

13. SECAGEM DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS



PARTE 2. Processos de Secagem



Prof. Dr. Wanderley Pereira de Oliveira

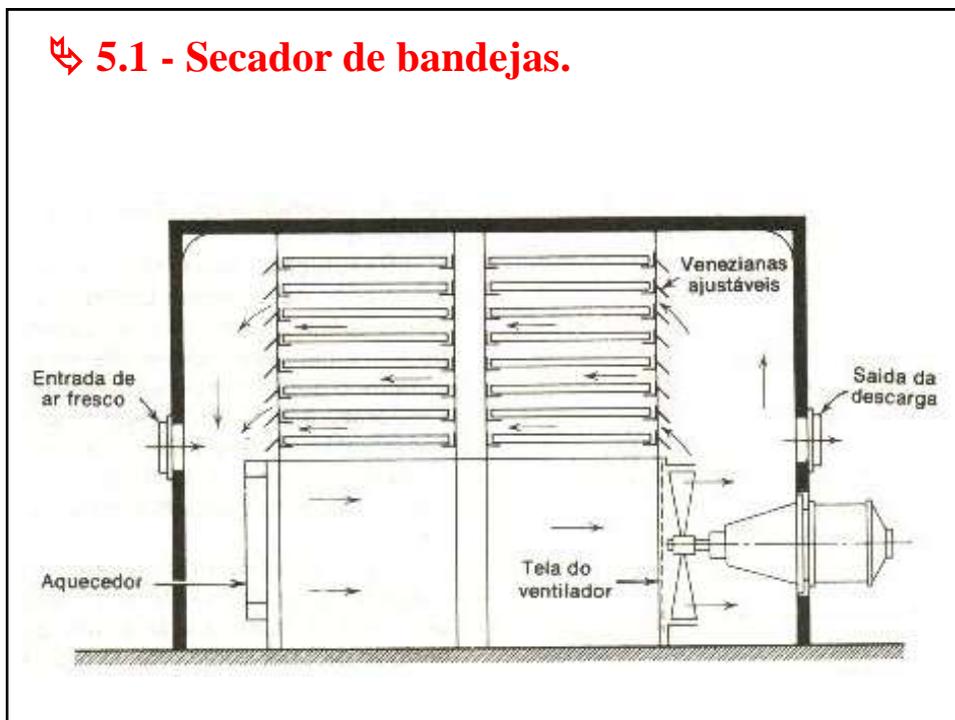
Hydra - Grécia

5. - CLASSIFICAÇÃO DE SECADORES

Secadores mais utilizados na indústria farmacêutica

1. Secadores de bandejas
2. Secadores em túnel e esteiras transportadores
3. Sistemas de leito fluido
4. Secadores por atomização: spray dryer
5. Liofilizadores
6. Secagem por microondas
7. Sistemas de secagem híbridos

↳ 5.1 - Secador de bandejas.



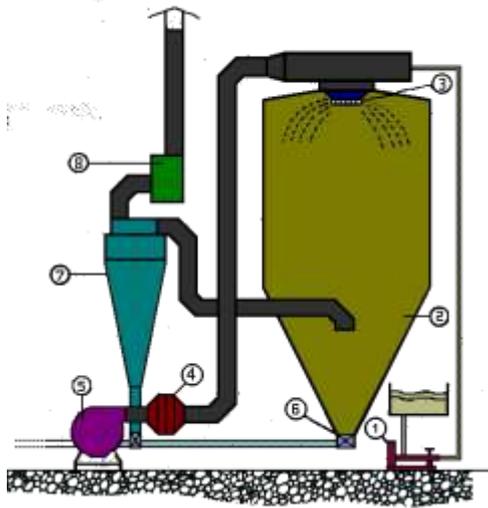
↪ Secador de bandejas.



↪ Apesar de serem muito usados, esses equipamentos apresentam inúmeras desvantagens, como por ex.:

- aplicáveis somente à secagem de materiais estáveis;
- o produto pode permanecer úmido nos cantos das bandejas;
- pode ocorrer secagem desigual nas bandejas;
- aplicados somente para secagem de produtos sólidos;
- operação descontínua.

5.2 Spray-Dryers ou secagem por atomização.



- 1 - Bomba
- 2 - Câmara de secagem
- 3 - Atomizador a disco rotativo
- 4 - Trocador de calor
- 5 - Ventilador adutor
- 6 - Válvula rotativa
- 7 - Ciclone
- 8 - Ventilador Exaustor

Secagem de soluções, suspensões ou pastas diluídas
(ex. leite em pó; café solúvel, extratos).

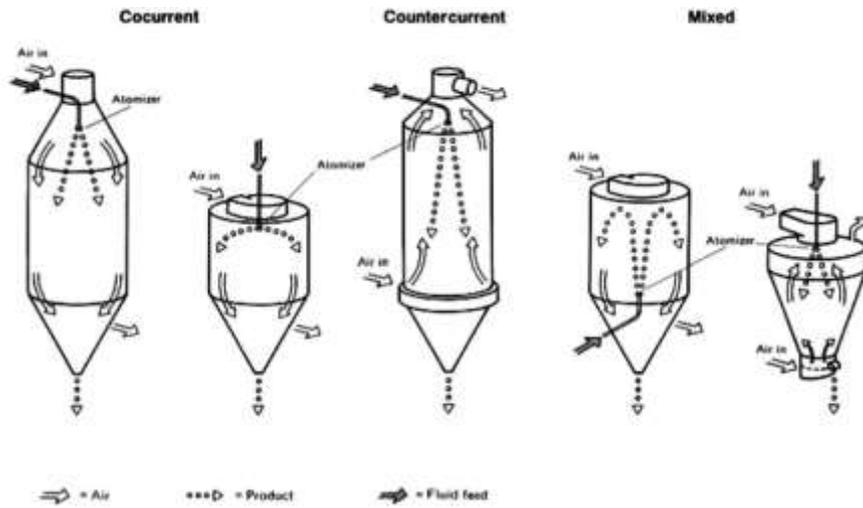
- Operação:

↪ a) **Con-corrente:** O gás e o material atomizado são alimentados na mesma direção.

b) **Contra-corrente:** O gás é alimentado na direção oposta ao material atomizado.

c) **Escoamento misto.**

Tipos de operação



WPO

CICLONE



CÂMARA DE SECAGEM



VÁLVULA ROTATIVA



CONJUNTO ATOMIZADOR



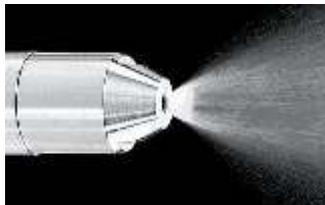
↪ Sistemas de Atomização



Atomizador de duplo fluido



Atomizador centrífugo

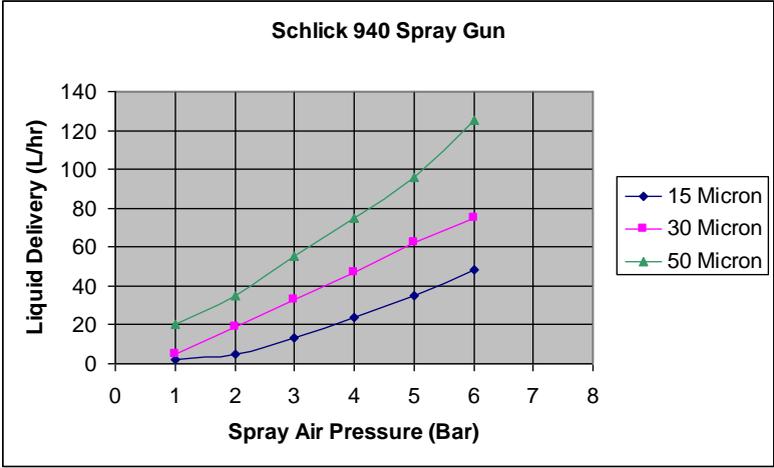


Atomizador por pressão hidráulica

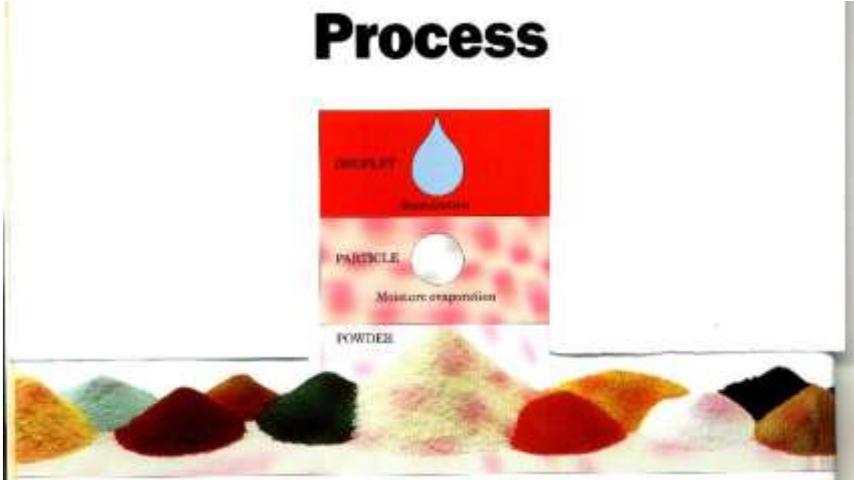


Atomizador ultrasônico

Droplet size vs. Atomization air pressure



↪ Diagrama do Processo



↳ A principal **vantagem** atribuída ao Spray-Dryer frente a outros secadores é a obtenção de produtos com propriedades físicas desejadas no que se refere à:

- Solubilidade;
- teor de umidade;
- densidade;
- diâmetro médio;
- distribuição granulométrica
- etc

↳ **Variáveis de operação:**

- a vazão de gás;
- a temperatura de alimentação do gás de secagem;
- a vazão de alimentação do material a ser seco;
- condições de atomização;
- propriedades da composição de secagem;
- o diâmetro da gota atomizada;
- umidade do gás de secagem.



↪ **Exemplos de Spray-Dryer**



↪ **Spray-Dryer - Escala Piloto**



↪ **Spray-Dryer - Unidade Industrial**



Typo: SD46.3-N (capacidade de produção)
Water evaporator capacity: 10 - 60 kg/h

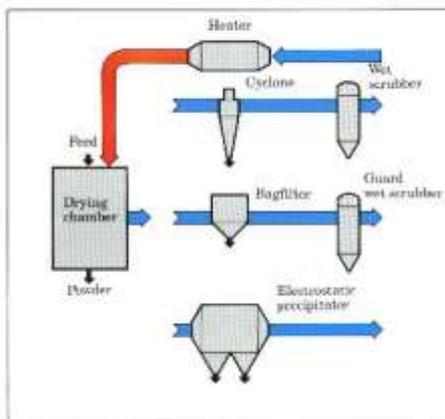
↪ **Exemplos de Spray-Dryer**



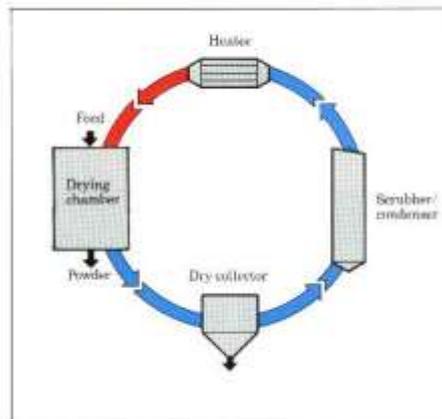
➤ **Spray-Dryer - Unidade Industrial**

➤ **Spray-Dryer - Ciclos de Operação**

Open

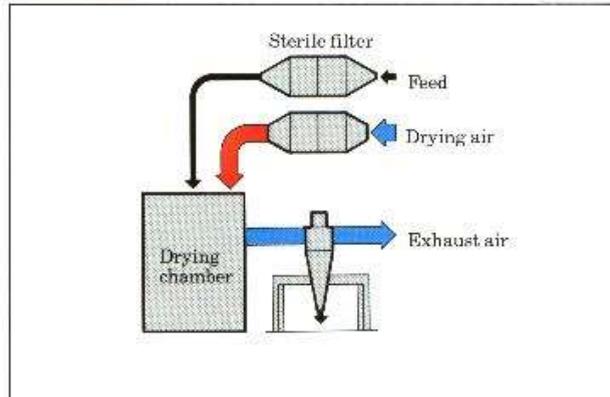


Closed cycle

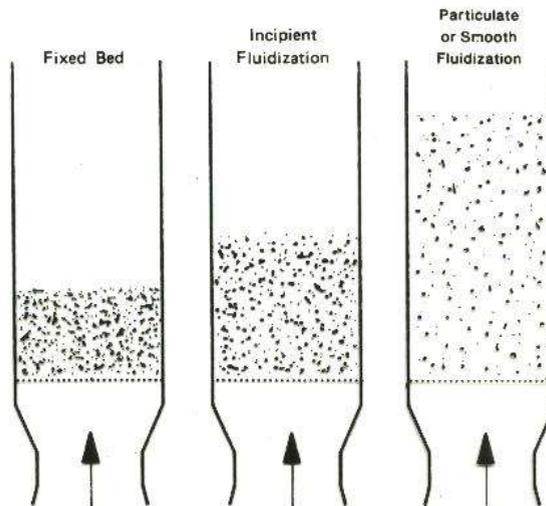


↳ Spray-Dryer - Ciclos de Operação

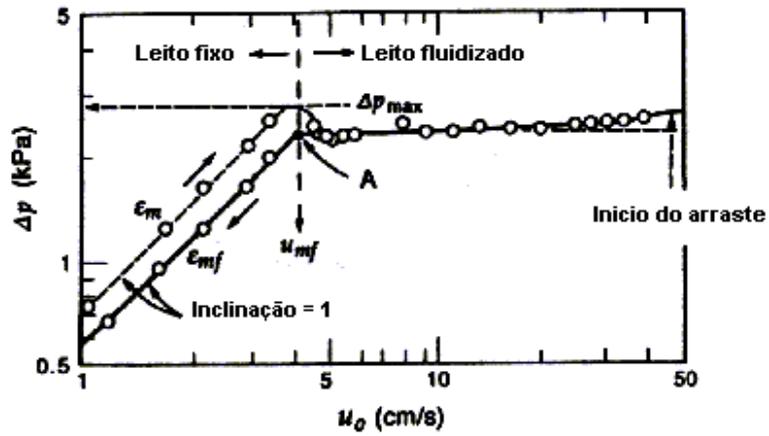
Aseptic



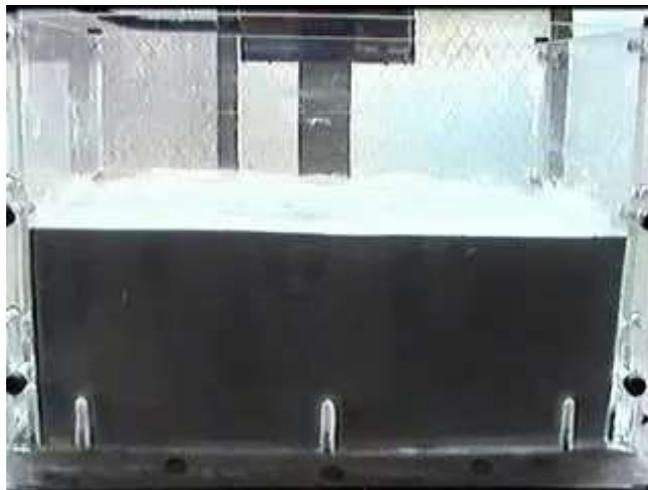
↳ 5.3 - Secadores leitos fluidizados.



Fenômeno da Fluidização.



Queda de pressão em função da velocidade do gás



↳ **Aplicações gerais:**

- reações catalíticas sólido-fluido;
- adsorção;
- combustão de carvão;
- secagem.

↳ **Aplicações na secagem:**

- grânulos, ex. comprimidos, sementes, etc;
- pastas (duras e moles);
- suspensões e soluções.

↳ **Produtos obtidos:**

- Pós finos dispersos ou grosseiros;
- grânulos.

↪ **Formas de operação:**

- (a) O leito é formado pelo material que se seca;
- (b) Leito de material inerte.

↪ **Tipos de leitos fluidizados**

- 1) Estágio múltiplos ou simples;
- 2) Tipo de movimento dos sólidos;
- 3) Forma geométrica da câmara de secagem;
- 4) Com ou sem recirculação do agente de secagem;
- 5) Com ou sem moagem.

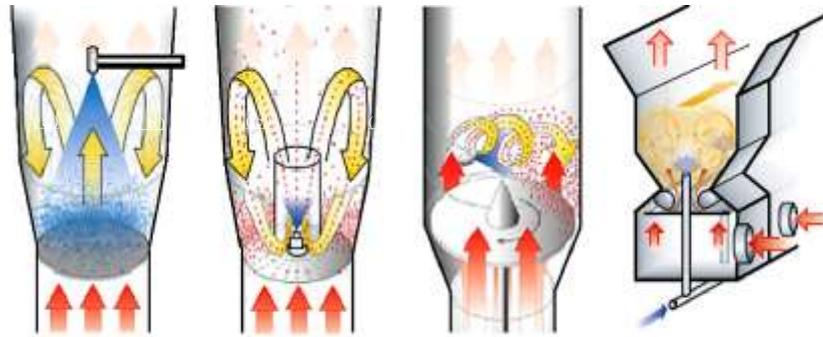
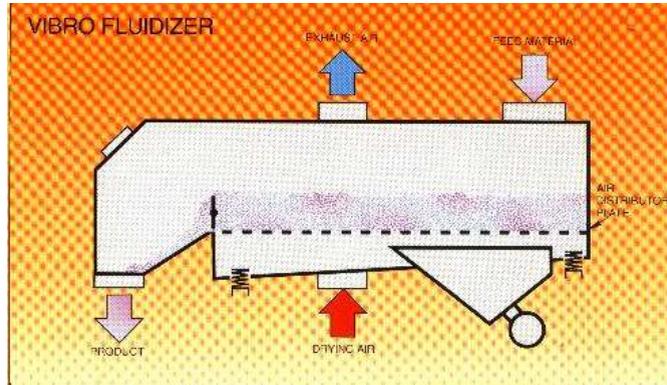


Figura . Leitos fluidizados e de jorro comercializados na área farmacêutica. a) leito com atomização no topo; b) leito tipo Wurster; c) leito fluidizado rotativo e d) leito de jorro bidimensional (GLATT).

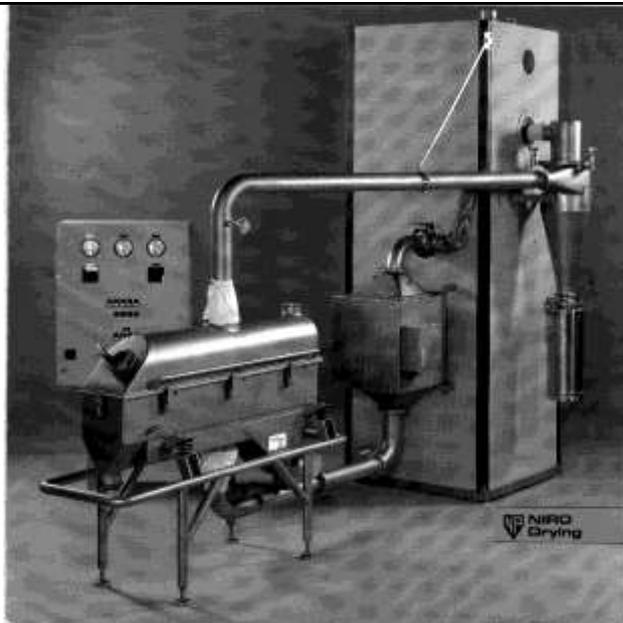


Machine capacities range from 125 to 1275 litres.

↪ **LEITO FLUIDIZADO**



↳ **LEITO VIBRO FLUIDIZADO**



↳ **LEITO VIBRO FLUIDIZADO**

↪ 5.4 - Secagem em Leito de Jorro.

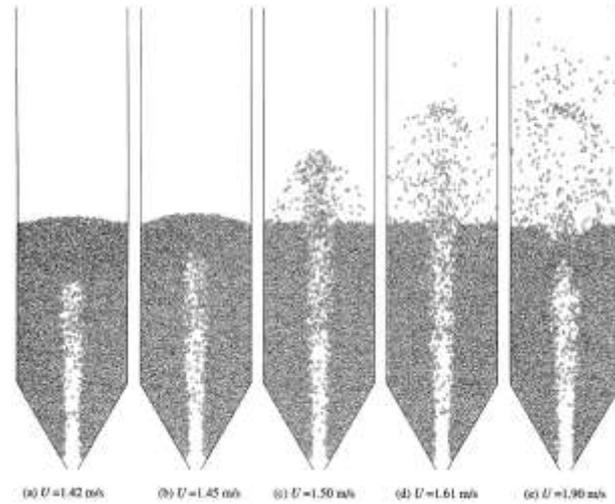
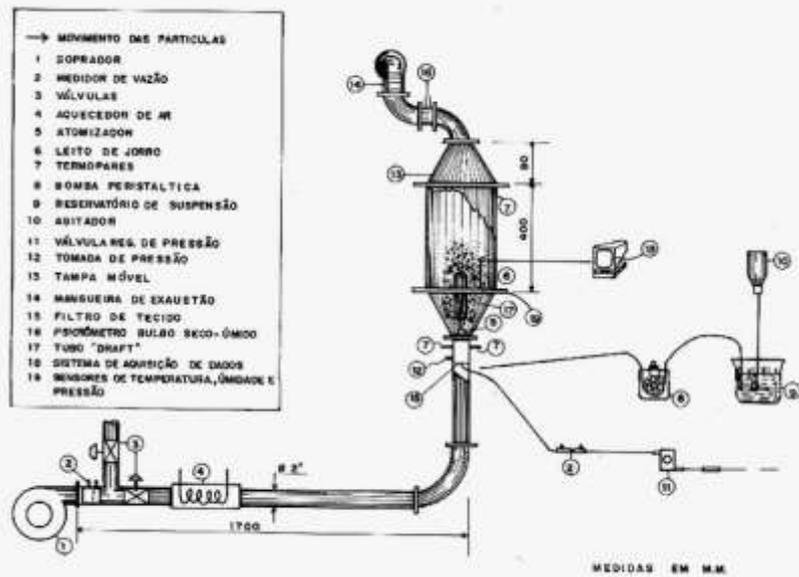


Figura – Obtenção do movimento de jorro estável através do aumento da vazão do gás de jorro (Fonte: KAWAGUCHI *et al.*, 2000).

↪ 5.4 – Fenômeno do Jorro.



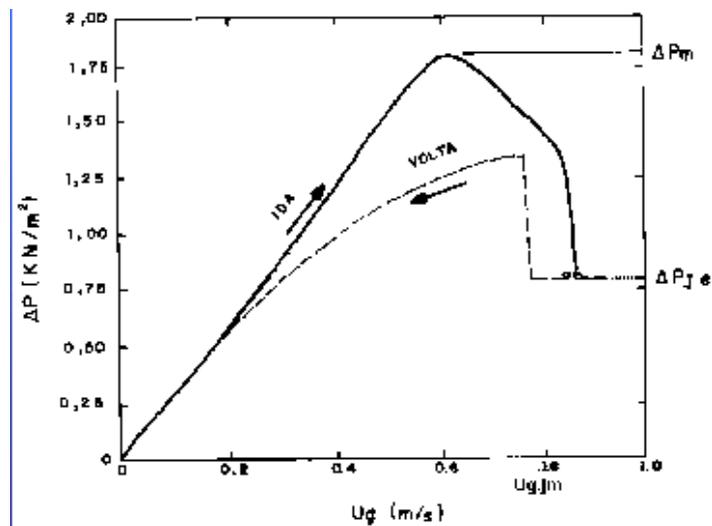
↳ Esquema típico de um secador de leito de jorro



↳ Fotografia de um leito de jorro



↳ Curva característica de um leito de jorro.



↳ **Pontos de interesse da curva: ΔP_m ; ΔP_{je} ; U_{mj}**

↳ Vantagens frente aos leito fluidizados:

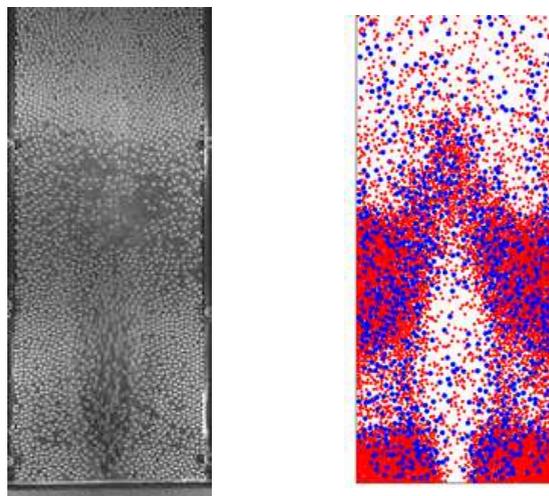
↳ Operam com partículas inertes de maior diâmetro e, possibilitam um melhor contato entre o fluido e os sólidos.

↳ Aplicações: secagem de soluções, suspensões, pastas diluídas, materiais granulares, sementes, entre outras.

↳ Parâmetros que afetam a operação:

- temperatura e umidade do gás de secagem;
- temperatura de saída do gás;
- massa de sólidos no interior do equipamento;
- vazão de gás alimentado ao sistema;
- massa de material inerte no interior do equipamento;
- umidade inicial do material; sistema de alimentação;
- Configuração do sistema, etc.

↳ Secadores Jorro-Fluidizado



↪ 5.5 - Liofilização.

É também denominada de secagem por sublimação. As etapas de uma liofilização são:

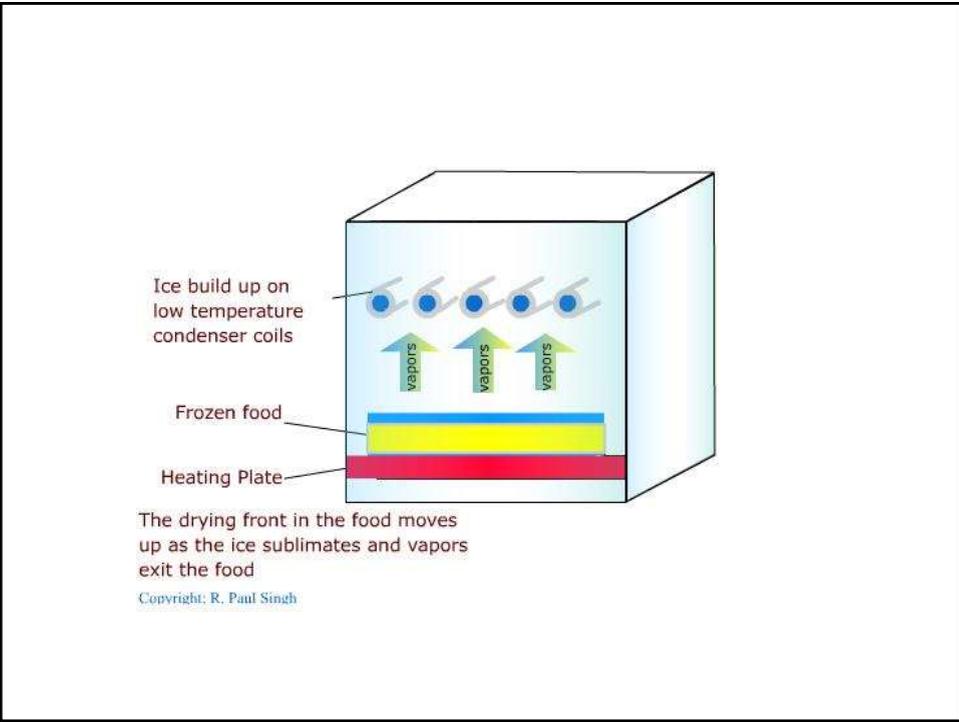
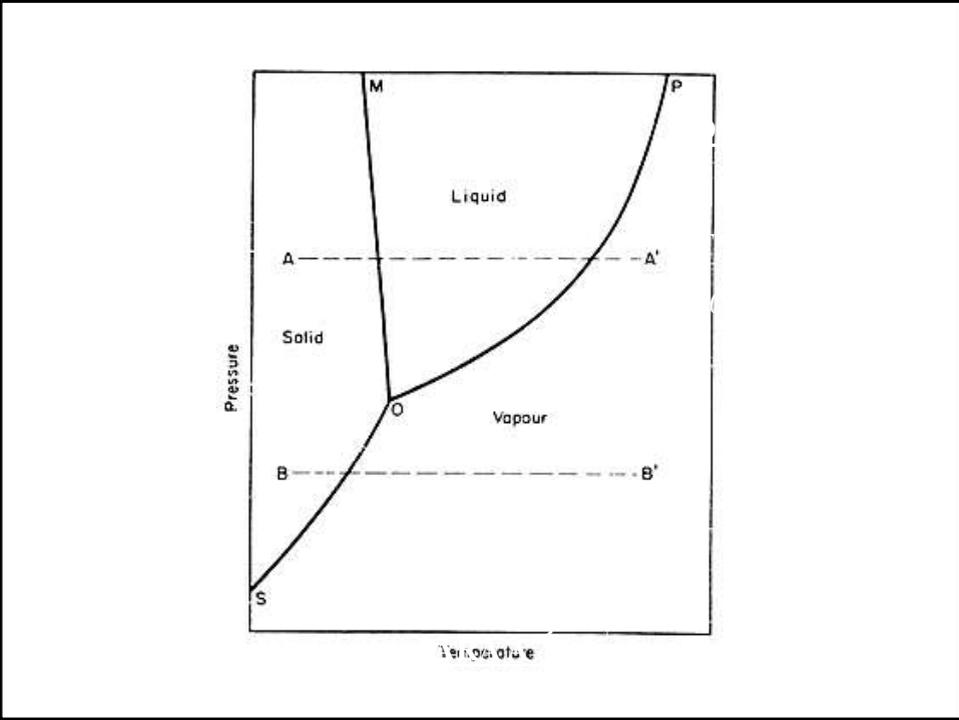
↪ o congelamento do material,

↪ fornecimento de calor sob condições controladas, que leva à sublimação do gelo.

***Cuidados: Temperatura de colapso**

Temperatura de colapso:

É a temperatura na qual o material amolece a ponto de não suportar sua própria estrutura. Este fenômeno está intimamente relacionado com uma aparência inaceitável para o produto, secagem incompleta. Baixa estabilidade e dificuldade de reconstituição. Atualmente sabe-se que a temperatura de colapso ocorre a algum ponto próximo da temperatura de transição vítrea do material (T_g), apesar que historicamente, os termos transição vítrea, colapso e eutética tem sido erroneamente empregadas concomitantemente, acreditando-se serem a mesma coisa,



↳ Características do processo:

- Produtos de melhor qualidade;
- Custo elevado.

* **Parâmetros que afetam a qualidade do produto:**

- 1) Temperatura do congelamento;
- 2) Taxa e técnica de resfriamento, que pode ser por *contato* ou *direto*.
- 3) Taxa de fornecimento de calor ao produto;
- 4) O vácuo da operação;
- 5) Tempo de secagem.

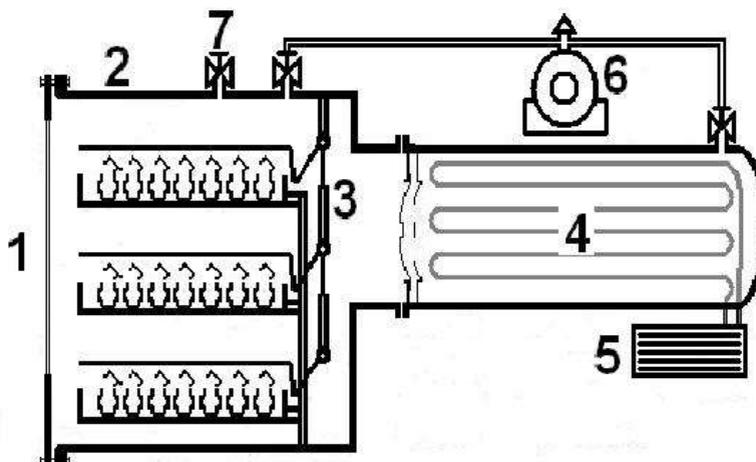


Figura . Liofilizador de bandejas com fechamento automático, 1) Visor da câmara; 2) Câmara de secagem; 3) Sistema articulado de tampa; 4) Câmara de congelamento do vapor; 5) Resfriador; 6) Bomba de vácuo, 7) Válvula de alívio.



↪ 5.6 - Outros tipos de secadores.

Secadores a vácuo (secadores indiretos):
Indicados para produtos que não podem entrar em contato com outros materiais;

Secadores de tambor rotativo; de esteira transportadora, entre outros.



Secadores de tambor rotativo

6. Considerações finais

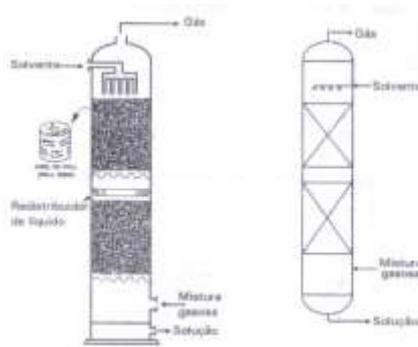
A especificação do tipo de secador e condições de operação são um desafio para engenheiros e farmacêuticos, sendo esta sem dúvida alguma uma das principais interfaces entre estas duas áreas de conhecimento. PAFs, fitoterápicos e produtos biotecnológicos processados em condições inadequadas de secagem podem perder suas propriedades terapêuticas e estabilidade. O acompanhamento das interações processo-qualidade deve ser rigoroso e detalhado, abrangendo caracterização química, térmica, microbiológica, polimórfica e muitas outras.

Na fronteira do conhecimento, a secagem de sistemas nanoencapsulados, de lipossomos e de proteínas e enzimas têm tomado a atenção de pesquisadores do mundo todo. Todos estes campos são desafiadores para os profissionais devotados à secagem.

OUTRAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Absorção e dessorção de gás:

A absorção de um gás envolve a transferência de um componente solúvel de uma fase gasosa para um absorvente relativamente não volátil. A dessorção é o processo inverso, e consiste na remoção de um componente de um líquido pelo contato com uma fase gasosa.



OUTRAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS

• Adsorção:

É a transferência de um constituinte de um fluido para a superfície de uma fase sólida. A fase fluida pode ser um gás ou um líquido. Geralmente o *adsorvente* é um sólido que mantém o adsorvido na sua superfície devido a forças físicas.

Ex. Adsorção de vapores orgânicos pelo carvão.

↳ Peneiras moleculares: sólidos porosos que separam substâncias pela dimensão destas.

Ex. retirada de água de misturas gasosas.

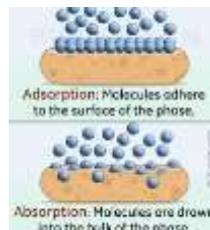
↳ Troca iônica: resinas sólidas que tem cargas e, por isso, são capazes de reter íons.

Ex. Purificação de água.

Adsorption System to Remove Nitrogen (N₂) and Carbon Dioxide (CO₂) from Natural Gas



Molecular Sieves® used in Kentucky



<https://youtu.be/XnkKa9xlw-c>

OUTRAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS

• Extração líquido-líquido:

Uma mistura líquida pode, às vezes ser separada pelo contato com um segundo solvente líquido.

Os componentes da mistura são solúveis, em diferentes graus, no solvente. No caso ideal o componente a ser extraído é solúvel no solvente, e os demais componentes são insolúveis.

A mistura inicial torna-se o *refinado* à medida que dela se extrai o soluto. A fase solvente transforma-se no *extrato* à medida que acolhe o soluto.

• Extração sólido-líquido:

Os componentes de uma fase sólida podem ser separados pela dissolução seletiva da parte solúvel do sólido por meio de um solvente adequado. Essa operação é também chamada de *lavagem* ou *lixiviação*.

Ex.: Preparação de café.

OUTRAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS

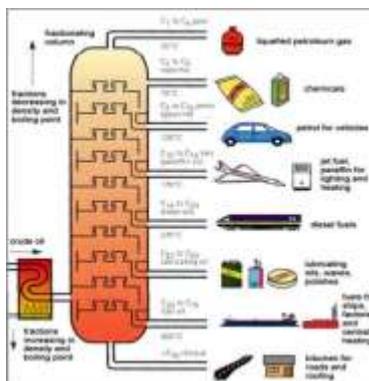
• Destilação:

A separação dos constituintes esta baseada nas diferenças de volatilidade dos constituintes de uma mistura líquida. Na destilação uma fase vapor entra em contato com uma fase líquida, e há transferência de massa do líquido para o vapor e deste para o líquido. Há transferência simultânea de massa do líquido pela vaporização, e do vapor pela condensação. O efeito final é o aumento da concentração do componente mais volátil no vapor e do componente menos volátil no líquido.

EX. - DESTILAÇÃO ÁLCOOL



- DESTILAÇÃO DO PETRÓLEO



FIM