

SIMULAÇÃO DE DEPÓSITOS GRAVITACIONAIS PRODUZIDOS POR FLUXOS BIPARTIDOS: da geologia de campo à reprodução em laboratório



Lenita de Souza Fioriti – lenita.fioriti@ige.unicamp.br

Giorgio Basili¹ – basili@ige.unicamp.br

Agência Financiadora: SAE/UNICAMP

¹DGRN – Departamento de Geologia e Recursos Naturais



Palavras-chave: Simulação Física – Fluxo Gravitacional Bipartido – Fluxo Turbulento – Mecanismos de Transporte.

Introdução

As correntes de densidade podem ser definidas como o movimento relativo que ocorre entre camadas de fluido que possuem diferença de massa específica, entre as quais se destacam os fluxos gravitacionais bipartidos (de diferente densidade e contemporâneo movimento). O objetivo da pesquisa foi reproduzir em laboratório esses fluxos e relativos produtos deposicionais. Para tal contamos com o apoio do Núcleo de Estudos de Corrente de Densidade (NECOD), pertencente ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Os ensaios foram realizados em canais bidimensionais de distintas dimensões. Os equipamentos utilizados foram filmadora digital, medidor de vazão (Figura 1a), controlador automático do registro de entrada (Figura 1b), sonda vetrino (Figura 1c), termômetros e sonda de ultra-som médico (Figura 1d).

O trabalho desenvolvido pode ser dividido em 4 etapas: pesquisa (referente à definição da problemática, das grandezas presentes no processo estudado e das condições de contorno), pré-simulação (relacionada à preparação das misturas, dos tanques e equipamentos utilizados no experimento), simulação (realização do ensaio) e pós-simulação (referente à análise dos depósitos gerados, das imagens obtidas e da interpretação dos dados) (Figura 2). A massa específica dos materiais foi determinada pelas informações fornecidas pelos fabricantes (Figura 3).

Aquisição de Dados: Simulações Físicas

Primeira Simulação

O tanque utilizado representa um canal bidimensional fechado de pequeno porte. Possui 3 metros de comprimento, 20 centímetros de altura e 12,5 centímetros de largura. Estava preenchido com água pura para representar o fluido presente na bacia receptora. Não havia nenhum tipo de sedimento no assoalho do tanque antes do início dos ensaios (Figura 4).

A bipartição foi gerada artificialmente antes do início do experimento. O fluxo foi injetado por um difusor de bucal duplo (Figura 5). Através do bucal inferior houve o escoamento da mistura (carvão + água) e do bucal superior houve o escoamento da água com corante. Presença de dois reservatórios com capacidade de 8 litros cada.

Material: 20% carvão fino (77 uc), 60% carvão médio (77 – 110 uc), 20% carvão grosso (> 110 uc). A concentração total do sedimento era 10%.

Segunda Simulação

O tanque utilizado possui forma de canal bidimensional de médio porte, com 17 metros de comprimento, 1 metro de altura e 40 centímetros de largura (Figura 6). A mistura (carvão + água) foi armazenada com temperatura inicial de 40°C em um reservatório com capacidade de 2000 litros, mas apenas 150 litros foram utilizados. A temperatura do fluido inicial (água) presente no tanque bacia receptora era de 26°C e depois da passagem da corrente passou a ser 30°C. Inicialmente foi gerado um fluxo de densidade que se deslocava próximo ao assoalho do canal (*underflow*), onde os sedimentos eram transportados por suspensão em um fluxo turbulento. Após decorrer 7 minutos de ensaio a cabeça do fluxo de deslocou para a porção superficial do fluido presente no tanque, caracterizando um fluxo superior (*overflow*) (Figura 7). Isso ocorreu uma vez que os grãos mais pesados foram deslocados para a porção mais basal do fluxo, que passou a ter características de um fluxo bipartido (Figura 8).

A corrente entrou no tanque com vazão de 9 litros por minuto através de um difusor com bucal simples. Inicialmente o fluxo escoou através de uma rampa com 4% de inclinação (2,29°) e 3 metros de comprimento. Posteriormente fluiu sobre uma superfície reta.

A velocidade longitudinal da corrente foi de 1cm/s. As velocidades transversal e vertical variam muito devido à formação de vórtice, porém a média foi de 0,2 cm/s e 0,4 cm/s respectivamente.

Material: carvão 207 e carvão 210.



Figura 1 – a) Medidor eletromagnético de vazão; b) Controlador automático do registro de entrada; c) Sonda vetrino; d) Sonda de ultra-som médico.

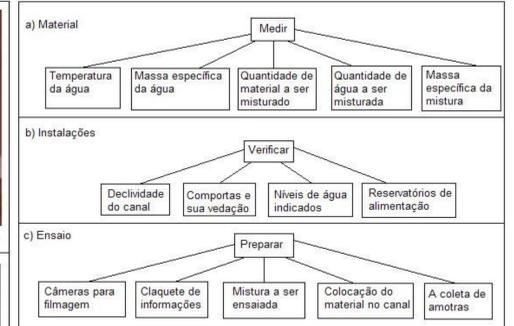


Figura 2 - Fluxograma dos procedimentos utilizados para a realização dos ensaios

| Material | Massa Específica (kg/m ³) |
|------------|---------------------------------------|
| Carvão 205 | 1190 |
| Carvão 207 | 1365 |
| Carvão 210 | 1220 |

Figura 3 - Massa Específica dos Materiais

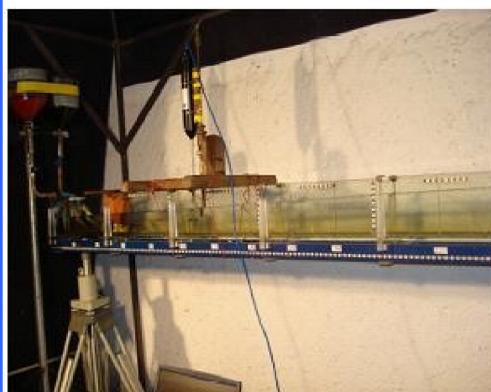


Figura 4 - Tanque simulando canal de pequeno porte, sem variação lateral. O ensaio utilizou dois reservatórios, um preenchido pela mistura (água + carvão) e outro preenchido pela água pura com corante. O tanque estava preenchido com água simulando o fluido da bacia receptora.

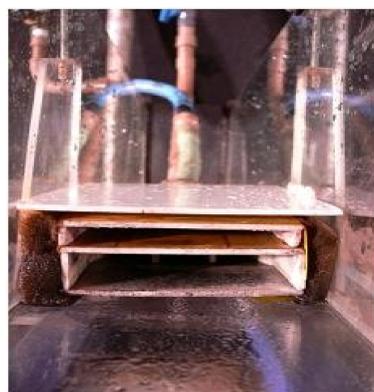


Figura 5 – Difusor de bucal duplo. Na saída inferior houve o escoamento da mistura e na superior escoamento da água.



Figura 6 – Tanque simulando canal bidimensional. O fluxo entrou no tanque através de uma rampa com inclinação de 2,29°, e posteriormente fluiu sobre uma superfície plana. O fluxo inicialmente era mais denso do que o fluido presente na bacia receptora



Figura 7 – Durante a passagem da corrente houve troca de calor entre os fluidos e deposição de sedimentos. Conseqüentemente houve mudança na relação de densidade entre os fluidos. A corrente tornou-se menos densa do que a bacia receptora, concentrando-se na porção superior (overflow).

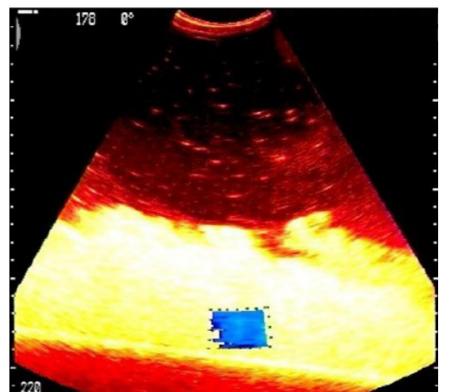


Figura 8 – Visualização interna do fluxo. Em amarelo tem-se a camada inferior com maior densidade e velocidade. Em branco tem-se a camada superior onde predomina movimento por turbulência

Discussões e Conclusões

Na primeira simulação os grãos mais grossos foram depositados no início do canal (primeiros 20 centímetros em distância lateral). Conseqüentemente a mistura se tornou menos concentrada e densa, interagindo com o fluido composto por água com corante. Com a deposição dos sedimentos os fluidos passaram a ter densidades semelhantes e a se mover como uma grande massa, caracterizando um fluxo turbulento (Figura 9). Por meio desta simulação pode-se construir um modelo deposicional no qual os fluxos de densidade bipartidos são gerados na primeira fase de um fluxo de densidade e produzem espessos corpos de arenitos médio grosso tipicamente bipartido. Na parte média e final do fluxo de densidade a deposição de um fluxo único e de baixa concentração gera corpos mais sutis, de granulometria menor, mas mais extensos (Figura 10).

Na segunda simulação todos os grãos eram transportados inicialmente em suspensão. Com a evolução da corrente os grãos mais pesados passaram a se mover na porção mais basal do fluxo e os menos densos na porção superior. A mudança na relação de densidade entre os fluidos foi devido à deposição dos sedimentos, que tornou o fluxo menos concentrado e denso, e à troca de calor durante a evolução da corrente. A corrente se tornou menos aquecido e menos concentrada, conseqüentemente a cabeça do fluxo ficou menos densa e subiu (Figura 11). O modelo geológico derivado desta simulação prevê a distribuição do material mais grosso na parte mais proximal e o afastamento nas áreas mais longe dos depósitos mais finos (Figura 12).

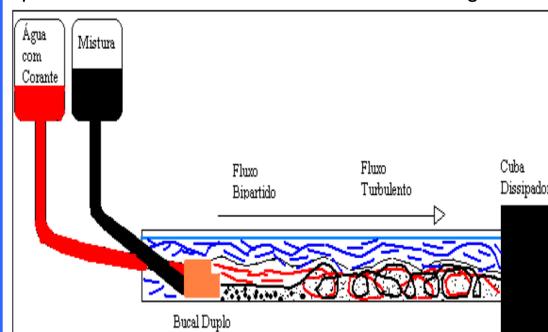


Figura 9 – Esquema da interação entre os fluidos com o desenvolvimento da corrente. O fluxo bipartido transforma-se em um fluxo turbulento após a deposição dos sedimentos mais grossos, que gera a diminuição de sua densidade.

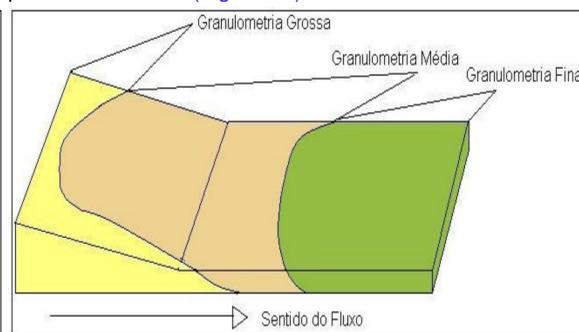


Figura 10 – Distribuição deposicional segundo o modelo geológico. O fluxo bipartido produz espessos corpos de arenitos médio grosso bipartidos. Na porção mais distal geram-se corpos mais extensos de granulometria menor.

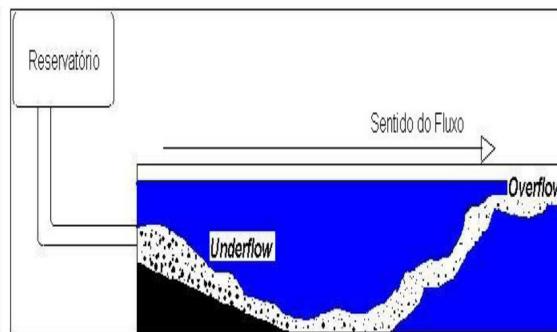


Figura 11 – Durante a evolução da corrente houve a transformação do fluxo inferior (underflow) para o fluxo superior (overflow). Isso ocorreu devido à diminuição de densidade da corrente, decorrente da deposição de sedimentos, e a troca de calor entre os fluidos.

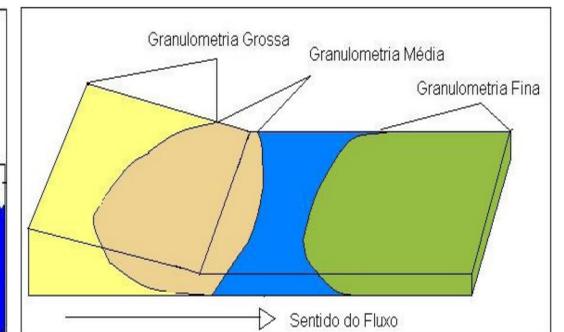


Figura 12 – Modelo geológico mostrando a distribuição granulométrica. O material mais grosso se concentra nas porções mais proximais enquanto que os materiais mais finos são concentrados em porções mais afastadas.