



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ENGENHARIA QUÍMICA

LOQ 4017 – OPERAÇÕES UNITÁRIAS EXPERIMENTAL II

Profa. Lívia Chaguri
E-mail: Ichaguri@usp.br



DESTILAÇÃO

1° Semestre de 2015



Introdução

Destilação: método utilizado para separar, ou fracionar, por vaporização de uma mistura de líquidos miscíveis e voláteis, em seus componentes puros.

Fase vapor origina-se da fase líquida por vaporização no ponto de ebulição.

Requisito básico para separar os componentes: composição do vapor diferente da composição do líquido com o qual está em equilíbrio no ponto de ebulição do líquido.

Destilação ocorre em soluções onde todos os componentes são muito voláteis, como soluções de amônia-água ou etanol-água, nas que ambos componentes também estão na fase vapor.

Introdução

Retificação x Destilação

Quando as fases (L e V) interagem:

- fase gasosa torna-se rica no componente mais volátil.
- fase líquida torna-se rica no componente menos volátil.

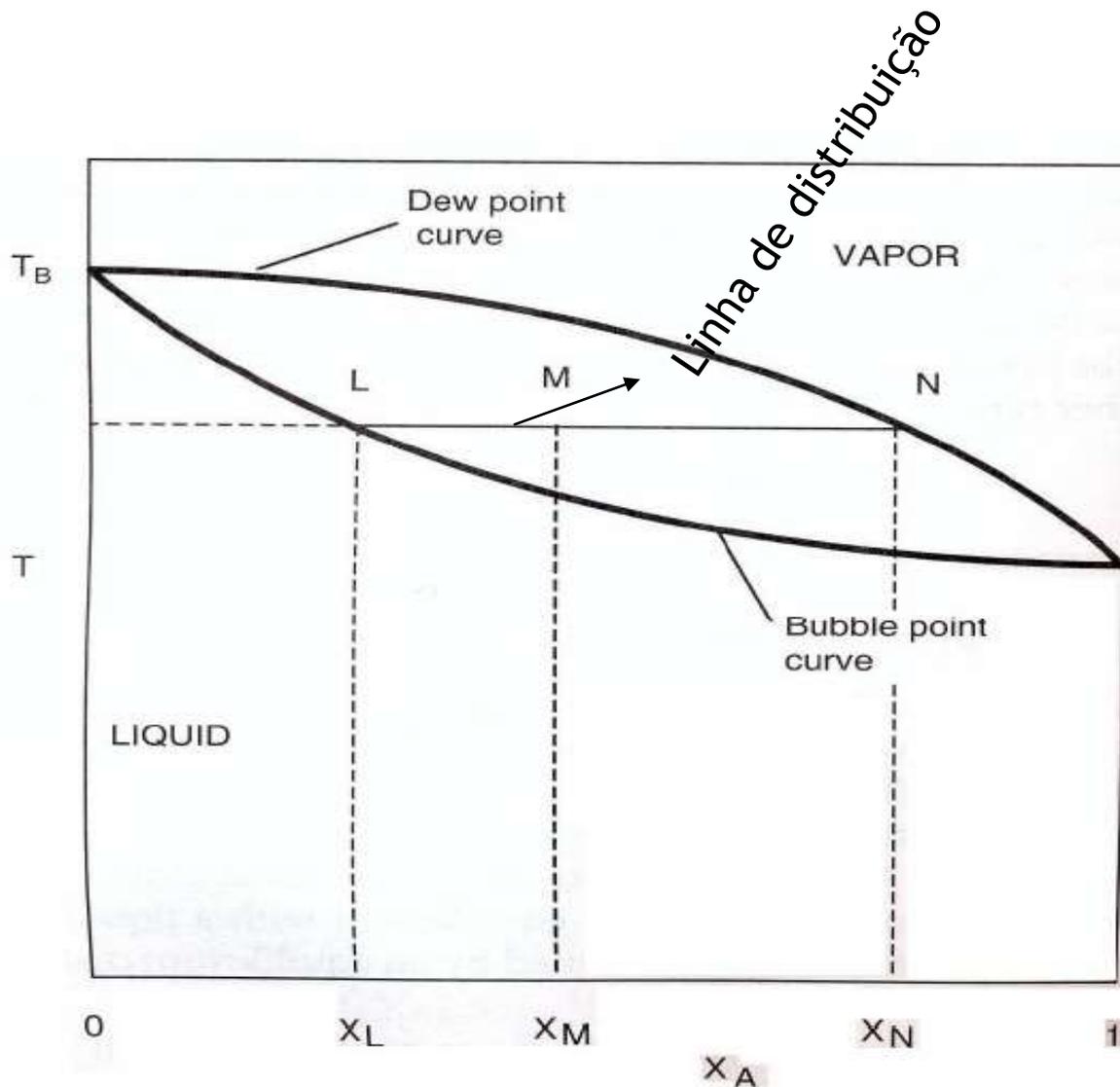
Equilíbrio L-V

O estudo dessa OP está diretamente relacionado as relações de equilíbrio entre a fase líquida e vapor, dado que a transferência de massa atinge um limite quando o equilíbrio entre as fases é alcançado.

Equilíbrio: TM de um dos componentes termina.

Representação gráfica do equilíbrio: diagrama de equilíbrio.

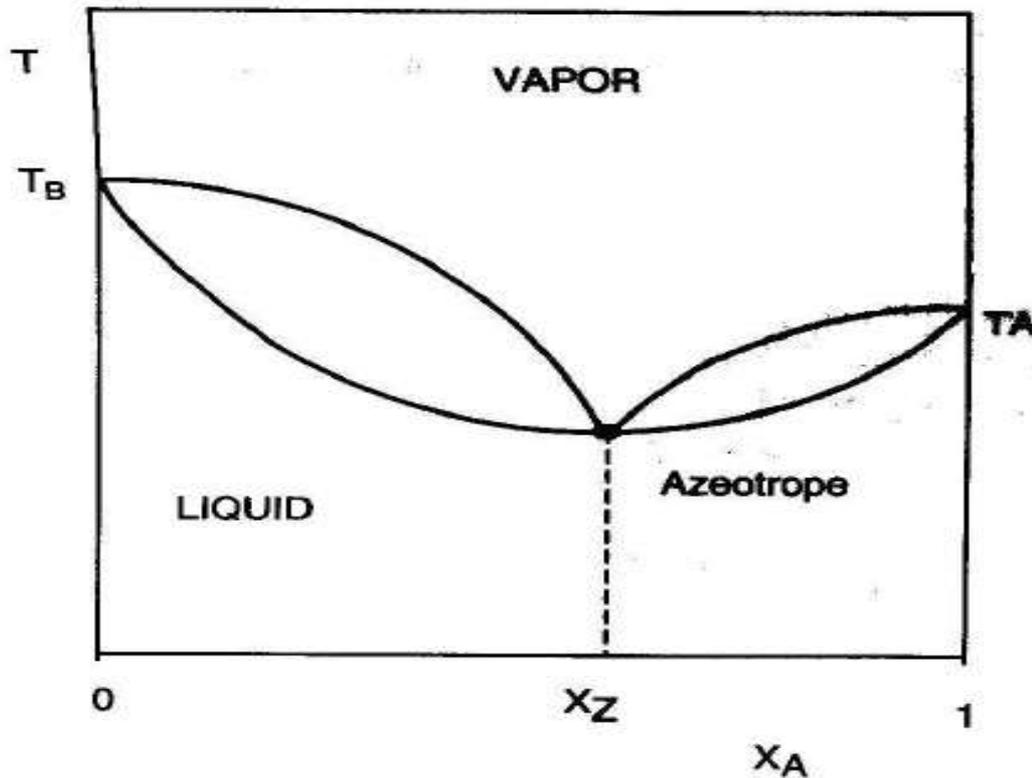
Equilíbrio L-V: Pressão Constante



$$\frac{\text{moles de líquido}}{\text{moles de vapor}} = \frac{\overline{MN}}{\overline{ML}}$$

Figura 1 – Diagrama, a pressão constante, de T versus x

Equilíbrio L-V: Pressão Constante Comportamento Não Ideal:

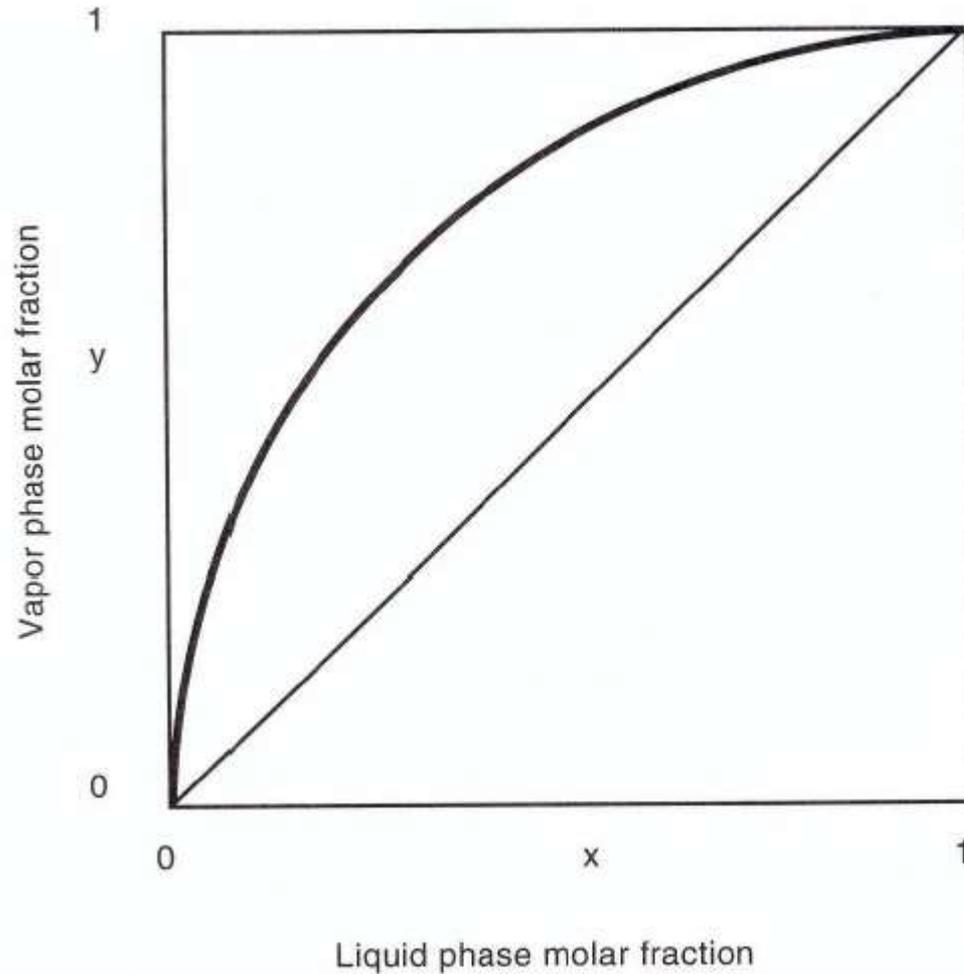


Pto de mínimo na curva de evaporação que corresponde à temperatura do ponto de bolha da mistura de comp. xz. Componentes puros não são obtidos em único estágio de destilação. Exemplo de mistura binária com esse comportamento:

Figura 2. Diagrama T - x sistema azeotrópico binário

- Destilação industrial: basicamente a P cte
- Representar composição líquido-vapor em diagrama de composição (x vs y) – diagrama de equilíbrio.
- Composições em fração molar: fase gasosa na ordenada e fase na líquida abscissa.
- T de cada pto varia ao longo da curva
- Vapor rico no componente mais volátil: curva acima da diagonal.
- Separação dos componentes: facilitada com aumento entre diagonal e curva de equilíbrio.
- Diferença entre comportamento do líquido e vapor aumenta.

- Representar composição líquido-vapor em diagrama de composição (x vs y) – diagrama de equilíbrio.



Volatilidade Relativa α_{AB}

Volatilidade: usada para relacionar as composições de equilíbrio entre as fases gás (y_i) e líquido (x_i).

Definida: relação entre a pressão parcial na fase gasosa e a fração molar na fase líquida:

$$\alpha = \frac{P_i}{x_i}$$

Volatilidade Relativa α_{AB}

Mistura Binária:

Lei de Raoult

$$\alpha_{AB} = \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{P_A x_B}{P_B x_A}$$

Lei de Dalton

$$\alpha_{AB} = \frac{y_A (1 - x_A)}{x_A (1 - y_A)}$$

EQUAÇÃO DE ANTOINE

Equação empírica que relaciona a pressão de vapor de uma substância pura em função da temperatura.

$$\text{Log}P_i^0 (\text{mmHg}) = A - \frac{B}{C + T(^{\circ}\text{C})}$$

Exemplos:

EXEMPLO 1: Em um recipiente fechado existe uma solução de benzeno e tolueno em equilíbrio com sua fase gasosa. A fração molar do benzeno na fase líquida é $x_1 = 0,42$ e do tolueno, $x_2 = 0,58$. Qual a pressão parcial de cada constituinte na mistura gasosa? Qual a pressão total?

Dados: $P_{\text{benz}} = 1021 \text{ mmHg}$,

$P_{\text{tol}} = 406,4 \text{ mmHg}$

EXEMPLO 2: Uma mistura de butano e pentano está em equilíbrio a 3 atm de pressão e 100°F . Calcular a composição das fases líquida e vapor.

Dados: $P_{\text{butano}} = 2650 \text{ mmHg}$,

$P_{\text{pentano}} = 830 \text{ mmHg}$

Tipos de Destilação

- Destilação diferencial (batelada);
- Destilação flash;
- Destilação com retificação (Contínuo multiestágio).
- Extração por solvente.

Destilação de Misturas Binárias

Destilação diferencial ou Simples

- Realizada em batelada (único estágio);
- Descontínuo: alambique (balão de destilação);
- Mistura líquida: recipiente que será aquecido;
- Fornecimento de calor: formação de vapores;
- Vapores: retirados continuamente;
- Condensado não retorna ao recipiente;

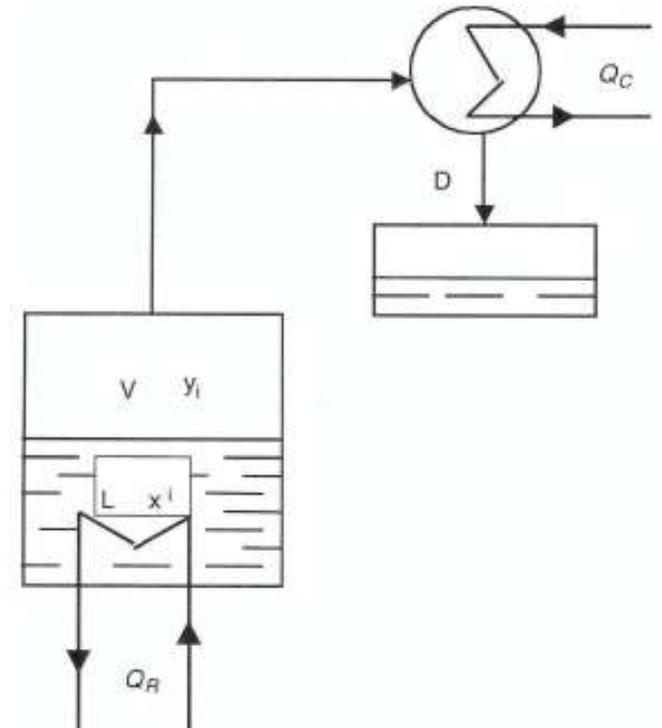
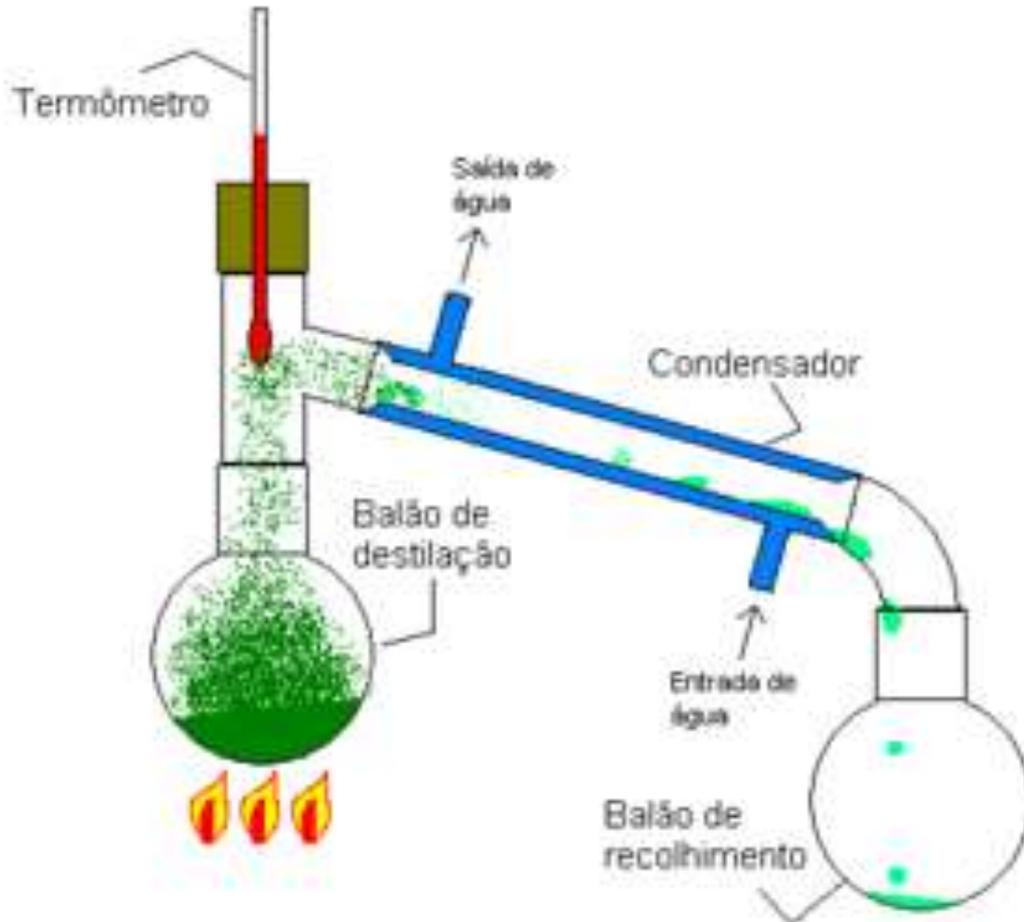
Destilação de Misturas Binárias

Destilação diferencial ou Simples

- Início: vapores formados rico no componente mais volátil;
- Decorrer: produto vaporizado é mais pobre no componente mais volátil;
- Temperatura de bolha da mistura aumenta;
- Composição da mistura no recipiente varia continuamente;
- Fração do componente mais pesado, aumenta, atingindo regime permanente.

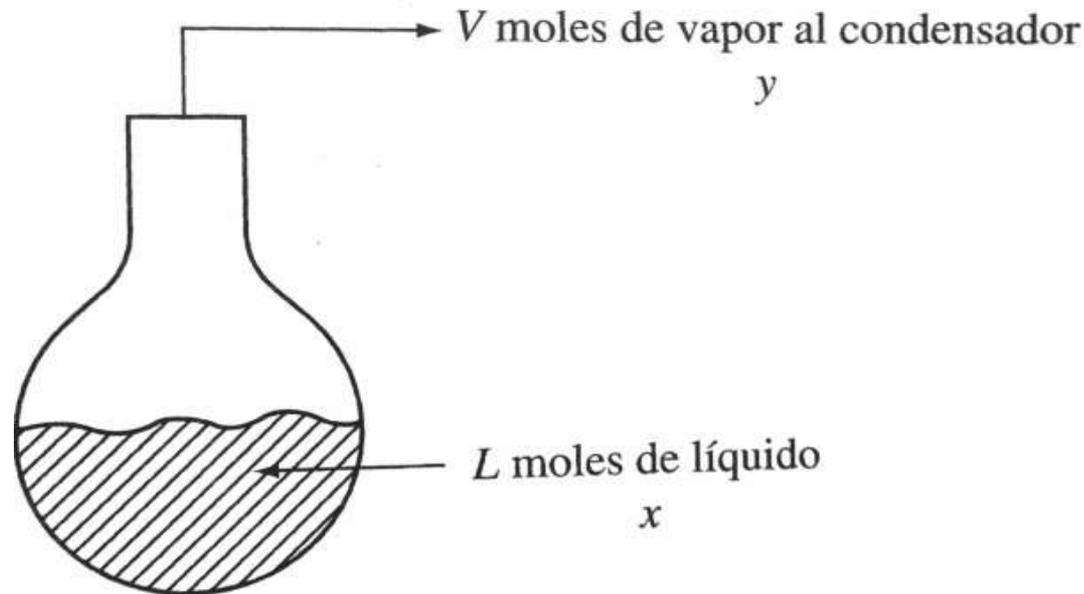
Destilação de Misturas Binárias

Destilação diferencial ou Simples



Destilação de Misturas Binárias

Destilação diferencial ou Simplex



Operação inicia com alimentação L_1 com componentes A e B, com composição x_1 de A.

Após um certo tempo: não há mais L com composição x e a composição do vapor é y .

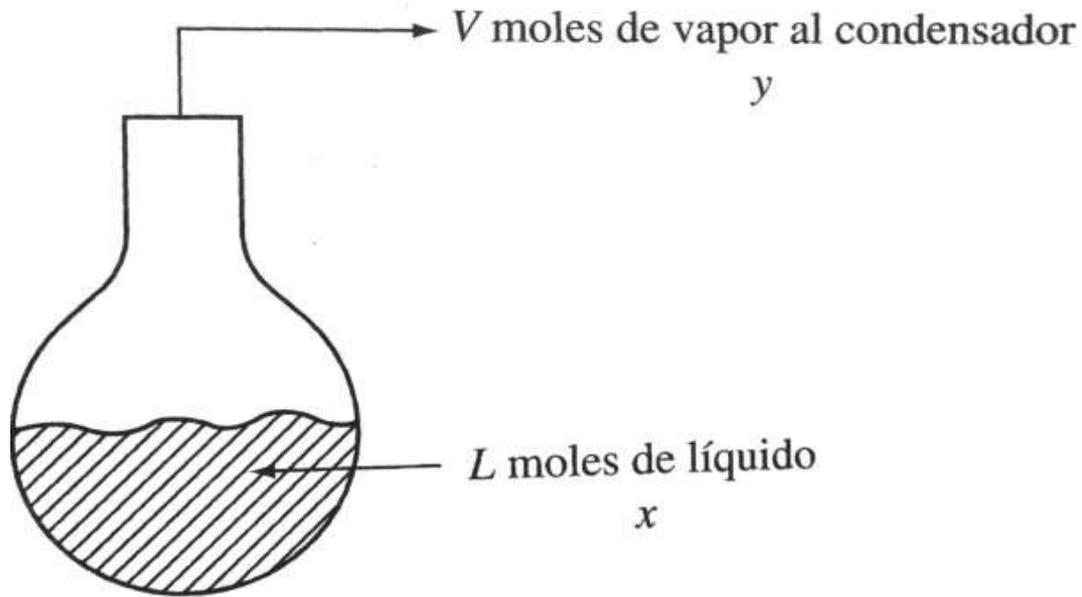
Ocorre uma vaporização de uma quantidade diferencial dL .

Composição do recipiente varia com o tempo.

Destilação de Misturas Binárias

Destilação diferencial ou Simples

Balanço Material



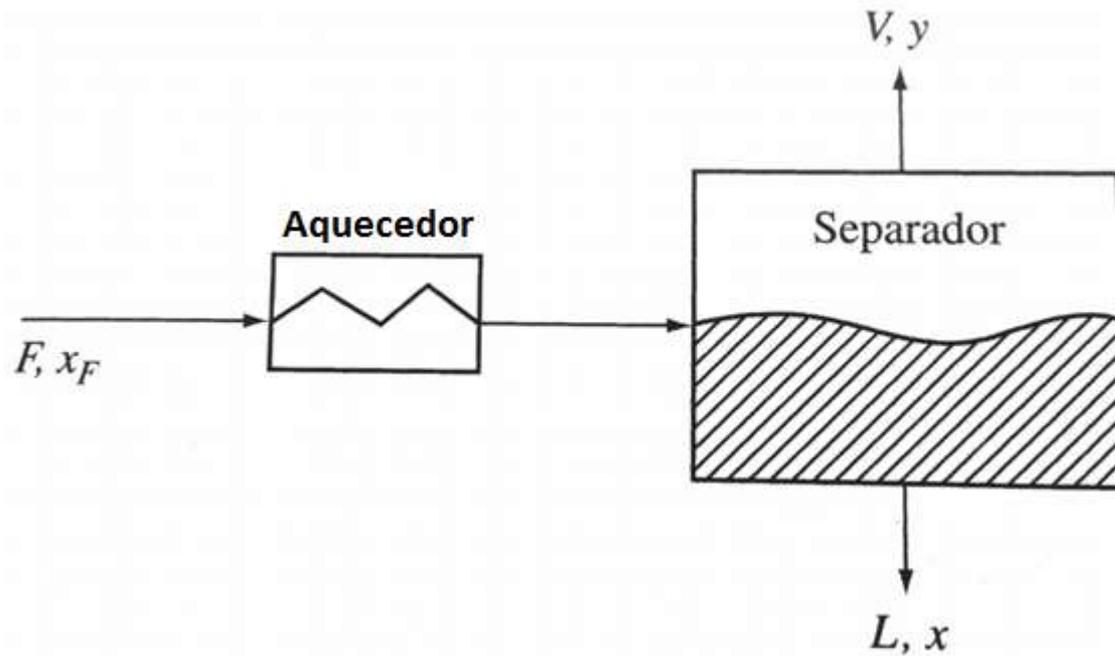
Destilação de Misturas Binárias

Destilação “Flash”

- Evaporação de do líquido em que o vapor gerado entra em equilíbrio com o líquido residual;
- Destilação de equilíbrio;
- Fase líquida é separada do vapor;
- Vapor é retirado e condensado de forma separada;
- Processo ocorre somente em uma única etapa;
- Mistura líquida é vaporizada parcialmente;
- Em batelada ou em contínuo.

Destilação de Misturas Binárias

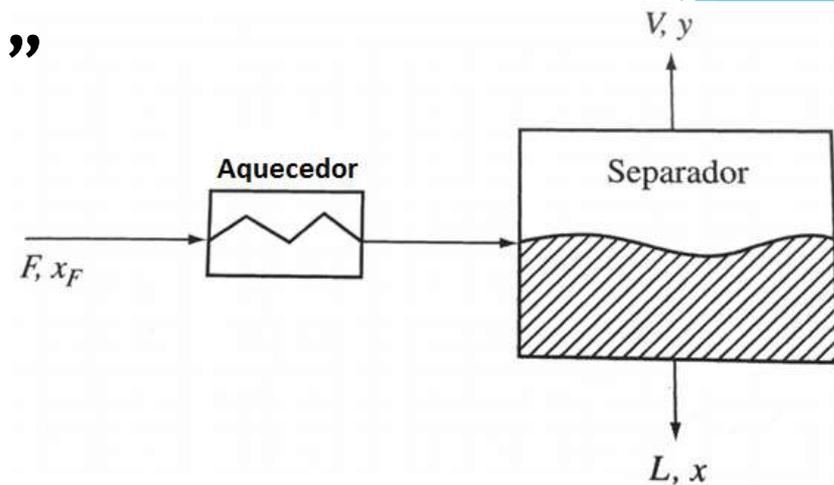
Destilação “Flash”



Destilação de Misturas Binárias

Destilação “Flash”

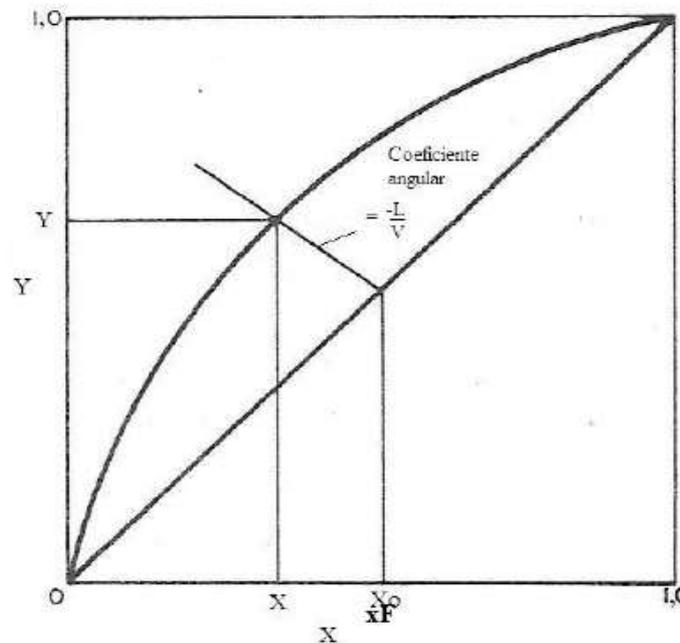
Balço de Massa



$$x_F F = xL + Vy$$

Linha de Alimentação:

$$y = -\frac{L}{V}x + \frac{F}{V}x_F$$



EXERCÍCIO

EXEMPLO 3: Uma destilação “flash” deve ser realizada para recuperar o componente A de uma solução aquosa, composta por 4 %molar de A e 96%molar de água. Deseja-se recuperar 85% de A no destilado, operando-se com uma unidade que composta por um preaquecedor na alimentação, um tanque de expansão e um condensador. Calcular as composições e as vazões do resíduo líquido e do destilado, para uma alimentação de 100kgmol/h. Dados de equilíbrio:

% molar de A no líquido (x)	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	4,5	10,0
% molar de A no vapor (y)	1,4	2,3	3,4	5,6	8,4	12,6	18,0