

SIMULAÇÃO DO STEAM CRACKING DO ETANO UTILIZANDO DESIGN II: INFLUÊNCIA DO COMPRIMENTO DO REATOR

Yvson Costa e Silva ⁽¹⁾; Marta Ligia Pereira da Silva ⁽²⁾; Meiry Gláucia Freire Rodrigues ⁽³⁾

(1) Universidade Estadual da Paraíba/Centro de Ciências e Tecnologia/Departamento de Química
(2) Aluna de Pós-Graduação em Engenharia Química/UFCG/CCT/DEQ
(3) UFCG /Centro de Ciências e Tecnologia/Departamento de Engenharia Química;
Avenida Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – 58.109-970 - Campina Grande – Paraíba
Fone: 83 310.1115 Fax: 83 310 1114 – e-mail: yvson77@yahoo.es;
martaligia@bol.com.br; meiry@deq.ufpb.br

Palavras-chave: Etano; Etileno; Steam Cracking; Simulação; Design II

Área do Conhecimento: III - Engenharias

RESUMO: Estudou-se a influência do comprimento do reator sobre a conversão do etano e a produção e seletividade do etileno em um reator tubular por meio do processo de craqueamento conhecido como steam cracking, utilizando-se o simulador Design II for Windows. Realizaram-se experimentos variando-se o comprimento do reator de 80-130 m. A partir dos dados obtidos, os quais foram tratados e analisados através de gráficos, e baseando-se em dados disponíveis em literatura específica, verificou-se que o comprimento que fornece as melhores condições para a conversão do etano, para a seletividade e produção do etileno foi o de 95m.

1. Introdução

A evolução da tecnologia permite ao profissional realizar as mais diversas tarefas com o uso de computadores. Algumas delas são demasiadamente complexas e o seu estudo, sem um recurso computacional adequado, se torna impossível.

A modelagem e simulação de processos, com o auxílio de computadores, são vantajosas do ponto de vista prático e econômico, já que propiciam rapidez na obtenção dos resultados, facilidade e baixo custo para realizações dos mais diversos ensaios, que mesmo em escala laboratorial, seriam bastante onerosos. O uso de modelos e simulação exige conhecimento multidisciplinar, pois envolve tópicos da ciência e tecnologia aplicada à engenharia.

Os simuladores não podem ser a única alternativa do projetista, já que, como os mesmos trabalham em uma “realidade limitada”, seus modelos apenas sugerem uma aproximação do cotidiano. Os resultados obtidos são da mesma forma limitados e devem ser analisados com cautela. Mas mesmo com essa restrição, a facilidade e a flexibilidade de reproduzir um determinado processo em um computador, torna o simulador uma ferramenta indispensável nas indústrias de grande porte. O uso de simuladores na indústria química surge com a necessidade de obter um controle mais rígido dos processos envolvidos, que ao longo do tempo tornam-se mais complexos.

Os ensaios realizados através de um simulador, em geral, são comparados com dados empíricos, e a partir destes, pode-se

escolher criteriosamente o tipo de equipamento para determinado processo e, consequentemente, fazer o seu dimensionamento.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Modelagem

Modelagem é a obtenção dos modelos de processos físicos, químicos e biológicos, que pode ser física ou matemática.

Um modelo é qualquer objeto, concreto ou abstrato, que é utilizado para explicar algum tipo de fenômeno. Um modelo dinâmico destina-se a prever o comportamento do processo e gerar recomendações ou critérios para o controle do seu andamento.

A modelagem tem por objetivo a aplicação de técnicas computacionais e o desenvolvimento de novas metodologias dirigidas à resolução de problemas inerentes à Engenharia Química. Suas atividades relacionam-se com o desenvolvimento de modelos matemáticos, a simulação, síntese e otimização de processos químicos, o tratamento de sinais e interferência de estado, e o controle de processos (HILL, 1977).

2.2. Simulação

Simular é aplicar os modelos gerados, de maneira que os mesmos reproduzam o comportamento real do sistema e ainda, permitam extrapolações válidas desse comportamento.

A simulação, hoje em dia, está se transformando em uma ferramenta poderosa no estudo de processos industriais. Cada vez mais se observa o desenvolvimento de simuladores que podem ser aplicados nas diversas áreas da engenharia química (bioquímica, catálise, controle, etc.) (FEHR, 1980).

2.3. Craqueamento

O craqueamento, ou pirólise, é o processo de conversão de moléculas grandes em moléculas menores pela aplicação de calor (craqueamento térmico) e/ou de catalisadores (craqueamento catalítico). (SHREVE, 1980).

O craqueamento tanto pode ser térmico como catalítico. A diferença fundamental entre eles é que o térmico necessita de

temperaturas e pressões elevadas para romper as moléculas mais pesadas, enquanto o catalítico só exige a presença de uma substância denominada catalisador, o que permite maior segurança e fácil manejo, propiciando maior economia e rentabilidade. (PETROBRÁS, 1974).

2.4. Steam Cracking

Um caso particular do processo de craqueamento térmico, decorrente da utilização de vapor de água em conjunto com a alimentação, é o *steam cracking*.

Neste processo, na seção do tubo chamada zona de convecção, a mistura vapor-hidrocarbonetos é aquecida a temperaturas em torno de 600°C, para ser consequentemente, “craqueada” em temperaturas de até 900°C. O tempo de residência da mistura reacional varia de 0,2 – 0,5 s. A mistura gasosa “craqueada” emerge com uma velocidade de 200m/s e é resfriada imediatamente para 350 – 400°C, logo após a saída da fornalha. A velocidade de resfriamento se mantém em torno de 10⁴°C/s, para evitar reações subsequentes. Sucessivos resfriamentos ocorrem para que haja a condensação da água (fase líquida) e consequentemente a separação da mistura de hidrocarbonetos (fase gasosa). (LYLE, 1983).

A função do vapor no *steam cracking* é de reduzir a pressão parcial dos hidrocarbonetos (RAO, 1998).

2.5. O Etileno

O Etileno (C_2H_4) é um hidrocarboneto insaturado de peso molecular 28g/gmol, ponto de fusão -169°C, ponto de ebulição - 102°C, menos denso que a água e insolúvel nesta. Sua maior aplicação está concentrada na indústria de polímeros. Alguns dos seus derivados são etileno glicol (anti-congelante), substâncias plásticas, fibras, películas, substâncias acrílicas, solventes, ácido acético e anidrido acético, gases refrigerantes e propelentes (MORRISON e BOYD, 1981).

3. Metodologia

Neste projeto, o caso em estudo partiu de um exemplo incluso no simulador, onde as

condições pré-estabelecidas são mostradas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Condições pré-estabelecidas no exemplo utilizado.

TCE	PCE	ΔPR	DR	CR
630°C	3atm	2atm	2in	95m

Onde TCE é a temperatura da corrente de entrada do reator; PCE é a pressão da corrente de entrada do reator; ΔPR é a variação da pressão no reator; DR é o diâmetro do reator; CR é o comprimento do reator.

A reações estudadas estão descritas através das equações químicas da Tabela 3.2, sendo a principal a reação 1:

Tabela 3.2 – Reações envolvidas na simulação do *steam cracking* do etano.

Reação	Equação Química
1	$C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + H_2$
2	$C_2H_4 + H_2 \rightarrow C_2H_6$
3	$2C_2H_6 \rightarrow C_3H_8 + CH_4$
4	$C_3H_8 \rightarrow C_2H_2 + CH_4$
5	$C_2H_2 + CH_4 \rightarrow C_3H_6$
6	$C_2H_4 + C_2H_2 \rightarrow C_4H_6$
7	$C_2H_4 + C_2H_6 \rightarrow C_3H_6 + CH_4$

As características dos componentes presentes nas reações do *steam cracking* do etano, são mostradas na Tabela 3.3:

Tabela 3.3 – Características dos Componentes presentes no *steam cracking* do etano.

Componentes	PM (lb/lbmol)	PE (°F)
H ₂ (Hidrogênio)	2,02	-423
CH ₄ (Metano)	16,04	-258,7
C ₂ H ₆ (Etano)	30,07	-127,48
C ₃ H ₈ (Propano)	44,09	-43,78
C ₂ H ₄ (Etileno)	28,05	-154,68
C ₂ H ₂ (Acetileno)	26,04	-119,2
C ₃ H ₆ (Propileno)	42,08	-53,86
C ₄ H ₆ (1,3-Butadieno)	54,09	24,06

Onde PM é o peso molecular de cada componente e PE os seus respectivos pontos de ebulição.

4. Resultados e Discussão

As Figuras 01 e 02 apresentam, respectivamente, a conversão do etano em função do comprimento do reator e a seletividade do etileno em função de sua produção.

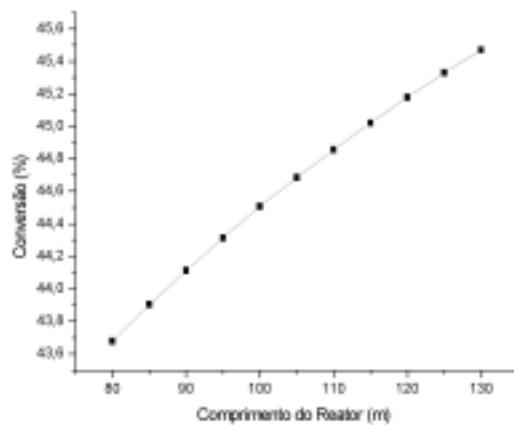


Figura 01: Comportamento da conversão do etano em função do comprimento do reator no craqueamento do etano.

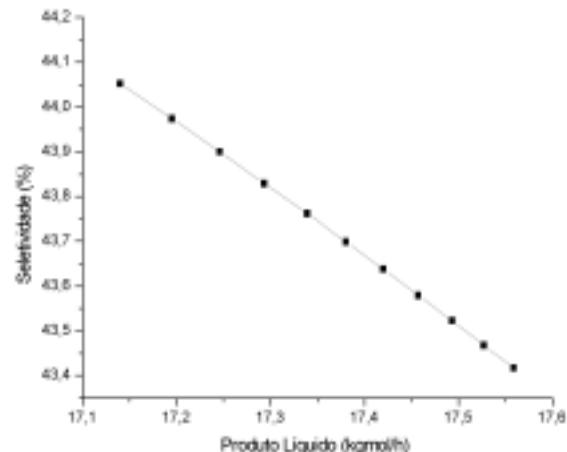


Figura 02 – Comportamento da seletividade do etileno em função de sua produção no craqueamento do etano.

De acordo com a Figura 01 pode-se observar que a conversão do etano é favorecida pelo aumento do comprimento do reator, embora a seletividade do etileno decresça, como mostra a Figura 02.

Para o efeito do comprimento do reator, obteve-se um valor de 95m como

sendo o que possui a melhor relação produção-seletividade. Também foi observado graficamente que para a faixa de comprimento entre 80 e 130m, não houve grande alteração na produção do etileno, indicando que, para este parâmetro, a variação de comprimento do reator não é relevante.

5. Conclusão

A análise e interpretação dos resultados obtidos, através da simulação do craqueamento do etano na presença de vapor (*steam cracking*) em um reator PFR, no simulador Design II for Windows, sugere que para a influência do comprimento do reator, considerando os fatores quantidade de etileno produzido e sua seletividade, a condição favorável ao processo é quando o reator mede 95m.

Referências Bibliográficas

FEHR, M., Revista Brasileira de Engenharia de Engenharia Química, Vol. IV, Nº 02, Julho de 1980.

HILL Jr., C. G., An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reactor Design, John Wiley & Sons – 1977.

LYLE F. A.; et al, Pyrolysis – Theory and industrial practice, Academic Press, New York – 1983.

MORRISON, R. T.; BOYD, R. N., Química Orgânica – Sétima Edição – Fundação Calouste Gulbenkian – Lisboa – Portugal – 1981.

PETROBRÁS, O Mundo Fabuloso do Petróleo – Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRÁS, Rio de Janeiro – RJ, Julho de 1974.

RAO, B. K. B. - Modern Petroleum Refining Processes - 3rd Edition - Oxford & IBH Publishing CO. PVT. LTD - New Delhi - Calcutta – 1998.

SHREVE, R. N.; BRINK Jr, J. A. - Indústrias de Processos Químicos - Quarta Edição - Editora Guanabara Dois S. A. - Rio de Janeiro – RJ – 1980.