

ANÁLISE DE CONTROLADORES EM MALHA ABERTA E FECHADA PARA UMA COLUNA PILOTO DE DESTILAÇÃO

C. V. de ARAÚJO¹, R. M. L. OLIVEIRA¹, R. P. BRITO²

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Faculdade de Engenharia Química

² Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Química

E-mail para contato: romildo.brito@deq.ufcg.edu.br

RESUMO – A modelagem dinâmica de uma coluna de destilação permite prever seu comportamento diante de uma variedade de perturbações. Isso torna a simulação cada vez mais fiel ao que ocorre em uma indústria química/ petroquímica, onde as colunas de destilação chegam a representar de 5 a 8% do custo total de energia de uma planta, de acordo com Soave e Feliu (2002). Este trabalho simula uma planta piloto de destilação de fabricação *Armfield*, modelo UOP3CC, analisando seu comportamento em estado estacionário, com o auxílio do *software Aspen Plus* e em seguida exportando os resultados para o *Aspen Dynamics*. Sistemas de controle foram testados, adicionando-se controles de nível, fluxo e temperatura ao sistema. O sistema de controle em malha aberta para a temperatura não se mostrou eficiente, ao contrário daquele para malha fechada.

1. INTRODUÇÃO

A destilação é um dos mais antigos e importantes processos de separação utilizado na indústria química/petroquímica. A literatura, diante de tal fato, refere-se à destilação como sendo “o processo de separação em relação ao qual todos os outros devem ser comparados” (Kister, 1992; Kunesh *et al.*, 1995). De acordo com Humphrey (1995), somente nos Estados Unidos (EUA) existiam cerca de 40.000 colunas de destilação em operação, as quais respondiam por mais de 90 % dos processos de separação e investimento da ordem de US\$ 8 bilhões. De acordo com Soave e Feliu (2002), as colunas de destilação nas indústrias são responsáveis por cerca de 3 % da energia total consumida nos EUA.

A modelagem dinâmica de colunas de destilação tem como objetivo final avaliar a estabilidade do processo, quando o mesmo é submetido a perturbações diversas, bem como avaliar a performance de um sistema de controle.

A simulação tem como objetivos fornecer a possibilidade de analisar o sistema, bem como os limites deste e compreensão de um sistema real, além de desenvolvimentos futuros e identificação de problemas.

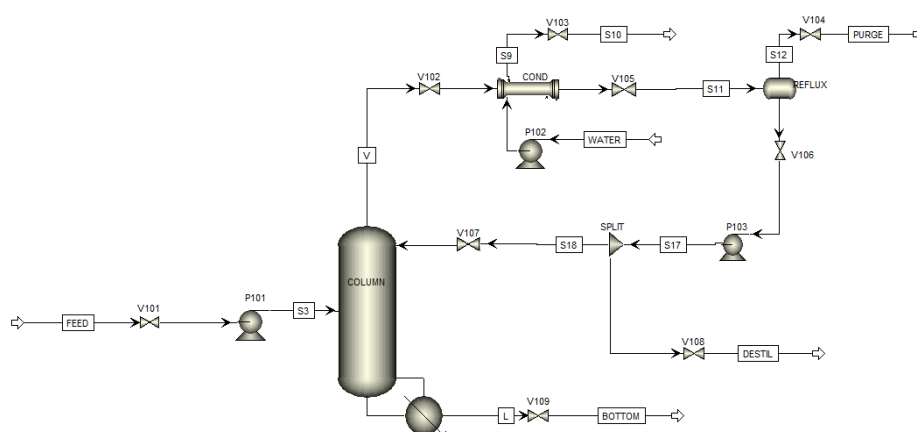
Os objetivos específicos do trabalho são:

- Simular o sistema etanol/água em regime transiente para uma planta piloto de destilação;
- Implementar as configurações de controle possíveis para a planta;
- Testar as configurações de controle propostas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O software *Aspen Plus* foi utilizado para simular uma coluna piloto de destilação de fabricação *Armfield*, modelo UOP3CC, de acordo com a Figura 1 para a separação da mistura água e etanol.

Figura 1. Fluxograma da coluna UOP3CC em regime estacionário.



A corrente de alimentação e aquela que alimenta o condensador seguem as especificações da Tabela 1. As especificações da coluna estão expostas na Tabela 2. O destilado sai da coluna pela corrente de topo *V* e logo passa pelo condensador *COND*, ocorrendo uma condensação total da mistura mais rica em etanol. Em seguida, tal mistura passa por um vaso de refluxo *REFLUX*, onde não se acumula, passando diretamente para o separador *SPLIT*, de onde parte voltará para a coluna, pelo primeiro estágio, e parte será coletada como destilado, na corrente *DESTIL*. Acima do vaso de refluxo, há uma corrente de purga *PURGE* que representa uma abertura de alívio de pressão, existente na coluna piloto presente no laboratório. Do nono estágio da coluna (refervedor), sai uma corrente rica no componente mais pesado (água), *BOTTOM*.

Tabela 1. Especificações das correntes de alimentação da simulação em estado estacionário.

Componente	Corrente	Temperatura (°C)	Pressão (atm)	Fração Mássica	Vazão
Água	FEED	25	1	0,7	4,0 L.h ⁻¹
Etanol	FEED	25	1	0,3	
Água de refrigeração	WATER	25	1	1,0	4,4 L.min ⁻¹

Tabela 2. Especificações da coluna UOP3CC

Variáveis	Especificações
Número de estágios	9
Estágio de Alimentação	5

Pressão (atm)	1,0
Queda de Pressão na Coluna (atm)	0,1
Estágio do Refervedor	9
Condensador	Não acoplado

Os resultados no *Aspen Plus* foram exportados para o *Aspen Dynamics*, através do modo *Pressure Driven*, sem controladores, adicionando-os já no regime transiente.

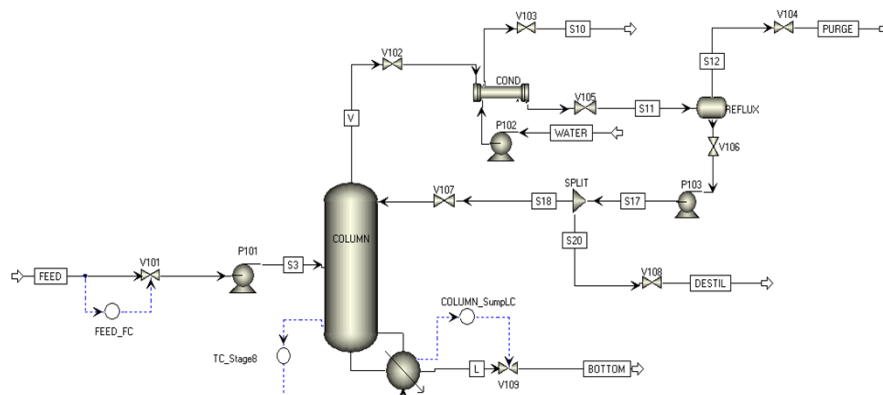
Os controladores foram adicionados seguindo as especificações do Quadro 1 e como pode ser visualizado na Figura 2. Os parâmetros P.I. utilizados nos controladores de fluxo e de nível foram calculados automaticamente pelo *Aspen Dynamics*, ao adicioná-los ao sistema. Quanto aos parâmetros P.I.D. do controle de temperatura, esses foram obtidos por experimentos na coluna UOP3CC, sendo o ganho proporcional igual a 1,18%, o tempo integral igual a 15 minutos e o tempo derivativo, 0,3 minutos.

Quadro 1. Controladores utilizados e emparelhamento das variáveis controladas e manipuladas.

Controladores	Variável controlada	Variável Manipulada
Controle de Vazão	Vazão volumétrica de alimentação	Abertura/Fechamento da válvula da corrente de alimentação
Controle de Nível	Nível do refervedor	Abertura/Fechamento da válvula da corrente de saída da base
Controle de Temperatura	Temperatura no estágio 8	Carga térmica do refervedor

A simulação foi realizada em malha aberta e malha fechada para a temperatura do estágio 8. Inicialmente, o controlador de temperatura permaneceu em modo manual e provocaram-se distúrbios de 5% a mais e a menos no *setpoint* da vazão de alimentação, sempre esperando o sistema estabilizar e voltando ao valor original, 4L.h^{-1} , antes do próximo distúrbio e também ao final da simulação. Para a simulação em malha fechada, o controlador de temperatura voltou ao modo automático e repetiram-se os distúrbios na vazão da alimentação.

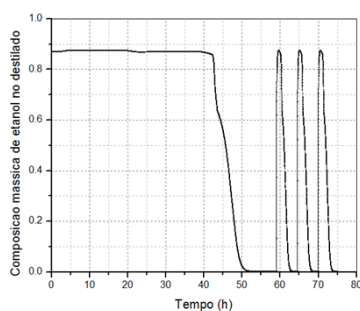
Figura 2. Fluxograma da coluna UOP3CC em regime transiente.



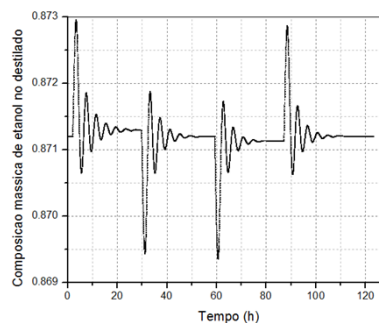
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Percebeu-se que, em malha aberta, o sistema conseguiu manter sua estabilidade durante o primeiro distúrbio, aumentando-se a vazão de 4 para 4,2 L.h⁻¹, e o segundo, quando retornou o valor da vazão para 4 L.h⁻¹, mantendo-se os valores das variáveis quase que constantes. Todavia, ao se reduzir a vazão para 3,8 L.h⁻¹, por volta das 40 horas de simulação, o sistema passou ficar fora de controle, comportando-se como em um controle *on-off*. As Figuras 3 (a) e 4 (a) demonstram esse comportamento para as composições de etanol no topo e de água na base da coluna. Isso se deve à sensibilidade da coluna, devido a suas pequenas dimensões.

Figura 3. Gráficos do comportamento da composição de etanol no destilado em malha aberta (a) e fechada (b).

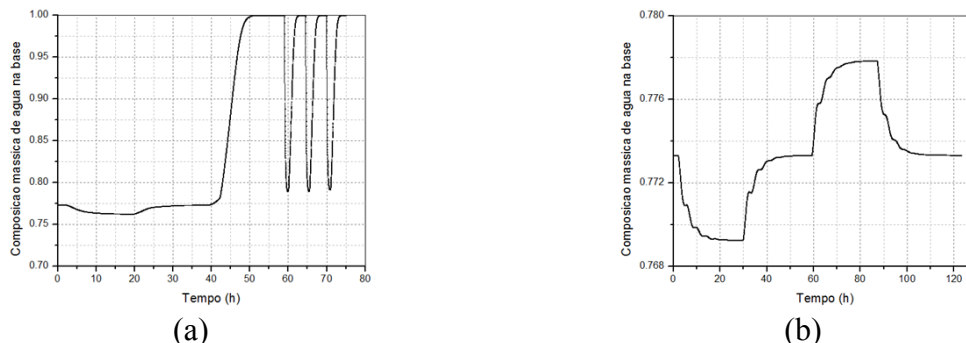


(a)



(b)

Figura 4. Gráficos do comportamento da composição de água na corrente de base da coluna em malha aberta (a) e fechada (b).



Durante a simulação em malha aberta, percebeu-se que a válvula *V101* foi totalmente aberta pelo controle de fluxo e ainda assim, a vazão de alimentação (Figura 6 (a)) e o nível presente no refeedor chegaram a zero. Como para esta simulação a carga térmica manteve-se fixa em 0,5kW (Figura 5 (a)) , uma explicação para esse fenômeno seria a de que toda a vazão de alimentação foi vaporizada, não chegando a acumular componente mais pesado na base da coluna.

Figura 5. Gráficos do comportamento carga térmica do refeedor em malha aberta (a) e fechada (b).

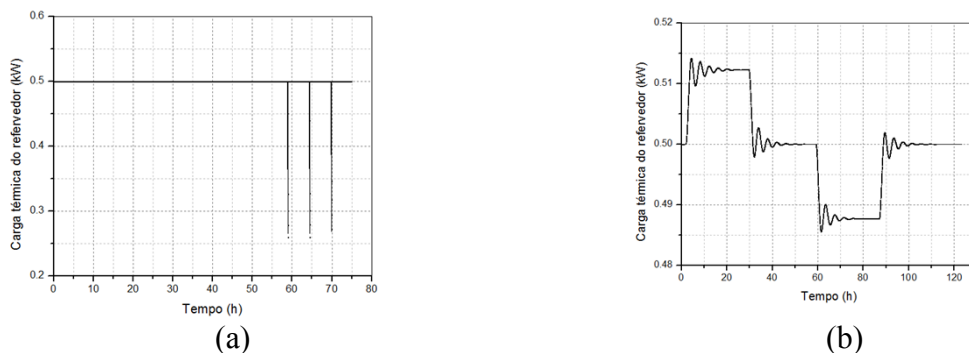


Figura 6. Gráficos do comportamento da vazão de alimentação em malha aberta (a) e fechada (b).

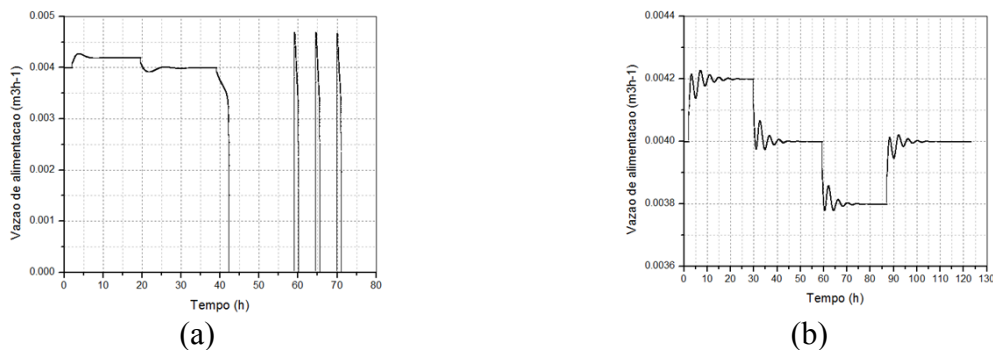
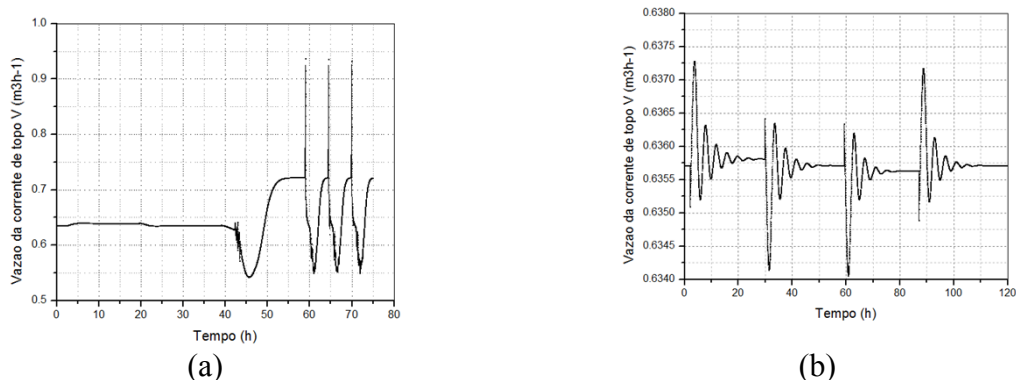


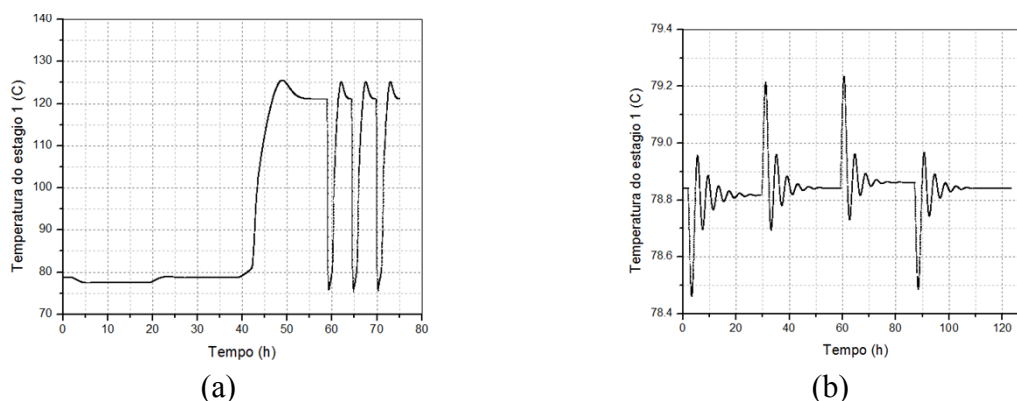
Figura 7. Gráficos do comportamento da vazão da corrente de topo da coluna em malha aberta (a) e fechada (b).



Como é suposto que toda a mistura está sendo vaporizada, é evidente que a vazão da corrente de topo aumente, o que pode ser constatado na Figura 7 (a). Porém, esse fato não é vantajoso ao sistema, já que também há uma quantidade relevante de água nessa corrente.

Como a carga térmica do refeedor manteve-se fixa e toda a mistura foi vaporizada em malha aberta, isso implicou em um aumento de temperatura ao longo de toda a coluna, o que pode ser comprovado pelo comportamento da temperatura do prato 1, no topo, presente na Figura 8 (a). Isso mostra o quão ineficiente está sendo a separação nessa situação, já que cada vez mais água está chegando ao topo, acumulando-se o mínimo possível na base.

Figura 8. Gráficos do comportamento da temperatura no topo da coluna em malha aberta (a) e fechada (b).



Para a simulação em malha fechada, percebeu-se uma grande estabilidade no sistema. Apesar dos distúrbios na alimentação, as variáveis mantiveram-se em uma faixa bastante próxima da desejada, com variações quase que desprezíveis. Os gráficos das Figuras de 3 (b) a 8 (b) comprovam isso. Ao se comparar as Figuras de item (a) com as de item (b), observa-se o grande efeito do controle de temperatura para o sistema, o qual variou a carga térmica (Figura 5 (b)) do refeedor a fim de manter a temperatura da base da coluna constante.

4. CONCLUSÕES

Percebeu-se a importância da malha fechada para o controle de temperatura, o qual manteve todo o sistema estável e sob as especificações, alterando o valor da carga térmica do refeedor e mantendo a temperatura na base da coluna com o valor necessário à separação.

5. REFERÊNCIAS

KISTER, H.Z. **Distillation Design**. McGraw-Hill, Inc. 1992.

KUNESH, J., KISTER, H., Lockett, M., Fair, J. **Distillation: Still Towering Over Other Options**. Chem. Eng. Progr, 91, 10. 1995.

LUYBEN, W. L. **The Impact of Process Diversity on Distillation Column Control**, Ind. Eng. Chem. Res., 28. 1987.

SOAVE, G.; FELIU, J. A. **Saving Energy in Distillation by Feed Splitting**, Applied Thermal Engineering. 2002.