

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UMA TORRE FRACIONADORA DE UMA UNIDADE COQUEAMENTO RETARDADO

AUTORES:

R. G. MELO, C. C. M. Marques, S. Lucena, L. M. X, Silva, A. G. C. Rosal

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Pernambuco

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 5º PDPETRO, realizado pela a Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 15 a 22 de outubro de 2009, em Fortaleza-CE. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 5ºPDPETRO.

MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UMA TORRE FRACIONADORA DE UMA UNIDADE COQUEAMENTO RETARDADO

Abstract

Nowadays there is a global tendency of refining heavier oils and the technologies capable of converting this oils into light fraction, which have higher aggregate value, have become indispensable. Thermal cracking processes, such as delayed coking, have been highlighted when compared to other processes. A delayed coking unit is usually composed by three main equipments: the fractionating tower, the furnace and at least two coke drums, which work alternately due to need of removing the solid products obtained at the process. The remove of the solid products, which is essentially green coke, cause a periodic perturbation at this unit. The fractionating tower has as main purposes: fractionating the effluents of the coke drums and the fresh feed from the vacuum or atmospheric towers; mixing the recycle stream with the feed at the bottom of column, which makes this equipment also be denominated combined tower. When the switching of the coke drums occurs, the tower is responsible for dumping the disturbance at the process, maintaining the exit stream at desired operating conditions and preventing the bad operation of the delayed coking unit. The fractionating tower is also responsible for the energetic integration between the several streams involved at the process, and at the same time avoiding the precipitation of coke at the plates of the column and the overcharge of the coking furnace. Mathematical models for the mass and energy balances were developed to describe the profiles of temperature and composition along the column and as function of time. The equilibrium of phases was calculated using the equations of state (SRK model) and the modified Francis equation was used for the hydrodynamic models and for the calculation of rate flow of liquids. The characterization of the mixtures at the streams was done by a pseudocompounds approach. Properties referent to the pseudocompounds, such as critical pressure, critical temperature, acentric factor, molecular weight and enthalpy for the phases, were calculated using popular correlations found at literature. These developed models were simulated using FORTRAN code and them validated with experimental data and they will be used at advanced control applications by the use of neural networks.

Introdução

Devido à tendência mundial do petróleo extraído tornar-se mais pesado, tecnologias que convertam esses óleos em frações mais leves e, por conseguinte mais rentáveis tornam-se indispensáveis. Assim, processos como o coqueamento retardado e o hidrotreatamento vem se destacando dentre os demais processos de refino (PETROBRAS, 1998).

O coqueamento retardado é um processo térmico bastante antigo usado para converter os resíduos da destilação do petróleo em produtos leves, de maior valor agregado, o coque (SUGAYA, 1994). A unidade coqueamento retardado (UCR) tem como composição básica uma coluna fracionadora, um forno e dois tambores de coque operando alternadamente, bem como bombas, trocadores de calor e outros equipamentos de menor porte.

No Brasil, até o ano de 2007, apenas as refinarias REGAP, REFAP, RPBC e REPLAN produziam coque, totalizando 2.563.295,62 m³coque/ano (ANP). De acordo com o plano de negócios de 2006-2010, um investimento de 8 bilhões está previsto pela PETROBRAS para adequar o parque de refino ao processamento do óleo pesado brasileiro, devendo assim dobrar as unidades coqueamento retardado, esse incremento fará com que o processamento do óleo nacional passe de 78% para 91%, gerando um aumento de 0,3 milhões de barris/dia (PETROBRAS Magazine). Entretanto, com a inserção do gás natural na matriz energética o consumo de óleo combustível, que é produzido de

frações pesadas, vem diminuindo e impulsionando novas instalações de unidades de coqueamento retardado.

O presente trabalho visa o desenvolvimento de modelos computacionais, que possam ser utilizados para simulação da coluna fracionadora da unidade de coqueamento retardado, utilizando como ferramenta o simulador de processos EMSO (SOARES, 2003), e um *plugin* termodinâmico escrito em linguagem FORTRAN e incorporado ao simulador.

Metodologia

Os principais fenômenos que ocorrem na coluna fracionadora podem ser descritos pelos balanços de massa e energia para composição, pelas equações de estado Soave-Redlich-kwong no equilíbrio químico, e a abordagem por pseudocomponentes para uma melhor representação da mistura.

Devido à quantidade de correntes e pequenos equipamentos que compõem a coluna fracionadora, faz-se uso do simulador de processos EMSO, para facilitar a integração destes à coluna. O EMSO já possui em seu banco de dados, modelos de equipamentos como bombas, splitters, condensadores e seções da coluna, que com pequenas modificações serão utilizados na simulação da coluna fracionadora.

Os principais modelos do EMSO a serem utilizados na simulação são:

- **Section Column:** modelo que representa uma seção de coluna.
- **Condenser:** modelo que representa um condensador dinâmico em equilíbrio.

O pacote termodinâmico, escrito em Fortran e incorporado ao simulador na forma de *plugin*, foi desenvolvido tendo como base as informações presentes nas “cartas de óleo” disponíveis na literatura, tais como temperatura e fração volumétrica evaporada de cada faixa do óleo. Foi mantida a nomenclatura original do pacote termodinâmico do EMSO a fim de preservar a compatibilidade com os modelos já existentes. Na Tabela 1 encontram-se correlações utilizadas no *plugin* para o cálculo de diversas propriedades.

Tabela 1: Correlações utilizadas no *plugin*.

Propriedade	Correlação
T_c	Lee-kesler, <i>et al.</i> , 1976.
P_c	Lee-kesler, <i>et al.</i> , 1976.
Ω	Lee-kesler, <i>et al.</i> , 1976.
H_l	Fahim, <i>et al.</i> , 1998.
H_v	Fahim, <i>et al.</i> , 1998.
Mw ($T_b < 750K$)	Lee-kesler, <i>et al.</i> , 1976.
Mw ($T_b > 676K$)	Zañiga, <i>et al.</i> , 2007.

Além das funções básicas contida no *plugin* recomendado pelo EMSO, foi incorporado ao novo *plugin* desenvolvido, critérios de separação por pseudocomponentes em faixas de temperatura para leves, médios e pesados.

O modelo da coluna fracionadora que está em fase de desenvolvimento possui as seguintes considerações:

- A coluna possui 25 pratos e tem condensador;
- A seção de lavagem é tratada como um estágio de equilíbrio;
- Não há formação de coque em nenhuma seção da coluna;
- Os cortes empregados são: leves e nafta no topo, gasóleo leve e gasóleo pesado como retiradas laterais, e produto de fundo que é a alimentação do forno de coqueamento.

Resultados e Discussão

Devido à dificuldade de obtenção dos dados experimentais de algumas propriedades, os métodos utilizados pelo “plugin” desenvolvido para o EMSO, foram testados junto ao software HYSYS, e adotando o mesmo critério de separação. Nos gráficos a seguir têm-se algumas propriedades em relação aos pseudocomponentes gerados, que por sua vez se apresentam do mais leve ao mais pesado.

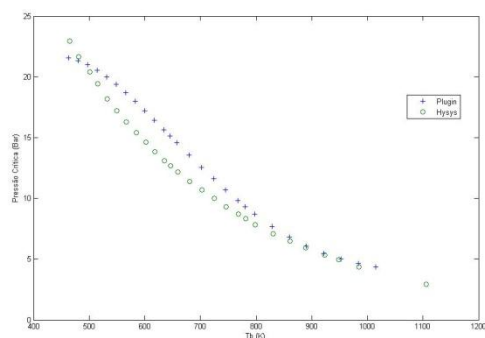


Figura 1: Pressão crítica por temperatura de ebulição.

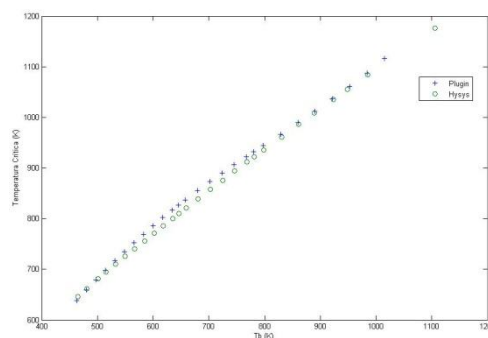


Figura 2: Temperatura crítica por temperatura de ebulição.

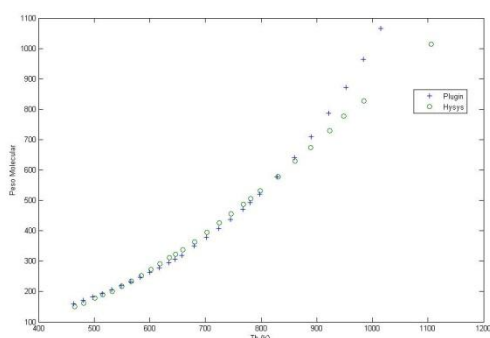


Figura 3: Massa molecular por temperatura de ebulição.

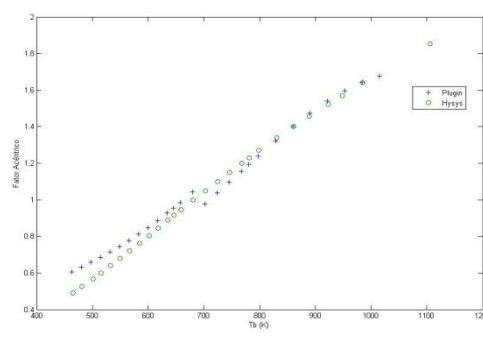


Figura 4: Fator acêntrico por temperatura de ebulição

Os resultados mais discrepantes são os da pressão crítica e fator acêntrico, Figuras 1 e 4 respectivamente, principalmente para as frações mais leves. No entanto, a massa molecular, Figura 3, para as frações pesadas apresenta certa discrepância, embora tenha sido usada a correlação

desenvolvida para frações pesadas. Por sua vez, as temperaturas críticas, Figura 2, estão em concordância com os dados gerados pelo HYSYS.

Essas discrepâncias, entretanto, não devem ser consideradas absolutamente como erros, pois numa simulação uma distorção em um parâmetro, pode ser compensada por outro. Dessa forma, é necessária a simulação de algum processo, e posteriormente sua validação com os dados experimentais.

Conclusões

De acordo com a simulação realizada, os resultados para ambos os software são compatíveis, divergindo pouco e em algumas faixas, o que mostra a capacidade do EMSO, e do *plugin* em predizer propriedades básicas dos óleos, frente aos softwares comerciais. No entanto, são necessários dados experimentais para validar os resultados.

Nesta fase de projeto não se iniciou a simulação da coluna fracionadora, devido à ausência de dados.

Agradecimentos

Ao PRH-28 e ao Laboratório de Controle e Otimização de Processos (LACO-UFPE).

Referências Bibliográficas

ANP – Agência nacional de Petróleo -<http://www.anp.gov.br/petro/refino_dados.asp> (Acesso em 18/08/2008).

Apostila Sobre Coqueamento Retardado, Petrobrás, 1998. [HTTP://www.engcomp.ufrn.br/~iguerra/ufrn/siga/Apostila_Curso_Petrobras_Coque.pdf](http://www.engcomp.ufrn.br/~iguerra/ufrn/siga/Apostila_Curso_Petrobras_Coque.pdf) (Acesso em 17/01/2008).

M.G. Kesler and B.I. Lee, **Improve prediction of enthalpy of fractions**. Hydrocarbon Process 55 (1976), p. 153.

Petróleo Brasileiro S.A. Petrobras Magazine. Disponível em: <<http://www2.petrobras.com.br/AtuacaoInternacional/PetrobrasMagazine/pm47/port/refino.html>> (Acesso em 18/08/2008).

SOARES, R. P. **Desenvolvimento de um simulador genérico de processos dinâmicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

SUGAYA, M. F. **Cinética e modelagem do craqueamento térmico de frações residuais do petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade de Campinas, 1994.