

# Otimização das condições de operação de uma coluna de destilação industrial

Ryadh de Paula Oliveira<sup>1</sup>, Luis Fernando Novazzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Engenharia Química, FEI

ryadhplan@hotmail.com, lnovazzi@fei.edu.br

**Resumo:** As colunas de destilação são utilizadas para a separação de componentes, onde estudos sobre otimização foram amplamente difundidos. A coluna em estudo pertence à uma indústria petroquímica brasileira, que separa isobutano, hexeno e oligômeros. O estudo visa modelar e otimizar uma coluna por meio do Aspen Plus®, sendo utilizados dois termopares presentes na coluna real para realizar os ajustes de parâmetros, como: a seleção de um alcano e a modificação da eficiência de Murphree. Após os ajustes obteve-se um erro quadrático de 0,4 °C<sup>2</sup> e um erro de 0,6 °C.

## 1. Introdução

A destilação é uma das operações unitárias mais utilizadas para a separação de componentes na indústria química, onde é fornecida energia para uma mistura de componentes, promovendo o contato das mesmas com o líquido, enriquecendo este vapor. Contudo, a construção do equipamento e a operação do mesmo apresentam elevados custos com fluido de utilidades.

Ao longo dos anos diversos estudos foram conduzidos a fim de realizar otimizações nestes equipamentos, tanto na questão de gastos com fluidos, quanto na melhora da separação dos produtos.

Com isso, o presente estudo visa modelar uma coluna de destilação e otimizá-la manipulando variáveis, como: razão de refluxo, carga térmica do condensador, carga térmica do refeedor, pratos de alimentação e prato de retirada lateral, a fim de otimizar as composições e as vazões de retirada dos produtos obtidos da produção de PEAD de uma indústria petroquímica brasileira, separando isobutano, hexeno e oligômeros. [1]

## 2. Metodologia

Nesta seção é detalhado a descrição da coluna real, a implementação da mesma no simulador, os ajustes dos parâmetros e a validação dos mesmos.

### 2.1 Descrição da coluna real

A coluna é construída em aço inox e apresenta 40 bandejas valvuladas, tendo também sob à sua disposição dois condensadores e um refeedor que conta com um vapor de 21 kgf/cm<sup>2</sup>, como mostra a Figura 1. [1]

Sobre suas condições de operação a coluna trabalha a uma pressão de 10 kgf/cm<sup>2</sup>, sua razão entre as vazões mássicas de vapor e de destilado é de 0,264, a razão de refluxo é de 0,4, a vazão total de destilado é de 3386 kg/h e a vazão da retirada lateral, corrente 5, é de 37 kg/h. [1]

A alimentação é dada por duas correntes: onde a corrente 1 advém de uma unidade de recuperação, contendo quantidades relevantes de gases não condensáveis, isobutano e etileno. Já a corrente 2 é constituída de hexeno e oligômeros.

Após o processo de separação a coluna tem como produto quatro correntes, onde em suas condições ideais a corrente 3 deve conter apenas gases não condensáveis, na corrente 4 apenas isobutano, na corrente 5 apenas hexeno e na corrente 6 os oligômeros. [1]

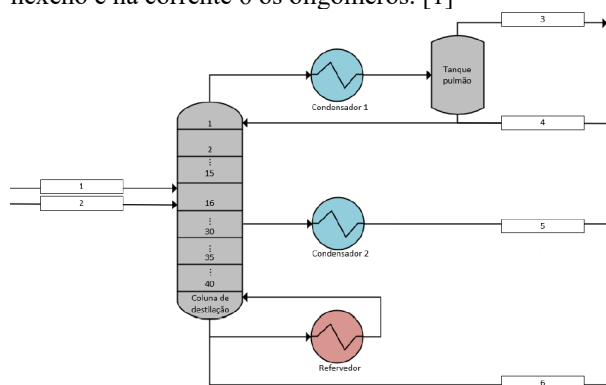


Figura 1 – Fluxograma da coluna em estudo

### 2.2 Simulação e ajuste de parâmetros

O modelo denominado *RADFRAC* está disponível no simulador Aspen Plus®, onde se baseia em uma metodologia na qual são resolvidos os balanços de matéria, energia e equilíbrio entre os componentes prato a prato.

Selecionado o modelo, é informado ao simulador quais componentes serão usados, sendo os principais: eteno, isobutano e hexeno e já para o oligômero selecionou-se hidrocarbonetos de C8-C13, a fim encontrar um alcano que melhor represente o oligômero.

Após as análises realizadas com os diversos alcanos é realizado o seccionamento dos pratos da coluna em 3 partes, sendo a primeira do prato 2-22, a segunda do prato 23-30 e a terceira do prato 31-41

Com as seções definidas, varia-se os valores para a eficiência de Murphree de 0 até 1 para cada seção da coluna com o incremento de 0,1, este ajuste irá permitir melhorar o erro encontrado com os ajustes dos alcanos, uma vez que a coluna real não apresenta uma eficiência de 100 %.

### 2.3 Validação dos ajustes

Para realizar o ajuste do modelo construído é levado em conta minimização do erro quadrático. As validações são realizadas a partir do conceito da somatória dos erros quadráticos (Equação 1). Nessa expressão,  $e^2$  o erro quadrático,  $T_i$  é a temperatura das correntes de saída, sendo elas: corrente 5 e 6, que são obtidas do modelo,  $T_{Ri}$  é a temperatura real da planta obtida por termopares e  $i$  o número que representa a corrente.

$$e^2 = \sum (T_i - T_{Ri})^2 \quad (1)$$

### 4. Resultados

O primeiro ajuste analisado é a seleção de um alcano pesado, que possa representar o oligômero no fundo da coluna, considerando a eficiência de Murphree de 100%. A Tabela I exibe os resultados obtidos com o teste dos oligômeros citados.

Tabela I – Raiz do erro quadrático total calculado com base na temperatura medida pelos termopares

Alcanos	$\Delta T$ da corrente 5 (°C)	$\Delta T$ da corrente 6 (°C)	Erro (°C)
C8	5,376	13,076	14,138
C9	5,839	19,874	20,714
C10	6,309	26,186	26,935
C11	6,787	32,285	32,991
C12	7,272	39,010	39,682
C13	7,765	46,693	47,334

Com os erros obtidos com os testes de alcanos (Tabela I) é possível notar que com o aumento da cadeia carbônica, há um aumento no erro, mostrando que a escolha do alcano impacta diretamente no perfil de temperatura da coluna e que provavelmente o alcano que represente o oligômero no fundo da coluna seja inferior a um C11, pois os outros oligômeros apresentam um erro muito elevado.

Outra análise obtida foi com a variação do alcano no fundo da coluna, aumenta-se a temperatura de fundo da mesma e obtendo uma melhora na fração de hexeno da corrente 5, como mostrado na Figura 2.

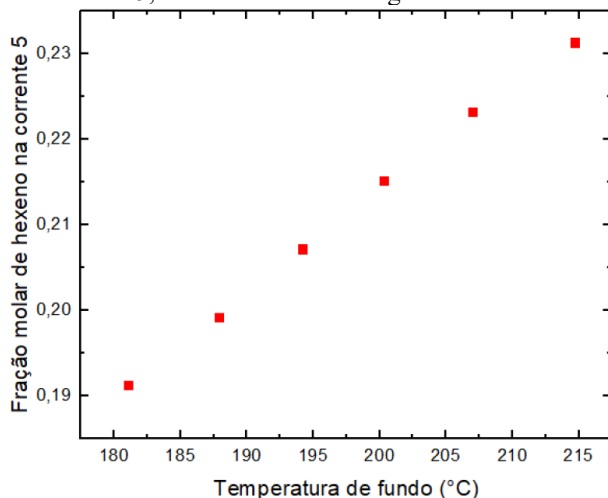


Figura 2 – Análise da temperatura de fundo da coluna em relação a fração molar de hexeno na corrente 5

Isso mostra que uma das variáveis mais importantes a ser avaliada é a temperatura do vapor utilizado para realizar o aquecimento no fundo da coluna.

Após a conclusão obtida pela variação dos alcanos, segue-se para a manipulação das eficiências nos pratos. A Figura 3 exibe o menor erro encontrado com a variação das eficiências nos pratos seccionados, onde os valores são 0,4 para os pratos 2-22, 0,1 para os pratos de 23-30 e 0,2 para os pratos de 31-41.

Se compararmos o erro obtido somente no estudo do oligômero para o C9, 20,71 °C e com variação do oligômero mais a eficiência, 0,6 °C, é nítido que houve

uma redução significativa no erro. Isso indica que a coluna real apresenta uma eficiência baixa em seus pratos, concluindo-se a modelagem da coluna, devido ao baixo erro encontrado.

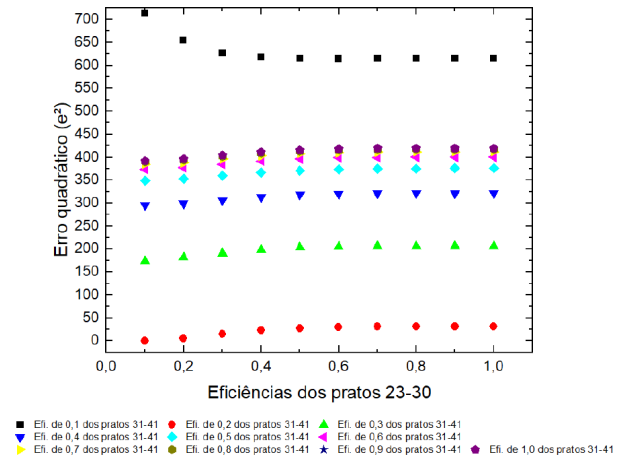


Figura 3 – Variação das eficiências nos pratos seccionado utilizando o C9 como alcano

A Tabela 2 mostra um comparativo dos valores reais dos termopares presentes na coluna e os valores após o ajuste do modelo. Pode-se notar boa concordância entre os valores previstos pelo modelo e aqueles da coluna industrial.

Tabela 2 - Comparativo das principais variáveis da coluna real com o modelo ajustado

Variáveis	Coluna real	Modelo ajustado
Temperatura da retirada lateral (°C)	71,0	71,3
Temperatura de fundo (°C)	168,0	168,8
Vazão da corrente 3 (kg/h)	895,0	895,0
Vazão da corrente 4 (kg/h)	2491,0	2491,0
Vazão da corrente 5 (kg/h)	34,0	34,0
Vazão da corrente 6 (kg/h)	7,0	7,0

### 5. Conclusões

Na modelagem da coluna de isobutano-hexeno, primeiramente é estudada a influência de diversos alcanos. Neste estudo o C9 obteve um erro quadrático de 428,90 °C<sup>2</sup> e um erro de 20,71 °C, sendo possível avaliar a importância da temperatura do vapor no processo de destilação.

Após os testes realizados com os alcanos, foram feitas modificações das eficiências dos pratos na coluna, resultando em um erro quadrático de 0,4 °C<sup>2</sup> e um erro de 0,6 °C, completando a modelagem da coluna real e permitindo seguir com andamento ao estudo de otimização.

### 6. Referências

[1] FERREIRA, Newton Libanio et al. ESTUDO DA SEPARAÇÃO ISOBUTANO HEXENO: UM CASO REAL DE INDÚSTRIA PETROQUÍMICA. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v. 4, n. 1, p. 0109-0116, 2018.

<sup>1</sup> Aluno de PROBID do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 03/2024 a 12/2024.