

## AVALIAÇÃO DAS TENSÕES DE CISALHAMENTO E DOS DEPÓSITOS ASSOCIADOS A CORRENTES DE TURBIDEZ

**Martim Mandarino Alves**

Orientador: Rafael Manica

NECOD – Núcleo de Estudos em Correntes de Densidade - IPH / UFRGS



### INTRODUÇÃO

As correntes de turbidez são correntes de densidade que ocorrem pela presença de sedimentos em suspensão, que causam uma diferença de densidade entre a corrente e o fluido ambiente, gerando o seu movimento. Conforme a corrente se desloca, tensões são geradas sobre o leito. No caso de o leito ser composto de material granular solto, podem ocorrer fenômenos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, a modificação da geometria do leito e a geração de diferentes formas de fundo. Uma das principais forças geradas pelo escoamento é a tensão de cisalhamento ( $\tau$ ), que atua tangencialmente à determinada superfície, dada pelo produto entre o coeficiente de viscosidade dinâmico e o gradiente de velocidades (variação da velocidade em relação à altura do escoamento). Esses depósitos são de grande relevância para os estudos de hidráulica de sedimentos e para a indústria do petróleo, visto que estes depósitos podem armazenar grandes volumes de hidrocarbonetos.

### OBJETIVOS

O presente estudo propõe a avaliação das tensões de cisalhamento ( $\tau$ ) geradas por correntes de turbidez sobre leito móvel e a sua influência sobre a modificação do leito e as formas de fundo geradas, através de modelagem física em um canal bidimensional.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Para a obtenção dos dados, foram realizados experimentos em um canal de 18 m de comprimento, 20 x 50 cm de seção transversal e 1° de inclinação, inserido em um canal maior, preenchido com água (Fig. 1).

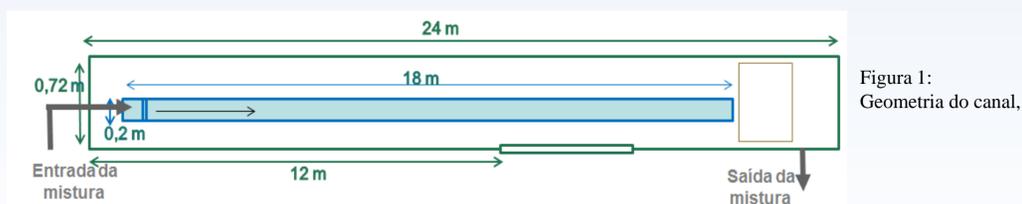


Figura 1: Geometria do canal.

As correntes de turbidez experimentais foram preparadas com a mistura de água e microesfera de vidro ( $d_{50} = 45 \mu\text{m}$  e massa específica =  $2544,4 \text{ kg/m}^3$ ). Através de um sistema de bombeamento com controle de vazão, a mistura é injetada para dentro do canal, em ensaios com vazões constantes ao longo do tempo.

As diversas concentrações da mistura, vazões de entrada e tempo de ensaio são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros dos ensaios.

Ensaio	Q (l/min)	CV (%)	$\rho_{\text{mix}}$ (kg/m <sup>3</sup> )	t (min)
A	170	2,80	1042,4	23
B	220	1,79	1025,8	18
C	270	3,15	1048,5	15

A partir de duas estações de medição ao longo do canal, cada uma composta por sifões para coleta de amostras da corrente (para avaliação da concentração de sedimentos) e equipamentos de medição de velocidade (UVP), os perfis de velocidades e de concentrações foram obtidos. Com esses valores e fazendo uso das equações de Elisson & Turner (1959), são definidas as alturas, concentrações e velocidades médias de cada uma das correntes. Com a análise desses valores e do perfil logarítmico das velocidades na camada limite, são calculadas as velocidades de cisalhamento ( $u^*$ ) e tensões de cisalhamento ( $\tau$ ), alvo de estudo deste trabalho, além de outros parâmetros que ajudam a caracterizar a corrente de turbidez.

Após os ensaios, o canal é lentamente esvaziado, para que não ocorram modificações nas formas de fundo depositadas no canal. Utilizando câmera digital (Nikon D5000) e holofotes

para iluminação, fotos de topo serão obtidas ao longo de todo o depósito, para que possa ser montada uma foto única retratando todo o comprimento do canal. Com as tensões de cisalhamento calculadas e as imagens dos depósitos gerados para cada ensaio, as correlações acima propostas por este estudo foram realizadas.

### RESULTADOS

Os valores obtidos para diversos parâmetros hidráulicos da corrente de turbidez em cada um dos ensaios em suas duas estações (estação 1 a 14 m e estação 2 a 16 m do início do canal) e o coeficiente de inclinação “m”, que representa a inclinação do perfil de velocidades junto a camada limite, são apresentados na tabela 2.

Já as fotos dos depósitos em cada ponto e o gráfico do perfil de velocidades ao longo da vertical se encontram na figura 2.

Tabela 2: Parâmetros Hidráulicos.

Ensaio	Estação	$Fr_d$	CV (%)	U (m/s)	$u^*$ (m/s)	$\tau$ (N/m <sup>2</sup> )	Re	m
A	1	2,19	0,23	0,18	0,032	1,03	32244	0,08
	2	1,91	0,25	0,17	0,026	0,68	32211	0,06
B	1	1,92	0,35	0,21	0,031	0,98	40790	0,08
	2	1,80	0,32	0,19	0,016	0,26	37317	0,04
C	1	2,13	0,79	0,27	0,040	1,63	31209	0,10
	2	1,47	0,72	0,23	0,032	1,04	43940	0,08

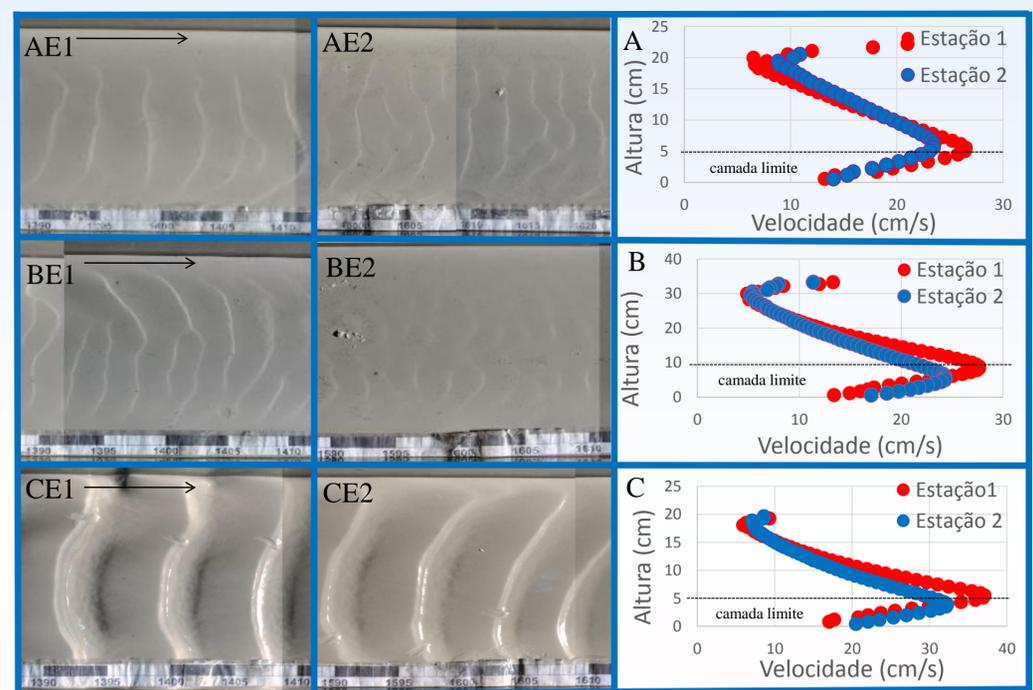


Figura 2: Fotos dos depósitos e perfis verticais de velocidade.

### CONCLUSÕES

As formas de fundo geradas pelo escoamento foram classificadas como ondulações (*ripples*). Foi possível observar que formas de fundo com comprimento de onda e profundidades maiores são geradas por vazões maiores. Há uma proporcionalidade entre presença das formas de fundo e os valores calculados para a tensão de cisalhamento e velocidade de cisalhamento. Isso se deve a diminuição do valor da inclinação do perfil de velocidades junto a camada limite “m”, usado para o cálculo dos dois parâmetros anteriores. Essa diminuição de “m” de montante para jusante se deve a diminuição da diferença de densidade entre a corrente e o meio, conforme ela se desenvolve ao longo do canal.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELLISON, T. H.; TURNER, J. S. Turbulent entrainment in stratified flows, Journal of Fluid Mechanics, v.6, p.423-448, 1959.