

COMPUTAÇÃO FLUIDODINÂMICA PARA ENSINO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS: Escoamento em Leito de Transporte Pneumático

Amanda Satie NAGATA¹; Rejane Barbosa SANTOS² João Lameu da SILVA Jr.³

RESUMO

O escoamento em leito de transporte pneumático foi estudado usando fluidodinâmica computacional. Um *riser*, reator presente em processos de craqueamento catalítico fluido, foi usado como base para o estudo. Quatro condições operacionais foram avaliadas, e a perda de carga, distribuição axial de sólidos e perfis radiais de velocidade foram avaliados. Por esta análise, pode-se entender alguns parâmetros fundamentais na operação de leitos de transporte pneumático, bem como, analisar padrões fluidodinâmicos característicos deste tipo de escoamento.

Palavras-chave:

Operações Unitárias; Transporte Pneumático; Simulação Numérica; Fluidodinâmica Computacional.

1. INTRODUÇÃO

Processos químicos são conjuntos de etapas que envolvem alterações químicas e físicas de um material. Cada etapa de um processo é uma operação unitária, são alguns exemplos: sedimentação, moagem, destilação, absorção, evaporação, etc.

A análise da operação unitária pode ser por meio de um modelo físico que espelha a operação. A modelagem e a simulação de um processo são um ótimo meio a ser utilizado, pois ajudam a prever processos a baixo custo. A modelagem consiste na descrição de tal processo por meio de equações matemáticas que representem os fenômenos físico-químicos envolvidos. A simulação do processo é feita com auxílio *softwares*. Portanto, para um engenheiro químico saber analisar, modelar e simular um processo de acordo com suas

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Pouso Alegre/MG - E-mail: satieamanda@gmail.com

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Pouso Alegre/MG. E-mail: rejane.santos@ifsuldeminas.edu.br

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Pouso Alegre/MG. E-mail: joao.lameu@ifsuldeminas.edu.br

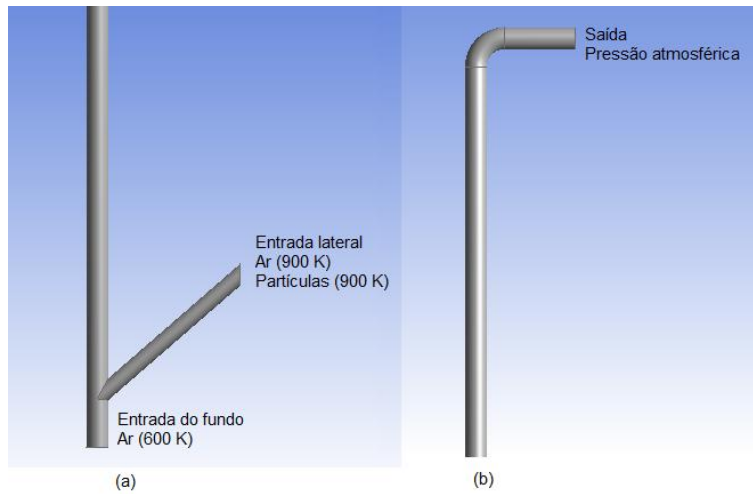
especificações é de extrema importância. Uma vez que ao fazer isso poderá otimizar um processo, de modo que este seja mais barato e vantajoso para uma empresa.

Craqueamento catalítico fluido (FCC) é um processo que tem como princípio a quebra de moléculas maiores e pesadas em frações menores e mais leves, realizada na presença de catalisadores. Amplamente utilizada em refino de petróleo para obter gasolina, GLP e nafta, e tem como objetivo produção de alta octanagem. O FCC usualmente é dividido em três etapas: reação, separação e regeneração. Na primeira etapa (reação química), é inserido o gásóleo em um reator *riser* onde ocorre a reação com o catalisador. Este reator opera em regime de transporte pneumático, isto é, as partículas sólidas do catalisador são transportadas pelo leito. Um dos principais desafios na otimização de um *riser* é o controle dos tempos de residência das fases, devido às características não homogêneas do escoamento (turbulência e recirculação interna do catalisador). Isto diminui a conversão e a seletividade do processo. Portanto, essa pesquisa tem como objetivo estudar a operação de um leito de transporte pneumático aplicado ao processo FCC usando um pacote de computação fluidodinâmica estudantil, destacando as principais características do escoamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A ANSYSTM Inc. disponibilizou uma licença estudantil de seus pacotes computacionais de simulação multifísica, provendo aos alunos de engenharia entender os fenômenos físicos através da modelagem, simulação e interpretação dos resultados. O pacote de computação fluidodinâmica (ANSYS CFD) foi empregado para o estudo do escoamento em um leito de transporte pneumático. Quatro condições operacionais, sendo uma monofásica e três bifásicas com fluxo de sólidos de 100 (baixo fluxo de sólidos), 300 e 500 kg/m².s (altos fluxos de sólidos), para o sistema ar-catalisadores de FCC ($d_p = 67 \mu\text{m}$; $\rho_p = 1500 \text{ kg/m}^3$) foram simuladas, e a queda de pressão e a distribuição de sólidos pelo leito foram analisadas em *riser* em escala piloto, de diâmetro 7,6 cm e altura total de 10 m (Figura 1), com base no trabalho de Bastos (2005).

Figura 1. Detalhes da geometria reator *riser* e das condições de contorno usadas: (a) entrada do fundo e lateral a 45°; (b) saída do reator com curva de 90°.



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados obtidos montamos os gráficos da perda de carga em função do particulado (Figura 2(a)), do perfil axial de distribuição de partículas (Figura 2(b)) e do perfil radial de velocidade das partículas em três alturas (Figura 3). Na Figura 2(a) observa-se um aumento na perda de carga do *riser* com aumento do fluxo de sólidos, desde que a presença da fase particulada gera uma maior carga que deve escoar através do leito. Esse parâmetro é fundamental no projeto e operação em regime de transporte pneumático, sendo os custos de compressão/ventilação um dos maiores custos operacionais destes leitos. Pela Figura 2(b), observa-se que nos três fluxos de sólidos a fração volumétrica torna-se constante aproximadamente na altura de 2 m. Apresentando um pico entre 1 e 2 m, devido a entrada lateral de alimentação dos sólidos. Este padrão é menos acentuado para maiores fluxos de sólido, devido a distribuição mais rápida destes pelo leito. Para o perfil radial de velocidade das partículas temos três gráficos, representando alturas distintas.

Figura 2. (a) Perda de carga no leito; (b) Distribuição axial de partículas.

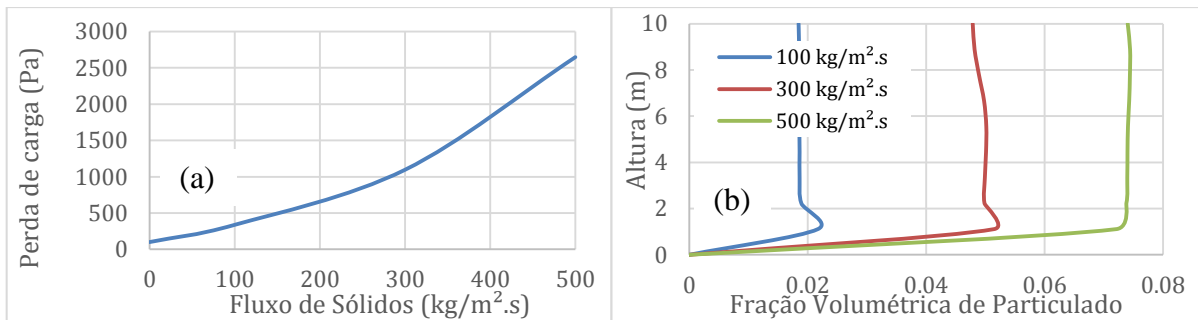
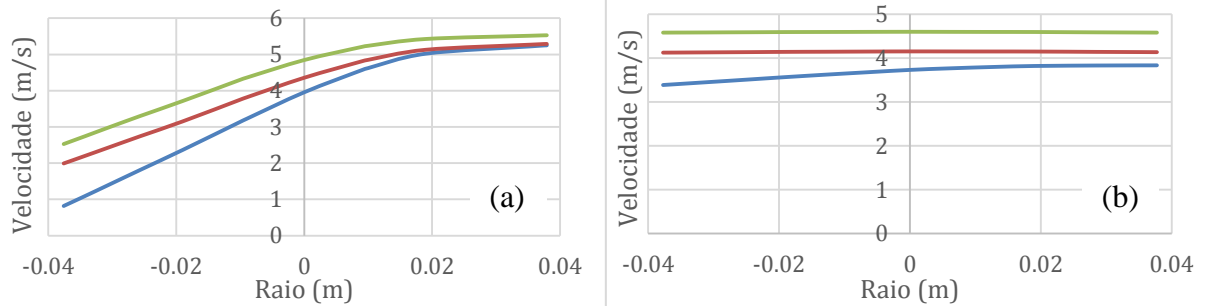


Figura 3. Distribuição radial de partículas em diferentes alturas: (a) 1,5 m; (b) 5 m.



Na Figura 3 (a), percebe-se variação radial na velocidade para a operação com diferentes fluxos de sólidos, devido ao efeito da alimentação lateral de particulado. Já na altura de 5 m (Figura 3(b)), um perfil praticamente constante foi observado para os fluxos de 300 kg/m².s e 500 kg/m².s, o que pode ser atribuído a maior concentração de sólidos e condição operacional classificada como alto fluxo de sólidos.

4. CONCLUSÕES

A simulação é uma importante ferramenta para a engenharia pois permite analisar processos com economia. Um desses processos é o craqueamento catalítico fluido (FCC), que consiste na quebra de moléculas grandes de hidrocarbonetos em menores de maior valor agregado. Neste trabalho analisamos através da fluidodinâmica computacional o estudo do escoamento em leito de transporte pneumático em quatro condições operacionais, e pode-se observar detalhes fluidodinâmicos como os perfis axial de distribuição de sólidos e radial de velocidade, e a perda de carga pelo leito.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Extensão, Pesquisa e Inovação e ao NTIC do IFSULDEMINAS Campus Pouso Alegre pelo suporte ao desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANSYS INC., Disponível em: <http://www.ansys.com/Student>. Acessado em 12/08/2016.
- BASTOS, J. C. S. C. Simulação do Escoamento Gás-Sólido em um Duto Cilíndrico Vertical em Leito Fluidizado Rápido Aplicando a Técnica CFD. Dissertação de Mestrado, FEQ. Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 2005.