

## ANÁLISE DO ESCOAMENTO BIFÁSICO EM TUBULAÇÕES

**Douglas Petronio de Oliveira Campos, Thiago Miguel Ribeiro Martins, Márcio Antonio Bazani**

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira  
Douglascam@aluno.feis.unesp.br, Thiagomar@aluno.feis.unesp.br  
bazani@dem.feis.unesp.br

### RESUMO

As companhias de petróleo continuam à procura de reservas em ambientes cada vez mais complexos. Levantamentos geológicos e geofísicos previamente realizados apontam o ambiente de águas profundas como área que tem mostrado um grande potencial de reserva de hidrocarbonetos

Nesse novo cenário, de exploração de laminais d'água superiores a 3000 m requer a perfuração de poços especiais, além das dificuldades inerentes de serem perfurados, envolve altos custos e requer a monitoração da trajetória do poço em tempo real, com correções precisas da trajetória a ser percorrida pela broca no fundo do poço bem como dos gradientes de pressão.

Um método eficiente utilizado para tal perfuração é a perfuração sub-balanceada que é definida como perfuração com pressão hidrostática do fluido de perfuração intencionalmente projetada para ser menor que a pressão da formação sendo perfurada. Essa eficiência é uma consequência dos benefícios concretos que vem sendo obtidos com a aplicação desta tecnologia. No tocante à produção, tem sido possível reduzir o dano à rocha reservatório que, por sua vez, resulta em aumento da vazão de produção e do fator de recuperação.

No contexto dessa nova tecnologia emergente, o presente trabalho visa o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que permita o controle do perfil de pressões hidrodinâmicas ao longo do anular e da coluna de perfuração.

### MÉTODO PROPOSTO

Nesse trabalho foi utilizado o modelo de Beggs e Brill, que utiliza correlações empíricas e relaciona as vazões de gás e líquido com as propriedades dos fluidos, o diâmetro do tubo e seu ângulo de inclinação para determinação da queda de pressão. Considerando um escoamento bifásico a queda de pressão é representada por:

$$\frac{dp}{dZ} = - \left[ \frac{g\rho_{tp} \sin \theta + \frac{f_{tp} \rho_{ns} v_m^2}{2d}}{1 - \frac{\rho_{tp} v_m v_{sg}}{p}} \right] \quad (1)$$

$\frac{dp}{dZ}$  é a perda de carga no sistema [Pa/m]

$g$  é a aceleração da gravidade [m/s<sup>2</sup>]

$\rho_{tp}$  é a densidade da mistura bifásica [kg/m<sup>3</sup>]

$v_m$  é a velocidade média do escoamento [m/s]

$f_{tp}$  é o fator de atrito do escoamento

$\theta$  é o ângulo de inclinação da tubulação [rad]

$v_{sg}$  é a velocidade superficial da fase gasosa [m/s]

$\rho_{ns}$  é a densidade calculada para a condição de não deslizamento [Kg/m<sup>3</sup>]

d é o diâmetro equivalente da tubulação [m]

p é a pressão [Pa]

Através desse modelo foi desenvolvido um programa computacional em linguagem Python 2.4, que tem uma interface amigável entre resultados numéricos e gráficos, para a obtenção da solução iterativa do problema proposto.

## RESULTADOS

Para as seguintes condições:  $v_{sg} = 0.9$  m/s; d = 5 pol.; P = 6 MPa;  $\theta = 10^\circ$ ; em regime ascendente para um escoamento de água e ar

Tabela 1: Valores de queda de pressão no anular calculados.

$V_{sl}$ (m/s)	Gradiente de pressão (Pa/m)
0.9	-1245.32592875
3	-2188.97846421
5	-3347.19017316
7	-4916.25278001
9	-6897.09176321
12	-10623.8228944

O próximo passo desse trabalho é o de validar esses resultados, em termos de perda de carga e mapas de padrões de escoamento, por dados experimentais de um escoamento bifásico ascendente.

Esse procedimento experimental será realizado no Laboratório de Mecânica dos Fluidos do Departamento de Engenharia Mecânica (FEIS-UNESP).

## 3. REFERÊNCIAS

Fox, R. W; McDonald, A. T. ,2001, “Introdução à mecânica dos fluidos”, Rio de Janeiro,5° Ed, pp198, 230-233.

J. P. Brill and H. Dale Beggs,1984. “Two-Phase Flow in Pipes”, February 1984.

Ruggiero, M. A. G.; Lopes, V. L. R. ,1996, “Cálculo Numérico: aspectos teóricos computacionais”, Makron Books do Brasil Editora, BRASIL pp 41-47.