



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena - EEL

Operações Unitárias

III

Profa. Dra.: Simone de Fátima Medeiros

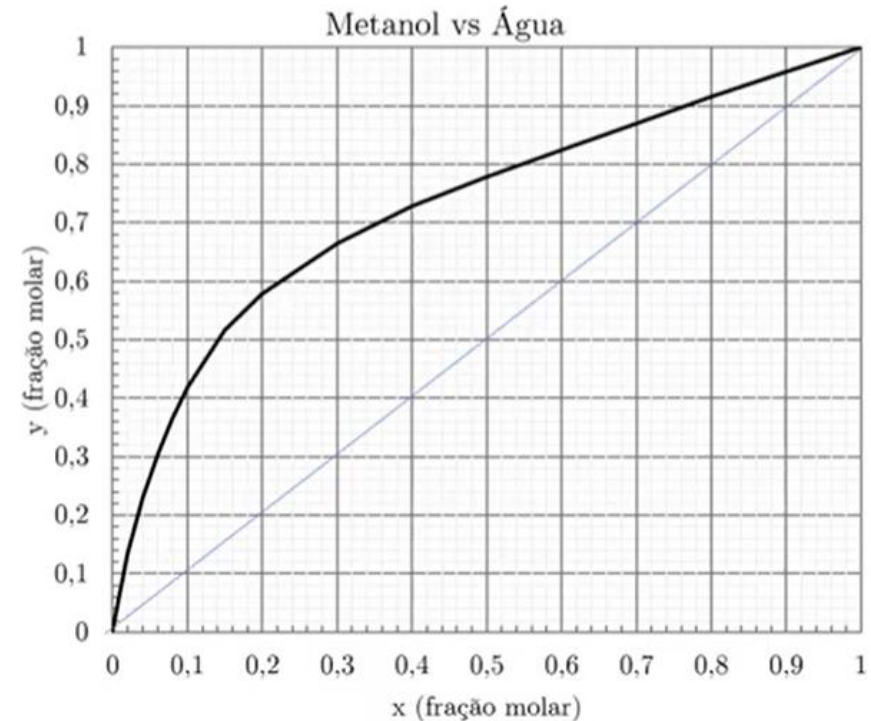


Destilação azeotrópica

Misturas azeotrópicas:

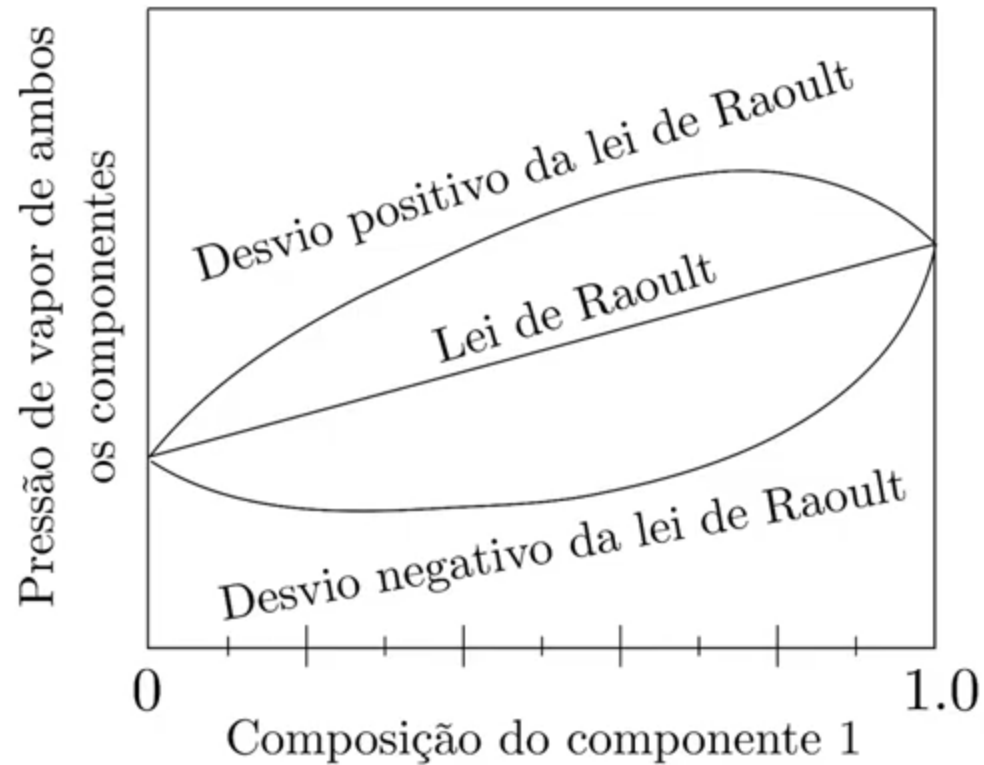
$$\alpha_r = \frac{P_A^0}{P_B^0} \quad \alpha_A = \frac{p_A}{x_A} = \frac{k_A^* x_A}{x_A} = k_A \quad \alpha_r = \frac{k_A}{k_B}$$

$$\alpha_r = f(T, P, x_A, x_B, y_A, y_B)$$



Destilação azeotrópica

Desvio da Lei de Raoult (misturas não ideais):



Azeótropos:

Apresentam variações negativas ou positivas da Lei de Raoult;

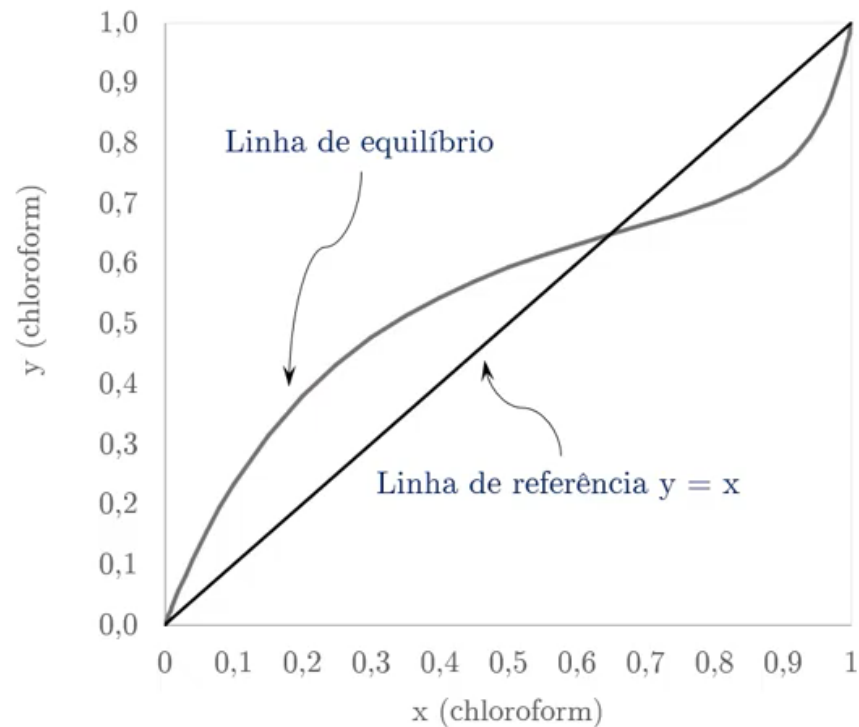
No ponto de azeotropia, as composições de líquido e vapor são idênticas

$$\alpha_r = \frac{k_A}{k_B} = \frac{(y_A / x_A)}{(y_B / x_B)} = 1$$

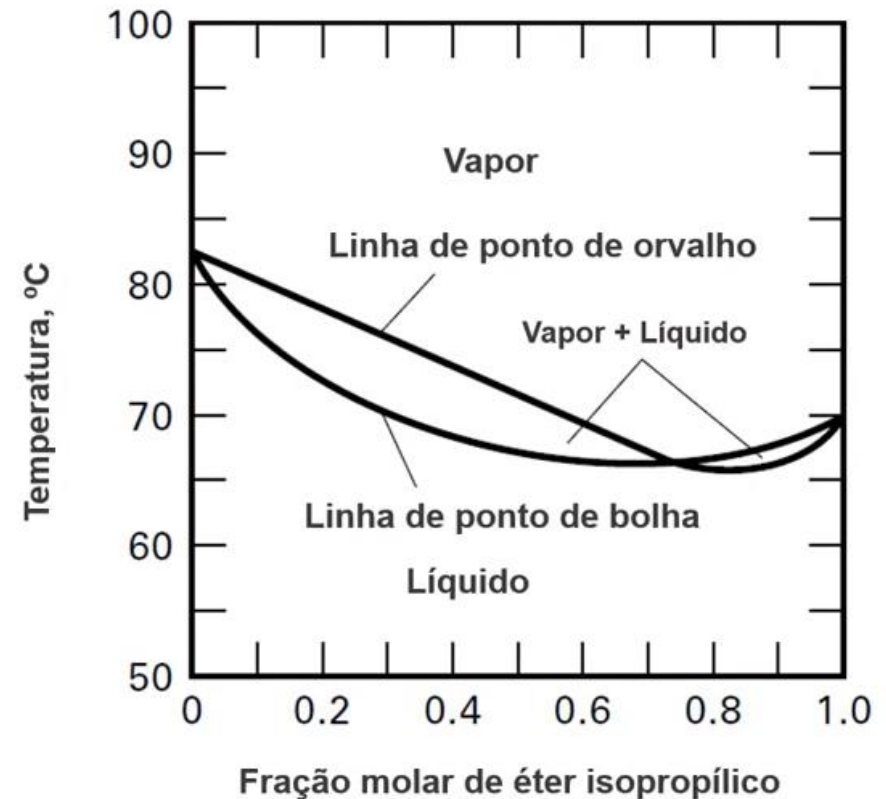
Destilação azeotrópica

Exemplo:

Chloroform e Methanol (1 atm)

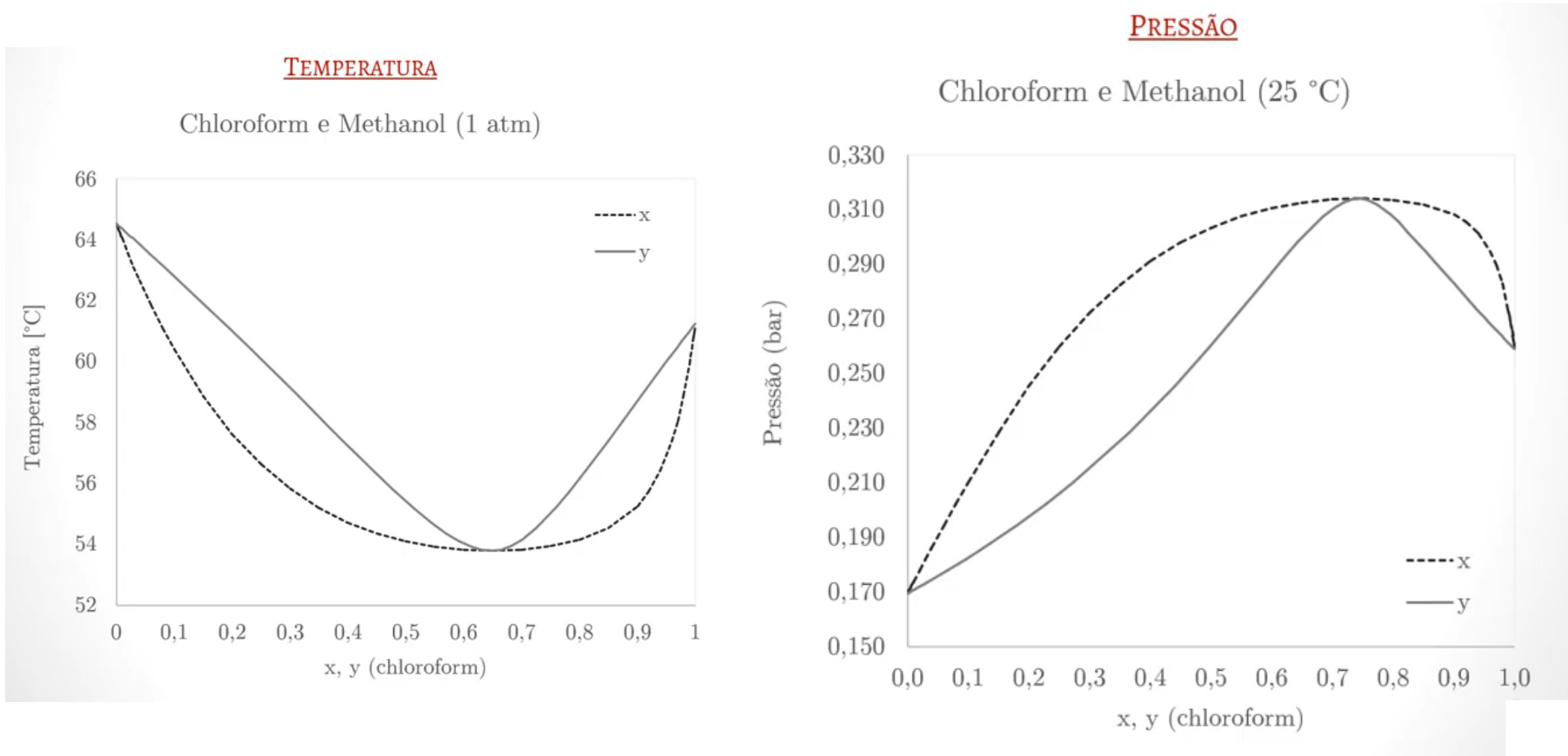


Éter – álcool isopropílico



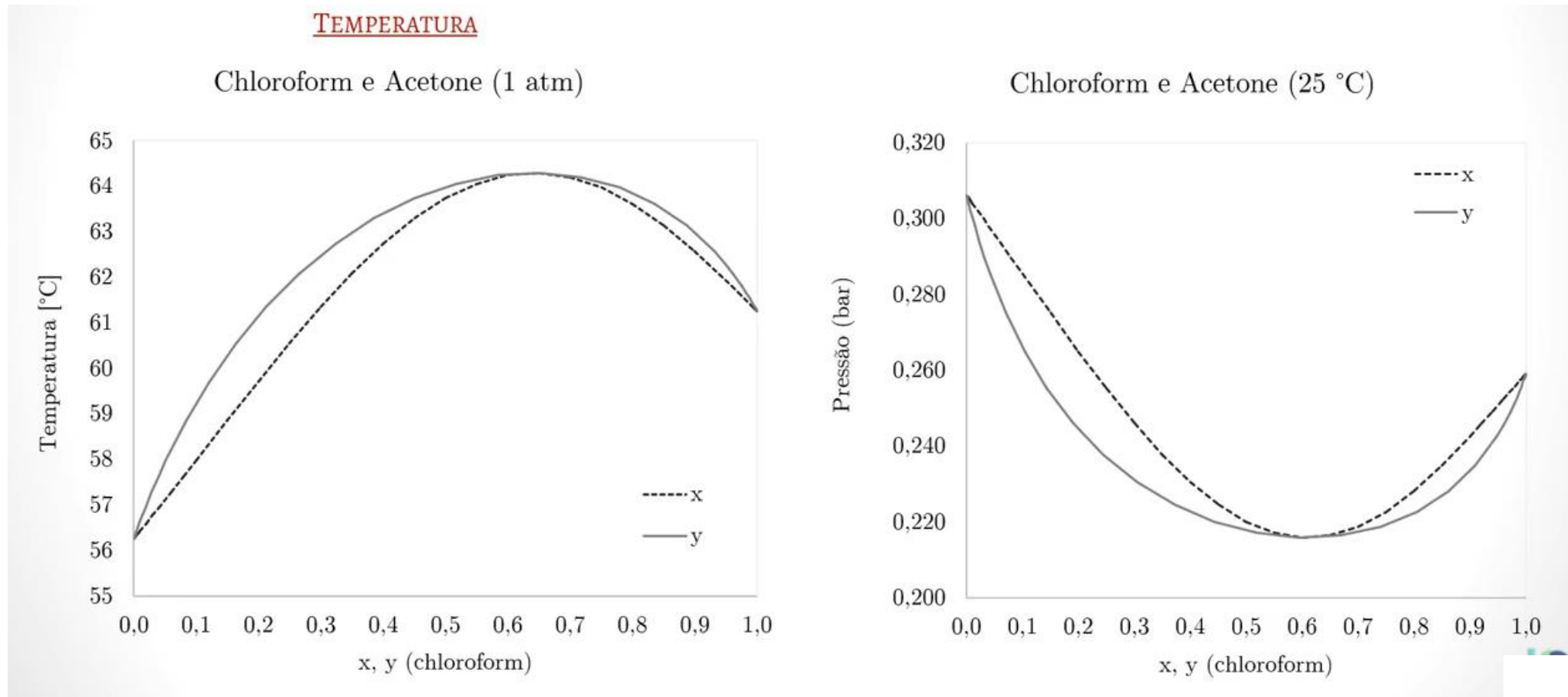
Destilação azeotrópica

Azeótropo positivo:



Destilação azeotrópica

Azeótropo negativo:



Destilação azeotrópica

Soluções para misturas binárias:

- **Destilação extrativa:** adição de solvente – alteração da volatilidade relativa;
- **Destilação reativa:** coluna atuando como reator químico;
- **Destilação azeotrópica:** agente de separação;
- **Destilação por variação de pressão:** *pressure swing*;

A destilação pode ser efetuada adicionando um terceiro componente.

- Este componente deve formar um azeótropo binário ou ternário com um ou os dois componentes da mistura inicial, separando-os.
- O terceiro componente pode formar um azeótropo heterogêneo com um dos componentes → o vapor que sai da coluna, quando condensado, forma duas fases, separando por decantação.

Destilação azeotrópica

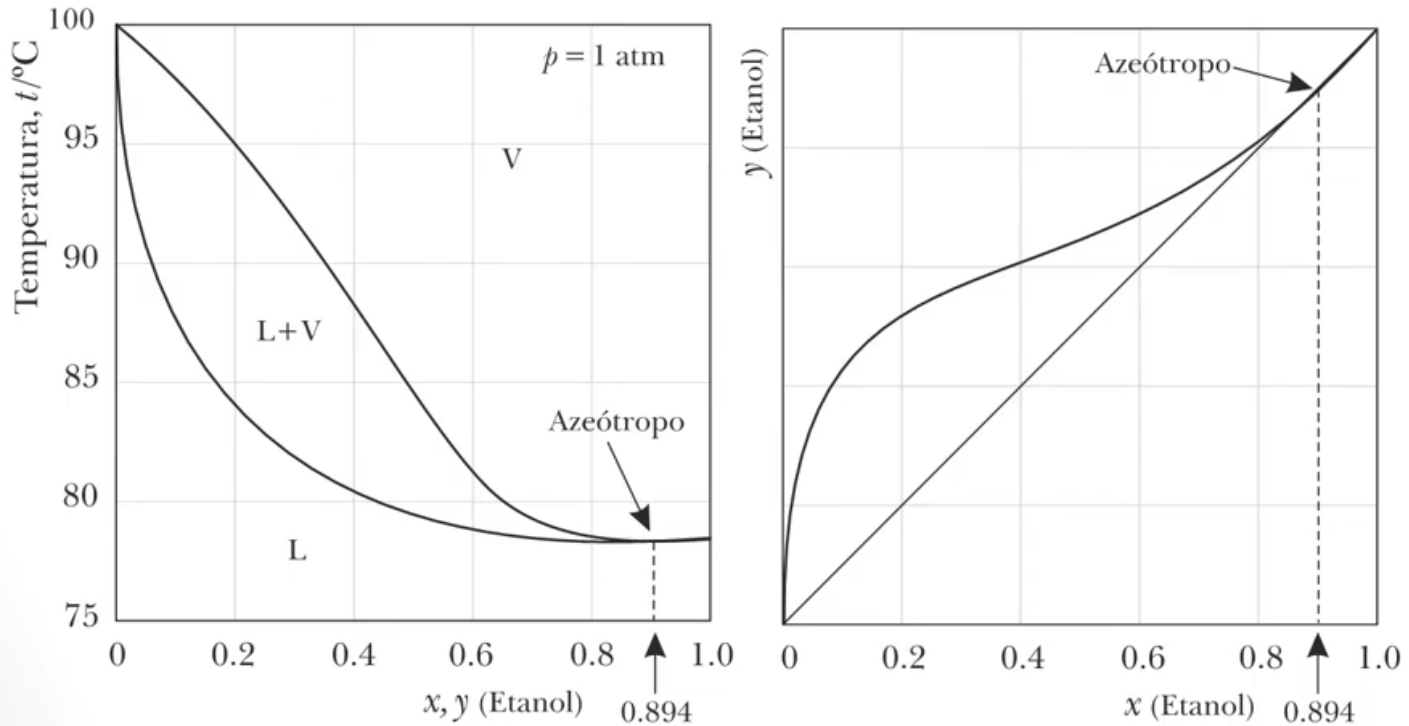
Soluções para misturas binárias:

Azeótropo Homogêneo

- Pode considerar também misturas que não formam azeótropos, mas que possuem componentes com ponto de ebulição muito próximos.
- A destilação pode ser efetuada adicionando um terceiro componente.
 - Este componente deve formar um azeótropo binário ou ternário com um ou os dois componentes da mistura inicial, separando-os.
 - O terceiro componente pode formar um azeótropo heterogêneo com um dos componentes → o vapor que sai da coluna, quando condensado, forma duas fases, separando por decantação.

Destilação azeotrópica

Exemplo: mistura etanol-água



Ponto azeotrópico:
 $x = y = 0.894$
(fração molar de etanol)

Fração mássica de 95,6% de etanol, à 78,15 °C e 101,3 kPa

Destilação azeotrópica

Exemplo: mistura etanol-água

A adição de BENZENO à mistura forma um azeótropo heterogêneo:

Uma fase vapor em equilíbrio com dois líquidos.

A composição do azeótropo ternário é:

Álcool: 18,5%

Benzeno: 74,1%

Água: 7,4%



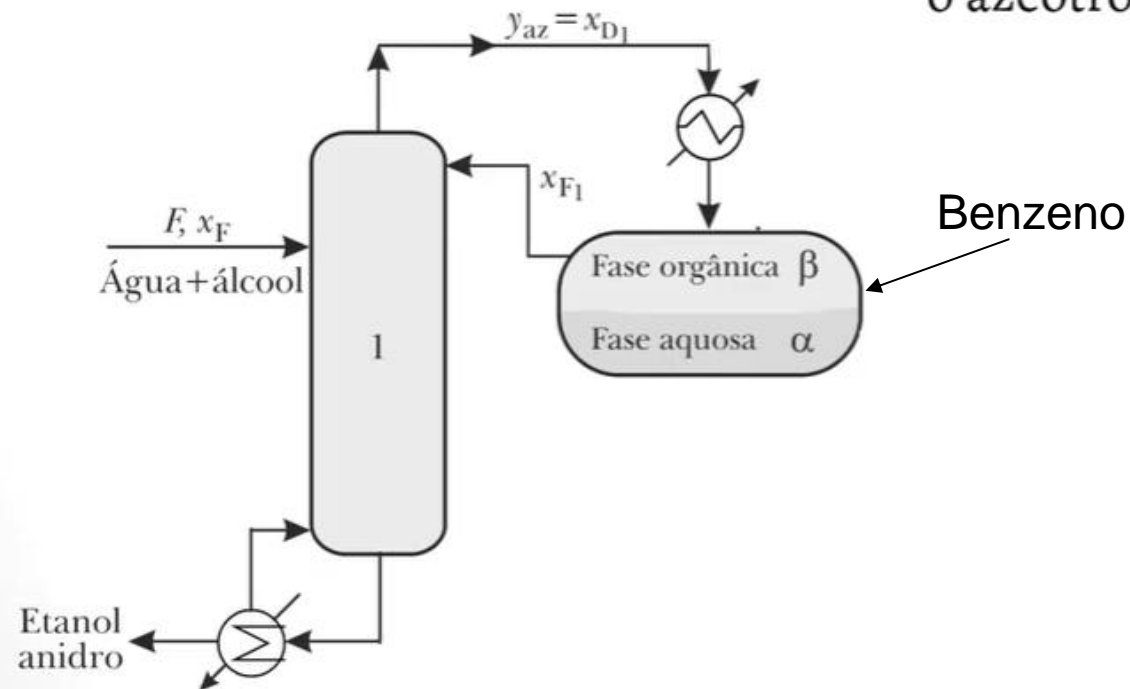
$T_{eb} = 64,85 \text{ °C}$

Destilação azeotrópica

Exemplo: mistura etanol-água

Condensando o vapor que sai no topo da coluna,

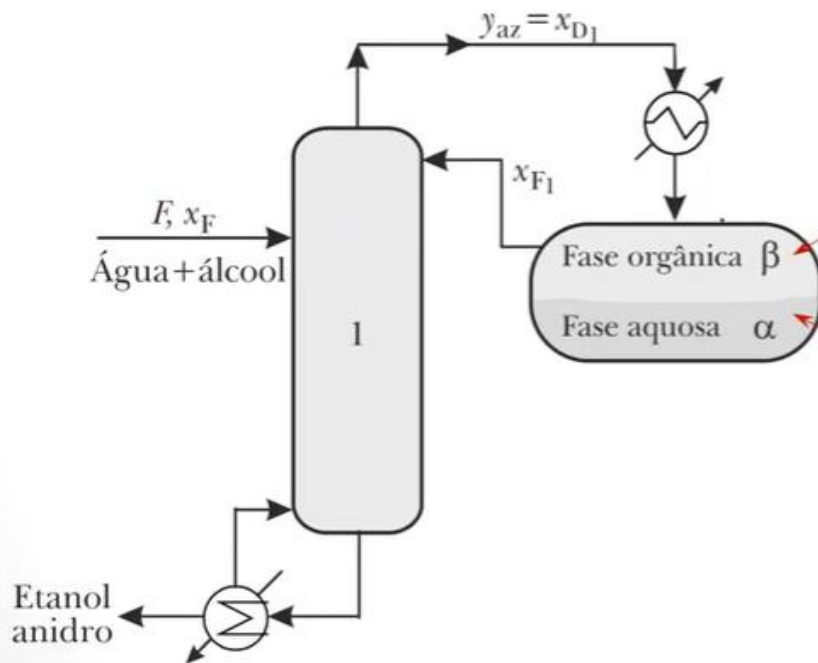
o azeótropo ternário é separado em:



Destilação azeotrópica

Exemplo: mistura etanol-água

Condensando o vapor que sai no topo da coluna,



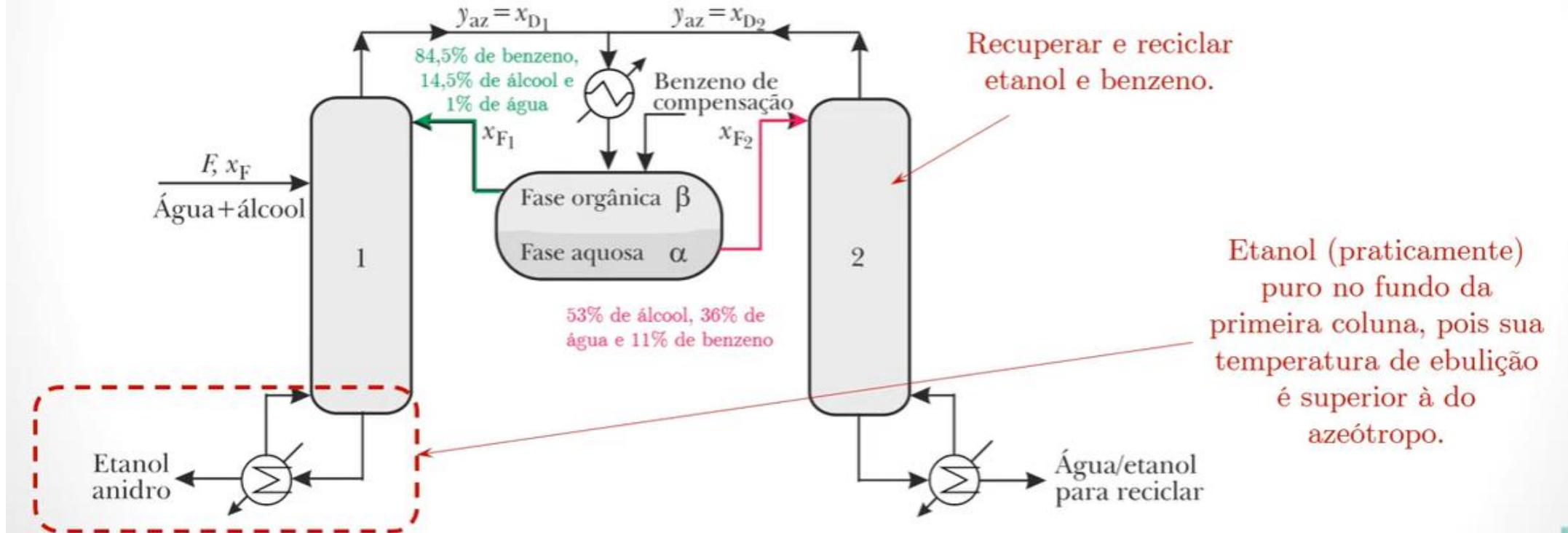
o azeótropo ternário é separado em:

- Uma fase orgânica com 84,5% de benzeno, 14,5% de álcool e 1% de água (fase β).
- Uma fase aquosa com 53% de álcool, 36% de água e 11% de benzeno (fase α).

Destilação azeotrópica

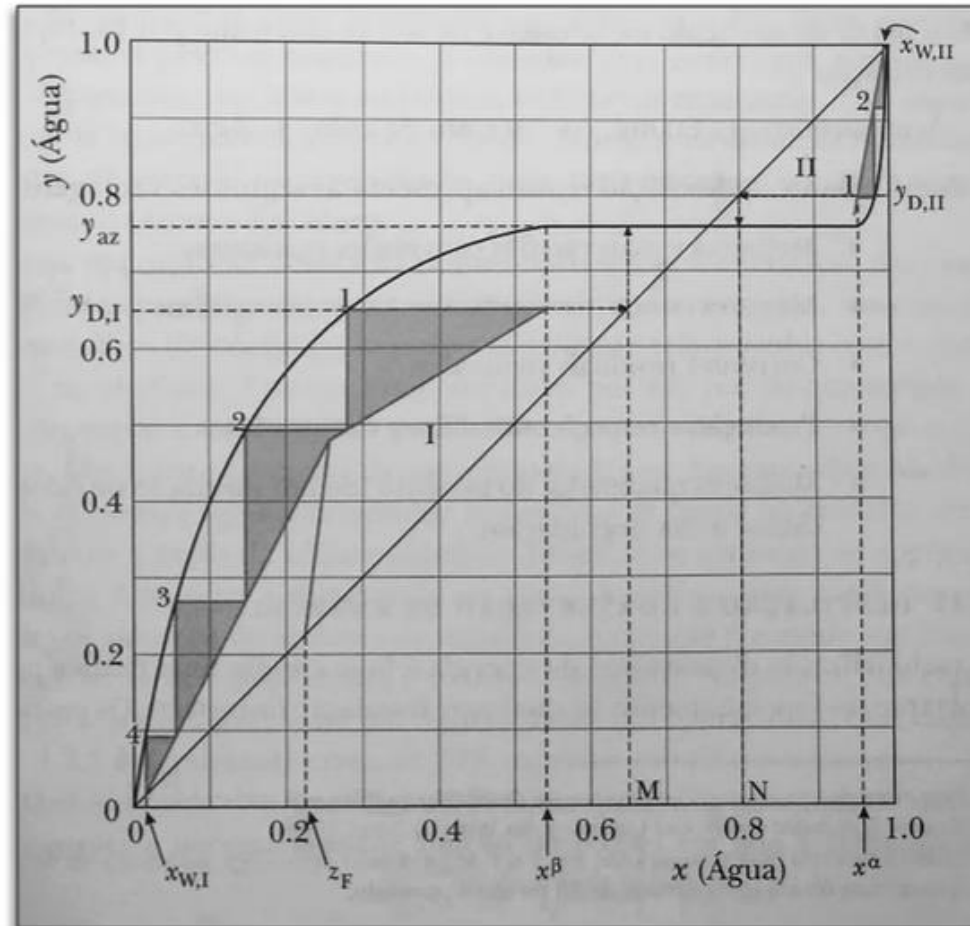
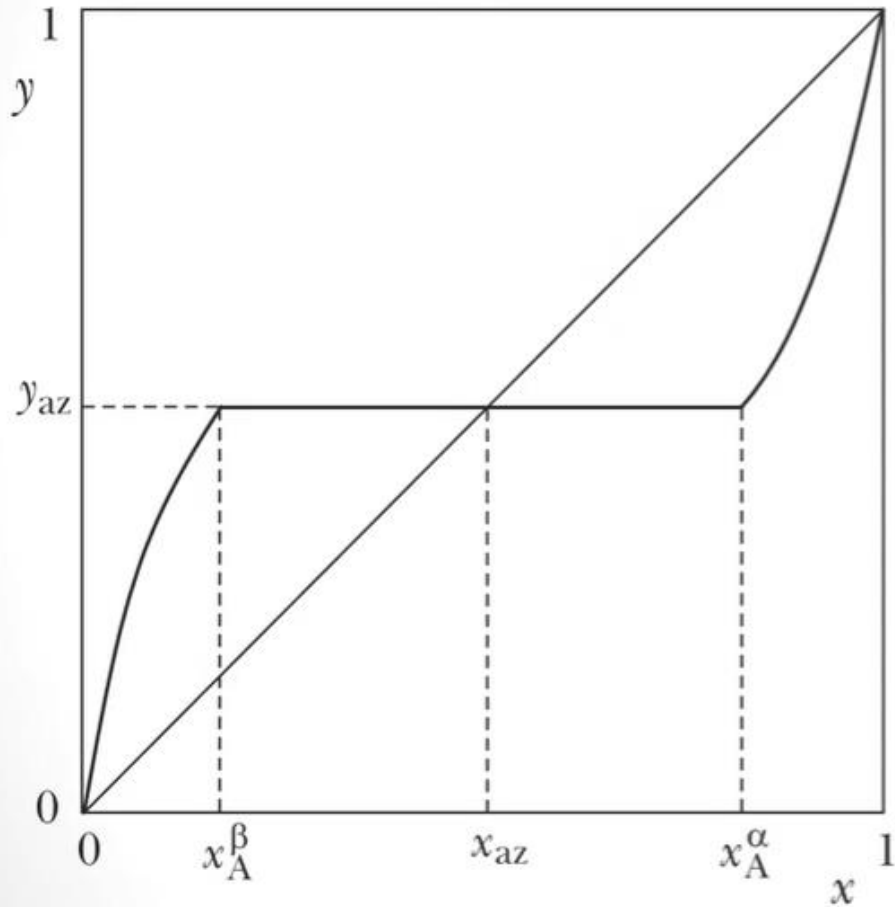
Exemplo: mistura etanol-água

A fase rica em benzeno é reciclada para a primeira coluna, e a fase aquosa para uma segunda coluna.



Destilação azeotrópica

Exemplo: mistura n-butanol-água



Destilação por diferença de pressão:

