

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO GASTO ENERGÉTICO PARA A DESTILAÇÃO INTEGRADA DO SISTEMA PROPILENO-PROPANO FRENTE A MUDANÇAS EM VARIÁVEIS DE PROJETO E PROCESSO

Leandro Favaretto (PIC), Caliane Bastos Borba Costa (Orientador), e-mail:
cbbcosta@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia/Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharia Química/Processos Industriais de Engenharia Química

Palavras-chave: análise de sensibilidade, gasto energético, separação propileno-propano

Resumo:

Diante da relevância do propileno como matéria-prima para inúmeros produtos industriais, diversos estudos são feitos com o objetivo de encontrar configurações de integração energética que consigam reduzir o alto gasto energético da destilação utilizada para separar o propileno do propano. O presente trabalho tem como objetivo analisar diversos parâmetros de processo e projeto em diferentes configurações de processo e mostrar seus efeitos nas purezas dos produtos do processo e no custo operacional total relativo da unidade. Para isso, utilizou-se um simulador de processos de código aberto, o DWSIM, que se demonstrou viável para o estudo. A variação de pressão no compressor, o número de estágios da coluna e a posição da alimentação se mostraram os parâmetros mais relevantes na redução do gasto energético e aumento de pureza dos produtos.

Introdução

O propileno é matéria-prima para a produção de diversos produtos industriais, como acrilonitrila, cumeno, ácido acrílico e polipropileno. Entretanto, frequentemente ele precisa ser separado do propano, pois nos processos tradicionais em que é produzido, o propano também é. A coluna de destilação responsável por essa separação é conhecida como depropanizadora, equipamento extremamente importante em uma petroquímica. Para que o propileno possa ser usado como matéria-prima, ele deve ter uma pureza muito elevada. Por exemplo, para produção de polipropileno (que é responsável por 2/3 do consumo de propileno no mundo), a pureza necessária é de 99,5% em massa (CHRISTOPHER *et al.*, 2017).

A depropanizadora é uma das destilações mais caras da indústria química pois, devido à baixa volatilidade relativa dos compostos, exige uma razão de refluxo muito alta, fator que aumenta a carga térmica do refeedor e do condensador. Ademais, os compostos são gasosos em condições ambientes, portanto, a operação deve ocorrer a temperaturas baixas (cerca de - 40 °C) ou pressões altas (cerca de 20 bar). A primeira condição exige intenso uso de refrigeração, e a segunda exige altos gastos energéticos com compressão.

A literatura tem estudado processos alternativos à destilação convencional para essa mistura, porém, segundo Alcántara-Avila *et al.* (2014), a capacidade e o tempo de operação dos equipamentos nesses processos são limitados por questões de manutenção periódica e tamanhos de equipamentos. Portanto, não há ainda uma alternativa que seja capaz de processar o volume demandado pelas petroquímicas, fazendo com que o processo mais utilizado ainda seja a destilação convencional (CHRISTOPHER *et al.*, 2017). Há, no entanto, propostas na literatura de alterações na configuração estrutural do processo, que se mostraram capazes de promover reduções de gastos energéticos sem reduzir a capacidade de processamento. Pesquisas com o uso de configurações como recompressão mecânica de vapor (VRC) e destilação sem utilidades quentes (DWHO) são de interesse particular, pois diversos estudos já demonstraram a eficácia das mesmas na redução do gasto energético (KAZEMI *et al.*, 2018).

É importante observar que, embora alterações na configuração do processo estejam presentes na literatura, ainda há uma carência de estudos sistemáticos da influência de variáveis de processo e projeto para que seja possível analisar a sensibilidade da redução de energia frente a essas alterações em diferentes condições. Além disso, a grande maioria dos trabalhos realizados foram feitos utilizando simuladores de processos comerciais, de altos custos de licença.

Diante do exposto, este projeto buscou avaliar a sensibilidade da redução do gasto energético (sem perder de vista a pureza dos produtos) frente a alterações em variáveis de processo e de projeto em diferentes configurações de processo para o fracionamento da mistura propileno-propano, por meio do uso do simulador de processos de licença gratuita DWSIM.

Materiais e métodos

Para que fosse possível adquirir conhecimento e habilidade com o *software* DWSIM e testar seus resultados frente a um *software* comercial altamente reconhecido na literatura (Aspen Plus), reproduziram-se as simulações realizadas por Dantas (2014) e compararam-se os resultados. Portanto, foram realizadas três simulações: na Simulação 1, a operação ocorre em temperaturas próximas à ambiente; na Simulação 2, a operação ocorre em pressão ambiente com um ciclo de refrigeração; e na Simulação 3, a operação ocorre em temperaturas próximas à ambiente com VRC. Para que uma análise holística do consumo de utilidades pudesse ser feita, foi estabelecido um padrão de custo relativo entre o consumo das mesmas: a vazão de óleo equivalente, que fornece uma informação sobre o custo operacional relativo das simulações. Além disso, para fins de comparação entre os resultados, as simulações são feitas com a mesma condição de alimentação: temperatura de 25 °C, pressão de 1 bar, composição equimolar, com vazão de 100 kmol/h. A Figura 1 apresenta a configuração da Simulação 3.

Na Simulação 3, realizou-se a análise de sensibilidade para diversas variáveis. A Tabela 1 dispõe os parâmetros analisados em cada caso estudado

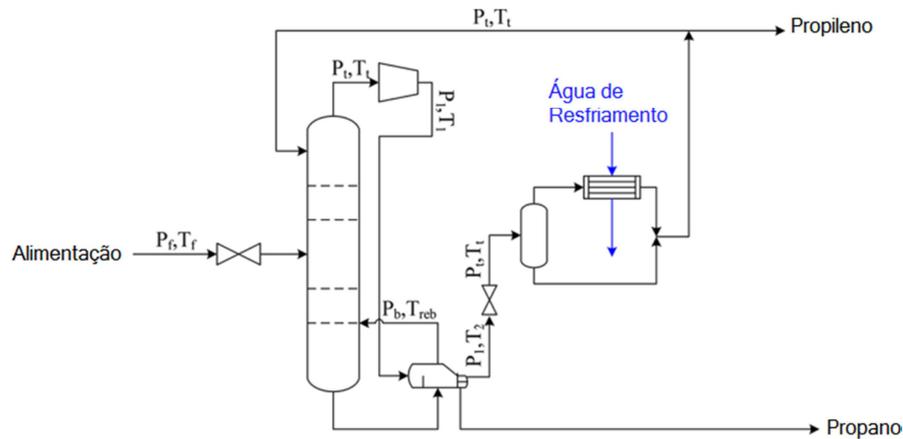


Figura 1 – Configuração da Simulação 3, que utiliza VRC. Fonte: Adaptado de Christopher *et al.* (2017).

Tabela 1 – Parâmetros analisados nos estudos de caso da Simulação 3.

Caso	Parâmetro variado
1	Variação de pressão no compressor (ΔP)
2	Pressão da alimentação (P_F)
3	Estágio da alimentação (N_F)
4	Número de estágios da coluna (N)

Resultados e Discussão

Nas três simulações foi possível comparar os resultados obtidos pelo *software* DWSIM com o *software* comercial Aspen Plus, reportados por Dantas (2014). Os cálculos de dispêndios energéticos dos equipamentos mostraram uma diferença relativa percentual de no máximo 4 %, enquanto que as frações molares dos produtos da coluna diferiram por valores inferiores a 0,4 %.

Com relação à análise de sensibilidade da Simulação 3, no Caso 1, pode-se observar que ΔP influencia somente o custo operacional, e que há um ΔP mínimo para que a simulação seja possível, e isso ocorre porque em compressões mais baixas não há uma diferença de temperatura suficiente para vaporizar completamente a parte de líquido que deixa a base da coluna e será a ela realimentada. No Caso 2, observou-se que, conforme P_F aumenta, a pureza de propileno e o consumo total de óleo aumentam, e a pureza de propano diminui. No Caso 3, observou-se que há um máximo da pureza de ambos os produtos da coluna no estágio 61, diferente do projetado inicialmente (74), e que não há efeito no consumo total de óleo. Isso ocorre porque as condições da alimentação são mais similares à composição do estágio 61 do que do estágio 74, aumentando a eficiência do equilíbrio líquido-vapor dentro da coluna. No Caso 4, foi possível notar que a pureza dos produtos da coluna acompanha o aumento de N , sem afetar o consumo total de óleo.

Conclusões

A comparação dos resultados obtidos pelos dois programas demonstra que o DWSIM é uma alternativa viável e gratuita em comparação ao Aspen Plus, fornecendo resultados suficientemente próximos.

A análise dos resultados dos estudos de caso mostra que em configurações de VRC há um ΔP mínimo que minimiza os custos, mantendo a pureza dos produtos. Além disso, é possível aumentar a pureza dos produtos mudando somente N_F , ou aumentando N , informação relevante nas situações de projeto de colunas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a UEM pela oportunidade de desenvolver o projeto no qual este trabalho está inserido.

Referências

ALCÁNTARA-AVILA, J. R.; GÓMEZ-CASTRO, F. I.; SEGOVIA-HERNÁNDEZ, J. G.; SOTOWA, K-I.; HORIKAWA, T. Optimal design of cryogenic distillation columns with side heat pumps for the propylene/propane separation. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 82, p. 112-122, 2014.

CHRISTOPHER, C. C. E.; DUTTA, A.; FAROOQ, S.; KARIMI, I. A. Process synthesis and optimization of propylene/propane separation using vapor recompression and self-heat recuperation. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 56, p. 14557-14564, 2017

DANTAS, T. A. **Destilação do sistema propileno/propano: avaliação de alterações estruturais e nas condições operacionais**. 2014. 30 p. Trabalho de Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

KAZEMI, A.; MEHRABANI-ZEINABAD, A.; BEHESHTI, M. Recently developed heat pump assisted distillation configurations: a comparative study. **Applied Energy**, v. 211, p. 1261-1281, 2018.