

UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE HYSYS NA SIMULAÇÃO DE COLUNA DE DESTILAÇÃO BINÁRIA

B. R. Rodrigues¹, A. P. Meneguelo², P. H. H. Araújo³

¹⁻³Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Laboratório de Controle de Processos
Caixa Postal 476, Florianópolis – SC, CEP: 88010-970

¹bruna2r@yahoo.com.br

Resumo – Colunas de destilação são equipamentos muito utilizados em indústrias químicas e petroquímicas. A utilização de *softwares* comerciais para simulação de destilação constitui uma ferramenta poderosa para o projeto, otimização e controle do processo. Neste trabalho foi utilizado o software HYSYS para simular uma coluna de destilação binária, dinâmica, de 13 estágios, com o intuito de analisar a sensibilidade das variáveis envolvidas para a elaboração de um modelo de inferência. Foram realizadas simulações em estado estacionário com a finalidade de validar o modelo com os dados de uma coluna de destilação piloto, além de simulações que sofreram perturbações na carga térmica do refeedor e nas condições de alimentação. Os resultados obtidos comprovaram a eficiência do HYSYS como planta e mostraram que a variável mais influente no processo é a carga térmica do refeedor, que pode ser manipulada a fim de se obter uma maior eficiência de separação.

Palavras-Chave: coluna de destilação; HYSYS; análise de sensibilidade.

Abstract – Distillation columns are highly used in chemical and petrochemical industries. The commercial software utilization on the distillation simulation is a powerful tool for the project, optimization and process control. This paper has used HYSYS software to simulate a dynamic, binary distillation column with 13 stages, willing to analyse the variables sensibly involved on the elaboration of a inference model. Simulations where realized on a steady state with the finnality to validate the model with a pilot destilation column data, besides simulations that has sofered disturbances in the reboiler thermic duty and feeding conditions. The results obtained has comproved the efficiency of HYSYS as the industrial site itself and has proved that the most influent process variable is the reboiler thermic duty, that can be manipulated with the means to obtain a higher separation efficiency.

Keywords: distillation column, HYSYS, sensibility analysis.

1. Introdução

Colunas de destilação são equipamentos extremamente utilizados em refinarias e indústrias químicas em geral. A destilação baseia-se na diferença de volatilidade entre os componentes da mistura. Trata-se de uma operação unitária de transferência de calor e de massa cujo agente de separação é o calor, fazendo dos gastos energéticos os mais representativos no custo operacional da coluna. Segundo Ramchandran (1995) a energia requerida pelas colunas de destilação norte-americanas são responsáveis por 3% do consumo de energia do país.

Diante de sua inegável importância, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas mundialmente focalizando o projeto, otimização e controle de colunas de destilação. Para isso, torna-se fundamental a determinação de um modelo matemático que descreva adequadamente o processo, possibilitando o entendimento dos fenômenos e aprofundando o conhecimento das variáveis relevantes da coluna.

Segundo Moura (2003), a utilização de *softwares* comerciais, com o intuito de simular colunas de destilação, encontra-se amplamente difundida e consolidada tanto na pesquisa quanto na indústria.

Dentre os *softwares* mais conhecidos destaca-se o HYSYS, que apresenta uma linguagem de simulação avançada, com orientação a objetos. O HYSYS dispõe de uma biblioteca de componentes padronizados, que podem ser interligados e ajustados, conforme o processo. O simulador pode ser utilizado em modo estacionário ou dinâmico, de acordo com sua versão, apresentando ainda uma interface de fácil manipulação. A Figura 1 ilustra a interface do software.

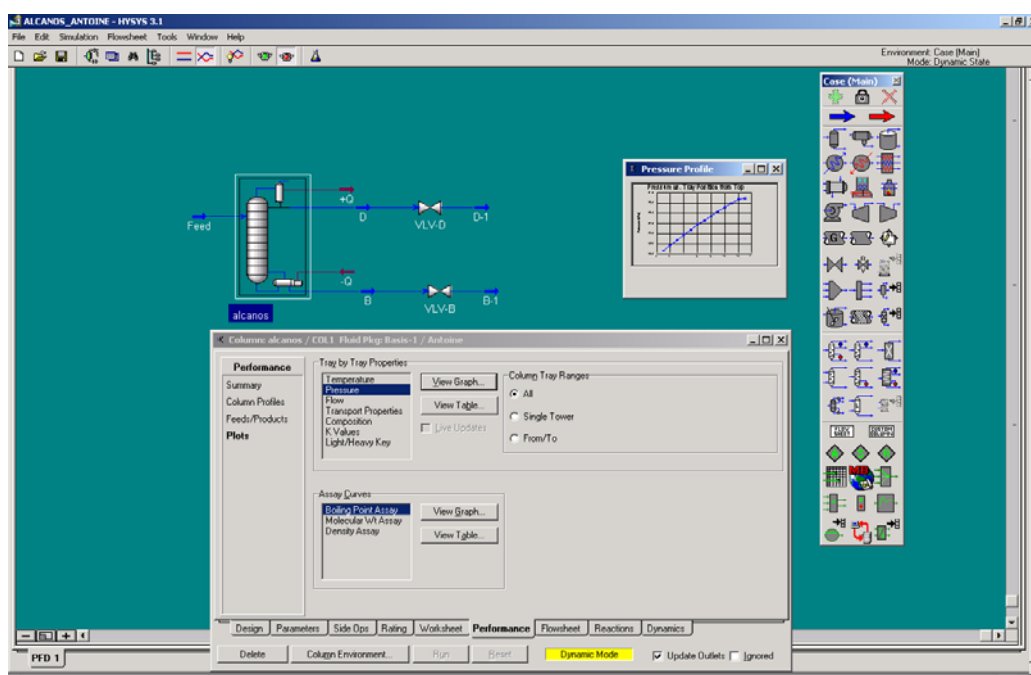


Figura 1. Interface do software HYSYS

O principal objetivo deste trabalho foi o de utilizar o software Hysys 3.1 como planta do processo e gerador de um banco de dados. O processo que se deseja simular consta de uma mistura binária de etanol e água, em uma coluna de 13 pratos, um condensador total e um refeedor. Foram realizados testes tanto em regime permanente como em transiente. O principal intuito de gerar um banco de dados amplo é possuir dados de operação suficientes para implementar um modelo de inferência em-linha em uma coluna de destilação real. Devido à inconveniência de se realizar determinadas perturbações, a presença do banco de dados gerados pelo software será de grande importância para o correto funcionamento das inferências. Esta coluna está em fase de testes e pertence ao Laboratório de Controle de Processos da Universidade Federal de Santa Catarina.

2. Simulações

Neste item serão apresentadas as duas análises realizadas. Na primeira será apresentada uma simulação em estado estacionário com as condições operacionais e de projeto da coluna piloto, onde se deseja implementar o modelo de inferência. No segundo caso, serão apresentadas simulações em regime transiente, cujo principal objetivo foi o de observar o comportamento do processo quando submetido a diferentes perturbações. Em ambos os casos o modelo termodinâmico para a fase líquida escolhido foi UNIQUAC e, a fase vapor foi considerado ideal, principalmente devido à baixa pressão de operação da coluna.

2.1. Simulações em estado estacionário

Neste item serão apresentadas as configurações geométricas e operacionais de uma coluna piloto do sistema etanol/água. As simulações são em regime estacionário, pois seu propósito foi o de observar se o modelo utilizado condiz com os dados experimentais disponíveis.

As condições operacionais da coluna são descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros operacionais e geométricos da coluna simulada de acordo com a real

Parâmetros operacionais		Parâmetros geométricos	
Temperatura carga (°C)	77,00	Diâmetro (m)	0,20
Pressão carga (kPa)	86,51	Volume estágio (m ³)	4,71e-003
Pressão topo (kPa)	101,30	Hold up (m ³)	8,84e-002
Pressão base (kPa)	102,3	Número de pratos	13
Vazão carga (mol/h)	9,38	Volume refeedor (m ³)	1,00e-003
x _{H₂O}	0,65	Volume condensador (m ³)	3,00e-004
x _{etanol}	0,35		

2.2. Simulações para a Análise da Sensibilidade

Para a análise de sensibilidade da coluna utilizou-se o software operando em modo transiente. O procedimento adotado foi o seguinte; escolheu-se um caso base (representado na primeira coluna da tabela 2) sendo realizadas perturbações na vazão da alimentação, na composição da alimentação e na carga térmica do refeedor em mais e menos 20% do valor padrão. Os valores das variáveis estão representados mais detalhadamente na tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros e condições operacionais da coluna da simulação padrão e das simulações.

Padrão	Perturbação 1	Perturbação 2	Perturbação 3	Perturbação 4	Perturbação 5	Perturbação 6	Perturbação 7	Perturbação 8
Carga								
P=1,2 atm	P=1,2 atm	P=1,2 atm	P=1,2 atm	P=1,2 atm	P=1,2 atm	P=1,2 atm	P=1,2 atm	P=1,2 atm
T=35°C	T=35°C	T=35°C	T=35°C	T=35°C	T=70°C	T=20°C	T=35°C	T=35°C
F=180 mol/h	F=180 mol/h	F=180 mol/h	F=200 mol/h	F=160 mol/h	F=180 mol/h	F=180 mol/h	F=180 mol/h	F=180 mol/h
x _{H₂O} =0,85	x _{H₂O} =0,60	x _{H₂O} =0,40	x _{H₂O} =0,85	x _{H₂O} =0,85	x _{H₂O} =0,85	x _{H₂O} =0,85	x _{H₂O} =0,85	x _{H₂O} =0,85
X _{etanol} =0,15	X _{etanol} =0,4	X _{etanol} =0,60	X _{etanol} =0,15	X _{etanol} =0,15	X _{etanol} =0,15	X _{etanol} =0,15	X _{etanol} =0,15	X _{etanol} =0,15
Coluna								
P _{base} =1,1 atm	P _{base} =1,1 atm	P _{base} =1,1 atm	P _{base} =1,1 atm	P _{base} =1,1 atm	P _{base} =1,1 atm	P _{base} =1,1 atm	P _{base} =1,1 atm	P _{base} =1,1 atm
P _{topo} = 1atm	P _{topo} = 1atm	P _{topo} = 1atm	P _{topo} = 1atm	P _{topo} = 1atm	P _{topo} = 1atm	P _{topo} = 1atm	P _{topo} = 1atm	P _{topo} = 1atm
RR=4	RR=4	RR=4	RR=4	RR=4	RR=4	RR=4	RR=4	RR=4
D=80mol/h	D=80mol/h	D=80mol/h	D=80mol/h	D=80mol/h	D=80mol/h	D=80mol/h	D=80mol/h	D=80mol/h
Q _{ref} =1,732 *10 ⁷ kJ/h	Q _{ref} =1,732 *10 ⁷ kJ/h	Q _{ref} =1,732 *10 ⁷ kJ/h	Q _{ref} =1,732 *10 ⁷ kJ/h	Q _{ref} =1,732 *10 ⁷ kJ/h	Q _{ref} =1,732 *10 ⁷ kJ/h	Q _{ref} =1,732 *10 ⁷ kJ/h	Q _{ref} =2,078 *10 ⁷ kJ/h	Q _{ref} =1,386 *10 ⁷ kJ/h

Os resultados encontrados pelas perturbações realizadas são apresentados no item 3.

3. Resultados e Discussão

3.1. Resultados das Simulações para a Validação do Programa

O perfil de temperatura simulado é mostrado na Figura 2. a Figura 3 ilustra o perfil de concentração obtido para a corrente de topo.

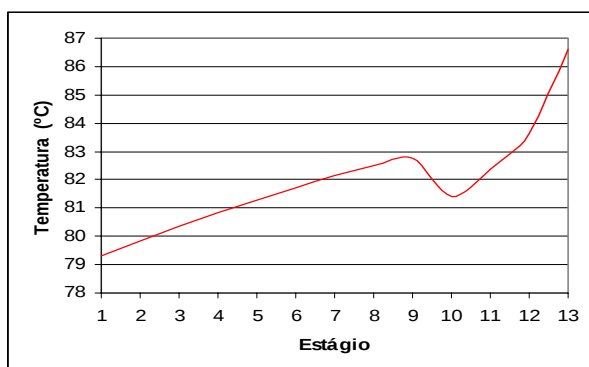


Figura 2. Perfil de temperatura em estado estacionário.

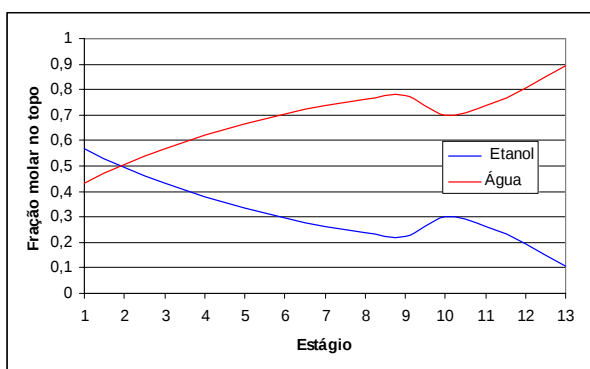


Figura 3. Perfil de concentração em estado estacionário

Os resultados experimentais encontrados com as condições operacionais apresentadas na Tabela 1 foram condizentes com os obtidos pelo software. Apesar da coluna piloto ainda estar em fase de testes, pode-se concluir que as condições simuladas poderão ser utilizadas para geração do banco de dados.

3.2. Resultados das Simulações para a Análise da Sensibilidade

As perturbações realizadas provocaram alterações no perfil de temperatura e composição. A Figura 4 ilustra o resultado das perturbações na temperatura da base da coluna.

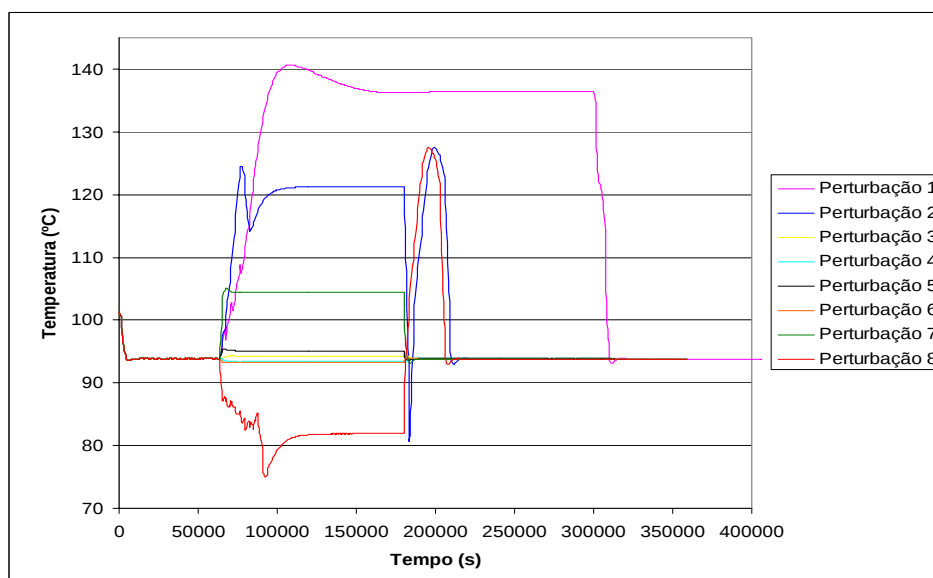


Figura 4. Influência das perturbações na temperatura da base da coluna.

Os perfis de temperatura indicam forte influência das perturbações de carga térmica do refeedor na temperatura da base e, consequentemente, nos demais pratos da coluna. A diferença entre as temperaturas dos pratos, nos estado estacionário, antes e depois das perturbações, em módulo, são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3. Diferenças entre as temperaturas antes e depois das perturbações em cada prato

Prato	Perturbação 1	Perturbação 2	Perturbação 3	Perturbação 4	Perturbação 5	Perturbação 6	Perturbação 7	Perturbação 8
1	29,0688 °C	37,0928 °C	1,0284 °C	0,7459 °C	2,6678 °C	1,3293 °C	15,7728 °C	16,2826 °C
2	23,2238 °C	30,4248 °C	0,1008 °C	0,0826 °C	1,6442 °C	0,7599 °C	12,1668 °C	22,7931 °C
3	24,5117 °C	29,4597 °C	0,1838 °C	0,2712 °C	1,4089 °C	0,5989 °C	11,4887 °C	23,5787 °C
4	30,7445 °C	29,3075 °C	0,2101 °C	0,2869 °C	1,3776 °C	0,581 °C	11,3685 °C	23,4971 °C
5	36,8908 °C	29,2608 °C	0,2089 °C	0,2843 °C	1,3673 °C	0,5761 °C	11,3028 °C	23,1462 °C
6	38,3789 °C	29,2779 °C	0,2046 °C	0,2812 °C	1,3566 °C	0,5731 °C	11,2419 °C	22,1017 °C
7	42,5889 °C	27,4869 °C	0,3991 °C	0,463 °C	1,3111 °C	0,5455 °C	11,0159 °C	23,7261 °C
8	43,183 °C	27,141 °C	0,4273 °C	0,491 °C	1,2899 °C	0,5388 °C	10,913 °C	23,9067 °C
9	43,1207 °C	26,9747 °C	0,4288 °C	0,4915 °C	1,279 °C	0,534 °C	10,8467 °C	23,9015 °C
10	42,98 °C	26,851 °C	0,4265 °C	0,4888 °C	1,2692 °C	0,5297 °C	10,787 °C	23,8043 °C
11	42,8315 °C	26,7885 °C	0,4237 °C	0,4858 °C	1,2594 °C	0,5257 °C	10,7285 °C	23,3663 °C
12	42,6837 °C	26,8677 °C	0,4209 °C	0,4828 °C	1,2499 °C	0,5217 °C	10,6707 °C	21,0456 °C
13	42,5365 °C	27,3825 °C	0,4182 °C	0,4798 °C	1,2406 °C	0,5177 °C	10,6145 °C	11,95 °C

Dependendo da perturbação realizada, constata-se maior sensibilidade de determinados pratos em relação a outros, em relação ao valor final atingido. Segundo Teixeira (2003), para a elaboração de um modelo de inferência de composições baseado em medidas de temperaturas é necessário selecionar os pratos mais adequados, de acordo com as perturbações consideradas mais relevantes. Levando-se em conta alterações na vazão de alimentação (perturbações 3 e 4), pode-se verificar destaque do prato 1 diante desta perturbação.

As composições das correntes de topo e de base são de extrema relevância no processo de destilação. Nas simulações realizadas, a fração molar de etanol no destilado revela a eficiência do processo. A Figura 5 mostra o perfil da fração de etanol na corrente de topo, ao longo do tempo.

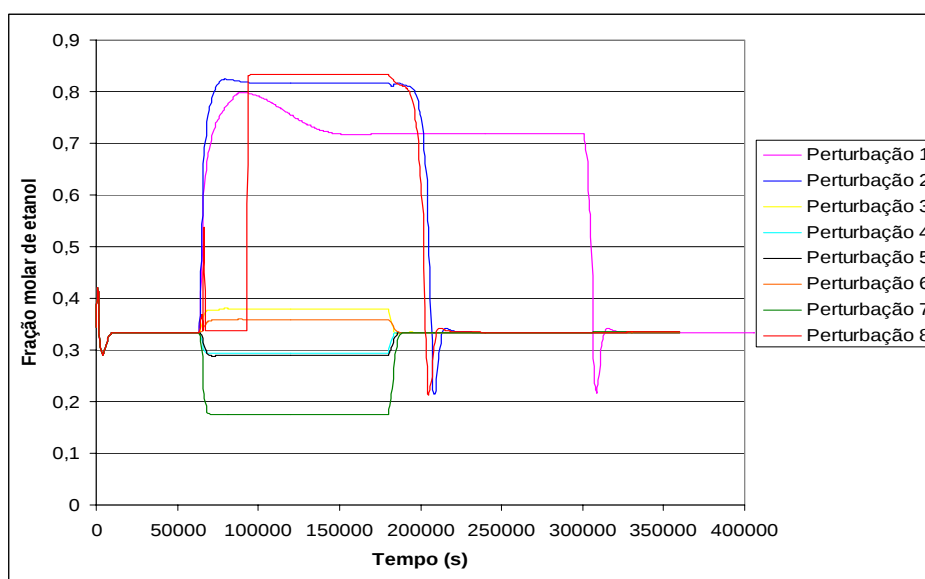


Figura 5. Fração molar de etanol no destilado.

De acordo com a Figura 5, constata-se que a perturbação mais influente nas simulações foi realizada na carga térmica do refeedor, podendo ser manipulada para aumentar a eficiência de separação. O valor da carga térmica do refeedor utilizada na simulação padrão foi gerado automaticamente pelo simulador em estado estacionário, não representando, portanto, o valor ótimo para esta variável.

4. Conclusões

A utilização de softwares comerciais para a simulação de processos representa um grande avanço para a pesquisa e para o setor industrial, tanto devido à rapidez como a facilidade de manipulação, uma vez que a parte gráfica do software o torna bastante intuitivo, permitindo assim a execução de testes sem a utilização de plantas reais.

Para a elaboração de um modelo de inferência para composição baseado em medidas de temperatura, a escolha dos pratos que devem ser considerados deve ser feita de acordo com os resultados das perturbações sendo o número de

pratos escolhidos dependente do modelo em si. Pode-se ainda concluir que o Hysys será um ótimo e eficiência gerador de dados operacionais, fazendo com que o modelo de inferência implementado contemple uma ampla faixa operacional.

Os resultados encontrados indicaram que a manipulação da carga térmica do refeedor pode ser um fator crucial tanto na qualidade da separação quanto na redução dos gastos energéticos. Fato importante tanto para o planejamento de perturbações quanto para estudos relacionados a otimização energética do processo.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à ANP pelo apoio fornecido através do programa de recursos humanos PRH-ANP/MCT e à equipe do PRH-34 sem o qual o desenvolvimento deste trabalho não seria possível.

6. Referências

- FOUST, A.S., WENZEL, L. A., CLUMP, C. W., MAUS, L., ANDERSEN, L. B. *Princípios das operações unitárias*. 2ªed, Ed. Guanabara Dois, 1982.
- MOURA, L. G. , Modelagem empírica de colunas de destilação utilizando redes neurais de wavelets para otimização e controle de processos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- TEIXEIRA, A. C. Inferências em Coluna de Destilação Multicomponente”, Relatório Final de Bolsista Aluno, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- RAMCHANDRAN, S. RHINEHART, R. R. A very simple structure for neural network control of distillation. *J Process Control*, v. 5, n. 2, p. 115-128, 1995.