

# MEC 1320 – MECÂNICA DOS FLUIDOS I

Primeira Prova, 15 de abril de 2010

SEM CONSULTA

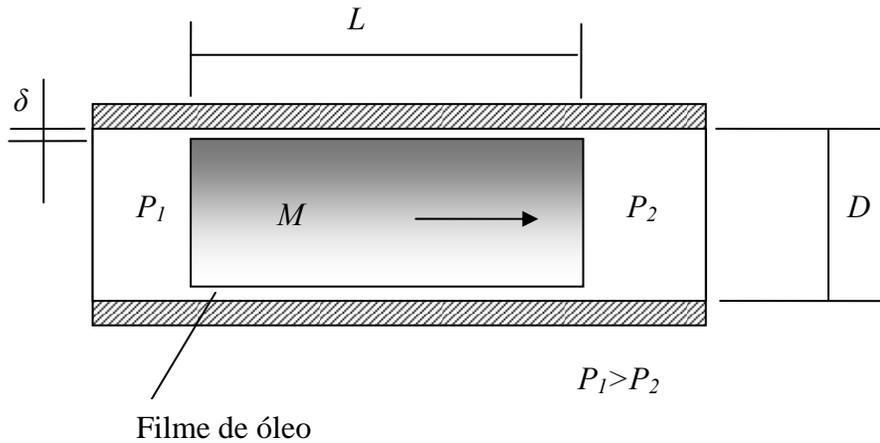
**Primeira questão** (4 pontos): Um problema relevante encontrado na produção de gás em águas profundas é o bloqueio das linhas de produção por blocos de hidratos. Hidratos são compostos que podem ser formados quando metano e água se encontram em condições de elevadas pressões e baixas temperaturas. Estas são condições termodinâmicas típicas que podem ocorrer na produção em águas profundas, onde a pressão é elevada e a temperatura baixa. Quando se formam, os hidratos podem assumir a forma de um cilindro de gelo que bloqueia a tubulação impedindo o escoamento do gás do poço para a plataforma. A figura abaixo mostra uma foto de um cilindro de hidrato recebido em uma plataforma na Bacia de Campos.



Uma solução frequentemente utilizada para eliminar o bloqueio do hidrato é despressurizar o lado da linha de produção que leva à plataforma. Esta é uma operação de risco, pois as faces do bloco de hidrato ficam expostas a uma diferença de pressão muito elevada o que pode produzir acelerações elevadas no bloco que, neste caso, atingiria velocidades perigosamente altas na sua chegada no fim da linha de produção na plataforma.

Com o auxílio da Figura 2, desenvolva um modelo simplificado para prever a variação com o tempo da velocidade de um bloco de hidrato de forma cilíndrica quando submetido a uma dada diferença de pressão entre suas faces. Considere que exista uma pequena folga radial,  $\delta$ , entre o bloco cilíndrico e a parede do tubo e que esta folga esteja sempre preenchida com óleo com viscosidade dinâmica  $\mu$ . O comprimento do bloco de hidrato é  $L$ , sua massa é  $M$ , e o diâmetro interno da tubulação é  $D$ . Considere uma linha de produção horizontal com grande comprimento. Uma boa hipótese que pode ser admitida é que  $\delta \ll D$ . Também podemos admitir que o perfil de velocidade do óleo na folga seja linear.

- Escreva a equação que governa o movimento do bloco de hidrato.
- Integre esta equação, obtendo uma expressão para a velocidade do bloco como função do tempo,  $V(t)$ . Considere que em  $t=0$ ,  $V=0$ .
- Obtenha o valor da velocidade do bloco de hidrato 1 segundo após a depressurização. Forneça esta velocidade em km/h. Utilize os seguintes valores numéricos:
  - $M = 200 \text{ kg}$
  - $D = 100 \text{ mm}$
  - $\delta = 0,1 \text{ mm}$
  - $\mu = 0,01 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
  - $L = 30 \text{ m}$
  - $\Delta P = P_1 - P_2 = 2000 \text{ m de coluna de água}$
  - $\rho_{\text{água}} = 999 \text{ kg/m}^3$
  - $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

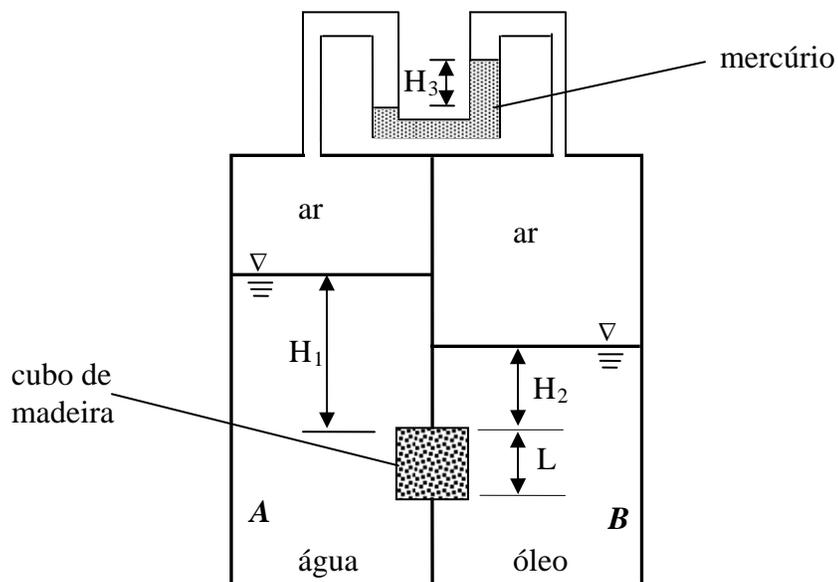


**Figura 2** - Esquema simplificado do bloco de hidrato dentro da tubulação.

**Segunda questão** (3 pontos): O tanque mostrado na figura é dividido em dois compartimentos independentes, *A* e *B*. Ar pressurizado existe nos dois compartimentos, sendo a diferença de pressão indicada no manômetro contendo mercúrio. Um cubo de madeira está encaixado na parede central, como mostrado. Não há vazamento entre as faces do cubo e a parede.

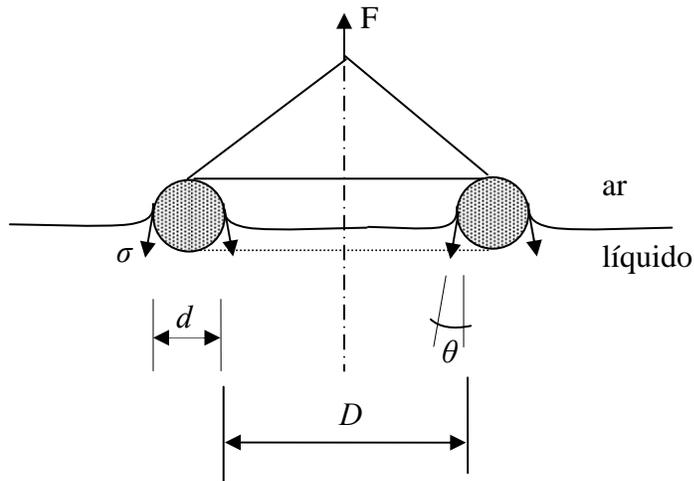
- Determine, em forma literal, a força horizontal resultante sobre o cubo. Despreze a massa específica do ar.
- Calcule o valor numérico da força e indique o seu sentido. Use os seguintes valores para o cálculo:

$H_1 = 4,3 \text{ m}$	$\rho_{\text{óleo}} = 800 \text{ kg/m}^3$
$H_2 = 2,7 \text{ m}$	$\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$
$H_3 = 150 \text{ mm}$	$\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kg/m}^3$
$L = 600 \text{ mm}$	$g = 9,8 \text{ m/s}^2$



**Terceira questão** (3 pontos): O tensiômetro é um instrumento destinado a medir a tensão superficial entre dois fluidos. É formado por uma anel de diâmetro interno  $D$ , fabricado com um fio de diâmetro  $d$ . O anel inicialmente imerso no líquido é lentamente retirado do líquido por meio de um fio ligado a um dinamômetro. A força  $F$  medida no dinamômetro pode ser relacionada com a tensão superficial,  $\sigma$ , desejada.

- a) Baseado no diagrama apresentado abaixo, escreva uma expressão para a tensão superficial  $\sigma$ , como função do diâmetro do anel, do diâmetro fio, da massa específica do fio,  $\rho_{\text{fio}}$ , do ângulo de contato,  $\theta$  e da força  $F$  medida no dinamômetro. Despreze a força de empuxo que o líquido exerce sobre o anel.
- b) Calcule o valor da força  $F$  para os seguintes dados:  $d=0,1 \text{ mm}$ ,  $D=20 \text{ mm}$ ,  $\theta=0^\circ$ ,  $\sigma=70 \times 10^{-3} \text{ N/m}$ ,  $\rho_{\text{fio}}=7000 \text{ kg/m}^3$ .



## FORMULÁRIO

- Lei de Newton para a viscosidade (unidimensional):  $\tau = \mu \frac{du}{dy}$
- Equação da hidrostática:  $\vec{\nabla} p = \rho \vec{g}$
- Força devido à tensão superficial:  $F = \sigma l$  ( $l$ , é o comprimento da linha de contato)