



### Operações Unitárias III

Profª. Dra. Simone de Fátima Medeiros

## Exercícios de Aplicação

### Destilação Flash:

- 1) Uma mistura composta por benzeno e tolueno de composição  $z_A = 0,55$  em fração molar de benzeno, entra a  $30\text{ °C}$  em um aparato de destilação flash e vaporiza-se 40 % da alimentação. Determinar:
  - A) A composição do vapor e do líquido residual;  
**Resp.:  $x_A=0,46$ ;  $y_A=0,68$ ;  $x_B=0,54$ ;  $y_B=0,32$ .**
  - B) A temperatura em que se efetiva a separação;  
**Resp.:  $93,4\text{ °C}$ .**
- 2) Uma mistura de metanol e etanol com uma fração molar do componente mais volátil igual a 0,72 é submetida a uma destilação flash, na pressão atmosférica, obtendo-se 35 % de vapor. Utilizando o diagrama de equilíbrio, determine:
  - A) As composições das fases obtidas;  
**Resp.:  $x_A=0,69$ ;  $y_A=0,79$ ;  $x_B=0,31$ ;  $y_B=0,21$ .**
  - B) A temperatura de separação.  
**Resp.:  $68,3\text{ °C}$ .**
- 3) 100 kmol/h de uma mistura equimolar de eteno e n-octano sofrem uma destilação flash à pressão de 200 psi e  $100\text{ °F}$ . Calcular a composição e a vazão de cada fase formada.  
 **$V=35,02\text{ kmol/h}$ ;  $y_A=0,9941$ ;  $y_B=0,0059$ .**  
 **$L=64,98\text{ kmol/h}$ ;  $y_A=0,2339$ ;  $y_B=0,7661$ .**
- 4) Faça um estudo da curva de vaporização em função da temperatura, para uma alimentação correspondente a 30 % molar em tolueno, de uma corrente de mistura benzeno e tolueno de 150 kmol/min. Utilize o digrama de fase T-x-y para os cálculos necessários. A partir deste estudo identifique:



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Escola de Engenharia de Lorena – EEL

A) a temperatura na qual a fração vaporizada é de 0.2.

Resp.: 87 °C.

B) a temperatura correspondente ao ponto de bolha;

Resp.: 86,8 °C.

C) a temperatura correspondente ao ponto de orvalho.

D) Resp.: 92,5 °C.

5) Uma mistura equimolar de benzeno e tolueno é sujeita a destilação flash em um separador a 1 atm de pressão. Determine as seguintes quantidades para  $f$ , fração de vaporização, igual à 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1:

A) A temperatura no separador;

Resp.: Para  $f=0$ :  $T=92^{\circ}\text{C}$ ; para  $f=0,2$ :  $T=93,2^{\circ}\text{C}$ ; para  $f=0,4$ :  $T=94^{\circ}\text{C}$ ; para  $f=0,6$ :  $T=96,4^{\circ}\text{C}$ ; para  $f=0,8$ :  $T=97,5^{\circ}\text{C}$ ; para  $f=1$ :  $T=98,5^{\circ}\text{C}$ .

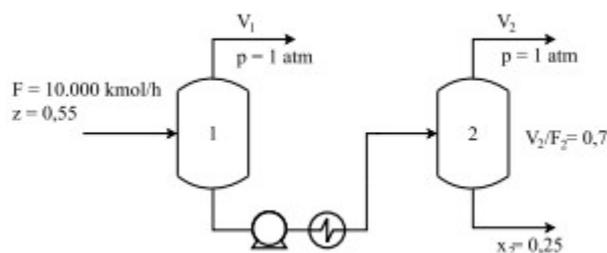
B) A composição do líquido que deixa o separador;

Para  $f=0$ :  $x_A=0,5$ ; para  $f=0,2$ :  $x_A=0,458$ ; para  $f=0,4$ :  $x_A=0,41$ ; para  $f=0,6$ :  $x_A=0,364$ ; para  $f=0,8$ :  $x_A=0,322$ ; para  $f=1$ :  $x_A=0,285$ .

C) A composição do vapor que deixa o separador.

Para  $f=0$ :  $y_A=0,71$ ; para  $f=0,2$ :  $y_A=0,678$ ; para  $f=0,4$ :  $y_A=0,62$ ; para  $f=0,6$ :  $y_A=0,582$ ; para  $f=0,8$ :  $y_A=0,541$ ; para  $f=1$ :  $y_A=0,5$ .

6) Dois vasos flash são conectados como mostrado na figura abaixo. Ambos estão a 1 atm de pressão. A alimentação do primeiro vaso é uma mistura binária de metanol e água com 55 mol% de metanol. A vazão alimentada é de 10000 kmol/h. O segundo vaso opera com  $V_2/F_2 = 0,7$  e a composição do produto líquido é de 25 mol% de metanol. Os dados de equilíbrio são mostrados na tabela abaixo. Determine as vazões e as composições de equilíbrio em cada um dos vasos.





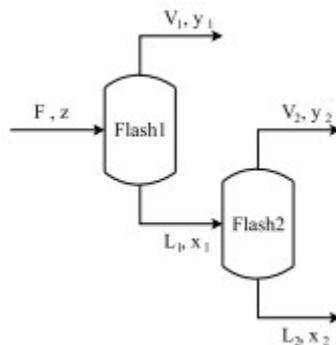
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Escola de Engenharia de Lorena – EEL

Tabela 1: Dados de equilíbrio vapor-líquido para metanol(A)–  
água(B) ( $p = 1 \text{ atm}$ ).

$x_A$	$y_A$	$T$ (°C)	$x_A$	$y_A$	$T$ (°C)
0	0	100	40	72,9	75,3
2	13,4	96,4	50	77,9	73,1
4	23	93,5	60	82,5	71,2
6	30,4	91,2	70	87	69,3
8	36,5	89,3	80	91,5	67,6
10	41,8	87,7	90	95,8	66
15	51,7	84,4	95	97,9	65
20	57,9	81,7	100	100	64,5
30	66,5	78			

$V_1 = 1450 \text{ kmol/min}$ ;  $L_1 = 8550 \text{ kmol/min}$ ;  $V_2 = 5984 \text{ kmol/min}$ ;  $L_2 = 2566 \text{ kmol/min}$ ;  $x_{A1} = 0,509$ ;  $y_{A1} = 0,79$ ;  $x_{A2} = 0,25$ ;  $y_{A2} = 0,62$ .

- 7) Uma mistura contendo 70 mol% de benzeno e 30 mol% de tolueno a temperatura ambiente, na qual os componentes são miscíveis em qualquer proporção, é alimentada em uma sequência de 2 vasos flash ligados em série. A saída da corrente da fase líquida do primeiro vaso flash é alimentada no segundo como indicado na figura abaixo. O processo é conduzindo a uma pressão constante de 1 atm. A partir do diagrama de equilíbrio, determine:



- I. Considere ambos os vasos flash com uma fração vaporizada de 50%.
- A) Quais são as composições de benzeno das correntes de vapor que deixam os 2 vasos?  
**Resp.:  $y_{A1} = 0,795$ ;  $y_{A2} = 0,71$ ;**
- B) Quais as temperaturas de operação dos 2 vasos?  
**Resp.:  $T_{s1} = 89,2 \text{ °C}$  e  $T_{s2} = 92 \text{ °C}$ .**



II. Considere os vasos flash com temperaturas de 90°C e 95°C respectivamente.

A) Quais as frações vaporizadas nos 2 vasos?

Resp.:  $f_1 = 0,64$ ;  $f_2 = 0,80$ ;

B) Quais as composições de benzeno das correntes de vapor que deixam os 2 vasos?

Resp.:  $y_{A1} = 0,77$ ;  $y_{A2} = 0,62$ ;

III. Considere o primeiro e o segundo vasos flash com 60 mol% e 50 mol% de benzeno na corrente de líquido respectivamente.

A) Quais as frações vaporizadas nos 2 vasos?

Resp.:  $f_1 = 0,53$ ;  $f_2 = 0,46$ ;

B) Quais as temperaturas de operação dos 2 vasos?

Resp.:  $T_{s1} = 89,2^\circ\text{C}$ ;  $T_{s2} = 94^\circ\text{C}$ .

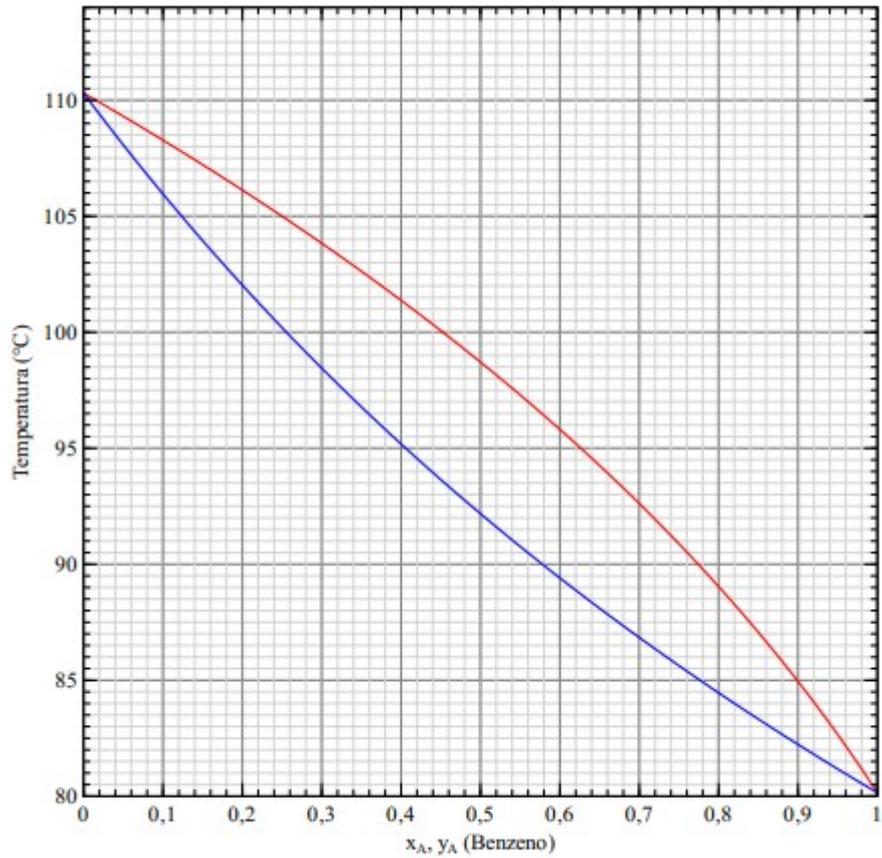
### Destilação Diferencial:

8) Cem moles de uma mistura a 50 % de etanol e 50 % de água, em base molar, são destilados por um sistema de destilação diferencial e pressão atmosfera normal. A destilação é efetuada até que o resíduo atinja a composição de 0,1 em fração molar do etanol. Qual é a quantidade e composição média no destilado? Dado o diagrama X –Y de uma mistura azeotrópica e utilize passo de 0,1 para a integração dos dados.

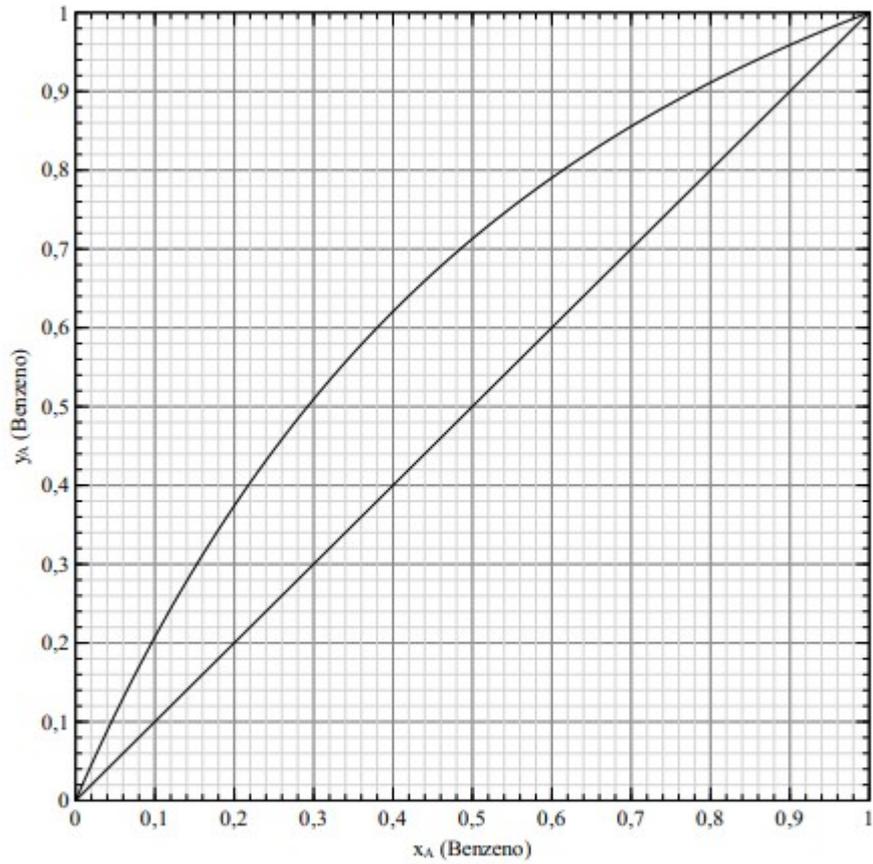
Resp.:  $V = 80,84$  mols;  $y_A = 0,59$ .

9) Cem moles de uma mistura 20 % de etanol e 80 % água, em base molar foram destilados por destilação diferencial a pressão atmosfera normal. A destilação foi efetuada até que o resíduo atinja a composição 0,05 em fração molar do etanol. Qual a quantidade e a composição média do destilado?

Resp.:  $V = 36,87$  mols;  $y_A = 0,43$ .

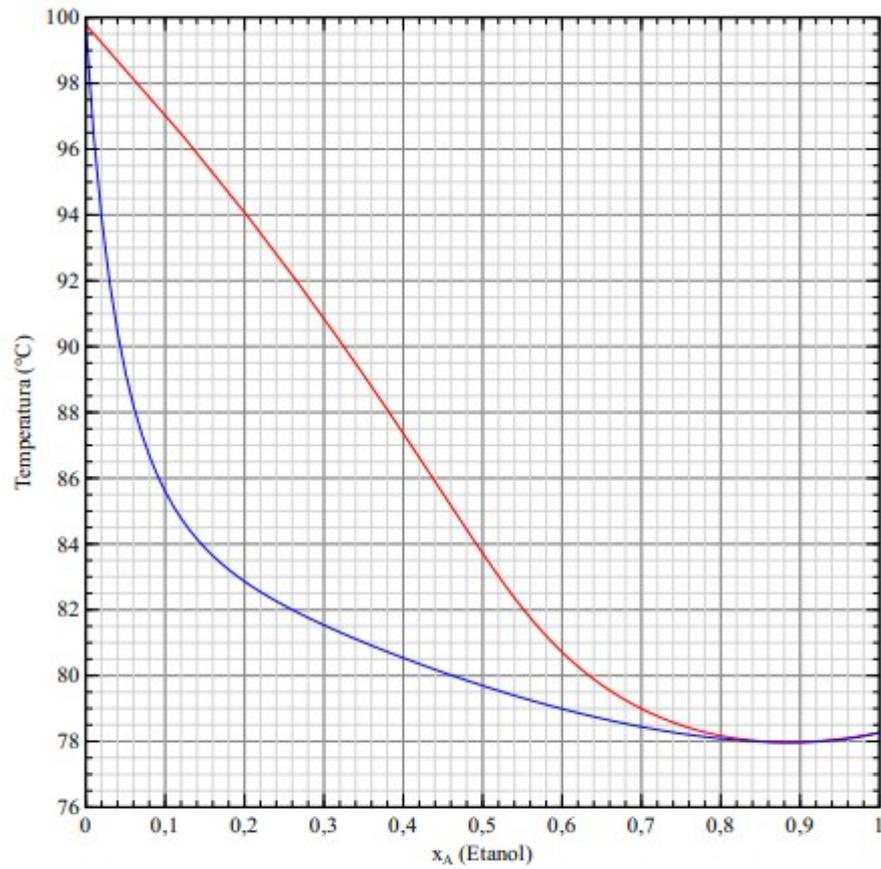


(a) Diagrama T-x-y a pressão constante.

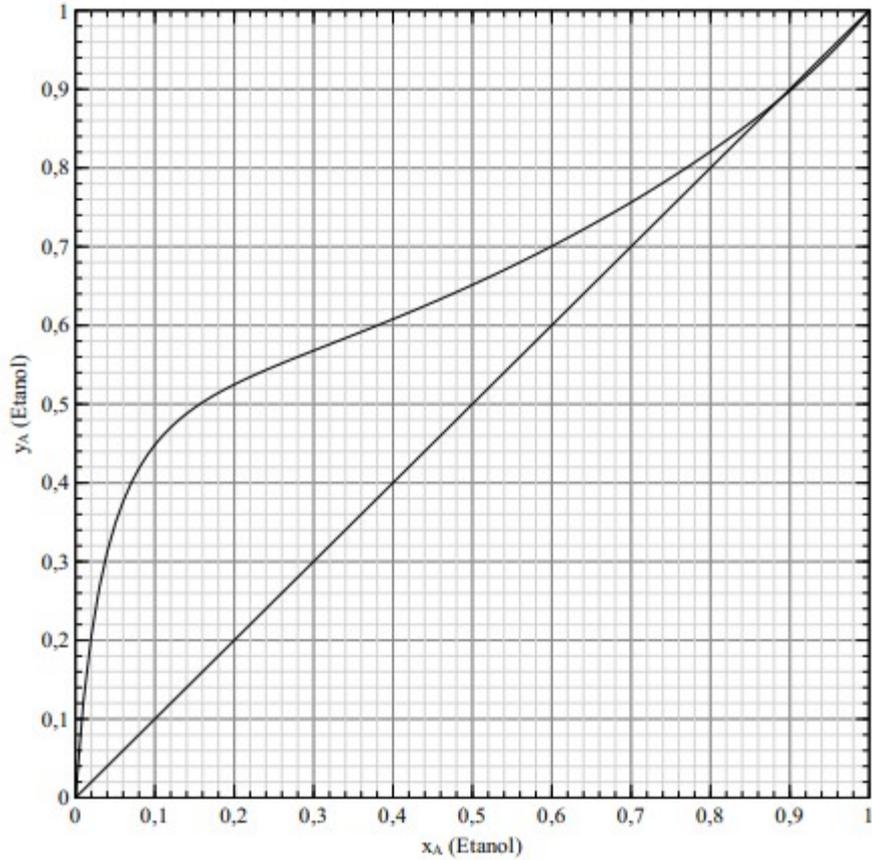


(b) Diagrama x-y a pressão constante.

Figura 1: Mistura binária benzeno(A)-tolueno(B) a 1 atm.



(a) Diagrama T-x-y a pressão constante



(b) Diagrama x-y a pressão constante

Figura 4: Mistura binária etanol(A)-água(B) a 1 atm.