

Destilação



A Destilação é uma técnica de separação que se baseia no fato que o vapor de uma mistura em ebulição será mais rico nos componentes que têm pontos de ebulição mais baixos. Então, quando este vapor é esfriado e condensado, o condensado conterá componentes mais voláteis. Ao mesmo tempo, a mistura original conterá mais do material menos volátil.

- destilação é a técnica de separação mais comum
- consome quantias enormes de energia
- pode contribuir mais que 50% de custos operacionais de uma planta

As colunas de destilação são projetadas para alcançar esta separação eficazmente.

O melhor modo para reduzir custos operacionais de unidades existentes, é melhorar a eficiência de operação por otimização do processo e de controle. Para alcançar esta melhoria é essencial uma compreensão completa de princípios de destilação e como são projetados sistemas de destilação.

PRINCÍPIOS DE DESTILAÇÃO

A separação de componentes de uma mistura líquida por destilação depende das diferenças em pontos de ebulição dos componentes individuais. Também, dependendo das concentrações dos componentes, a mistura líquida terá características de ponto de ebulição diferentes. Então, processos de destilação dependem das características de pressão de vapor de misturas líquidas.

A pressão de vapor de um líquido a uma temperatura particular é a pressão de equilíbrio exercida por moléculas deixando e entrando na superfície líquida.

Alguns pontos importantes relativos a pressão de vapor:

- ➔ líquidos com pressões de vapor altas (líquidos voláteis) ferverão a temperaturas mais baixas
- ➔ a pressão de vapor e conseqüentemente o ponto de ebulição de uma mistura líquida depende das quantias relativas dos componentes na mistura
- ➔ destilação acontece por causa das diferenças na volatilidade dos componentes na mistura líquida

Volatilidade relativa

Volatilidade relativa é uma medida das diferenças em volatilidade entre 2 componentes, e conseqüentemente os pontos de ebulição deles.

Indica quão fácil ou difícil será uma separação particular. A volatilidade relativa de componente 'i' com respeito a componente 'j' é definida como

$$\alpha_{ij} = \frac{\left(\frac{y_i}{x_i} \right)}{\left(\frac{y_j}{x_j} \right)}$$

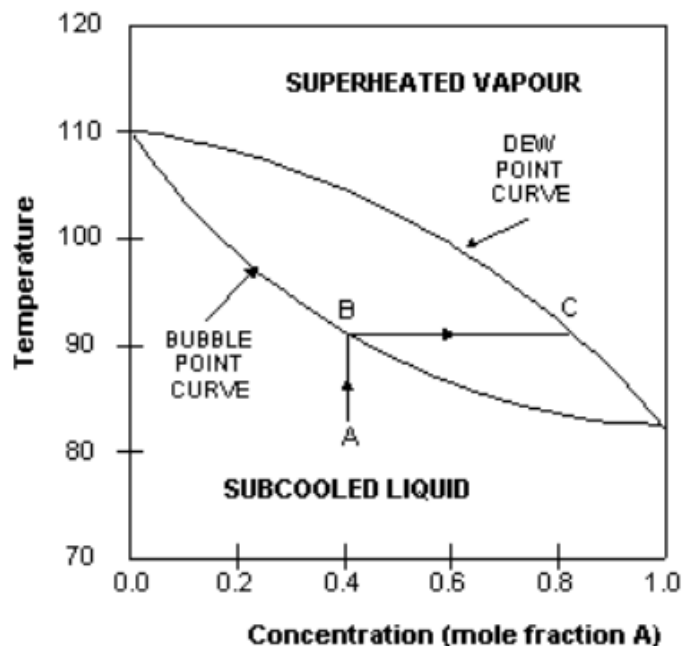
y_i = fração molar do componente 'i' no vapor

x_i = fração molar do componente 'i' no líquido

Assim se a volatilidade relativa entre 2 componentes é muito perto de um, é uma indicação que eles têm características de pressão de vapor bem parecido. Isto significa que eles têm pontos de ebulição bem parecido e então, será difícil separar os dois componentes por destilação.

O diagrama de ponto de ebulição

Os diagramas de ponto de ebulição mostram como as composições de equilíbrio dos componentes em uma mistura líquida variam com temperatura a uma pressão fixa.



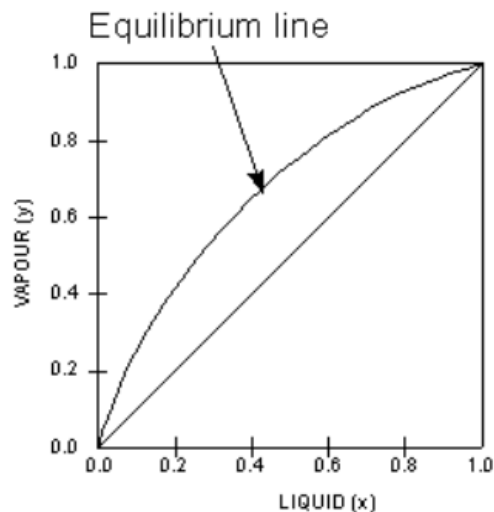
EQUILÍBRIOS VAPOR - LÍQUIDO

Colunas de destilação são projetadas baseadas nas propriedades de ponto de ebulição dos componentes nas misturas a serem separados. Assim os tamanhos, particularmente a altura, de colunas de destilação são determinados pelo equilíbrio vapor-líquido (VLE) para as misturas.

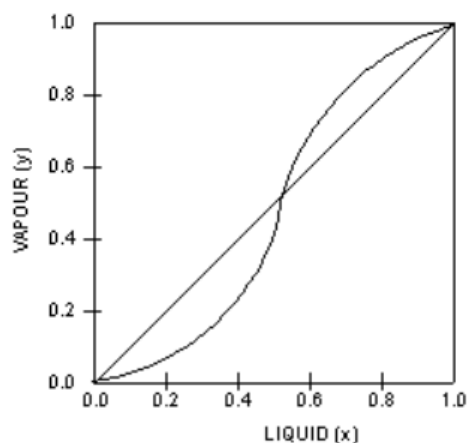
Curvas de equilíbrio vapor-líquido (VLE)

Dados de VLE a pressão constante são obtidos de diagramas de ponto de ebulição.

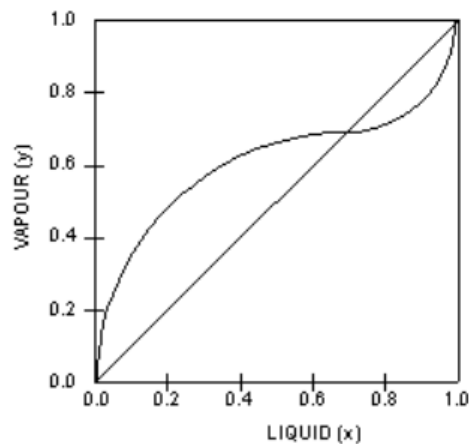
Dados de VLE de misturas binárias são apresentados freqüentemente como um gráfico, como mostrado na figura à direita. O gráfico VLE mostra o ponto de bolha e o ponto de orvalho de uma mistura binária a pressão constante. A linha curvada é chamada a linha de equilíbrio e descreve as composições do líquido e do vapor em equilíbrio a uma dada pressão fixa.



As curvas de VLE mais intrigantes são geradas através de sistemas azeotrópicos. Um azeótropo é uma mistura líquida que quando vaporiza, produz a mesma composição queo líquido. O dois VLE abaixo, mostram dois sistemas de azeótropos diferentes, um com um ponto de ebulição mínimo e um com um ponto de ebulição máximo. Em ambos os casos, as curvas de equilíbrio cruzam as linhas diagonais, e estes são os pontos azeotrópicos e mostram onde os azeótropos acontecem. Em outras palavras, sistemas azeotrópicos dão origem a diagramas de VLE onde a curva de equilíbrio cruza a diagonal.



Maximum Boiling Point



Minimum Boiling Point

Ambos os casos são porém, obtidos de sistemas azeotrópicos homogêneos. Um azeótropo que contém uma fase líquida em contato com vapor é chamado um azeótropo homogêneo. Um azeótropo homogêneo não pode ser separado através de destilação convencional. Porém, destilação a vácuo pode ser usada a pressões mais baixas que pode deslocar o ponto azeotrópico. Alternativamente, uma substância adicional pode ser adicionada para deslocar o azeótropo para uma posição mais favorável.

- ➔ Quando este componente adicional aparecer em quantias apreciáveis no topo da coluna, a operação é chamada destilação azeotrópica.
- ➔ Quando o componente adicional aparecer principalmente no fundo da coluna, a operação é chamada destilação extrativa.

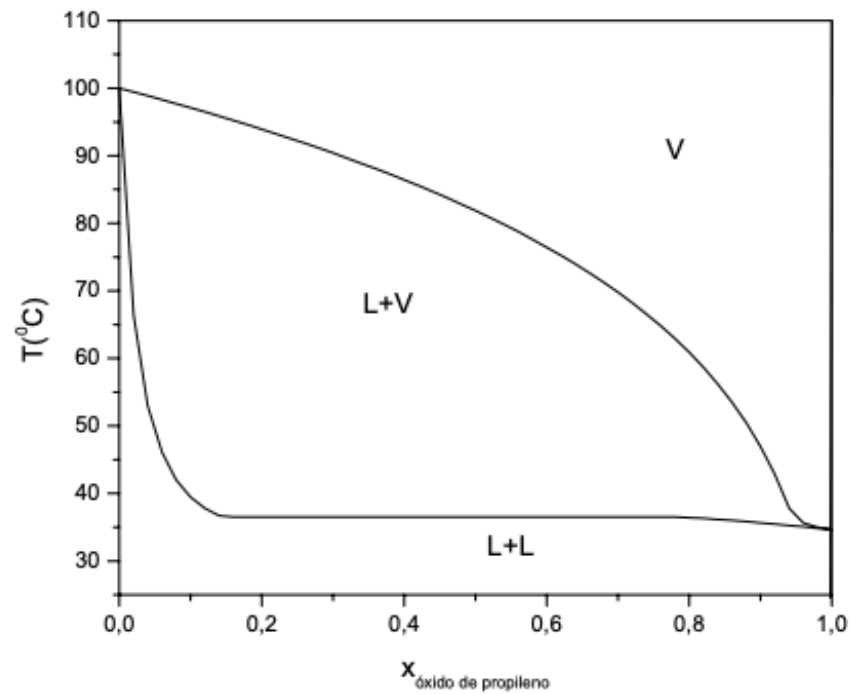
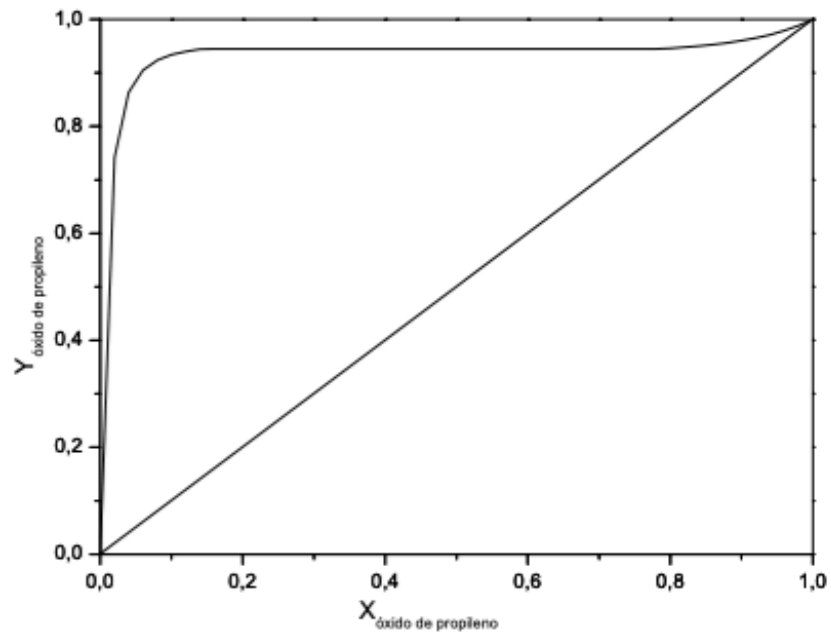
Na seleção do solvente para um processo de destilação extrativa, alguns pré-requisitos devem ser satisfeitos:

- a) o solvente deve ter um baixo calor latente, já que parte do mesmo será vaporizado no refeedor;
- b) deve ser termicamente estável;
- c) não deve reagir com os outros componentes da mistura em que está sendo adicionado;
- d) deve ser de fácil obtenção e economicamente viável;
- e) não deve ser corrosivo;
- f) não deve ser tóxico;
- g) deve ser de fácil separação dos componentes da mistura.

A mistura etanol- água pode ser separada em uma coluna extrativa e, convencionalmente, utiliza-se etilenoglicol como solvente. Um processo alternativo é o uso de tetraetilenoglicol em substituição ao etilenoglicol, já que o último apresenta maior toxicidade. A otimização do processo com tetraetilenoglicol mostra, no entanto, um relativo aumento no gasto energético.

Outra maneira de obter etanol anidro é através do processo de destilação azeotrópica, onde adiciona-se uma substância (ex. benzeno, tolueno) que forma um novo azeótropo com um ou mais componentes da mistura.

Sistema azeotrópico heterogêneo



A destilação azeotrópica para a produção de etanol anidro, usando benzeno como solvente permaneceu ignorado por muito tempo, pois ainda não existia uma grande demanda nas indústrias por álcool anidro.

Na destilação azeotrópica homogênea, o “entrainer” forma um azeótropo de mínimo ou de máximo ponto de ebulição com um ou mais componentes da alimentação, não promovendo separação de fases. Entretanto, a destilação azeotrópica heterogênea é mais comumente empregada nas indústrias. Neste caso, um azeótropo de mínimo ponto de ebulição é formado pelo “entrainer”. O vapor obtido no topo da coluna tem a composição do azeótropo heterogêneo e esta mistura é separada em um decantador, explorando a separação das duas fases líquidas, uma rica no componente mais leve e outra no componente mais pesado.

TIPOS DE COLUNAS DE DESTILAÇÃO

Há muitos tipos de colunas de destilação, cada uma projetada para executar tipos específicos de separações, e cada projeto difere em termos de complexidade.

Colunas Contínuas e em Bateladas

Um modo de classificar tipos de colunas de destilação é olhar como elas são operadas. Assim nós temos:

Batch (em batelada)

Colunas contínuas : (com refluxo ou instantânea)

Colunas em batelada

A coluna é carregada com um ' batch' e então o processo de destilação é levado a cabo. Quando a tarefa desejada é alcançada, uma outra alimentação é introduzida.

Colunas contínuas

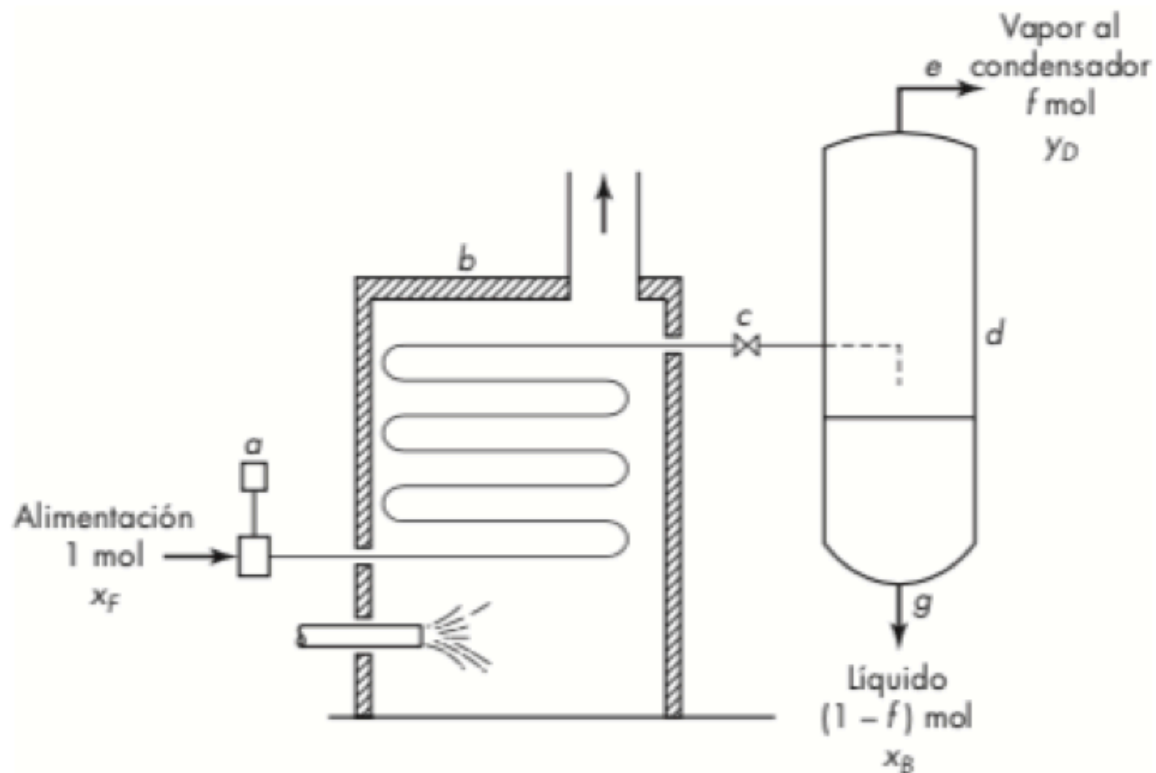
Colunas contínuas processam um fluxo de alimento contínuo. Nenhuma interrupção acontece a menos que haja um problema com a coluna ou unidades de processo circunvizinhas. Elas são capazes de altos processamentos e são os mais comuns dos dois tipos.

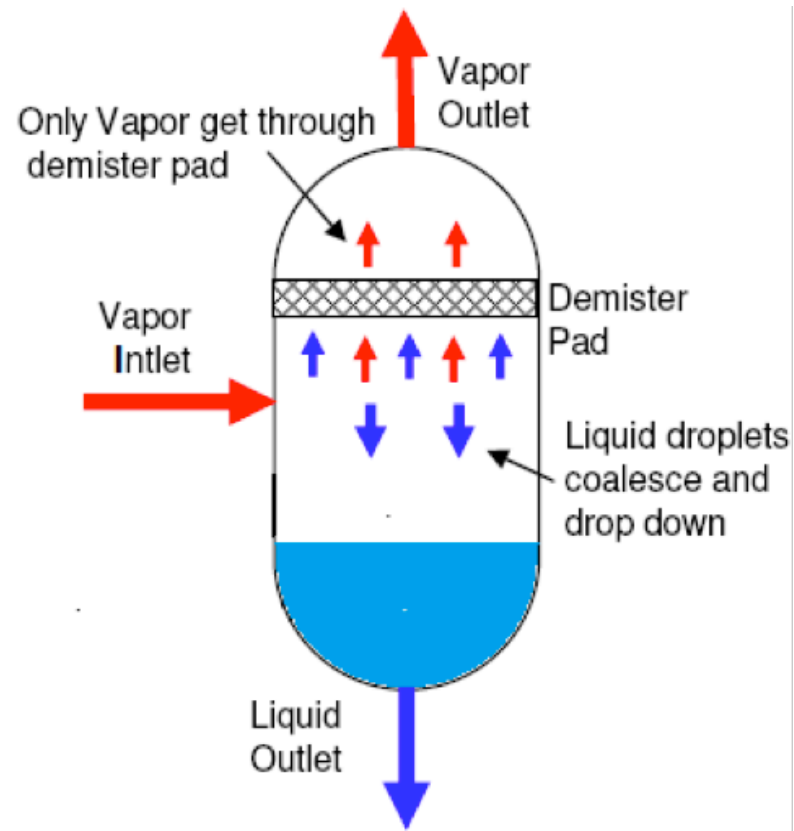
Tipos de Colunas Contínuas

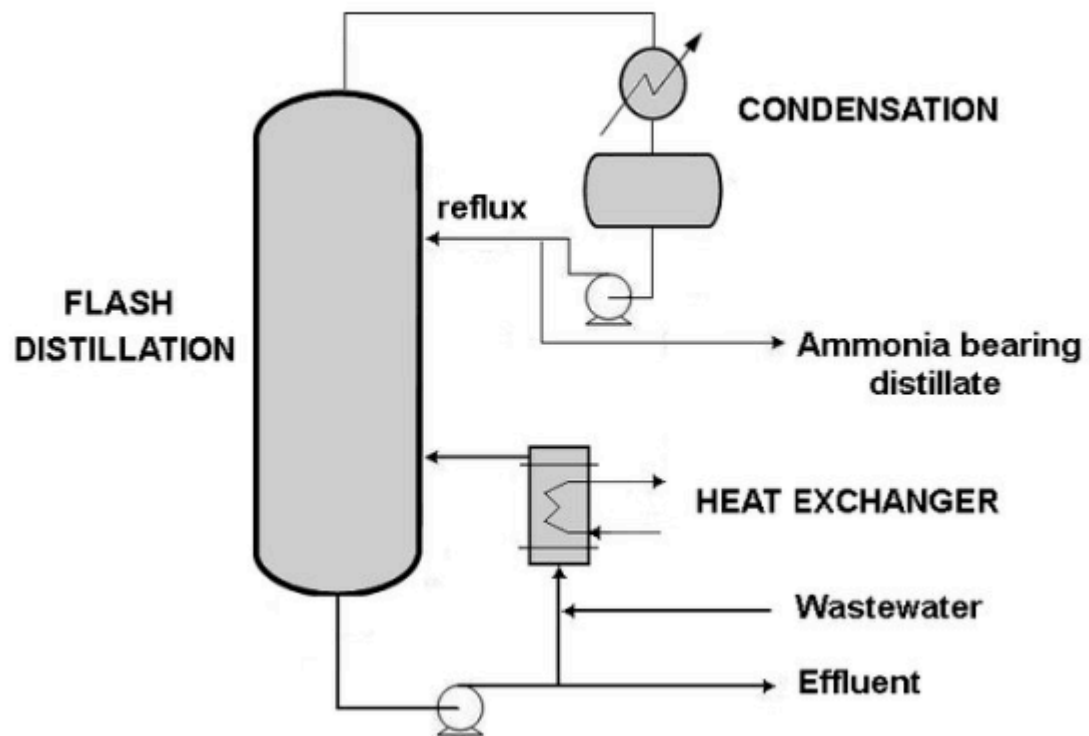
Colunas contínuas podem ser classificadas mais adiante de acordo com:

- **a natureza do alimento que eles estão processando,**
 - coluna binária - alimento contém só dois componentes
 - coluna de multi-componente - alimento contém mais de dois componentes
- **o número de fluxos de produto que eles têm**
 - coluna de multi-produto - coluna tem mais de dois fluxos de produto
- **onde são as saídas de alimento extras quando estes são usados para ajudar com a separação,**
 - destilação extrativa - onde o alimento extra aparece no fluxo de produto de fund
 - destilação de azeótropos - onde o alimento extra aparece no fluxo de produto de topo
- **o tipo de enchimento de coluna**
 - coluna de bandeja - onde são usadas bandejas de vários tipos para sustentar o líquido e para prover contato melhor entre vapor e líquido, conseqüentemente separação melhor,
 - coluna empacotada - onde em vez de bandejas, enchimentos são usados para aumentar o contato entre vapor e líquido

Destilação por flash ou instantânea







Destilação com refluxo / retificação

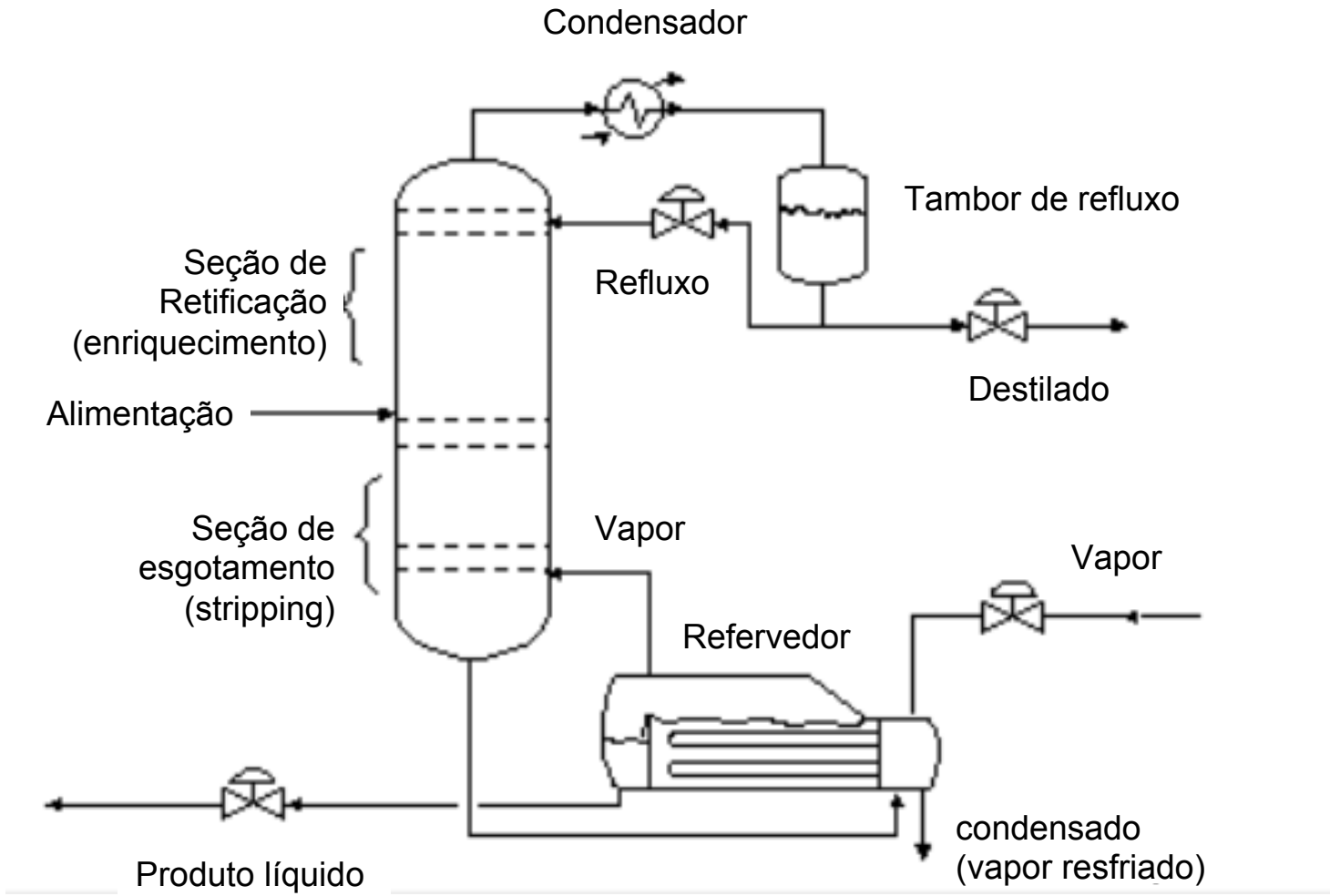
EQUIPAMENTO BÁSICO DE DESTILAÇÃO E OPERAÇÃO

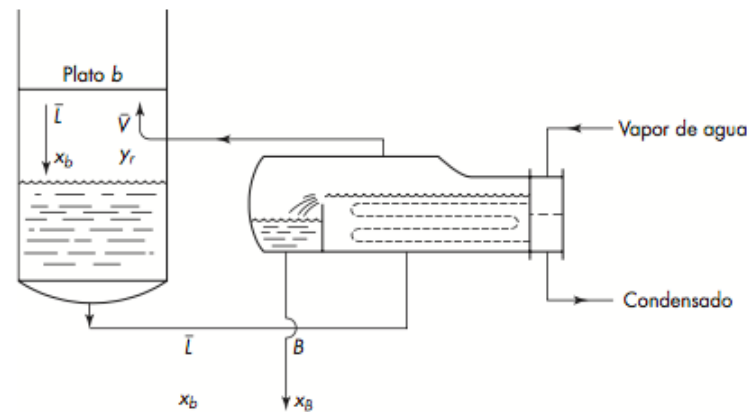
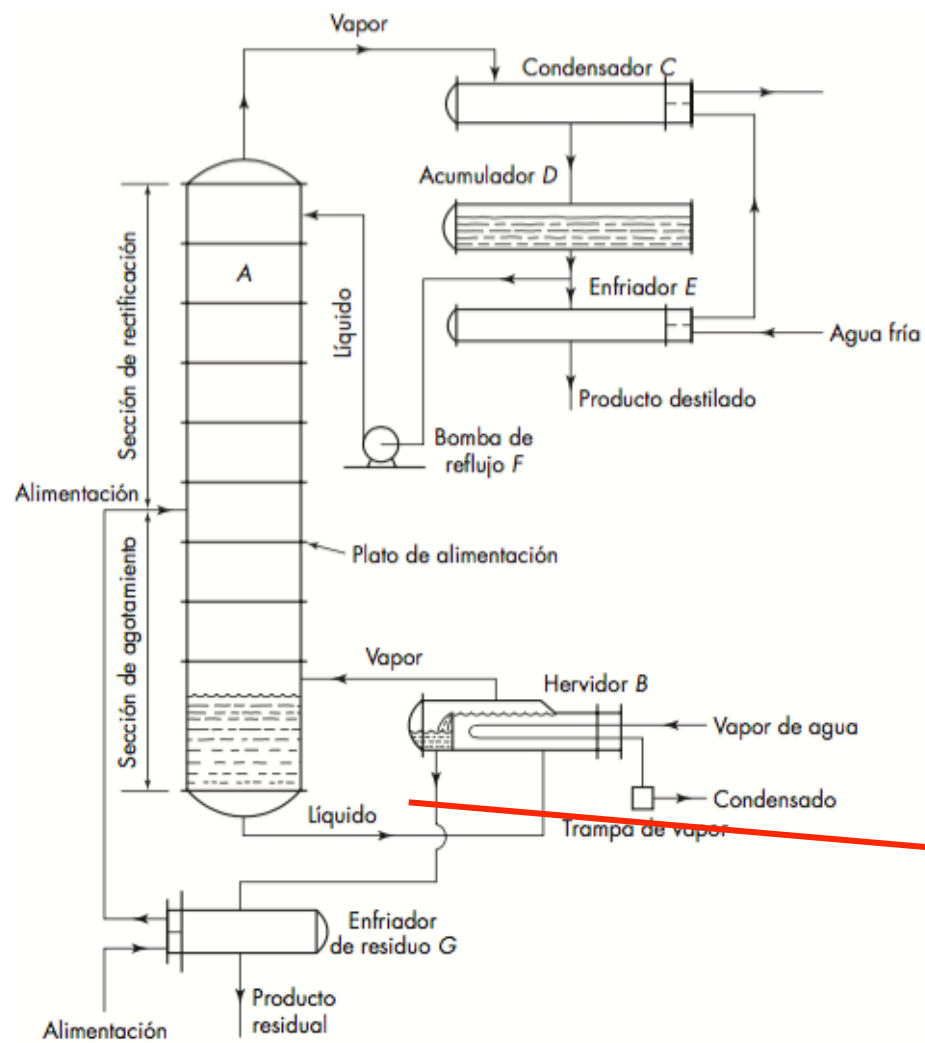
Componentes principais de Colunas de Destilação

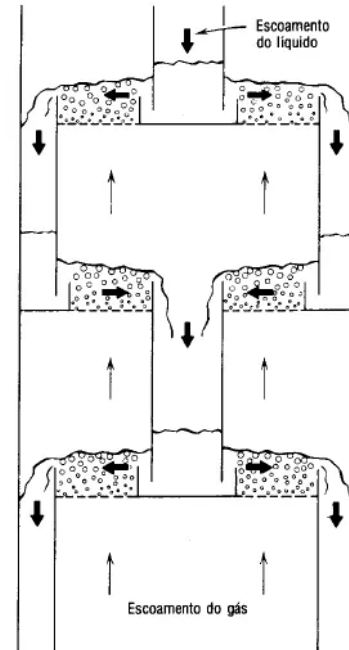
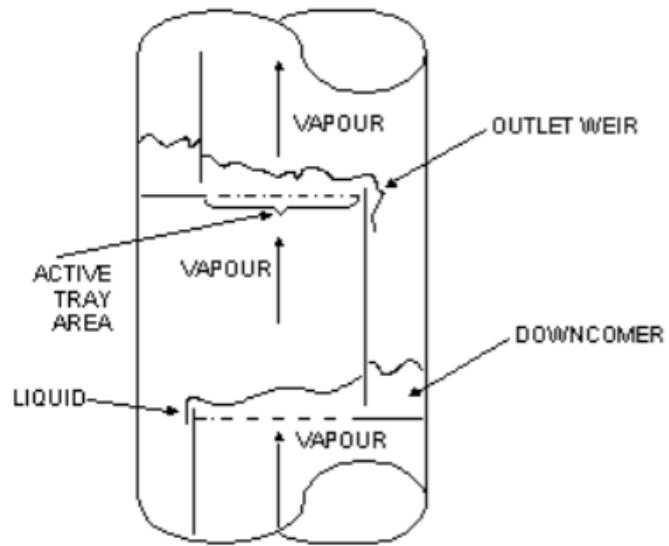
Colunas de destilação são compostas de vários componentes cada um dos quais ou são usado para transferir energia térmica ou aumentar a transferência de material.

Uma destilação típica contém vários componentes principais:

- ➔ uma carcaça vertical onde ocorre a separação de componentes líquidos
- ➔ Partes internas da coluna como enchimentos e/ou pratos/bandejas que são usadas para aumentar as separações de componente
- ➔ um reaquecedor para prover a vaporização necessária para o processo de destilação
- ➔ um condensador para esfriar e condensar o vapor que deixa o topo da coluna
- ➔ um tambor de refluxo para manter o vapor condensado do topo da coluna de forma que líquido possa ser reciclado através da coluna







PARTES INTERNAS DA COLUNA

Os termos bandejas e pratos são usados indistintamente.

Uma bandeja age essencialmente como uma míni-coluna, cada uma realiza uma fração da tarefa de separação. Disto podemos deduzir que quanto mais bandejas existem, melhor o grau de separação e a eficiência de separação global dependerá significativamente do projeto da bandeja. São projetadas bandejas para maximizar o contato vapor-líquido considerando a distribuição líquida e a distribuição de vapor na bandeja.

Melhor contato vapor-líquido significa separação melhor a cada bandeja, traduzindo em maior desempenho de coluna. Menos bandejas serão exigidas para alcançar o mesmo grau de separação. Benefícios auxiliares incluem menor uso de energia e mais baixos custos de construção.

Bandeja de borbulhamento ou de campânulas

Uma bandeja de campânulas tem uma elevação, ou chaminé, em cima de cada buraco, e uma cobertura que cobre a chaminé. A cobertura é montada de forma que há um espaço entre a elevação e a cobertura para permitir a passagem de vapor. O vapor sobe pela chaminé e é dirigido para baixo sendo descarregado por aberturas na cobertura e borbulhado pelo líquido na bandeja. Os borbulhadores são dimensionados para tornar o vazamento mínimo do líquido pelo canal do gás, sendo assim, eles dispersam o gás na fase líquida de forma que evite que o líquido escoa pelas passagens da fase gasosa.



Bandejas de válvula

Em bandejas de válvula, as perfurações estão cobertas através de coberturas mas não apresentam condutores ascendentes. O vapor flui até a cobertura e é dirigido para fluir horizontalmente no líquido, permitindo uma mistura melhor que em bandejas de peneira. As válvulas possuem opérculos, esses são móveis e levantam-se conforme o gás flui pelas perfurações da bandeja, e abaixam-se quando a velocidade do gás diminui, o que impede que o líquido escoe pela passagem de gás, evitando um vazamento do líquido em baixas pressões.



Bandejas tipo Peneira

Bandejas de peneira são simplesmente chapas de metal com buracos. O vapor atravessa diretamente o líquido no prato. O arranjo, número e tamanho dos buracos são parâmetros de projeto. Deve-se tomar cuidado aqui com as limitações do uso deste tipo de perfuração simples, pois quando a velocidade do gás é baixa pode ocorrer o vazamento de líquido pelos orifícios de passagem do gás, o que leva à uma queda significativa da eficiência do estágio.



Cada bandeja tem 2 canais, um em cada lado, chamados de "downcomers". A queda de líquidos ocorre pelos downcomers por gravidade de uma bandeja para a de baixo. Uma represa na bandeja assegura que sempre há algum líquido na bandeja. O vapor flui para cima e é forçado atravessar o líquido, pelas aberturas em cada bandeja. A área que permite a passagem de vapor em cada bandeja é chamada a área ativa de bandeja.

O espumar do líquido na área ativa de bandeja é devido a passagem de vapor da bandeja como também a evaporação. Como a passagem de vapor mais quente pelo líquido na bandeja, este transfere calor ao líquido. Além disso, algum vapor condensa acrescentando líquido na bandeja.

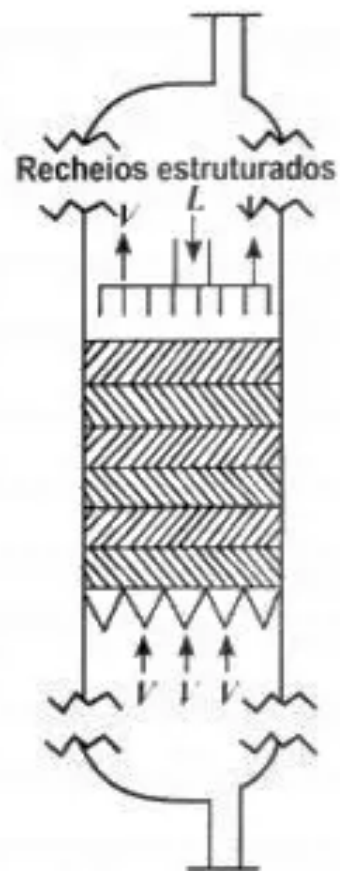
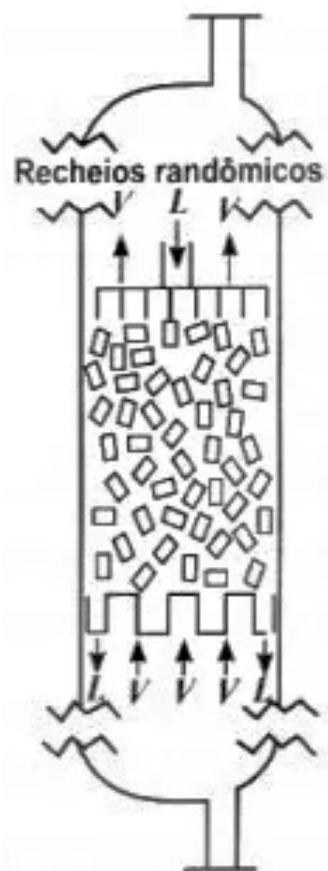
Torres Empacotadas ou de Recheio

Nas torres com enchimento, o líquido escoar pelo recheio entrando em contato com o gás que flui em contracorrente.

Este tipo de torre possui vantagens principalmente pela diversidade de opções de modelos de recheios com variadas geometrias e materiais.

Dependendo da pressão e velocidade empregada é necessário um modelo de recheio que apresente maior superfície de contato, ou então, dependendo das propriedades do fluido é possível escolher um recheio com um material mais resistente, como é o caso em operações com fluidos corrosivos, onde se utiliza recheios de cerâmica.

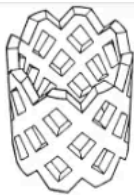
As torres de recheio são empregadas, geralmente, quando se tem coluna com diâmetros pequenos (≤ 9 m), operações com valores baixos de pressão e necessitam de distribuidores e redistribuidores de líquidos durante a passagem na coluna.



- **Recheios aleatórios ou randômicos:** Esses recheios ficam distribuídos aleatoriamente pela área da coluna, sendo de diversas geometrias e materiais (cerâmicas, metal, plástico ou carvão)



Raschig ring



Intox ring



Novalox saddle



Berl saddle



Top-Pak



Pall ring



Bialecki ring



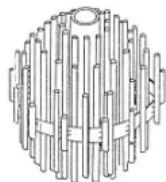
Intalox saddle



Pall ring



Hacketten



Igel

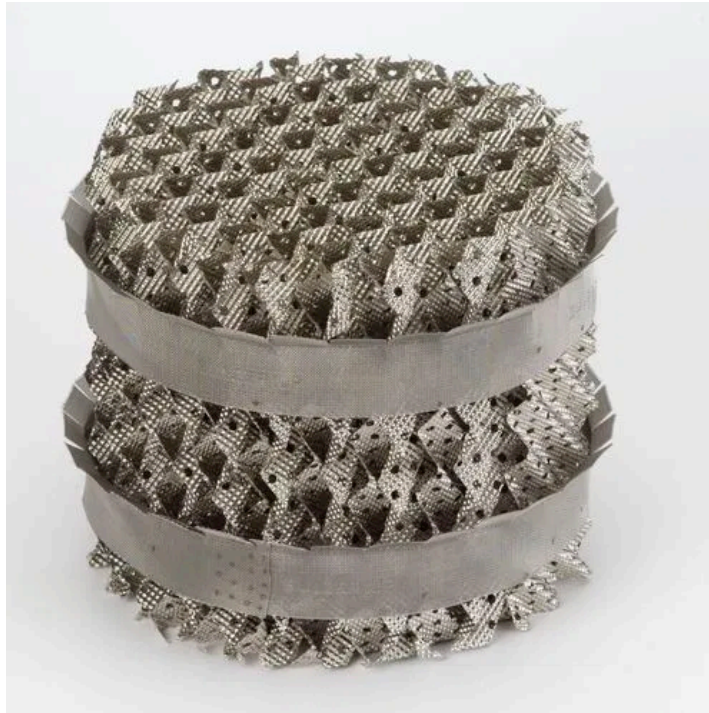


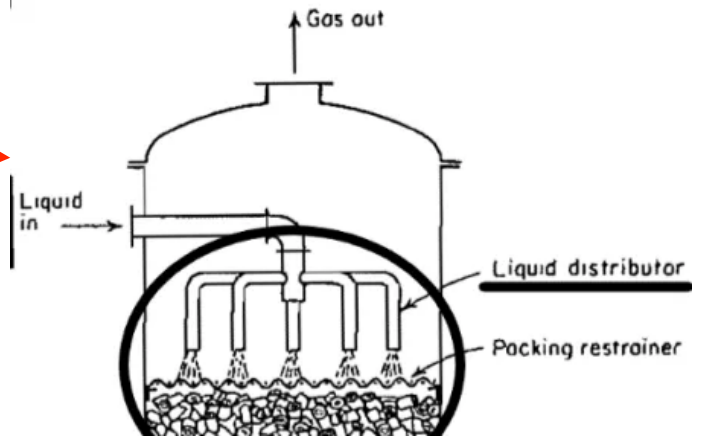
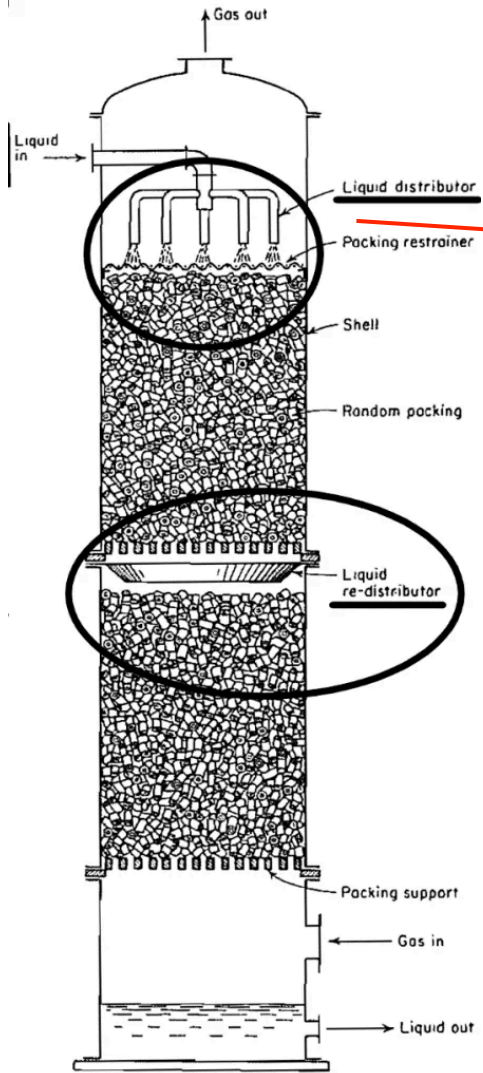
Tellerette



Anéis de Rasching de cerâmica. Recebem esse nome em homenagem ao seu inventor, o químico alemão Friderich Rasching.

- **Recheio estruturado:** Os recheios estruturados são colocados na coluna de forma mais organizada, proporcionam menores perdas de carga e maior eficiência na transferência de massa, porém são mais caros comparados aos recheios aleatórios.





Enchimentos versus bandejas

Uma coluna de bandeja que está enfrentando problemas de processamento pode ser melhorada substituindo uma seção de bandejas por enchimentos. Isto é porque:

- embalagens provêem área interfacial extra para contato de líquido-vapor
- é aumentada eficiência de separação pela mesma altura de coluna
- colunas empacotadas são mais curtas que colunas de bandejas