



# Tratamento de resíduos atmosféricos

**Professor:**

**Rafael A. das Chagas**

**Aula 8**

**Data: 07.02.2018**



## **Sistemas de tratamento dos resíduos atmosféricos**

- O processo de **poluição atmosférica** se resume a três momentos:
  - a) Emissão de poluentes para a atmosfera;
  - b) Transporte, diluição e modificação química ou física dos poluentes na atmosfera;
  - c) Imissão dos poluentes.





## **Sistemas de tratamento dos resíduos atmosféricos**

- Métodos de controle da poluição do ar:

### **a) Medidas indiretas (caráter preventivo):**

- Diminuição na produção de poluentes;
- Modificação do equipamento/processo;
- Substituição de matéria prima;
- Produção de poluentes menos tóxicos;
- "Tecnologias limpas".

### **b) Medidas diretas (caráter corretivo):**

- Técnicas de tratamento de poluentes;
- Técnicas destrutivas: Incineração, biofiltração, etc.;
- Técnicas recuperativas: Absorção, adsorção, condensação, etc.





## Medidas de caráter preventivo

- **Planejamento territorial e zoneamento**

- a) É uma das mais medidas mais importantes;
- b) O PTZ deve priorizar o afastamento de fontes de poluição e receptores potenciais;
- c) Analisar a direção dos ventos dominantes;
- d) Localização das indústrias de acordo com seu potencial poluidor;
- e) Proteção das zonas agropastoris.

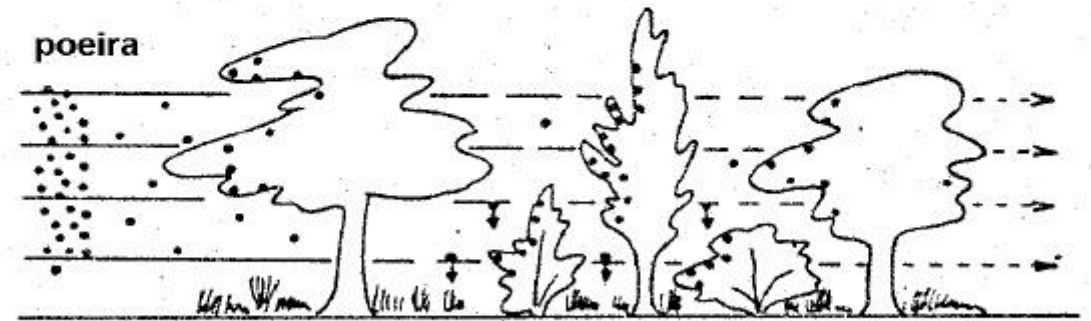
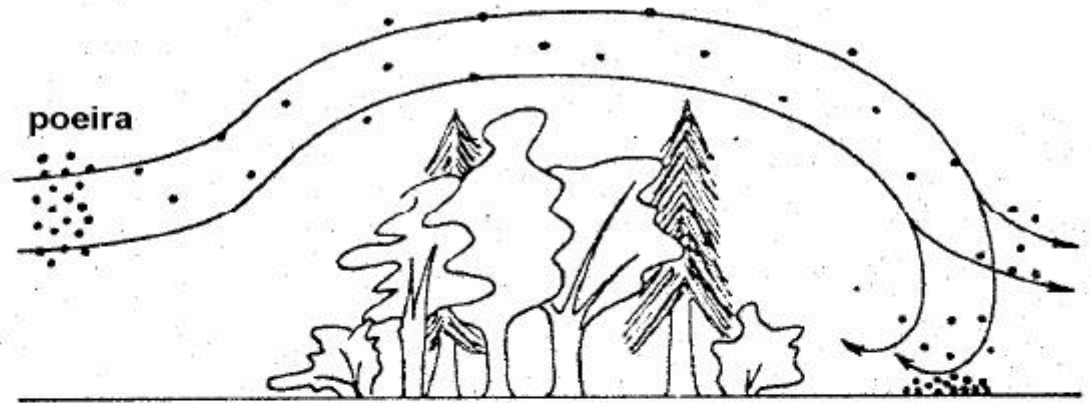


Figura 13.5: Vegetação protetora densa (superior) e esparsa (inferior) filtrando o ar. (FELLENBERG, F., 1980)





## **Medidas de caráter preventivo**

- **Eliminação e minimização de emissões**

- a) **Uso de fontes de energia menos poluidoras**



**Energia hidrelétrica**



**Biocombustíveis**

- Resultam em redução ou mesmo na eliminação de poluentes;
- Bons resultados a mudanças de matéria-prima\* ou troca de processos de operações industriais;
- Não causam\* impacto quali- e quantitativo nos produtos fabricados.



## **Medidas de caráter preventivo**

- **Diminuição em chaminés.**
  - a) É uma técnica recomendável como medida adicional;
  - b) Melhora as condições de dispersão dos poluentes residuais;
  - c) É necessário “produção mais limpa”.



**Foto:** A maior chaminé do mundo (chaminé mais alta do mundo) é a da usina termoeletrica GRES-2, no Cazaquistão, com 419,7 metros de altura, que também está entre as estruturas mais altas do planeta.



## **Medidas de caráter preventivo**

- **Licenciamento**
  - a) Direcionadas a **identificação de fontes poluidoras**;
  - b) Construção, instalação, ampliação, alteração e funcionamento de fontes de poluição;
  - c) Principalmente\* para novos empreendimentos;
  - d) Apresenta inúmeras exigências e condicionantes;
  - e) Necessário Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental - RIMA;
  - f) Relatório Ambiental Preliminar – RAP (Resolução SMA 42, de 29/12/1994).



## **Medidas de caráter corretivo**

1. Coletores gravitacionais;
2. Coletores inerciais;
3. Coletores centrífugos (ciclones);
4. Filtro de tecidos;
5. Precipitadores eletrostáticos;
6. Lavador com pré-atomização;
7. Lavador com atomização pelo gás;
8. Torre de enchimento;
9. Lavador de disco;
10. Precipitadores eletrostático úmido;
11. Lavador ciclônico;
12. Torre de absorção;
13. Equipamentos de adsorção;
14. Incineradores de gás;
15. Condensadores.

Sistemas secos

Sistemas úmidos

Controle de gás e vapores

**O que levar em consideração na escolha do sistema?**

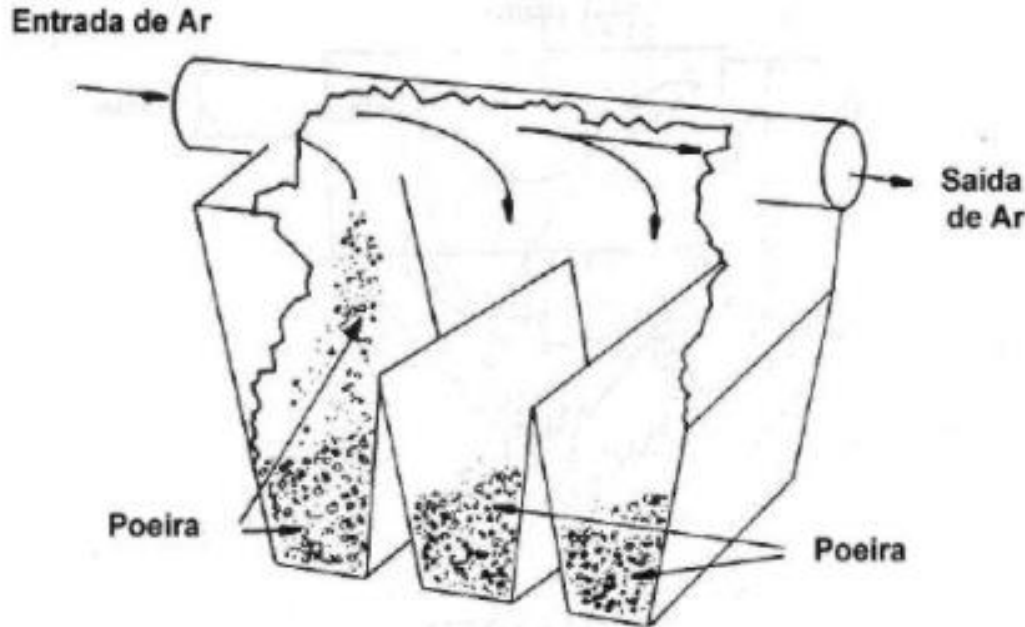
- ✓ Eficiência;
- ✓ Natureza física e química dos particulados;
- ✓ Consumo de energia;
- ✓ Custo de energia;
- ✓ Nível de periculosidade.





## 1. Coletores gravitacionais

- Princípio de funcionamento: Utilizam a deposição gravitacional das partículas carregadas pelo fluxo gasoso.



### VANTAGENS

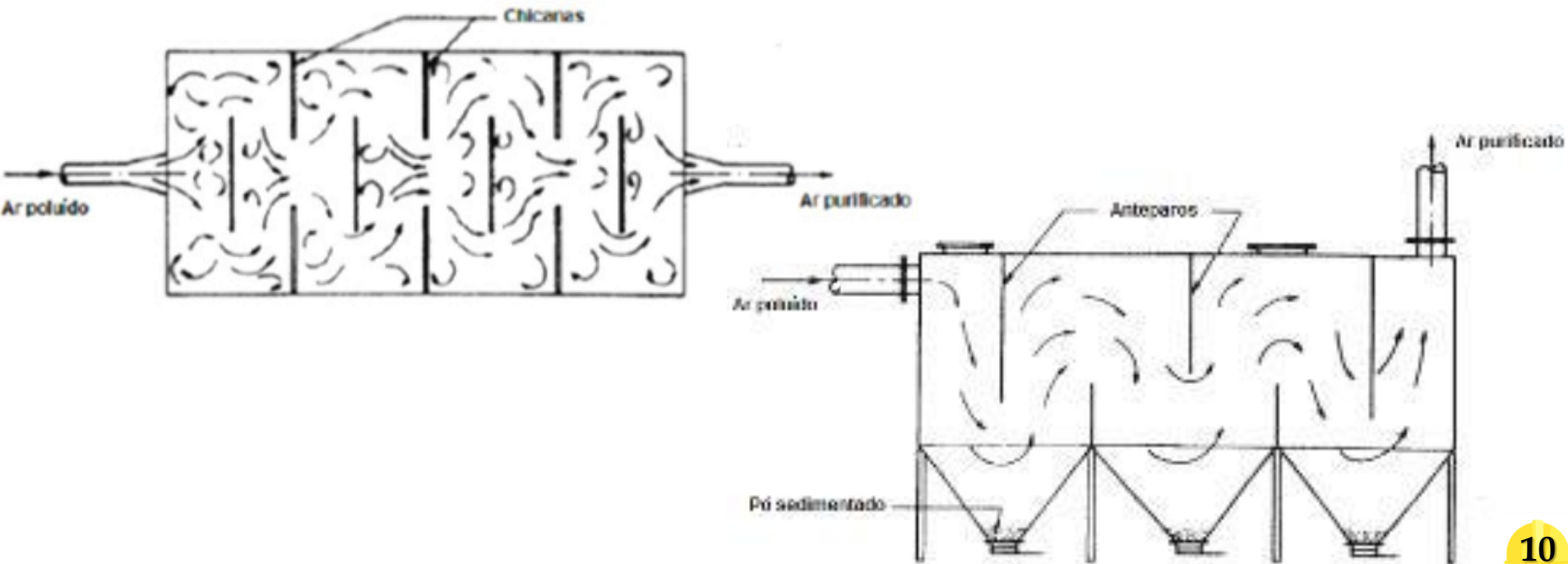
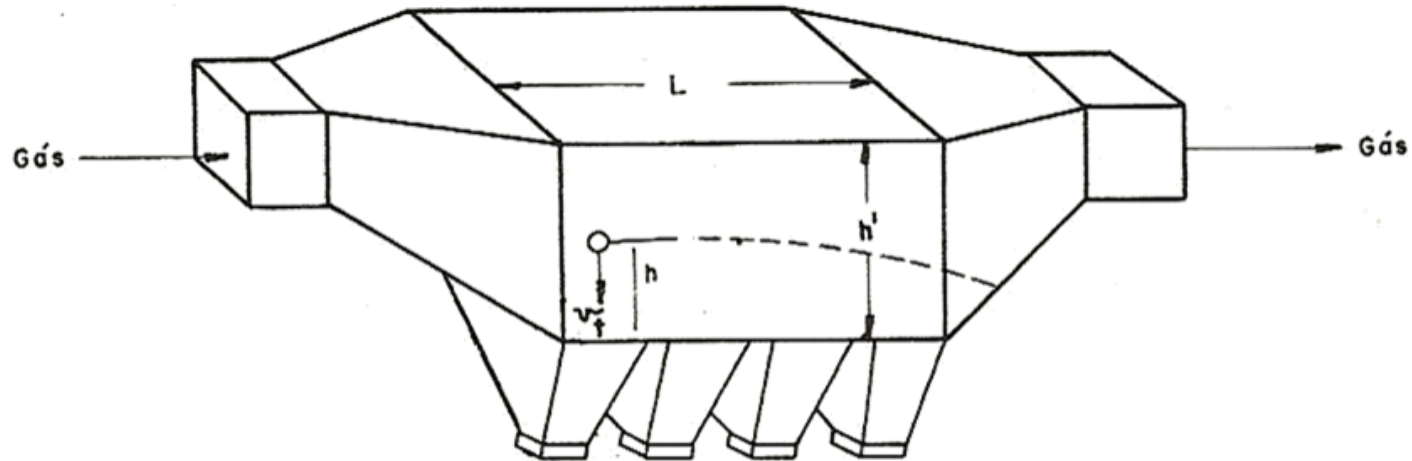
- Construção simples e baixa perda de carga;
- Reduz o custo de operação;
- Resistência à corrosão;
- Utilizada como pré-coletor.

### DESVANTAGENS

- Grandes dimensões para a redução da velocidade da corrente gasosa;
- Baixa eficiência para partículas menores que  $40\mu\text{m}$ .



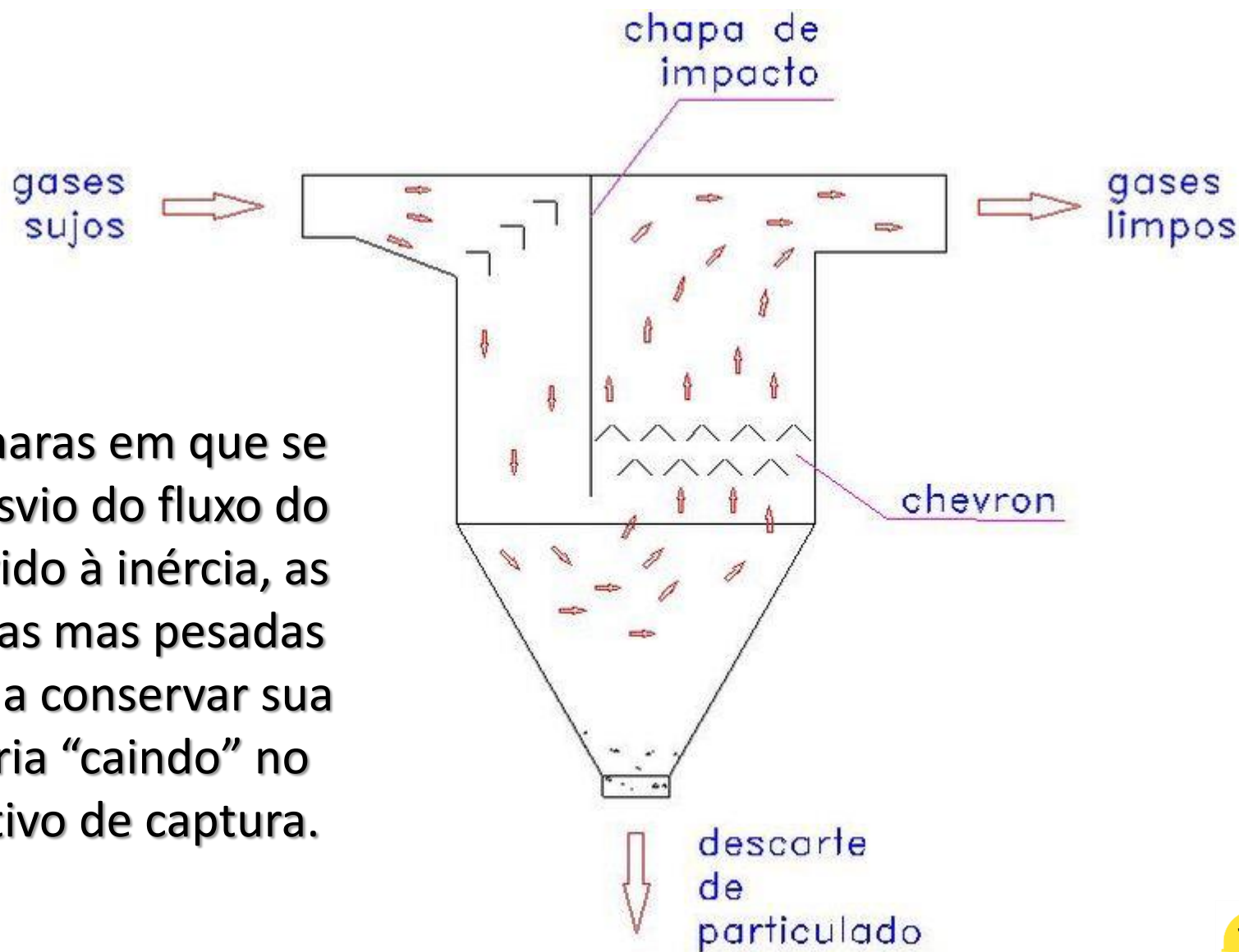
Com chicanas: aumentam o rendimento das câmaras.





## 2. Coletores inerciais

São câmaras em que se faz o desvio do fluxo do ar e devido à inércia, as partículas mais pesadas tendem a conservar sua trajetória “caindo” no dispositivo de captura.





### 3. Coletores centrífugos (ciclones);

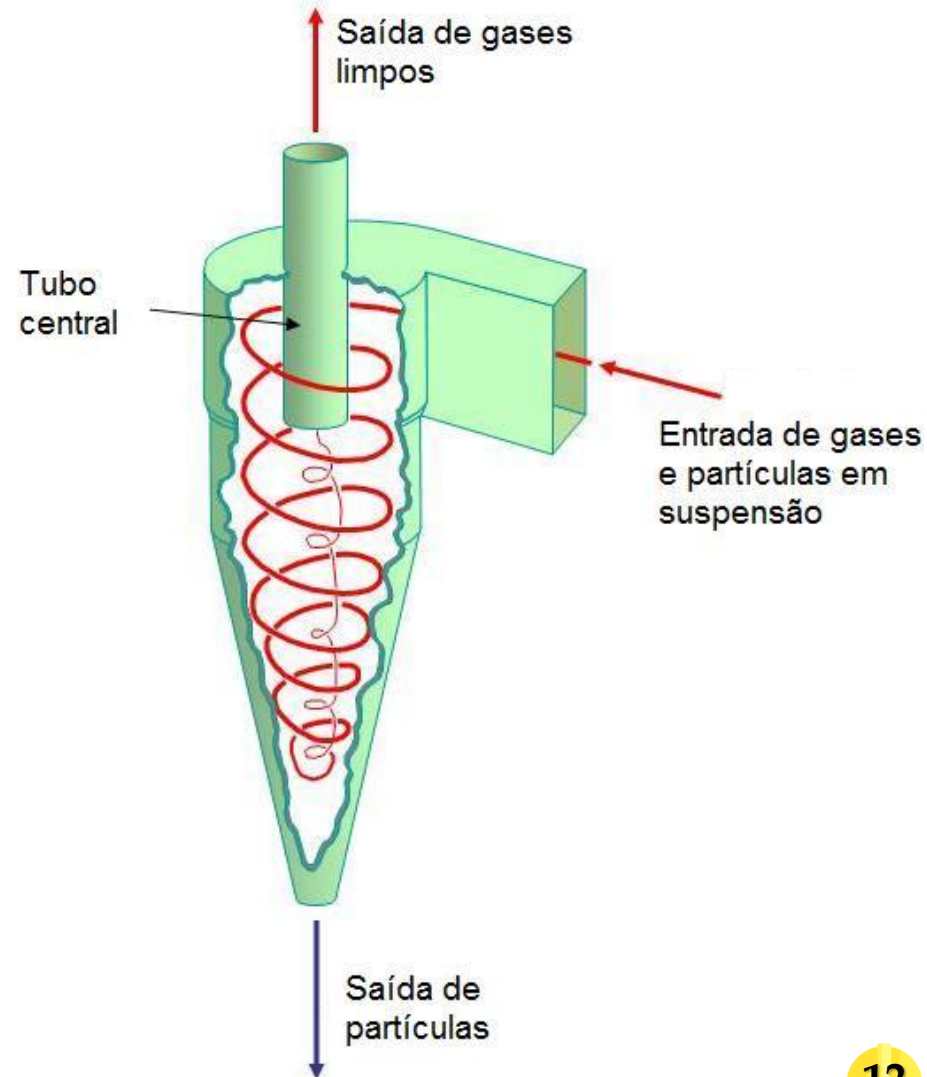
- Utilizam primariamente a força centrífuga para a coleta de partículas.

#### **VANTAGENS**

- Baixa perda de carga;
- Reduz o custo de operação;
- Resistência à corrosão e temperatura;
- Simplicidade de projeto e manutenção;
- Utilizada como pré-coletor.

#### **DESVANTAGENS**

- Baixa eficiência para partículas menores que  $5\ \mu\text{m}$ ;
- Excessivo desgaste por abrasão
- Possibilidade de entupimento (partículas menores, higroscópicas e/ou pegajosas).

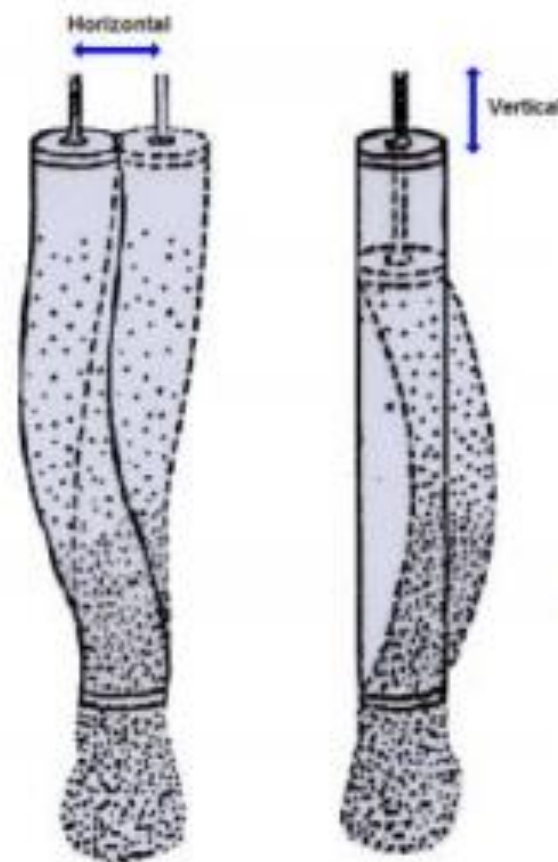
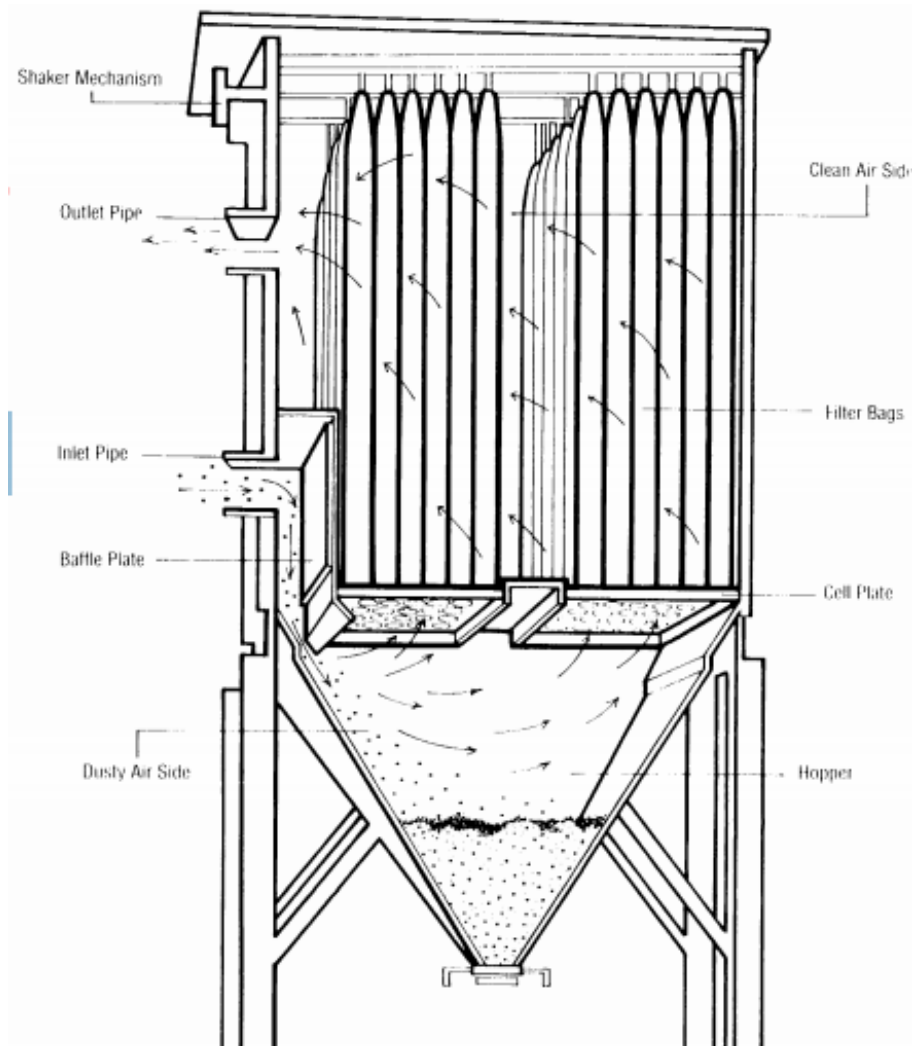






## 4. Filtros de tecido (filtros de manga);

- Princípio de funcionamento: o fluxo gasoso é forçado através de um meio poroso (filtro) onde o material particulado é retido.





### **VANTAGENS**

- Alta eficiência (até 99.9%);
- Perda de carga não excessiva;
- Resistência a corrosão.

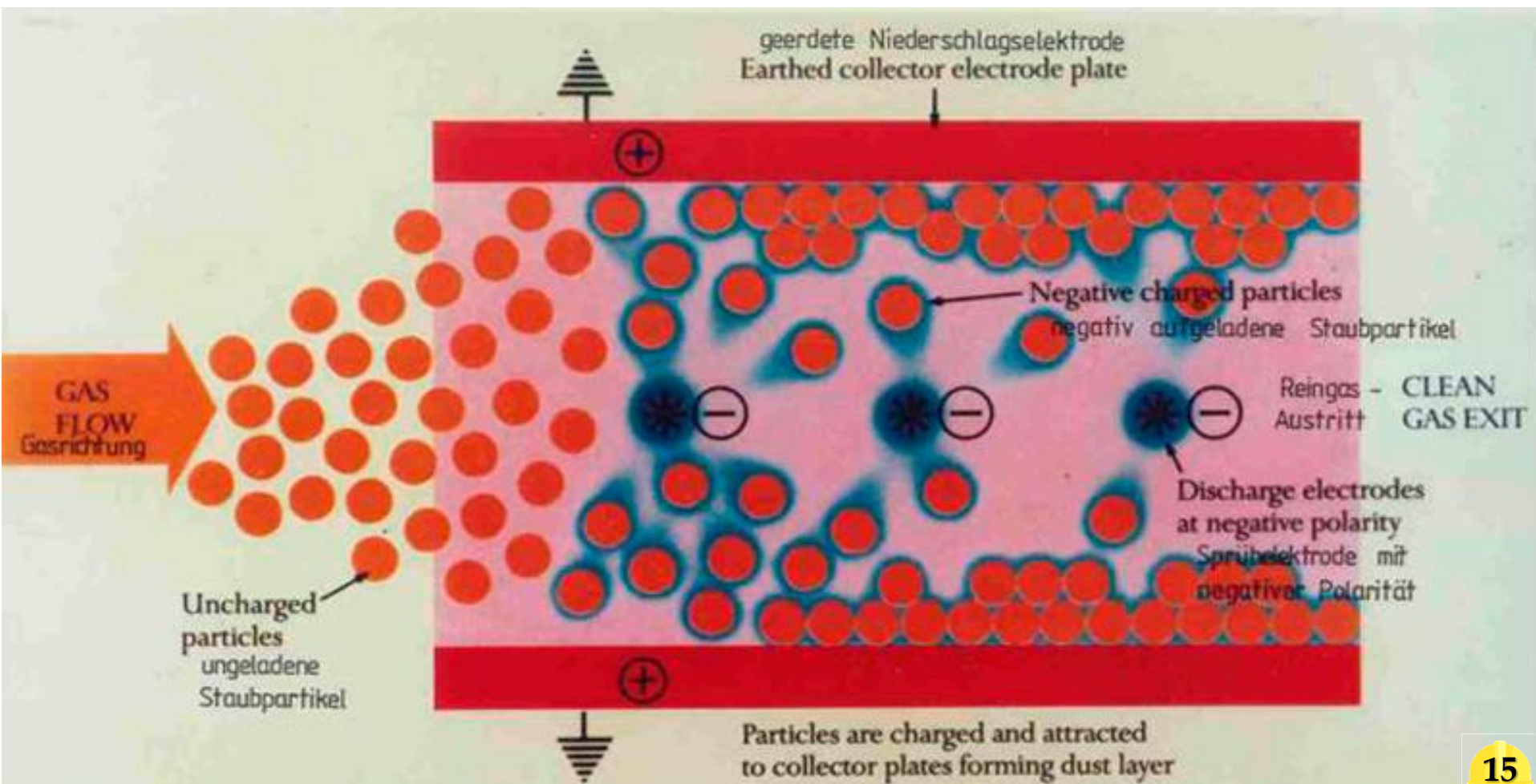
### **DESVANTAGENS**

- Grande espaço requerido para tratar grande vazões;
- Alto custo
- Baixa resistência a altas temperaturas
- Empastamento devido a poluentes condensáveis e pegajosos
- Possibilidade de entupimento

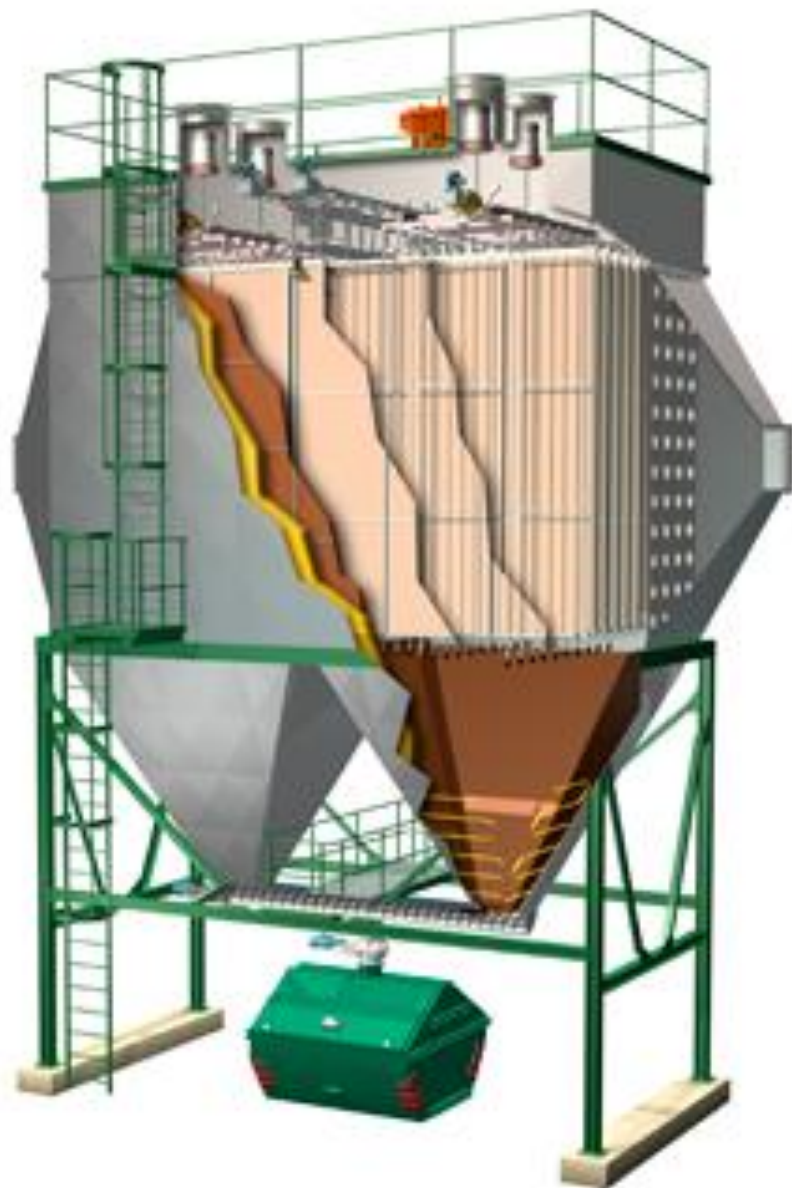


## 5. Precipitadores eletrostáticos;

- São utilizados para remover **material particulado extrafino** de gases em processos com temperaturas de até 420°C, por meio de carga eletrostática artificial.







## **VANTAGENS**

- Tratar grandes vazões e altas temperaturas;
- Alta eficiência de coleta para partículas pequenas;
- Baixo custo de operação e manutenção;
- Alta segurança operacional;
- Baixa demanda de energia;
- Construção modular, facilita o transporte e diminui o tempo de montagem, sem necessidade de solda no campo;
- Atende às normas internacionais de emissão de particulado, muito abaixo do exigido pelas normas ambientais brasileiras (CONAMA);
- Serviços de peças sobressalentes simples e garantido.

## **DESVANTAGENS**

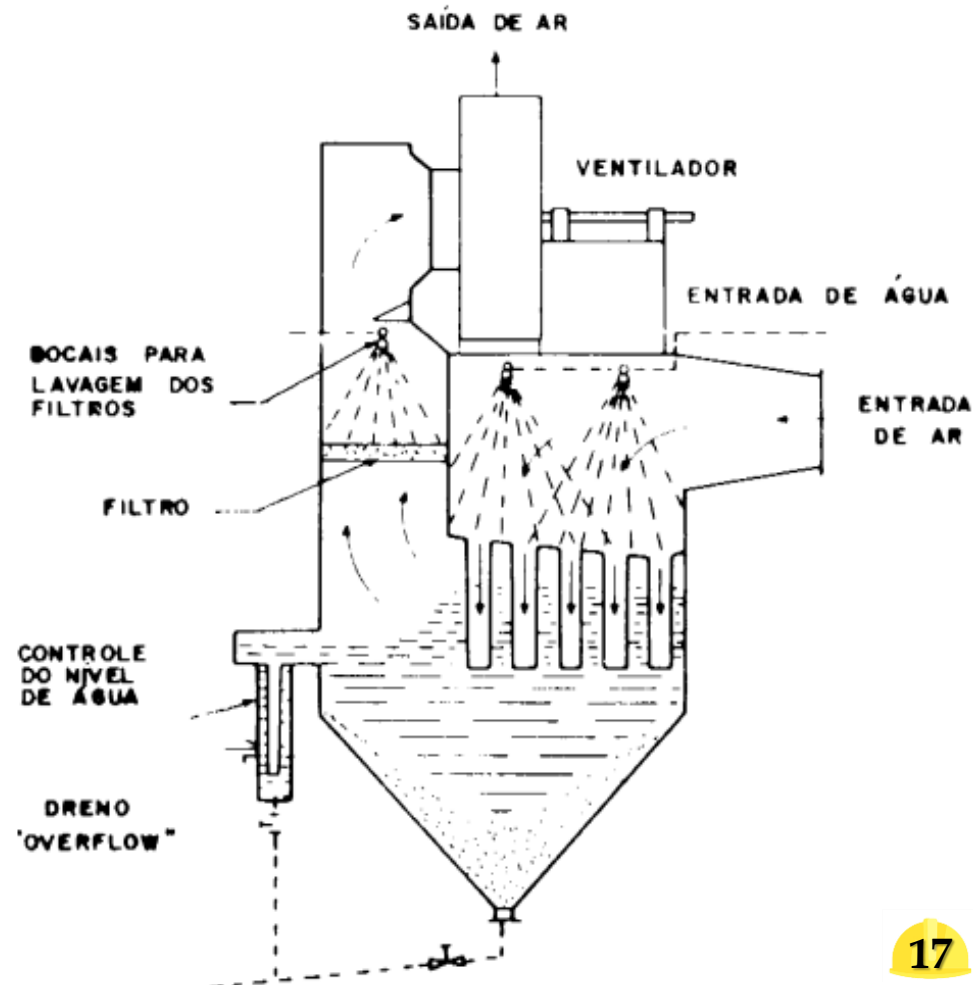
- Custo inicial elevado;
- Requer grande espaço físico;
- Perigos de alta tensão.





## 6. Lavador com pré-atomização (Tipo spray);

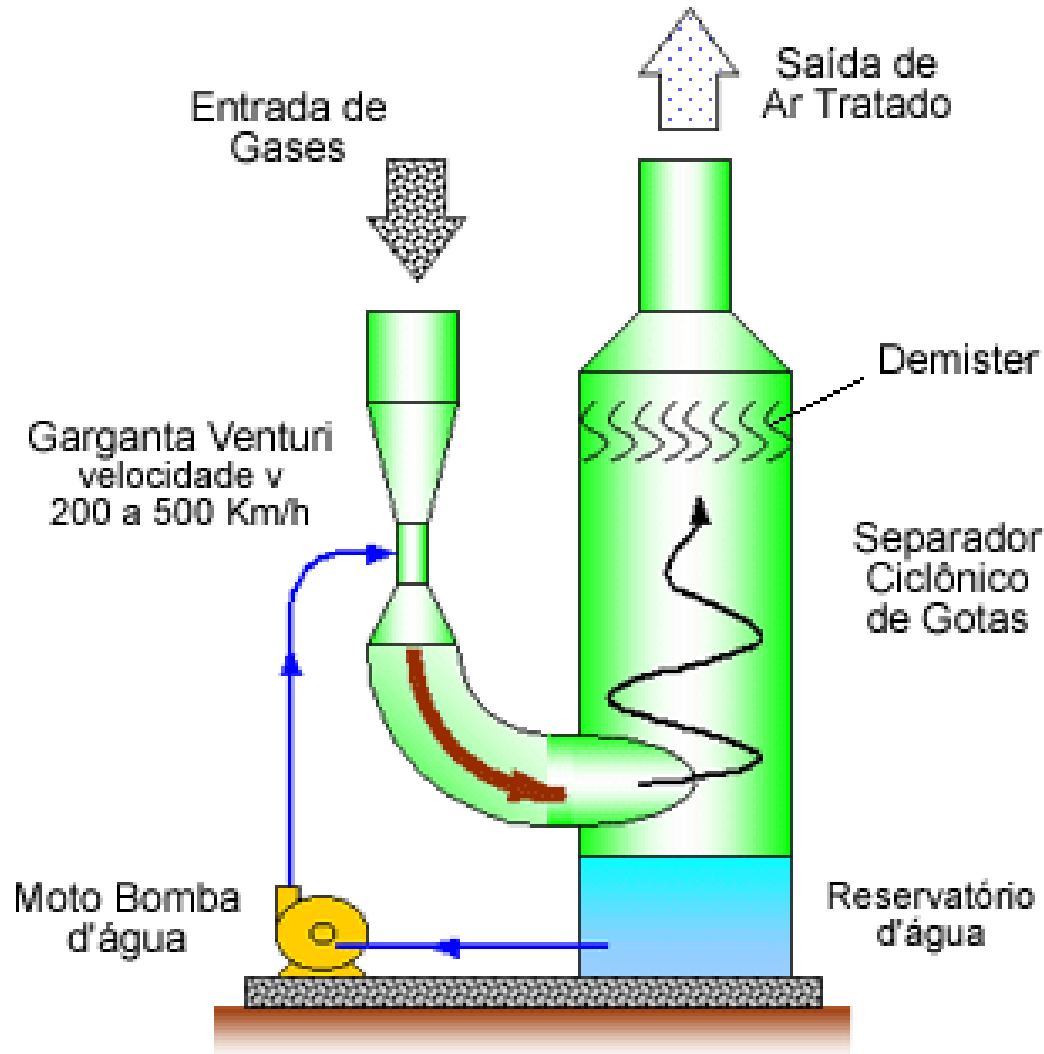
-O gás é forçado através de uma aspersão de gotas, que colidem com o material particulado, aglomerando as partículas e tornando a coleta facilitada (gravitacional ou inercial).





## 7. Lavador com atomização pelo gás (Tipo Venturi);

-Requerem coletores inerciais ligados em série para coletar as partículas + gotículas de água no fluxo gasoso.



### VANTAGENS

- Podem ser utilizados em gases a altas temperaturas;
- Não há restrições de utilização quanto a umidade;
- Controlam tanto partículas quanto gases.

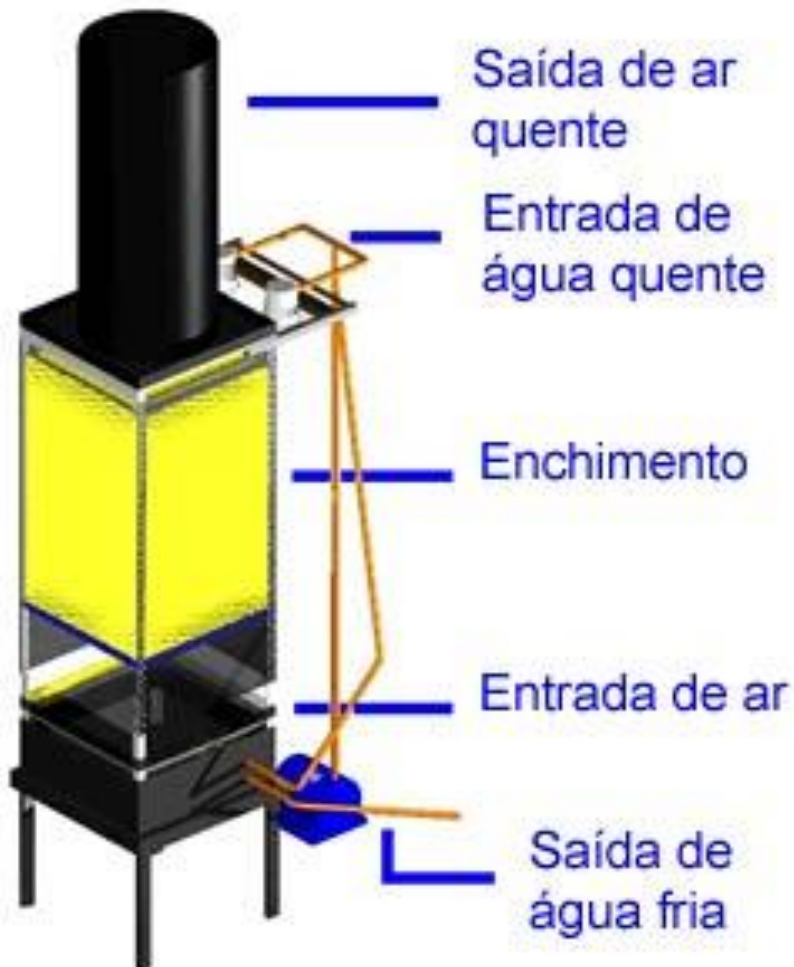
### DESVANTAGENS

- Apresentam alta perda de carga;
- Elevado custo operacional;
- Materiais de construção resistentes a corrosão;
- Geração de resíduos sólidos e líquidos.



## 8. Torre de enchimento

-Constitui-se de um cilindro preenchido com material de enchimento (suporte) sustentado tanto no topo quanto na base de modo a permitir a separação das fases;



- **Funções do preenchimento:**

- Aumentar a área superficial de contato entre os fluidos;
- Reduzir a perda de gás;
- Promover boa distribuição dos fluidos ao longo da torre.

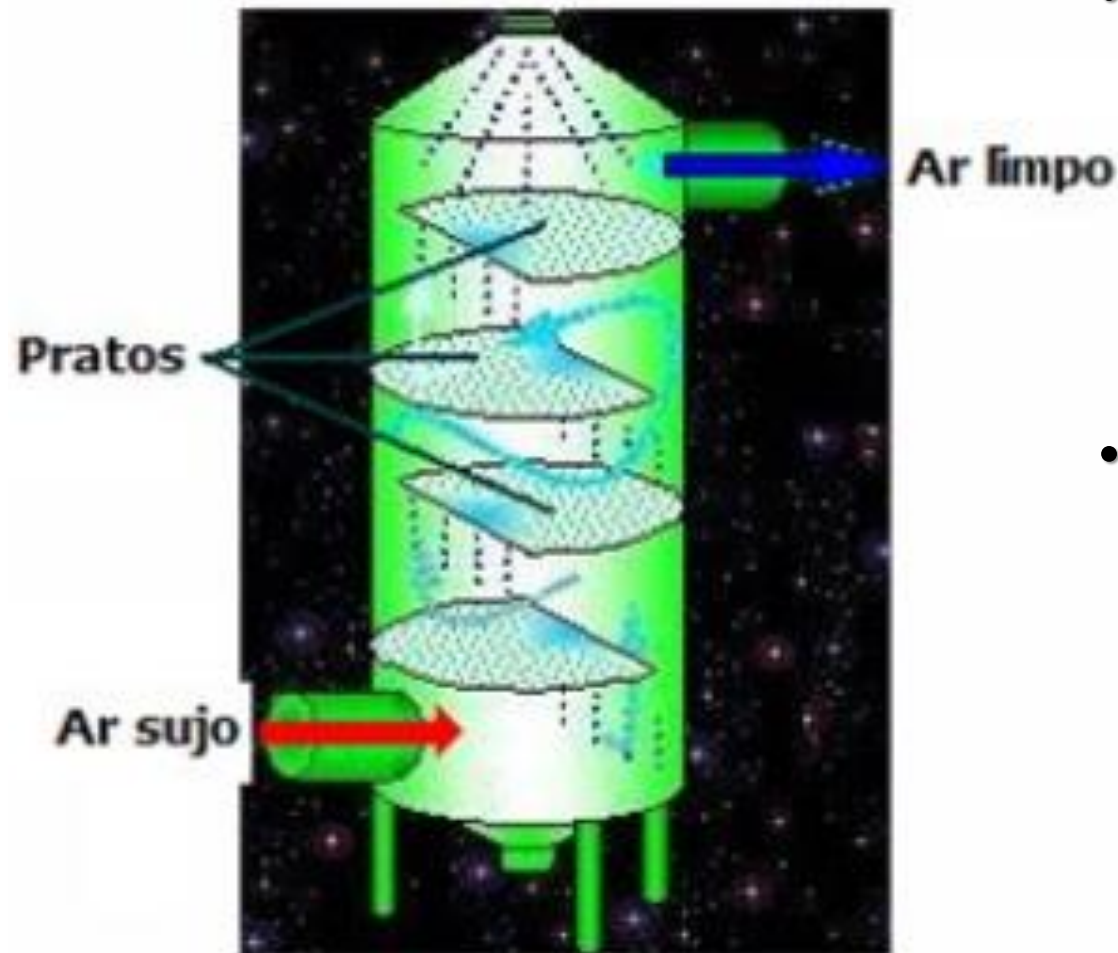
- **Características do material do preenchimento:**

- Não reagir a nenhuma fase de tratamento;
- Ter resistência mecânica suficiente para manter suas características;
- Viabilidade econômica;
- Não deve ser volátil.



## 9. Lavador de disco;

-Não apresenta preenchimentos e sim discos com furos distribuídos uniformemente;



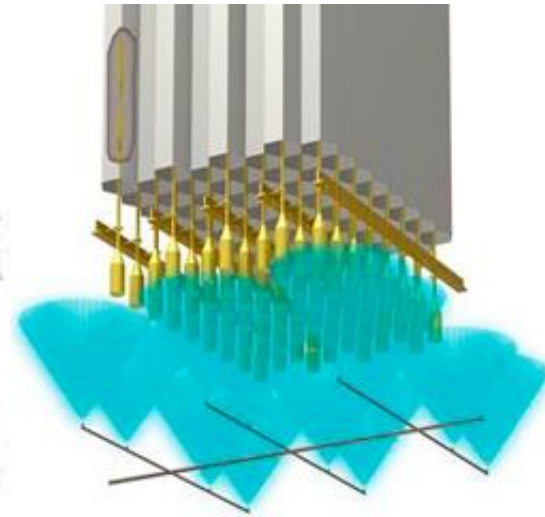
- O número de furos, sua forma e arranjo varia com a coluna, mas ele tem frequentemente 3mm de diâmetro;
- O gás em ascensão promove uma resistência à passagem do líquido (descendente) de forma a manter um acúmulo em cada prato onde há um contato entre as fases.





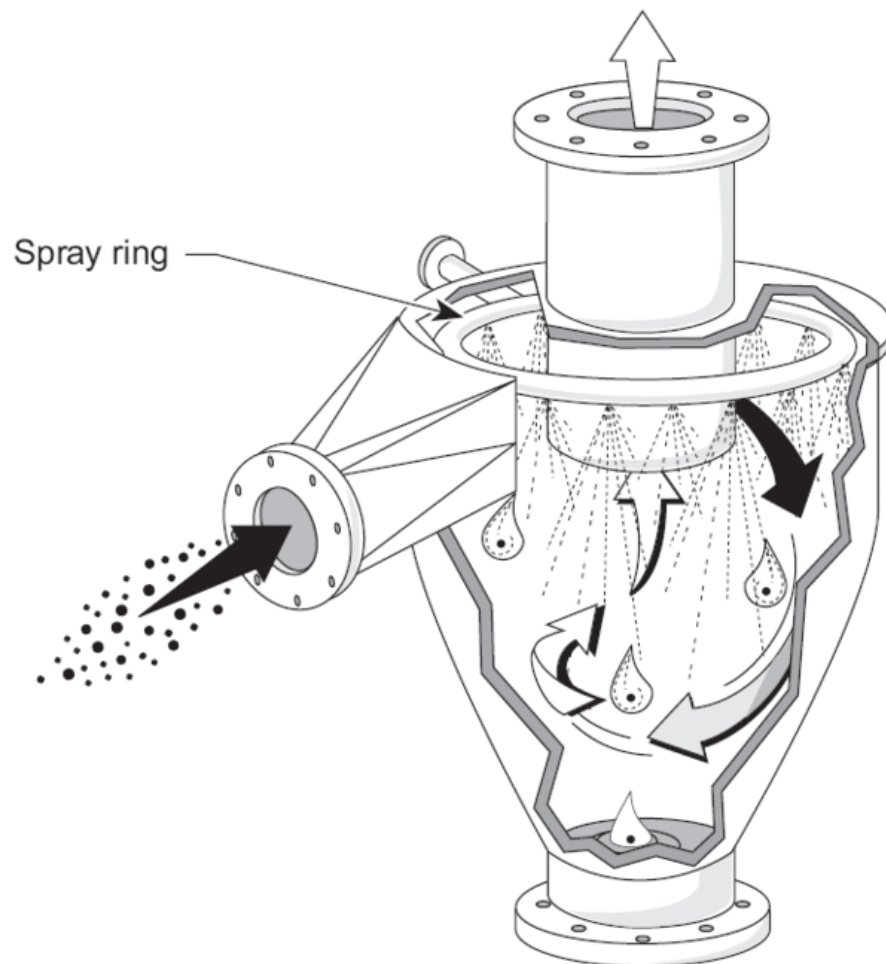
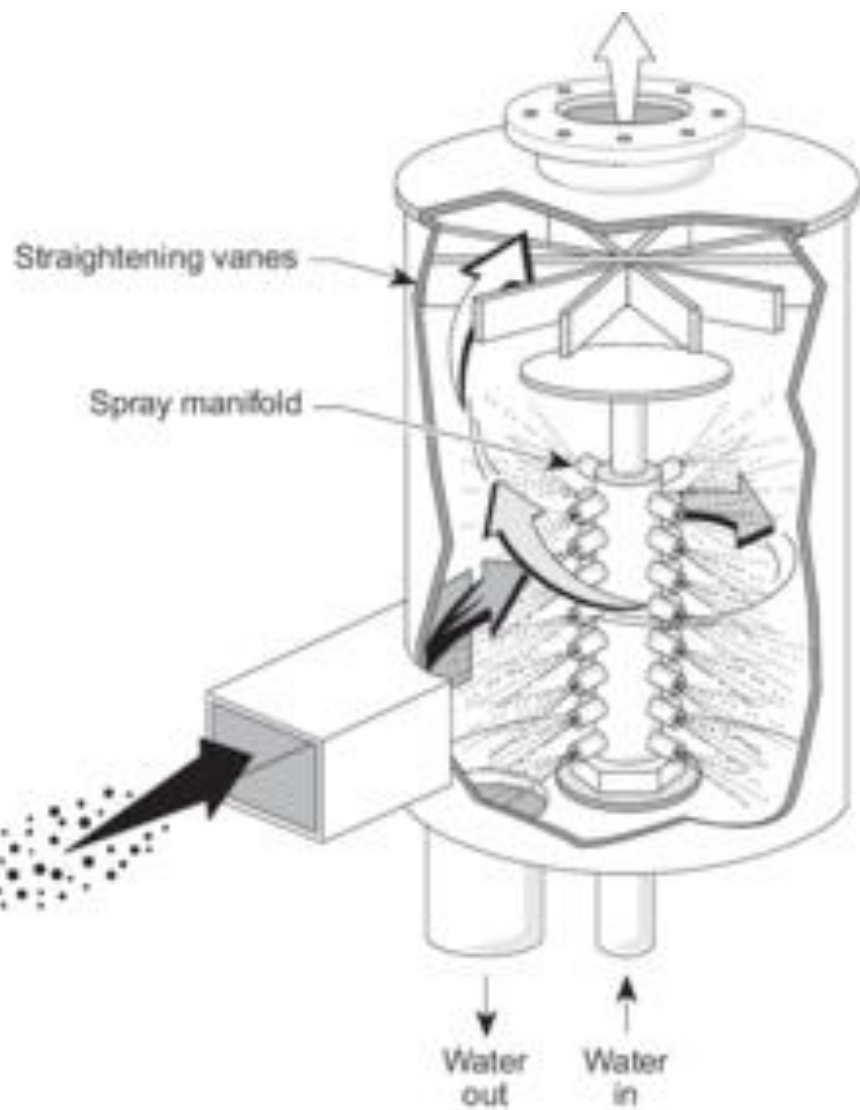
## 10. Precipitadores eletrostático úmido

- O gás de processo entra verticalmente no filtro eletrostático na parte inferior e é distribuído em um fluxo uniforme através de toda a seção transversal por meio de um sistema de distribuição do gás.





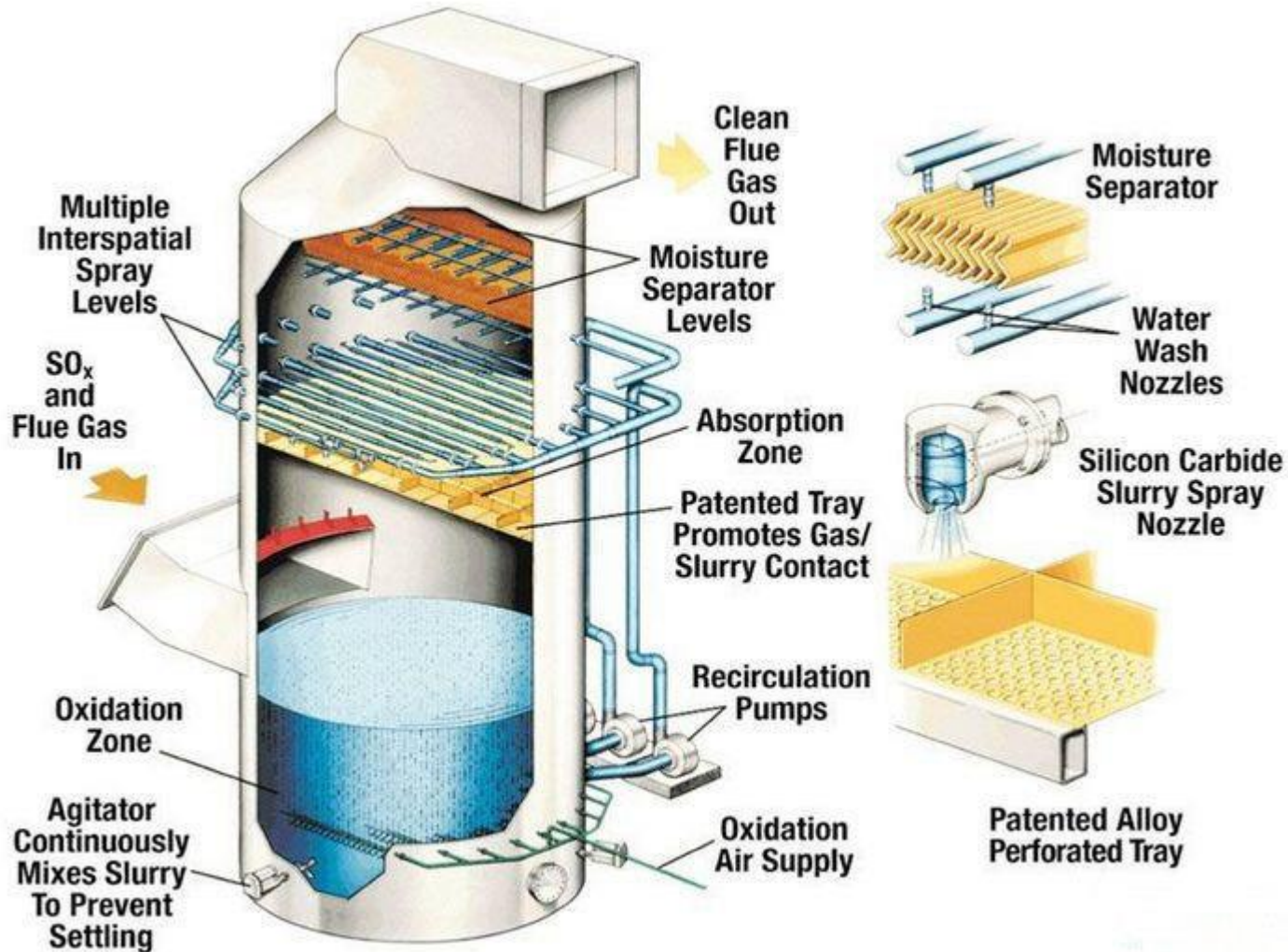
## 11. Lavador ciclônico





## 12. Torre de absorção

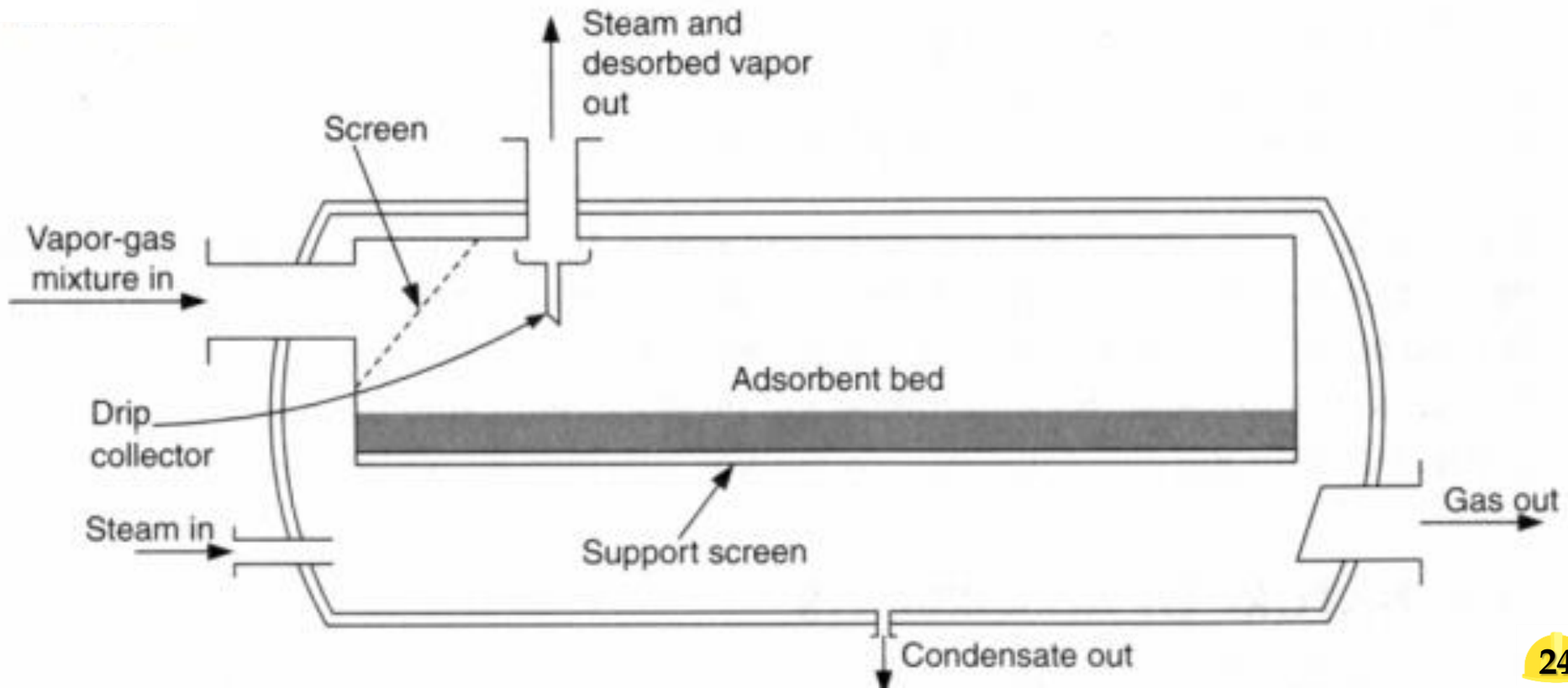
- A absorção é uma **transferência de massa** de fase uma fase gasosa para uma fase líquida.





## 13. Equipamentos de adsorção

- **Princípio de funcionamento:** A Adsorção ocorre quando alguns gases são seletivamente capturados por superfícies ou poros de materiais sólido.
- Os materiais mais utilizados são: **carvão ativado** (muito utilizado para compostos causadores de odor), **silica gel** e a **alumina**.







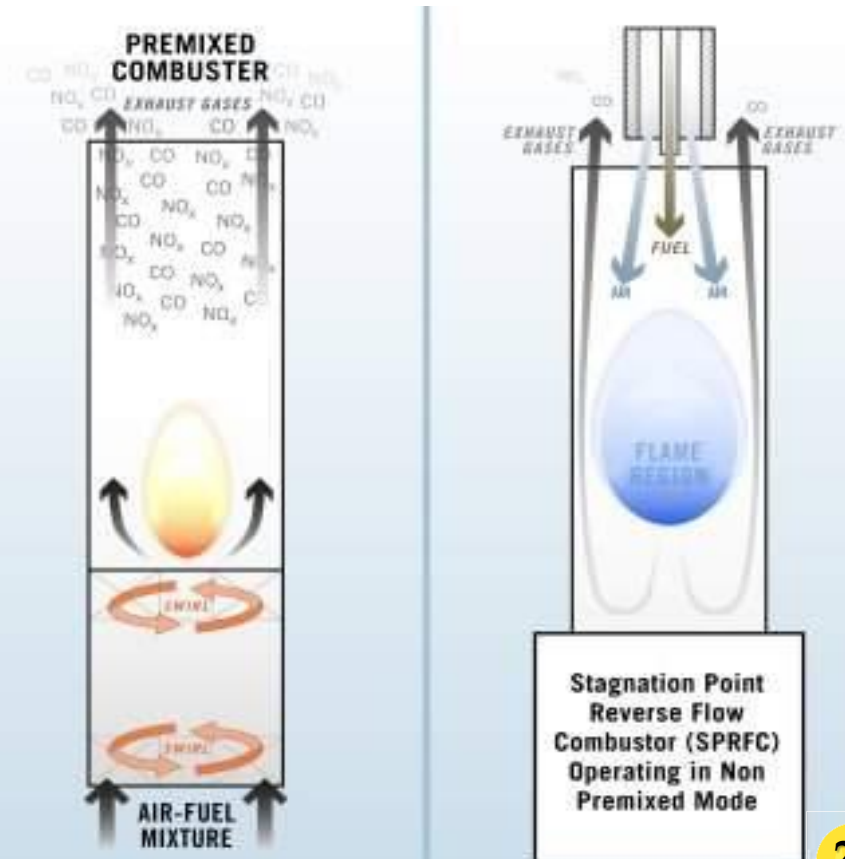
## 14. Incineradores de gás;

- Exposição direta do fluxo gasoso a uma chama;
- Eficiência próxima a 100% se operado corretamente;
- A queima dos gases pode ser utilizado como energia.

### Externo *flair* ou tocha



### Câmaras de combustão





## 15. Condensadores;

- **Princípio de funcionamento:** A aspersão de água é utilizada para baixar a temperatura do fluxo gasosos e removendo os componentes condensáveis.

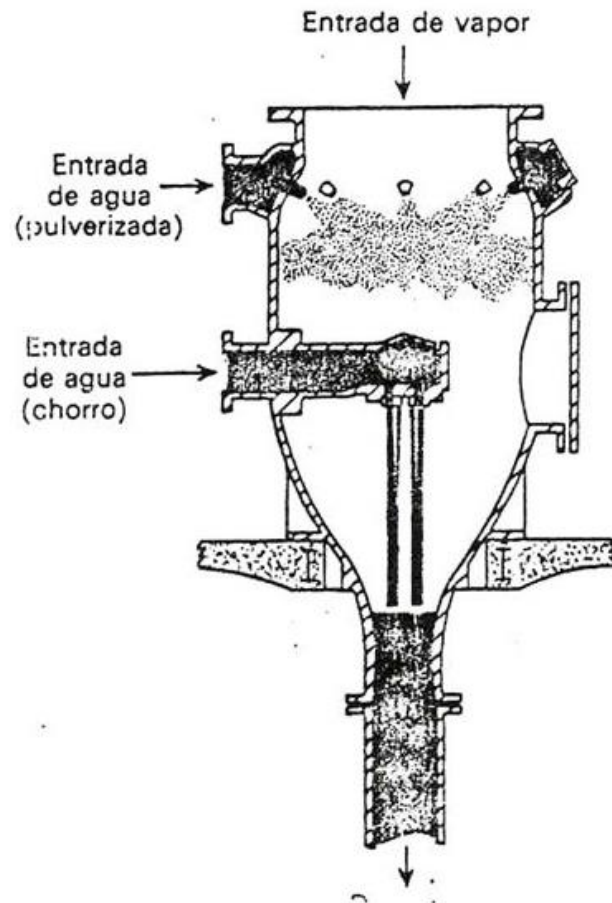


Figura 15.8. Condensador de contacto.

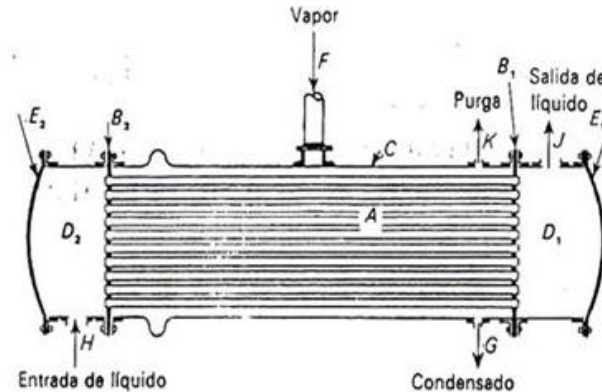


Figura 11.1. Condensador tubular de un solo paso: A, tubos; B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, placas tubulares; C, carcasa; D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, canales; E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, tapaderas; F, entrada de vapor; G, salida de condensado; H, entrada de líquido frío; J, salida de líquido caliente; K, purga de gas no condensado.



## **Padrões de qualidade do ar**

- **Padrões primário:** representam as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde pública. São entendidos por níveis máximos toleráveis de concentrações de poluentes atmosféricos;
- **Padrões secundários:** representam as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como a fauna e flora.





## **Minimização da poluição atmosférica**

**Reduzir o uso de combustíveis fósseis**



**Incrementar o uso de energias renováveis**



**Utilizar transportes públicos**



**Priorizar andar a pé ou bicicleta**







## **Minimização da poluição atmosférica**

**Melhorar a eficiência dos motores e dos combustíveis**



**Dar incentivos fiscais para compradores de veículos poucos poluentes**



**Não fumar em locais pouco ventilados**



**Recorrer a agricultura sustentável**





## **Minimização da poluição atmosférica**

**Limitar o crescimento populacional**



**Limitar a expansão urbana**



**Usar chaminés altas para aumentar a dispersão dos poluentes**



**Aplicar taxas à poluição**







## **Minimização da poluição atmosférica**

**Limpar com frequência os aparelhos de ar condicionado**



**Implantar programas de educação ambiental (poluição atmosférica)**



**Instalação de filtros em indústrias**



**Diminuir as queimadas**





## Minimização da poluição atmosférica

- Relação de percentual de álcool na gasolina:

