



Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE CONCENTRAÇÃO ENTRE CORRENTES DE ALTA E BAIXA DENSIDADE

**Renata dos Santos Giacomel¹, Marcelo Devenutte Ávila¹, Ana Luiza de Oliveira Borges¹,
Elírio Ernestino Toldo Jr.¹**

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500
Porto Alegre-RS (rsgiacomel@yahoo.com.br)

Resumo – Correntes de densidade são fluxos cujo principal mecanismo de manutenção é a diferença de densidade entre o fluxo e o fluido ambiente, os quais são classificados de acordo com a concentração de sedimentos por volume de fluido. Uma das principais discussões levantadas nos últimos anos se refere à classificação destes fluxos e, conseqüentemente, dos seus registros deposicionais. Este estudo tem como objetivos estabelecer limites de concentração entre as correntes de alta e baixa densidade e realizar uma análise detalhada dos depósitos formados por estas correntes. Para a realização deste trabalho estão sendo efetuadas simulações físicas destes fluxos, injetando misturas de carvão mineral e água. Em cada série de ensaios foi estipulada uma concentração específica de sedimento a ser colocada na mistura, com valores entre 5% e 30%. Durante a passagem das correntes são coletadas amostras através de pipetagem, para que sejam verificadas suas concentrações. Também é efetuada uma análise detalhada dos depósitos, com coleta de amostras para análise granulométrica. Ao final deste trabalho, pretende-se avaliar os parâmetros físicos e sedimentológicos envolvidos no transporte e deposição dos diferentes tipos de fluxos, bem como determinar um intervalo de concentração que melhor caracterize as correntes de baixa e alta densidade.

Palavras-Chave: alta densidade; baixa densidade; simulação física; concentração

Abstract – Density currents are flows having as main driving force the density difference between the current and the environment. These flows may be classified according their sediment concentration but a lot of discussion concerning current's classification and depositional patterns have aroused in recent years. This study aims to establish concentration limits for density currents and evaluate their depositional patterns. Physical simulations were performed in order to accomplish these goals. The mixture used for the simulations consisted of mineral coal and fresh water. The sediment concentration ranged between 5% and 30% for each series of experiments. A siphon tube was used to collect samples of the currents in order to verify their concentration. The deposits were also sampled for grain size analysis purposes. Finally the physical and sedimentological parameters involved in the transport and deposition processes of the different types of flows were evaluated, as well as, the concentration intervals to classify low and high concentrated density currents.

Keywords: high density; low density; physical simulation; concentration

1. Introdução

O termo “corrente de densidade” é utilizado para descrever um fluxo subaquoso cujo principal mecanismo de manutenção é a diferença de densidade entre o fluxo (p. ex. água + sedimento) e o fluido ambiente. Nos últimos cinquenta anos, houve uma grande evolução no que se refere à aquisição e interpretação dos dados geológicos, tanto no ambiente natural quanto em laboratório. Porém, o aprimoramento destas técnicas despertou questionamentos e discussões dentro da comunidade acadêmica e especializada. Uma das principais discussões levantadas nos últimos anos se refere à classificação dos fluxos gravitacionais de sedimentos e, conseqüentemente, dos seus registros deposicionais.

Os diferentes tipos de fluxos gravitacionais que transportam e depositam material sedimentar em ambiente marinho profundo são classificados quanto à concentração de sedimentos por volume de fluido. A figura a seguir (figura 1) nos mostra uma compilação de dados de diversos autores (Shammugam, 2000), onde podemos visualizar estes prováveis limites de concentração.

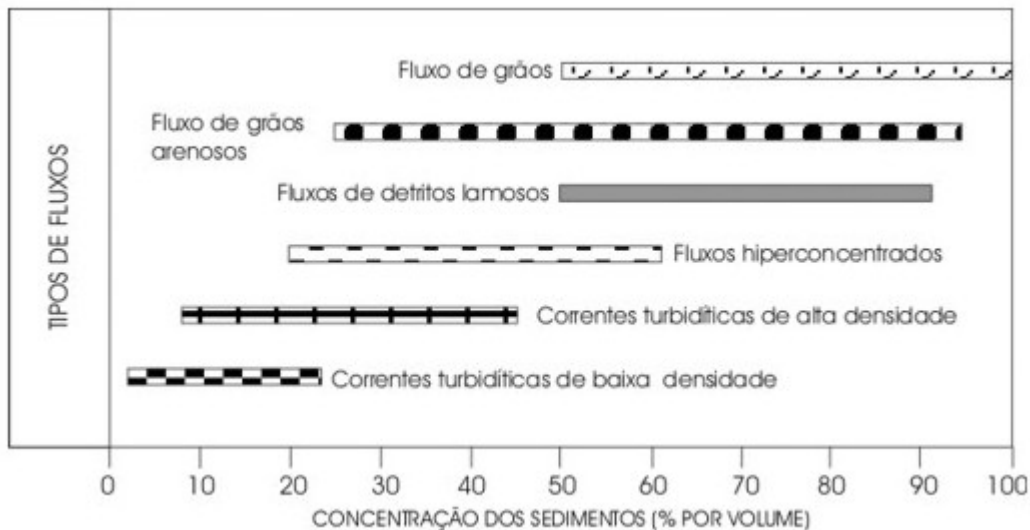


Figura 1: Classificação dos fluxos gravitacionais subaquosos (modificado de Shammugam, 2000)

Nota-se que o limite de concentração entre as correntes de densidade não é claro, pois ocorre um intervalo entre 8% e 23% onde há uma sobreposição dos valores de concentração, de maneira que neste intervalo as correntes podem ser classificadas como sendo tanto de alta quanto de baixa densidade.

2. Objetivos

Este estudo tem como principal objetivo estabelecer limites de concentração entre os fluxos de alta e baixa densidade, bem como determinar os parâmetros físicos e sedimentológicos que estão condicionando estes tipos de correntes.

3. Metodologia

Este trabalho está sendo realizado junto ao Núcleo de Estudos em Correntes de Densidade (NECOD), situado no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

Para a realização deste estudo estão sendo efetuadas simulações em laboratório das correntes de densidade, com metodologia adaptada de Manica (2002) e Ávila (2003). Os ensaios são realizados em um canal bidimensional de pequeno porte, com dimensões de 300X20X12,5cm (figura 2).



Figura 2: Canal Bidimensional de Pequeno Porte

Em cada ensaio, são lançadas três correntes de forma consecutiva, sendo cada corrente composta por uma mistura de carvão mineral e água. A quantidade de carvão inserida está sendo modificada conforme um plano de ensaios estabelecido para este projeto (tabela 1). As frações granulométricas utilizadas correspondem aos intervalos entre areia média e silte.

Tabela 1: Características físicas das misturas

Ensaio	Quantidade de Carvão (g)	Concentração (%)	Massa Específica Mistura (kg/m^3)
01	238	5,0	1005,70
02	357	7,5	1010,55
03	476	10,0	1015,40
04	595	12,5	1020,25
05	714	15,0	1025,10
06	833	17,5	1029,95
07	952	20,0	1034,80
08	1071	22,5	1039,65
09	1190	25,0	1044,50
10	1309	27,5	1049,35
11	1428	30,0	1054,20

Durante os ensaios, são efetuadas filmagens das simulações e coleta do material transportado pela corrente, através de pipetagem. A coleta deste material é feita na parte mais distal do canal (cerca de 200cm) em três alturas distintas: fundo do canal, 1cm e 2cm. Ao final das simulações são analisados os depósitos gerados, através de aquisições de imagens com câmera fotográfica digital e recolhimento do depósito, para análise granulométrica. Os depósitos são recolhidos em intervalos de 5cm, e cada uma destas partes é dividida em camadas, denominadas *topo* e *base*.

4. Resultados

Até o momento foram realizados três ensaios, correspondendo às concentrações de 5%, 7,5% e 10%, onde foram analisados, além dos depósitos gerados, parâmetros como forma, velocidade, granulometria e concentração das correntes.

4.1. Forma das Correntes

Foi observado que quanto maior é a concentração da mistura, menor é a altura do corpo da corrente. No ensaio com 5%, a altura aproximada do corpo da corrente é de 8cm; no ensaio com 7,5%, a altura ficou em torno de 7cm; no ensaio de 10%, a altura é de aproximadamente 6cm.

A medição das alturas foi realizada somente na primeira corrente lançada em cada ensaio, sempre no mesmo ponto (80cm do início do canal).

4. 2. Velocidades

Quanto às velocidades das correntes, se observou um padrão bastante semelhante em todos os ensaios. Inicialmente, há uma grande diminuição na velocidade e, após a estabilização das correntes, são observados dois picos significativos correspondentes a um aumento da velocidade do fluxo (figura 3), sendo um dos picos entre 100 e 120cm e outro em 180cm).

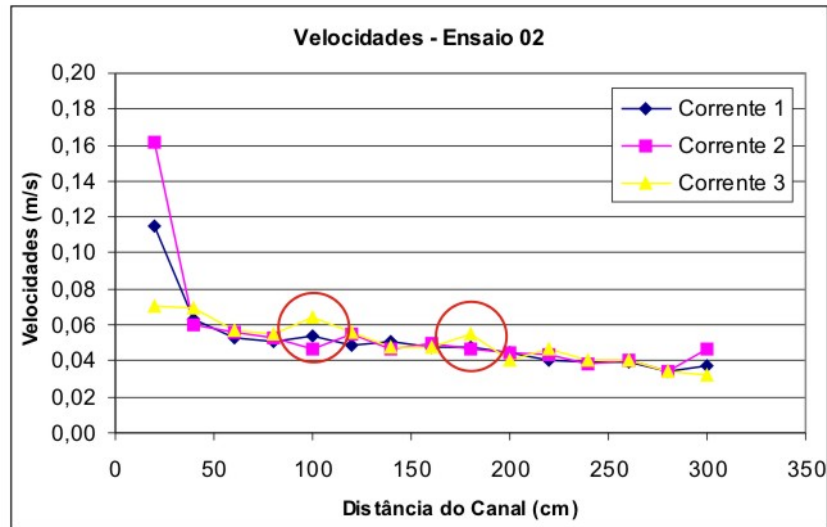


Figura 3: Gráfico de velocidades das correntes correspondentes ao Ensaio 2 (7,5%). Os círculos ilustram os picos de aumento de velocidade ao longo do canal.

4. 3. Concentração das Correntes

Os dados de concentração das correntes foram colocados em um mesmo gráfico (figura 4), onde E1, E2 e E3 correspondem, respectivamente, aos ensaios com concentração de 5%, 7,5% e 10%, enquanto C1, C2 e C3 correspondem as primeiras, segundas e terceiras correntes lançadas. A partir da análise deste gráfico, nota-se que as correntes são mais concentradas na base e menos concentradas no topo. À medida que as correntes se sucedem, ocorre um aumento da concentração, pois o fluxo remobiliza o fundo já depositado. Também se observa um incremento de concentração maior na base do que no topo.

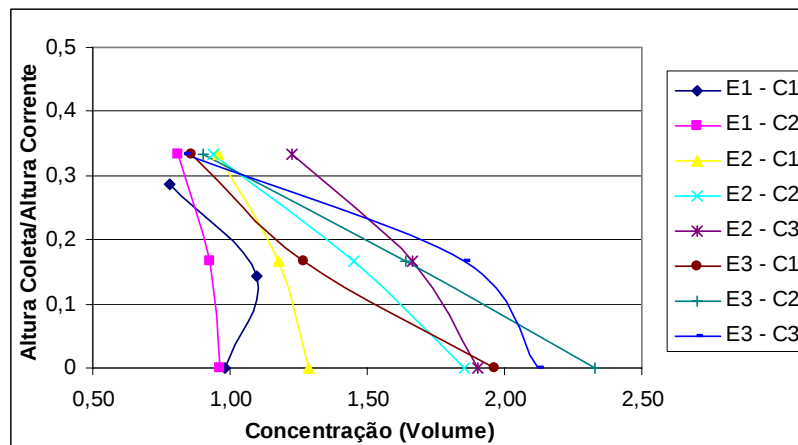


Figura 4: Gráfico correspondente às concentrações das correntes (C1, C2 e C3) dos três ensaios realizados (E1 - 5%, E2 - 7,5% e E3 - 10%).

4.4. Granulometria das Correntes

Foi constatado que a fração granulométrica predominante das correntes é de areia muito fina na base e silte no topo.

4.5. Depósitos

Nos ensaios realizados até o momento, verificou-se uma predominância de depósitos maciços, sendo também observados depósitos com gradação normal na porção intermediária do canal. Também foi verificado que, quanto maior

a concentração da corrente, maior é a espessura do depósito, como já esperado. Os resultados referentes às análises granulométricas ainda não estão disponíveis.

5. Conclusões

A partir da análise dos resultados apresentados, concluiu-se que:

- Quanto maior for a concentração da mistura, menor será a altura do corpo da corrente;
- Nas regiões em torno de 100cm e 180cm do canal há uma tendência de ocorrer um aumento da velocidade das correntes;
- As correntes são mais concentradas na base;
- A sucessão das correntes gera um aumento da concentração, que é causado pela remobilização do material previamente depositado.

6. Referências Bibliográficas

- ÁVILA, M. D., 2003. Modelagem física de correntes de densidade no estudo de depósitos turbidíticos, 123p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- KNELLER, B. 1995. Beyond the turbidite paradigm: physical models for deposition of turbidites and their implications for reservoir prediction. In: Characterization of deep marine clastic systems. London: The Geological Society Special Publication, p. 31-49. (Geological Society Special Publication, n. 94).
- MANICA, R., 2002. Modelagem física de correntes de densidade não conservativas em canal tridimensional de geometria simplificada, 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MIDDLETON, G. V. 1993,. Sediment deposition from turbidity currents. Annual Review of Earth Plannet Science, Palo Alto, v.21, p. 89-114.
- SHANMUGAM, G. 2000. 50 years of the turbidite paradigm 1950s-1990s. Deep-water processes and facies models: a critical perspective. Marine and Petroleum Geology, Guilford, v.17. p.285-342.