

# SIMULAÇÃO DO ESCOAMENTO GÁS-SÓLIDO EM RISERS E DOWNERS UTILIZANDO A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO FORTRAN

Antonio Tavernard Pereira Neto <sup>1</sup>, Andrey O. de Souza <sup>2</sup> José Jailson Nicácio Alves <sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFCEG/DEQ, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58101-014-Campina Grande-PB, Tavernard.eng@ig.com.br

<sup>2</sup>UFCEG/DEQ, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58101-014-Campina Grande-PB, Andrey\_PB@yahoo.com.br

<sup>3</sup>UFCEG/DEQ, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58101-014-Campina Grande-PB, Jailson@deq.ufcg.edu.br

**Palavras-chave:** Modelagem, Simulação, Fluidodinâmica, Riser, Downer, escoamento Multifásico

**Área do Conhecimento:** III- Engenharias

**Resumo-** Atualmente, no processo de craqueamento catalítico do gasóleo, o "riser" é o reator principal da unidade, no qual o fluxo principal é vertical para cima. Este equipamento apresenta algumas características como uma distribuição de partículas não uniforme na direção radial, e a formação de recirculações internas. Com o objetivo de comparar o comportamento da distribuição no riser, com a distribuição que existiria se o fluxo fosse descendente, simulou-se o reator com fluxo descendente (Downer). Simulou-se um escoamento multifásico (gás-sólido) em um riser e em um downer, utilizando um código em FORTRAN. Utilizou-se um modelo bidimensional. Os resultados obtidos foram apresentados na forma gráfica de concentração e velocidade axial de partículas em ambos os reatores.

## Introdução

Devido ao grande desenvolvimento dos computadores e dos métodos computacionais nos últimos anos, a modelagem matemática e a simulação numérica têm sido amplamente utilizados no desenvolvimento e otimização de processos químicos, e tende ser cada vez mais utilizada na engenharia química.

Nas unidades de craqueamento catalítico (FCC) do gasóleo, a conversão acontece em reatores de leito fluidizado circulante (CFB's). Estudos experimentais de vários autores mostraram que nos processos em leitos fluidizados circulante existe variações na concentração de partículas tanto na direção axial quanto na radial. A variação axial na concentração de partículas deve-se a aceleração destas pela força de arrasto exercida pelo gás. A variação radial na concentração de partículas deve-se a mecanismos mais complexos os quais não foram esclarecidos completamente.

Uma alta concentração de partículas numa determinada região do reator pode levar a queda destas, nesta região, devido ao peso dando origem a recirculações internas; e em algumas situações, o gás pode ser arrastado para baixo pelas partículas descendentes.

A distribuição não uniforme de partículas e dos fluxos destas influencia diretamente a distribuição do tempo de residência das partículas e, conseqüentemente, a performance do reator.

## Procedimento de abordagem

Inicialmente procurou-se Identificar o estado da arte e entendimento do modelo matemático e método numérico. A partir daí, realizar a reprodução de casos para melhor entendimento do simulador e código de cálculo. Teve-se como meta o estudo do efeito dos modelos disponíveis na representação do processo, e então comparar alguns parâmetros como velocidade axial da fase gasosa e concentração de partículas, entre "risers e downers".

## Definição do sistema

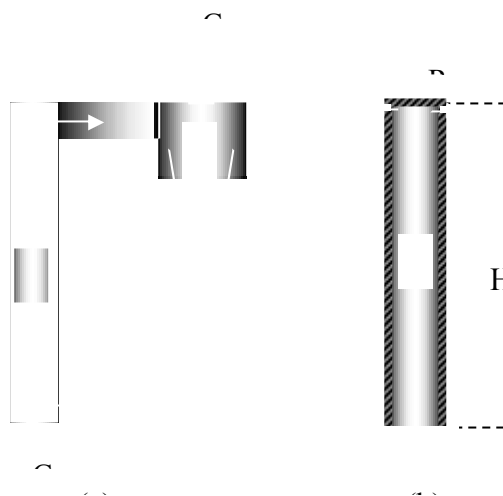


Figura 1: CFB's (direita);

Geometria do Riser (esquerda)

Tabela 1: Características do sistema simulado

Raio do Tubo	0,152 m
--------------	---------

Altura	10,00 m
Velocidade do Gás	3,78 $m_s$
Densidade do Gás	1,22 $kg m^3$
Viscosidade do Gás	4,0.10 <sup>-5</sup> $kg m \cdot s$
Fração Volumétrica de Sólidos	0,0218
Velocidade dos Sólidos	2,62 $m_s$
Densidade do Sólido	1714,0 $kg m^3$
Diâmetro das Partículas	76.10 <sup>-6</sup> m

O objetivo principal deste trabalho foi Avaliar a fluidodinâmica de reatores de leito fluidizado circulante (figura 1), utilizando o um código de cálculo em FORTRAN, para analisar e comparar a fluidodinâmica para os reatores com fluxo ascendente e descendente (alimentação na parte inferior e superior respectivamente). As características do sistema simulado pôde ser vistas na tabela 1.

#### Modelo matemático

As equações que descrevem o processo são as equações de conservação da massa da quantidade de movimento, aplicadas as fases sólida e gasosa.

Continuidade:

$$\frac{\partial[\rho_i \varepsilon_i]}{\partial t} + \nabla \cdot [\rho_i \varepsilon_i \vec{v}_i] = 0 \quad (1)$$

onde  $\rho$  é a densidade da fase,  $\varepsilon$  a fração volumétrica e  $v$  o vetor velocidade. O subscrito "i" identifica a fase (i=g ou s, gás ou sólido).

Quantidade de movimento:

$$\frac{\partial[\rho_i \varepsilon_i \vec{v}_i]}{\partial t} + \nabla \cdot [\varepsilon_i (\rho_i v_i v_i - \mu_i (\nabla \vec{v} + \nabla \vec{v}^T))] = \varepsilon_i (\rho_i \vec{g} - \nabla P_i) + \beta_{ij} [\vec{v}_i - \vec{v}_j] \quad (2)$$

onde  $\mu_i$  é a viscosidade efetiva da fase "i",  $P_i$  é a pressão,  $\beta_{ij}$  é o coeficiente de transferência de momento entre as fases i e j.

#### Resultados

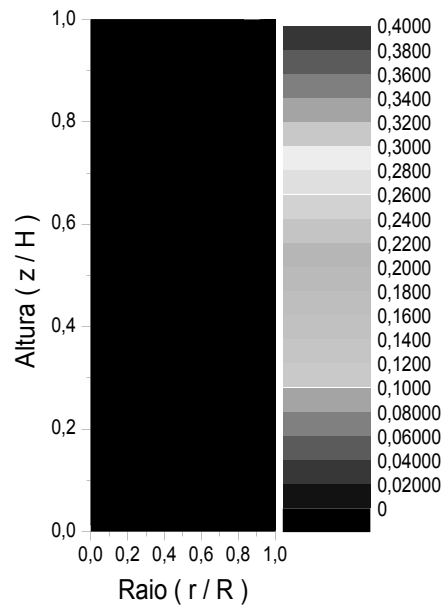


Figura 2: Gráfico da Concentração das partículas no riser versus o raio

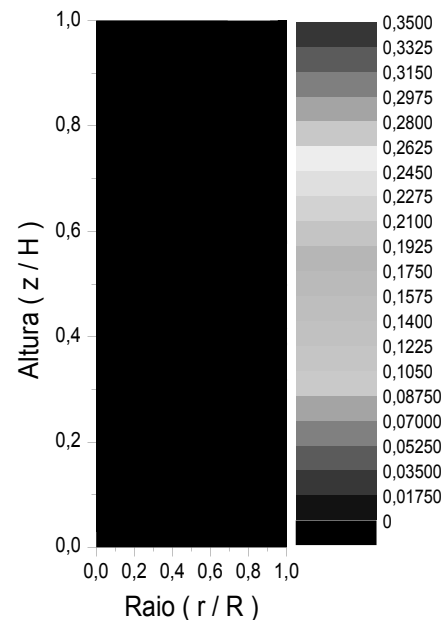


Figura 3: Gráfico da Concentração das partículas no downer versus o raio.

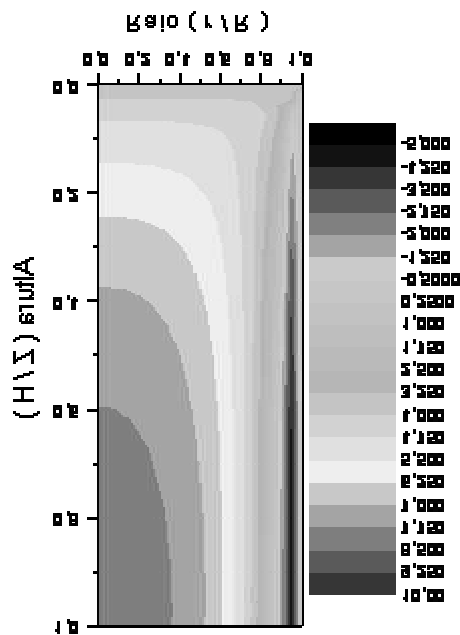


Figura 4: Velocidade axial da fase gasosa no riser

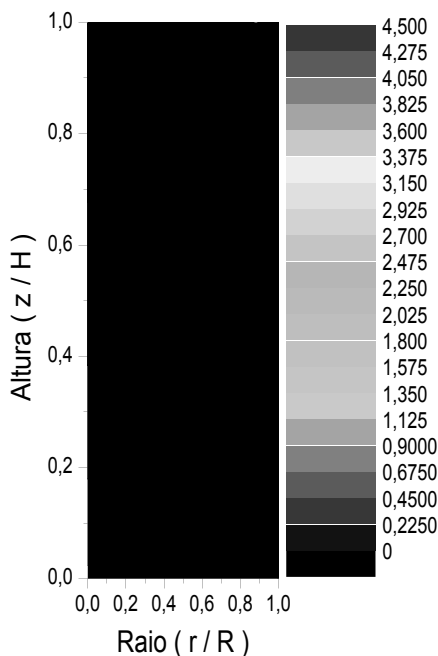


Figura 5: Velocidade axial da fase gasosa no downer

## Discussão

Diante do gráfico de concentração das partículas no reator versus o raio (figura 2 e 3), vimos, então, que em ambos os casos as partículas se concentram na parede, sendo que no riser, este efeito é mais acentuado.

Com relação a velocidade axial do gás no riser (figura 4), constatamos que ela tem um perfil ascendente no centro e descendente próximo à parede. Já para o downer (figura 5), a velocidade é sempre descendente, não causando recirculações internas, porém muito pequena próximo à parede.

## Conclusão

Tudo isto está de acordo com o modelo da teoria cinética que prevê a alta concentração de partículas próxima à parede, e conseqüentemente velocidades negativas nessa região para risers, mostrando que o modelo de tensões, é importante na previsão do perfil de concentração e velocidade das duas fases.

## Referências

ALVES, J.J.N., Modelagem Fenomenológica e Simulação Bidimensional da Fluidodinâmica de Reatores de Leito Fluidizado Circulante, Tese de Doutorado, UNICAMP, Janeiro, 1998

ALVES, J.J.N., and MORI M., Modelagem e Simulação da Fluidodinâmica de Reatores de Leito Fluidizado Circulante Usando a Teoria Cinética dos Materiais Granulares: Análise de Sensibilidade Paramétrica, XVIII Congresso Ibero Latino-Americano de Métodos Computacionais para Engenharia, pp 1789-1796, Brasília, outubro, 1997.

ALVES, J.J.N., and Mori, M., Two-Dimensional Hydrodynamic Modelling and Simulation of a Circulating Fluidized Bed, XXIII COBRASP, pp. 43-52, Maringá, 1995.

DASGUPTA, S., Jackson R. and Sundaresan, S., Turbulent Gas-Particle Flow in Vertical Risers, AIChE Journal, Vol. 40, No. 2, pp. 215-227, 1994.

TSUO, Y. P., and Gidaspow, D. Computation of Flow Patterns in Circulating Fluidized Beds, AIChE Journal, Vol. 36, No 6, pp. 885-896, 1990.