

FUNDAMENTOS DOS PROCESSOS DE DESTILAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE BEBIDAS

(Prof. André Alcarde)





BEBIDAS DESTILADAS

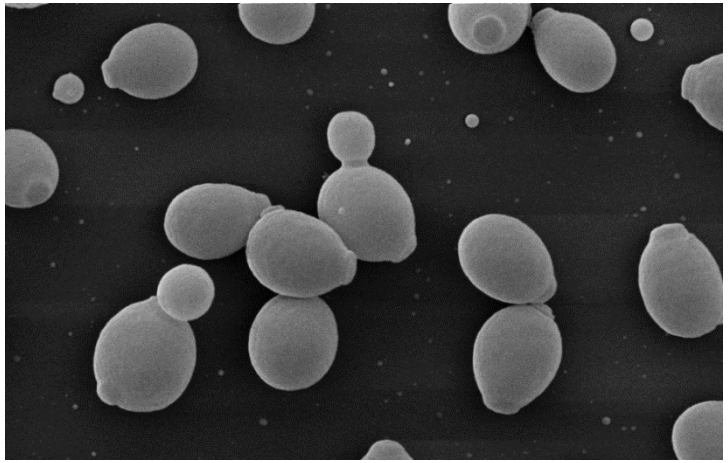


Figura 26.1 Principais tipos de bebidas destiladas.

Fonte: Varnam; Sutherland (1994).

FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

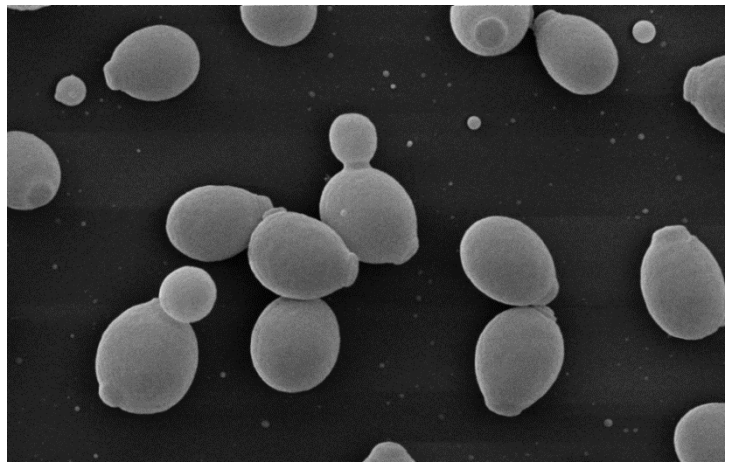
Mosto (açúcares) —**fermento (leveduras)**, **T=32º C, pH=4,5**→ **etanol + CO_2**



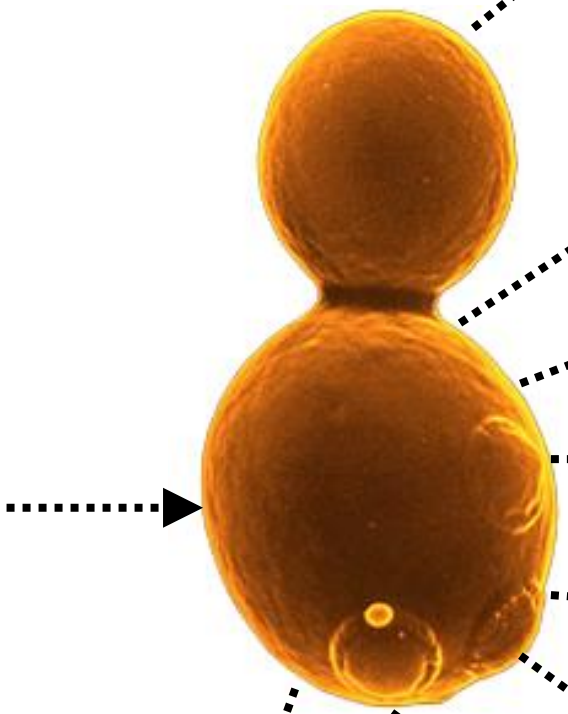
FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Mosto (açúcares) —**fermento (leveduras)**, **T=32º C, pH=4,5**→ **etanol + CO_2 + congêneres**

congêneres → **Aroma e sabor**



FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA



Açúcares
Glicose
Frutose

Biomassa

Energia (ATP)

Etanol

CO_2

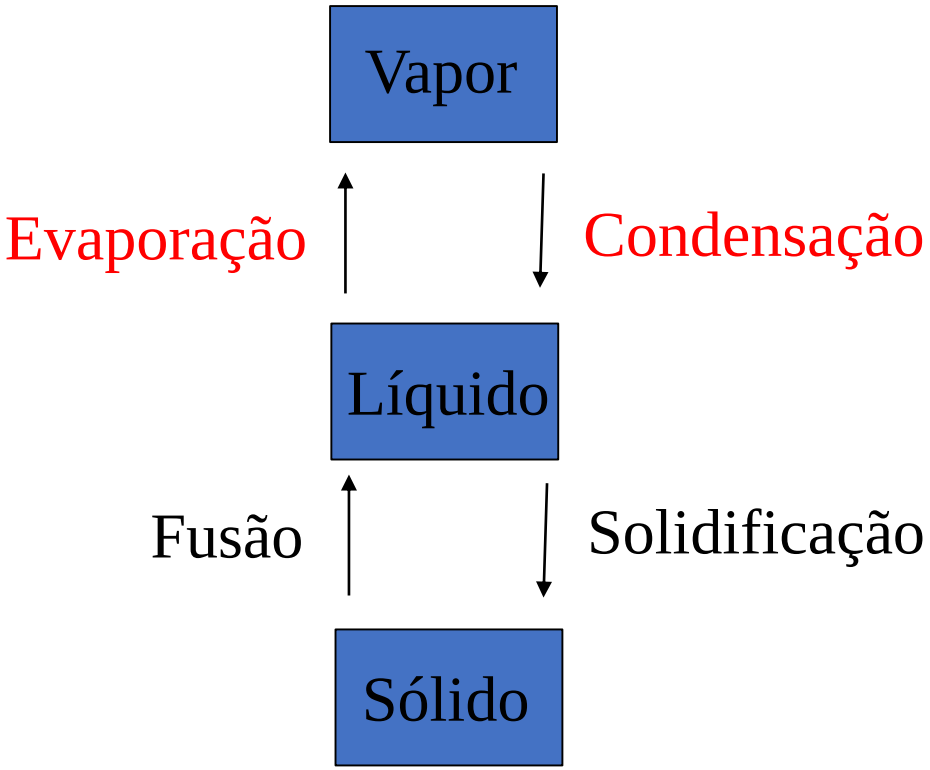
Ésteres, aldeídos

Álcoois superiores

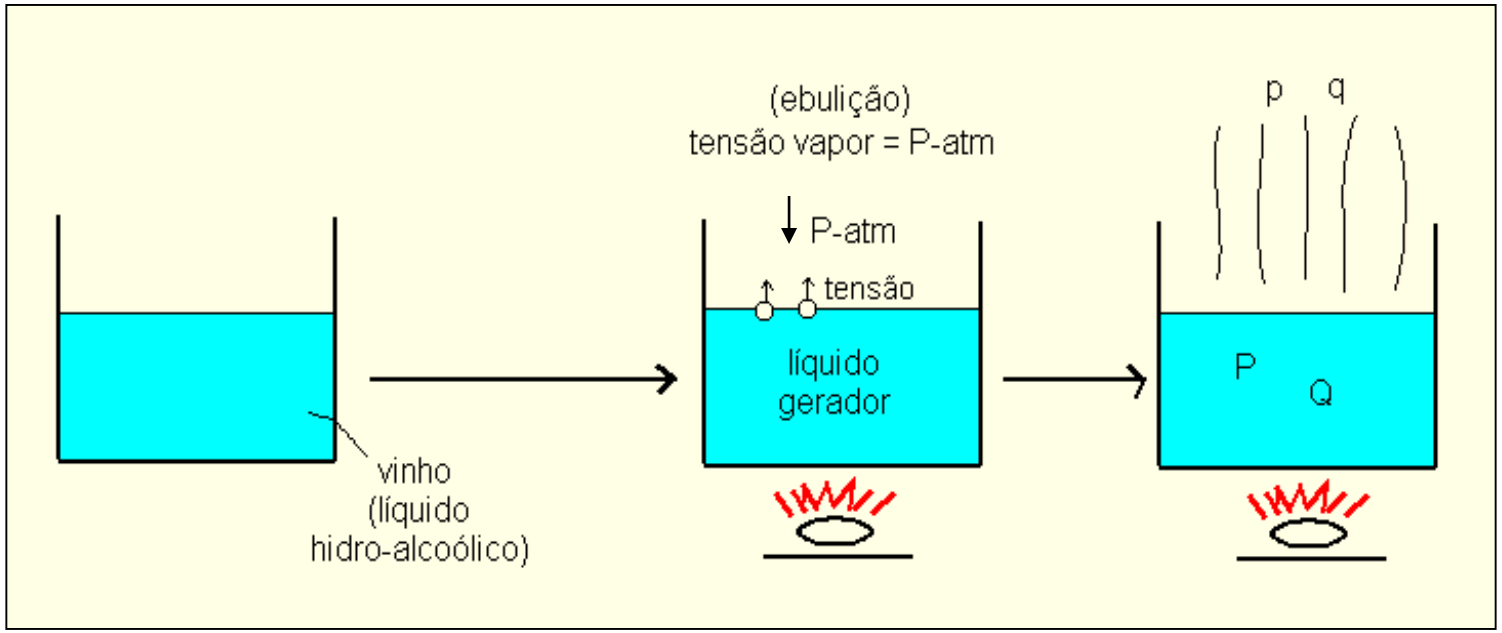
Ácidos orgânicos: acético, succínico, ...

Glicerol

OS TRÊS ESTADOS DA MATÉRIA



MISTURA BINÁRIA: MISTURA ÁGUA-ETANOL (ÁLCOOL)



$$\frac{P}{Q} < \frac{p}{q}$$,onde:

P = quantidade de álcool (vinho)
Q = quantidade de água (vinho)
p = quantidade de álcool (vapores = destilado)
q = quantidade de água (vapores = destilado)

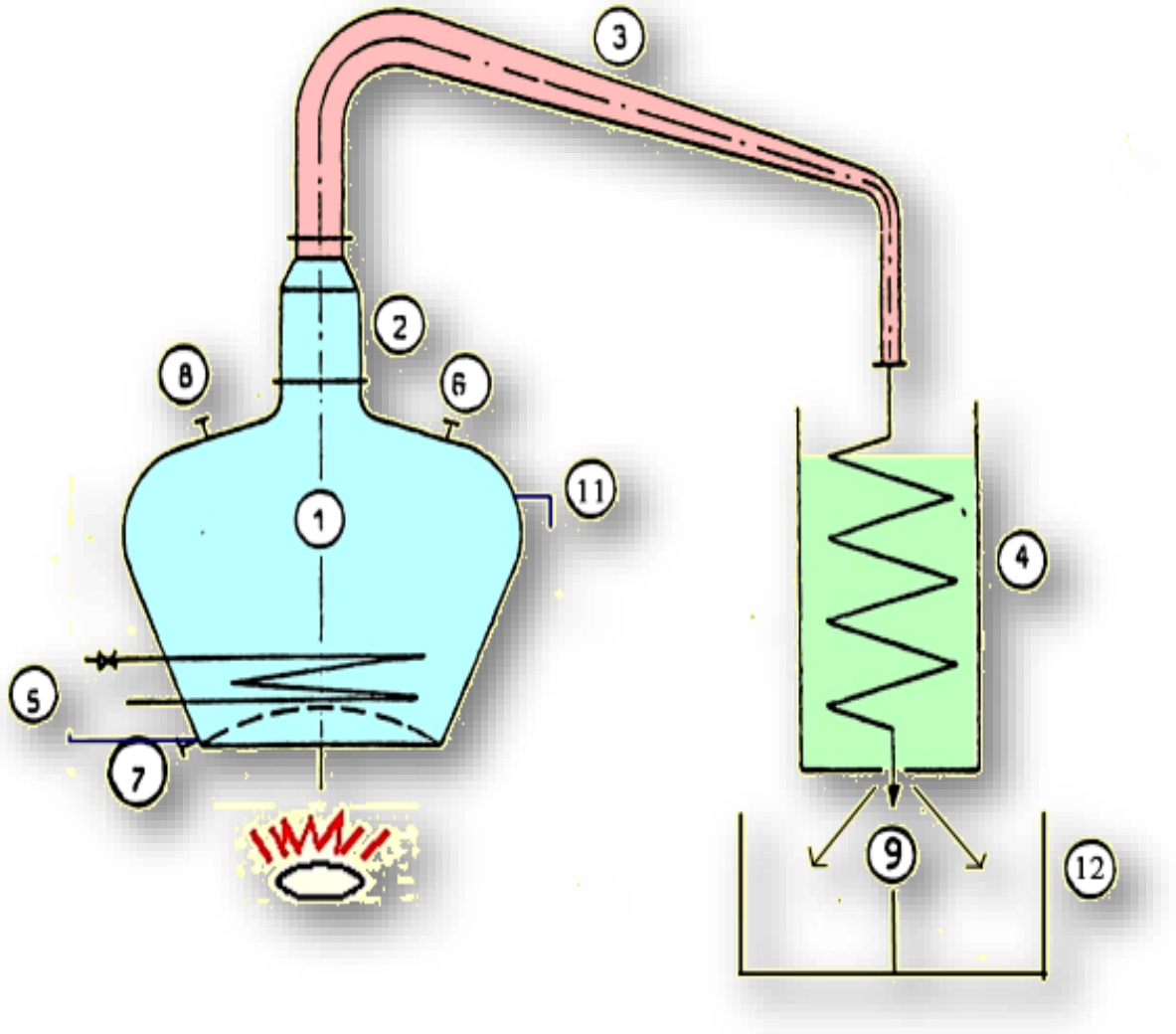
DESTILAÇÃO

Processo de separação de componentes de um líquido mediante fervura e geração de vapores, com posterior condensação e recolhimento do líquido destilado

DESTILAÇÃO INTERMITENTE SIMPLES

Alambique simples

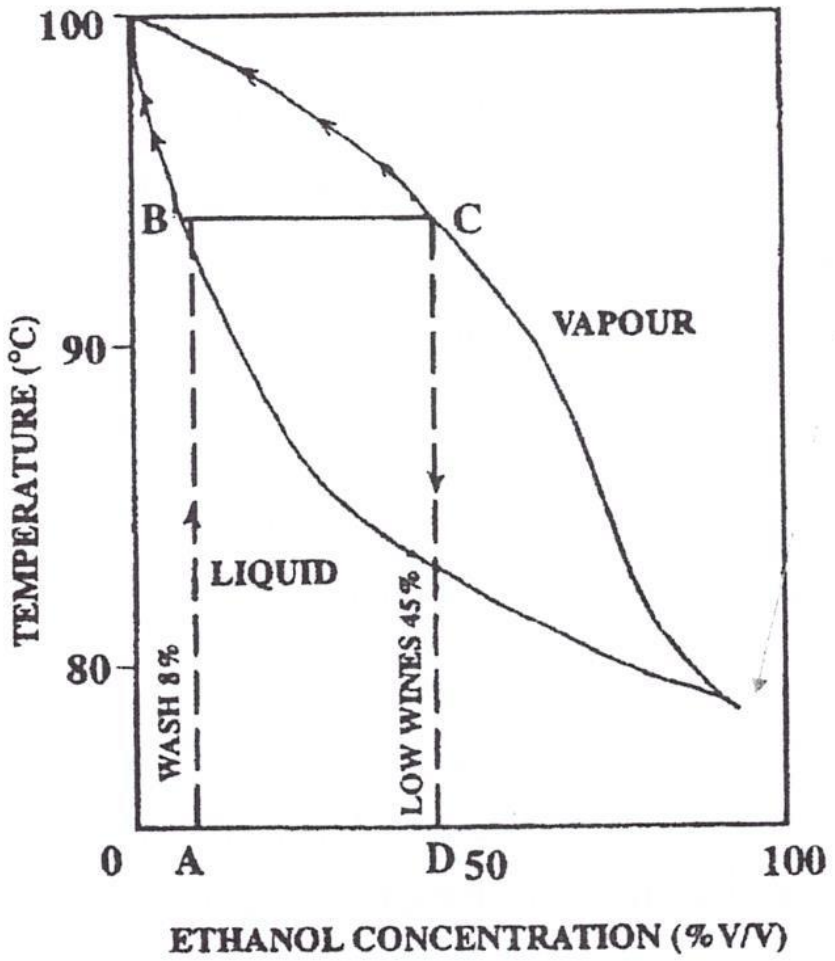
1. Caldeira
2. Capitel
3. Alonga
4. Condensador/Resfriador
5. Tubulação de vapor
6. Entrada de vinho
7. Descarga de vinhaça
8. Válvula igualadora das pressões
9. Canalização de destilados
11. Ladrão (nível de líquido na caldeira)
12. Caixa receptora



DESTILAÇÃO

% Álcool (vol)	Ponto de ebulição (^{o} C)	Destilado (% álcool vol)
Água pura	100,0	0
5%	95,9	18
10%	92,6	28
20%	88,3	42
30%	85,7	50
60%	82,3	75
96%	78,1	96
Álcool puro	78,3	100

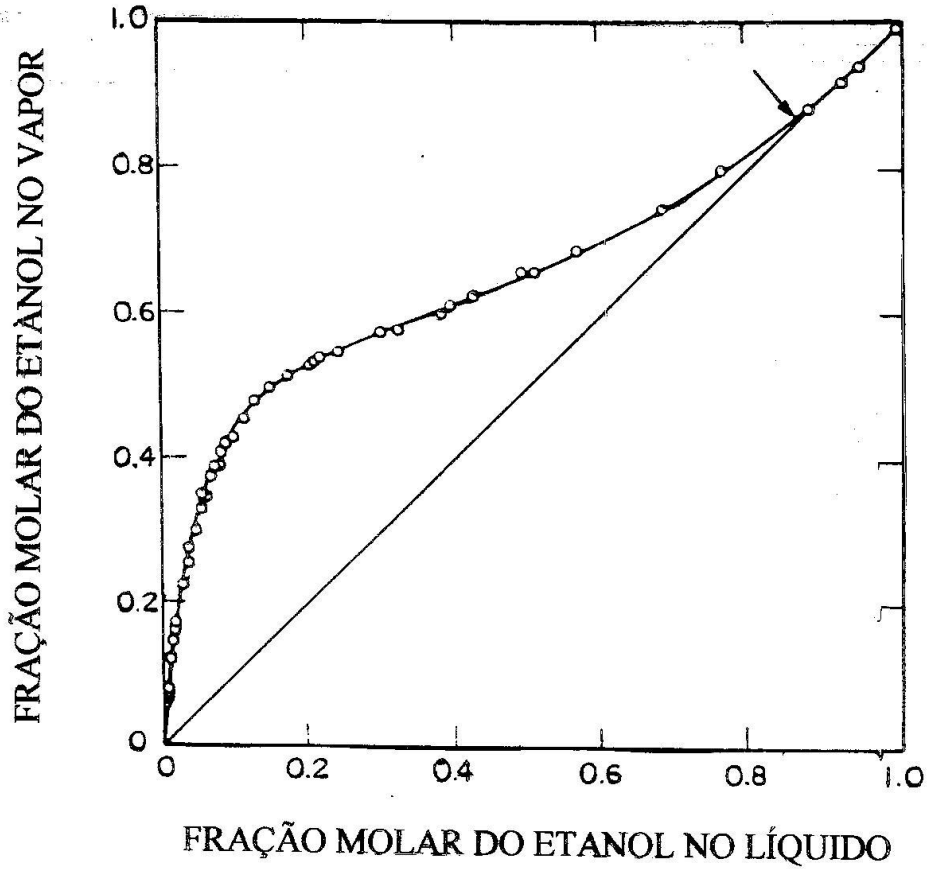
DIAGRAMA DE EQUILÍBRIO VAPOR-LÍQUIDO PARA A MISTURA BINÁRIA ETANOL E ÁGUA



AZEOTROPISMO

mistura [água+etanol (96% vol)] possui ponto de ebulição (78,1ºC) menor que o dos componentes puros (água = 100ºC; etanol = 78,3ºC). Portanto, os vapores provenientes da destilação da mistura azeotrópica possuem a mesma composição da mistura. Assim, não há ganho de grau alcoólico com a destilação

DESTILAÇÃO



Equilíbrio água/etanol no vapor e no líquido gerador

MULTI-MISTURA

Vinho (líquido fermentado)

- **líquida**
  - Etanol - 5 a 10% (v)
  - Água
  - Congêneres: aldeido acético, acetato de etila, metanol, glicerol, furfural, álcoois superiores (amílicos, propílicos, butílicos), ácidos orgânicos (lático, succínico, acético)
- **sólida**
  - a) suspensão:
  - células de leveduras e bactérias
  - substâncias não solúveis (fibras)
  - b) solução:
  - açúcares não fermentados, substâncias infermentescíveis, sais minerais
- **gasosa**
  - CO_2

DESTILAÇÃO

Para separação do álcool dos demais componentes do vinho:

⇒VOLATILIDADE: baseado na diferença do ponto de ebulição das substâncias voláteis
⇒ SOLUBILIDADE preferencial em água ou etanol à quente

- VOLATILIDADE:

⇒ voláteis: água, etanol, aldeídos, ésteres, álcoois superiores, ácido acético, ...
⇒ fixas: açúcares e sais minerais, células microbianas, glicerol, ácidos (lático, succínico), ...

DESTILAÇÃO

Compostos	Ponto de ebulição (^{o} C)
Aldeído acético	24
Metanol	76
Acetato de etila	77
Propanol	80
Ácido acético	118
Álcool isoamílico	132
Acetato de isoamila	137
Furfural	167
Carbamato de etila	183

FATORES DE DESTILAÇÃO

VOLATILIDADE:

* Grupo 1: substâncias mais voláteis que o etanol (aldeído acético, acetato de etila, metanol) → “cabeça”

* Grupo 2: etanol → “coração”

* Grupo 3: substâncias menos voláteis que o etanol (furfural, ácido acético) → “cauda”

FATORES DE DESTILAÇÃO

SOLUBILIDADE preferencial da substância no álcool a quente:

* Grupo 4: álcoois superiores

- em baixas concentrações de etanol → “cabeça”
- em altas concentrações de etanol → “cauda”

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Teoria de Barbet = relação da concentração da "impureza" no etanol do vapor hidro-alcoólico em relação à concentração da "impureza" no etanol do líquido gerador

$$K' \text{ (coef. de purificação)} = \frac{\text{impurezas no vapor de álcool}}{\text{impurezas no líquido gerador}}$$

Se
- $K' > 1 \rightarrow$ impureza (prod. de cabeça)
- $K' < 1 \rightarrow$ impureza (prod. de cauda)

Quadro - Valores de K' (Barbet):

% etanol	Aldeído acético	Acetato de etila	Ácido acético	Furfural
10	6	5,7	0,25	0,45
30	8	5,4	0,35	0,35
40	10	4,8	0,40	0,30
50	11	3,9	0,50	0,25
60	12	3,3	0,56	0,21
70	13	3,1	0,65	0,20
80	14	2,8	0,75	0,17
90		2,4	0,85	

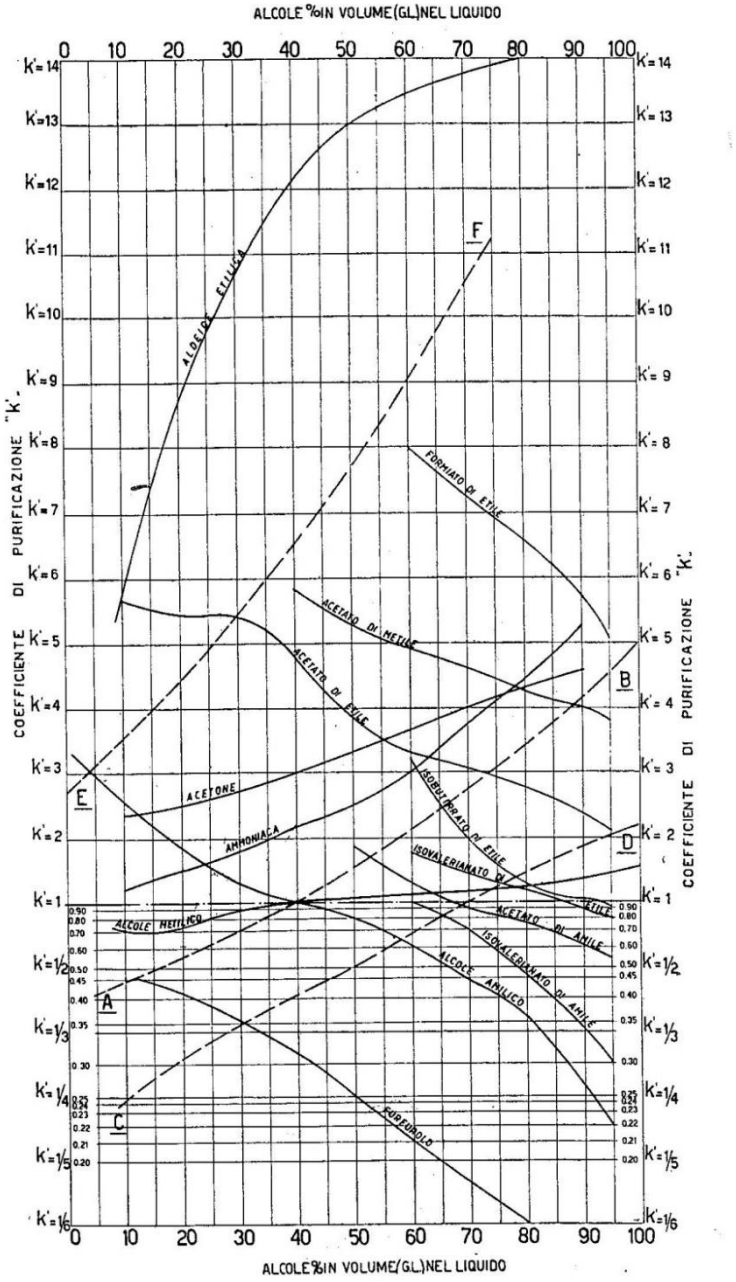


Fig. 1 - Variação do coeficiente de purificação K' de Barbet das impurezas mais comuns nos líquidos alcoólicos industriais

K´ > 1 = componente de "cabeça"

K´ < 1 = componente de "cauda"

Álcool iso-amílico

% álcool (v/v) no líquido gerador	K´
1	3,30
10	2,54
20	1,81
25	1,50
30	1,30
40	1,05
50	0,80
60	0,62
70	0,44
80	0,36
90	0,26
95	0,22

DESTILAÇÃO CONTÍNUA (COLUNA DE DESTILAÇÃO)

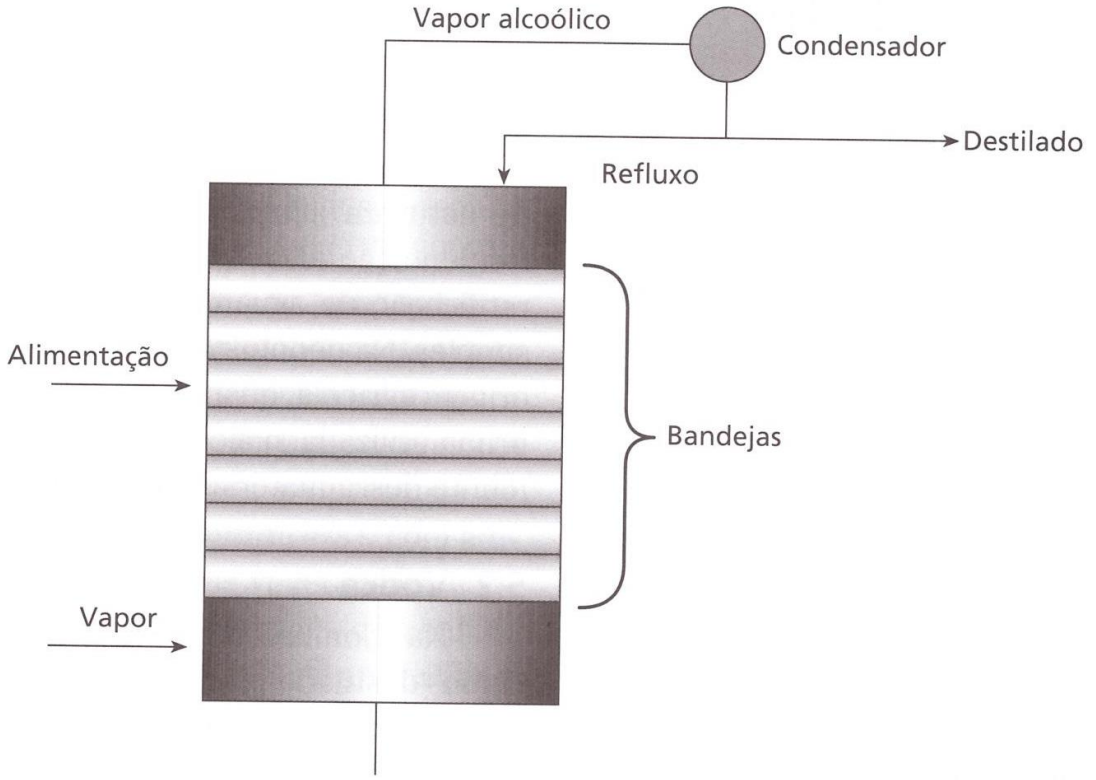


Figura 2 Esquema de processo de destilação contínuo.

Fonte: Varnam; Sutherland (1994).

DESTILAÇÃO CONTÍNUA (COLUNA DE DESTILAÇÃO)

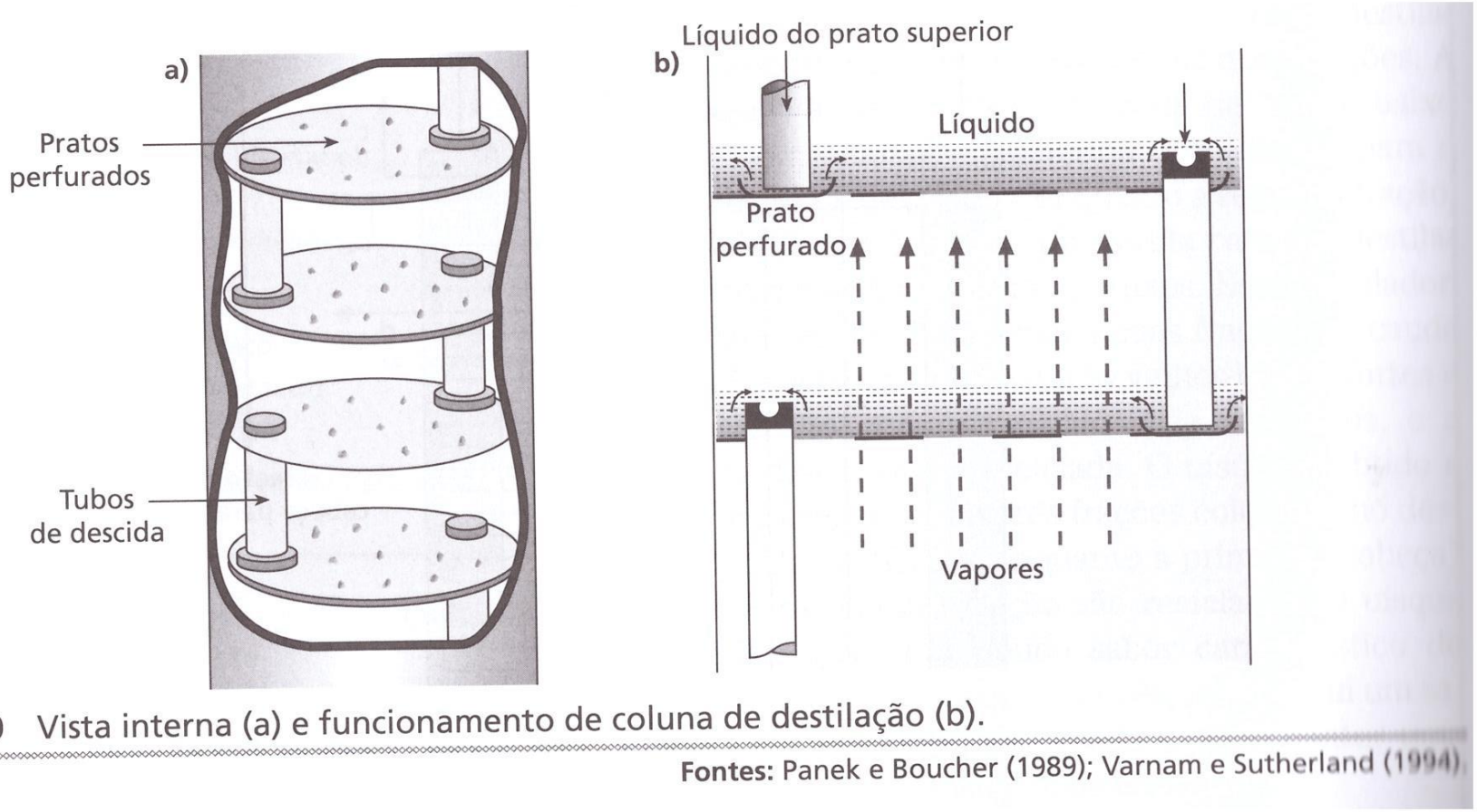
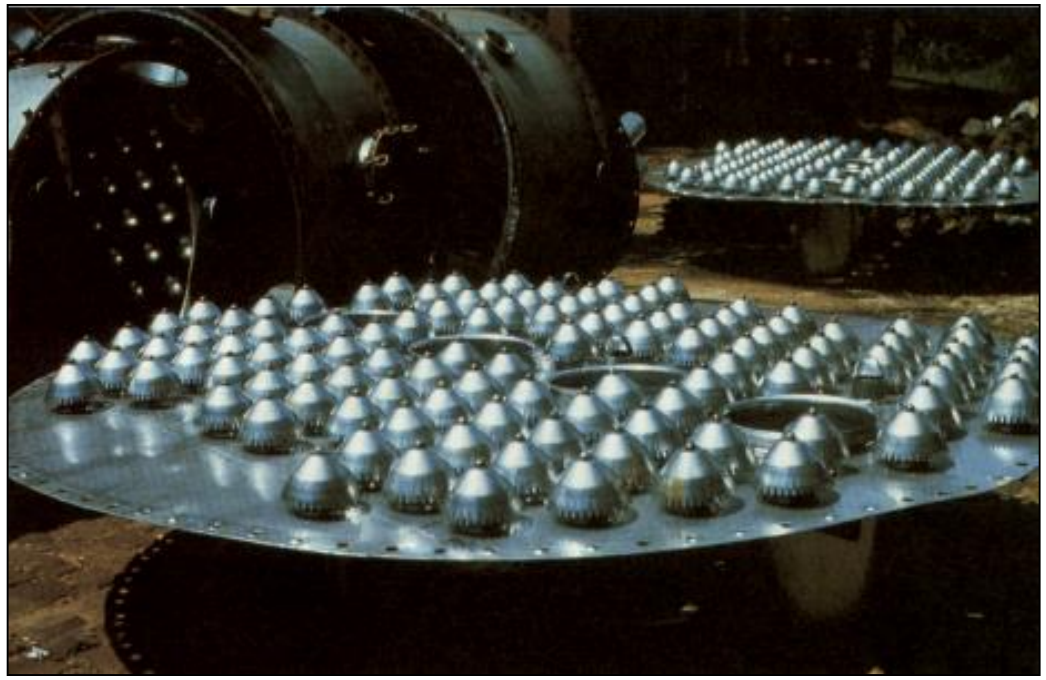


Figura 25.10 Vista interna (a) e funcionamento de coluna de destilação (b).

Fontes: Panek e Boucher (1989); Varnam e Sutherland (1994).

DESTILAÇÃO CONTÍNUA (COLUNA DE DESTILAÇÃO)



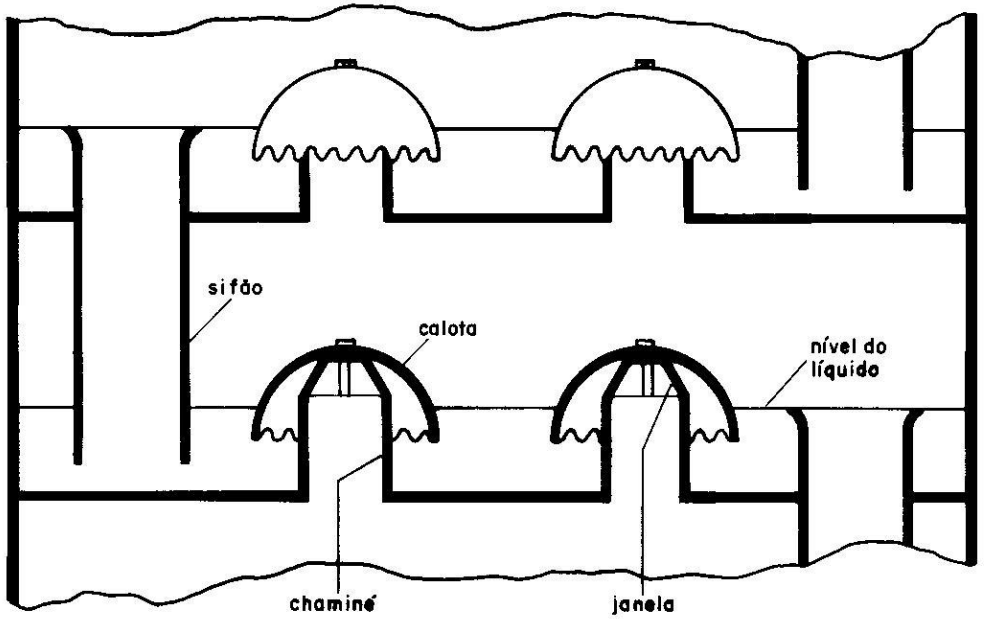
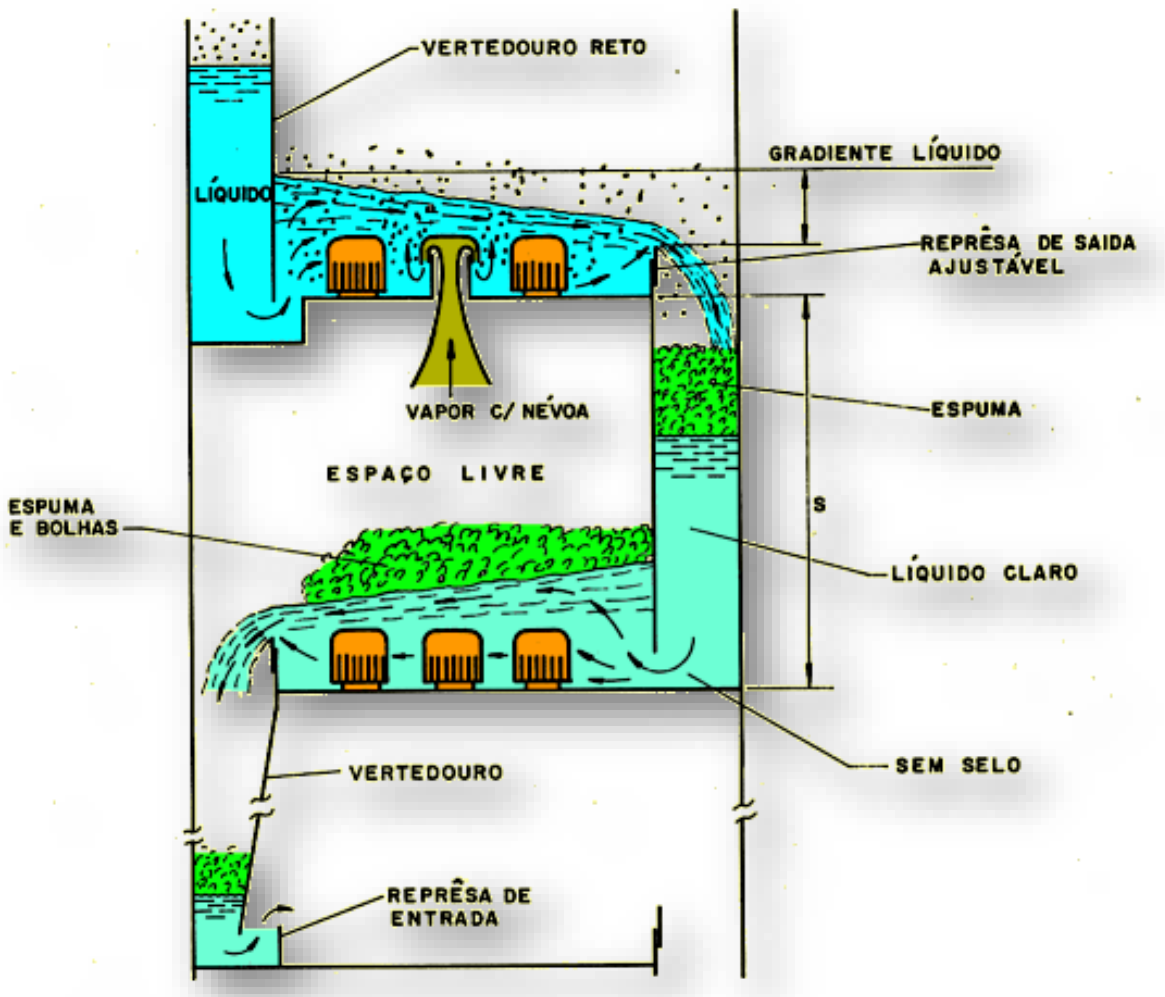


Figura – Esquema de uma bandeja de destilação calotada

Distillation column:
https://www.youtube.com/watch?v=BaBMXgVBQKk

DESTILAÇÃO CONTÍNUA (COLUNA DE DESTILAÇÃO)



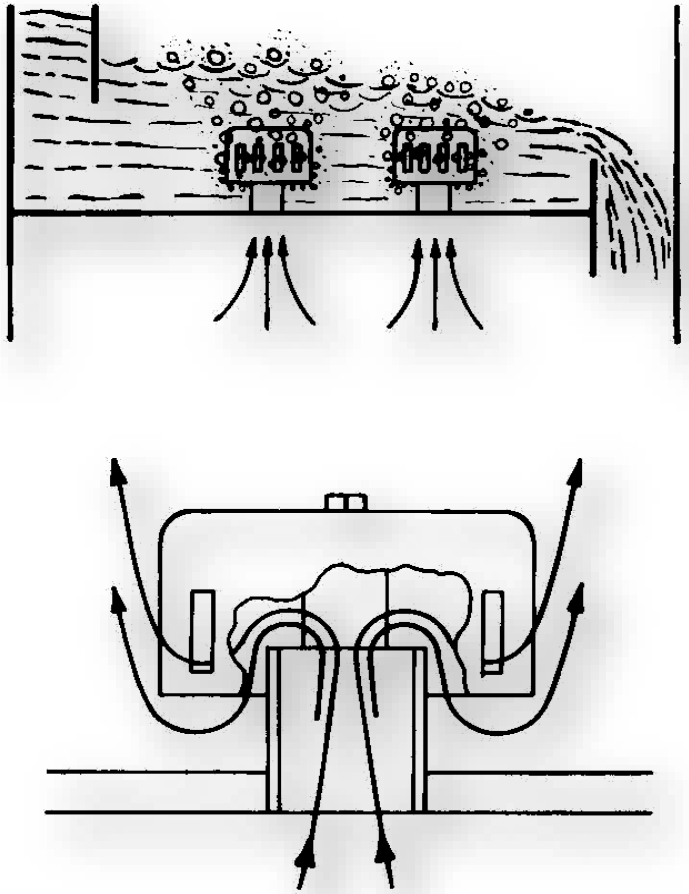


Figura – Fluxo de vapor através de calotas.

DESTILAÇÃO CONTÍNUA (COLUNA DE DESTILAÇÃO)

