamics*. Rotterdam: Taylor & Francis.
- Coussot, P.** (1995). "Structural similarity and transition from newtonian to non-newtonian behavior for clay-water suspensions". *Physical Review Letters*, Vol. 74, No. 20, May 1995, pp. 3971-3974.
- Kneller, B; Buckee, C.** (2000). The structure and fluid mechanics of turbidity currents: a review of some recent studies and their geological implications. *Sedimentology*, Vol. 47, pp. 62-94.