



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena - EEL

Operações Unitárias

III

Profa. Dra.: Simone de Fátima Medeiros



Exemplo:

Uma coluna de retificação deve ser projetada para separar 292 kmols/h de uma mistura de 44% (molar) de benzeno e 56% (molar) de tolueno, fornecendo um produto de topo contendo 97,4 % (molar) de benzeno e um produto de fundo contendo, no máximo, 2,4 % (molar) de benzeno. A razão de refluxo deve ser de 3,5 moles de retorno para a coluna para cada mol de produto de topo obtido. O calor latente molar para a mistura benzeno-tolueno da alimentação é 7.240 cal/mol. A volatilidade relativa é $\alpha = 2,381$.

- a) determinar as vazões de produto de topo e de produto de fundo;
- b) determinar o número de pratos, as composições de equilíbrio em cada prato e a posição do prato de alimentação se:
 - b.1) a mistura contém 2/3 de vapor e 1/3 de líquido;
 - b.2) a mistura está líquida na temperatura de bolha;
 - b.3) a mistura está líquida a 25°C ($C_p = 37,77$ cal/mol.°C).

Solução:

$$F = 292 \text{ kmols/h;}$$

$$x_F = 0,44;$$

$$x_D = 0,974;$$

$$x_B = 0,024;$$

$$R_D = 3,5 \text{ kmols retorno/kmol de saída;}$$

$$\alpha = 2,381.$$

$$\text{a) } D, B = ?$$

$$F * x_F = D * x_D + B * x_B$$

$$F * x_F = D * x_D + (F - D) * x_B$$

$$292 * 0,44 = D * 0,974 + (292 - D) * 0,024$$

$$D = 127,6 \text{ kmols / h}$$

$$B = 164,4 \text{ kmols / h}$$

$$\text{b.1) } f = 2/3 = 0,667$$

L.A.:

$$y = -\left[\frac{(1-f)}{f}\right] * x + \frac{x_F}{f}$$

$$y = -\left[\frac{(1-0,667)}{0,667}\right] * x + \frac{0,44}{0,667}$$

$$y = -0,5 * x + 0,6603$$

L.O.R.:

$$y = \frac{R_D}{R_D + 1} * x + \frac{x_D}{R_D + 1}$$

$$y = \frac{3,5}{3,5 + 1} * x + \frac{0,974}{3,5 + 1}$$

$$y = 0,778 * x + 0,2165$$

b.1) Solução pelas equações das linhas de operação:

$$f = 2/3 = 0,667$$

L.A.:

$$y = -0,5 * x + 0,6603$$

L.O.R.:

$$y = 0,778 * x + 0,2165$$

Ponto de intersecção:

$$-0,5 * x + 0,6603 = 0,778 * x + 0,2165$$

$$x_{PI} = 0,35$$

$$y_{PI} = 0,49$$

L.O.D.:

Ponto 1: (0,024; 0,024)



Ponto final: (0,35; 0,49)

$$y = 1,4302 * x - 0,0101$$

Prato 1:

$$y_1 = x_D = 0,974$$

$$x_1 = \frac{y_1}{\alpha - \alpha * y_1 + y_1} = \frac{0,974}{2,381 - 2,381 * 0,974 + 0,974}$$

$$x_1 = 0,94$$

Prato 2:

$$y_2 = 0,778 * 0,94 + 0,2165$$

$$y_2 = 0,95$$

$$x_2 = \frac{y_2}{\alpha - \alpha * y_2 + y_2} = \frac{0,95}{2,381 - 2,381 * 0,95 + 0,95}$$

$$x_2 = 0,89$$



$$x_8 = 0,30$$

$$y_9 = 1,4302 * x_8 - 0,0101$$

⋮

$$y_{14} = 0,031$$

$$x_{14} = 0,013$$

b.2)

$$y = 0,778 * x + 0,2165$$

$$f = 0$$

$$y = -\left[\frac{(1-f)}{f}\right] * x + \frac{x_F}{f}$$

$$y * f = -(1-f) * x + x_F$$

$$y * 0 = -(1-0) * x + x_F$$

$$x = x_F$$

Para o caso de:

$$f = 1$$

$$y * f = -(1-f) * x + x_F$$

$$y * 1 = -(1-1) * x + x_F$$

$$y = x_F$$

Razão de refluxo versus número de pratos:

Grandezas inversamente proporcionais

Número mínimo de pratos:

Equação de Fenske:

$$N_{\min} = \frac{\log \left[\left(\frac{x_D}{1-x_D} \right) * \left(\frac{1-x_B}{x_B} \right) \right]}{\log \alpha}$$

Razão de refluxo versus número de pratos:

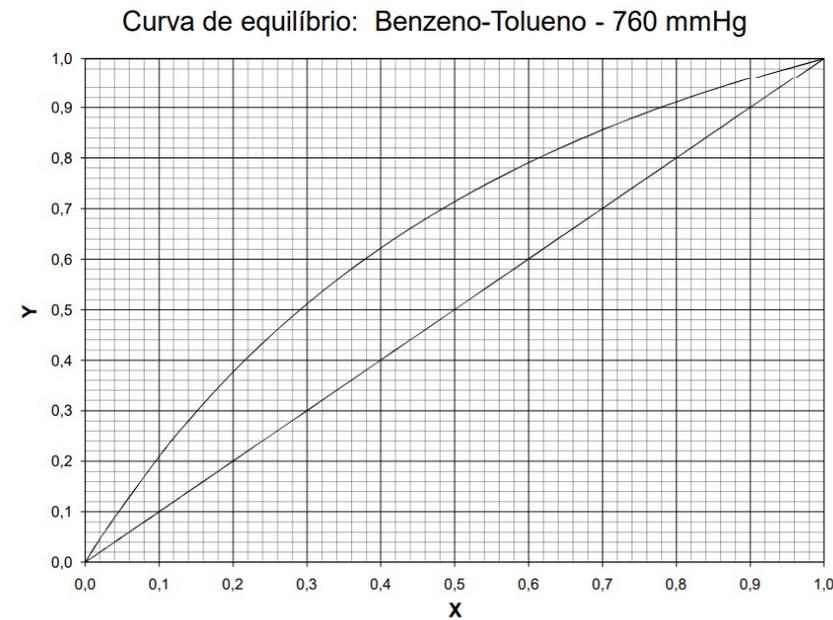
Grandezas inversamente proporcionais

Razão de refluxo mínima:

$$\frac{R_{\min}}{1 + R_{\min}} = \frac{x_D - y'}{x_D - x'}$$

L.O.R.:

$$y = \frac{R_D}{R_D + 1} * x + \frac{x_D}{R_D + 1}$$



Eficiência da coluna:

1. Eficiência global, E_O :

$$E_O = \frac{N_T}{N_R}$$

Onde: N_T ... Número teórico de pratos;
 N_R ... Número real (ideal) de pratos.

2. Eficiência de Murphree, E_M :

$$E_M = \frac{y_n^* - y_{n+1}}{y_n - y_{n+1}}$$

Onde: y_n ... Fração molar teórica do componente mais volátil deixando o prato n ;
 y_{n+1} ... Fração molar teórica do componente mais volátil deixando o prato $n+1$;
 y_n^* ... Fração molar experimental do componente mais volátil deixando o prato n .

3. Eficiência de Murphree pontual, E_{MP} :

$$E_{MP} = \frac{y'_n{}^* - y'_{n+1}}{y'_n - y'_{n+1}}$$

Onde: y'_n ... Fração molar teórica do componente mais volátil em um determinado ponto do prato n ;
 y'_{n+1} ... Fração molar teórica do componente mais volátil em um determinado ponto do prato $n+1$;
 $y'_n{}^*$... Fração molar experimental do componente mais volátil em um determinado ponto do prato n .