

CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Controle da poluição do ar - desenvolvido sob dois aspectos: preventivo e corretivo

Preventivo – coordenar, por meio do licenciamento ambiental, a instalação de novas fontes de poluição, exigindo-se dos novos empreendimentos e daqueles já existentes que pretendem ampliar suas instalações, a utilização de equipamentos de controle de poluição.

Corretivo - desenvolvida visando adequar as fontes de poluição anteriormente implantadas – procura-se valorizar a participação da comunidade no processo de fiscalização, através do atendimento à reclamações, utilizando-se de plantões de atendimento, inclusive em fins de semana e feriados.

Medidas indiretas do controle da poluição atmosférica

Envolve desde o planejamento do assentamento de núcleos urbanos e industriais e do sistema viário, até a ação direta sobre a fonte de emissão.

Medidas Indiretas: ações que visam a eliminação, redução ou afastamento dos poluentes.

- **substituição de matérias-primas e reagentes:** eliminação da adição de chumbo tetraetila na gasolina, uso de resina sintética ao invés de borracha na fabricação de escovas de pintura, etc.

Medidas indiretas do controle da poluição atmosférica

- **mudança de processos ou operação:** utilização de operações contínuas automáticas, uso de sistemas completamente fechados, condensação e reutilização de vapores (indústria petrolífera), processos úmidos ao invés de secos, substituição carburador nos veículos por injeção eletrônica, etc. de veículos que utilizam combustíveis fósseis e não fósseis por híbridos ou elétricos

Medidas indiretas do controle da poluição atmosférica

➤ Diminuição da quantidade de poluentes gerados:

operar com os equipamentos dentro da capacidade nominal

boa operação e manutenção de equipamentos produtivos

adequado armazenamento de materiais pulverulentos

mudança de processos, equipamentos e operações

mudança de combustíveis

Medidas indiretas do controle da poluição atmosférica

- **Diluição através de chaminés elevadas:** os fatores a serem considerados neste caso são relacionados com o processo, a fonte geradora de poluentes e às condições meteorológicas.
- **Adequada construção (layout) e manutenção dos edifícios industriais:**

armazenamento de produtos

adequada disposição de resíduos sólidos e líquidos

Planejamento territorial: localização seletiva fonte/receptor.

Medidas diretas do controle da poluição atmosférica

Medidas Diretas: ações que visam reduzir a quantidade de poluentes lançados, através da instalação de equipamentos de controle.

Concentração dos poluentes na fonte para tratamento efetivo antes do lançamento na atmosfera

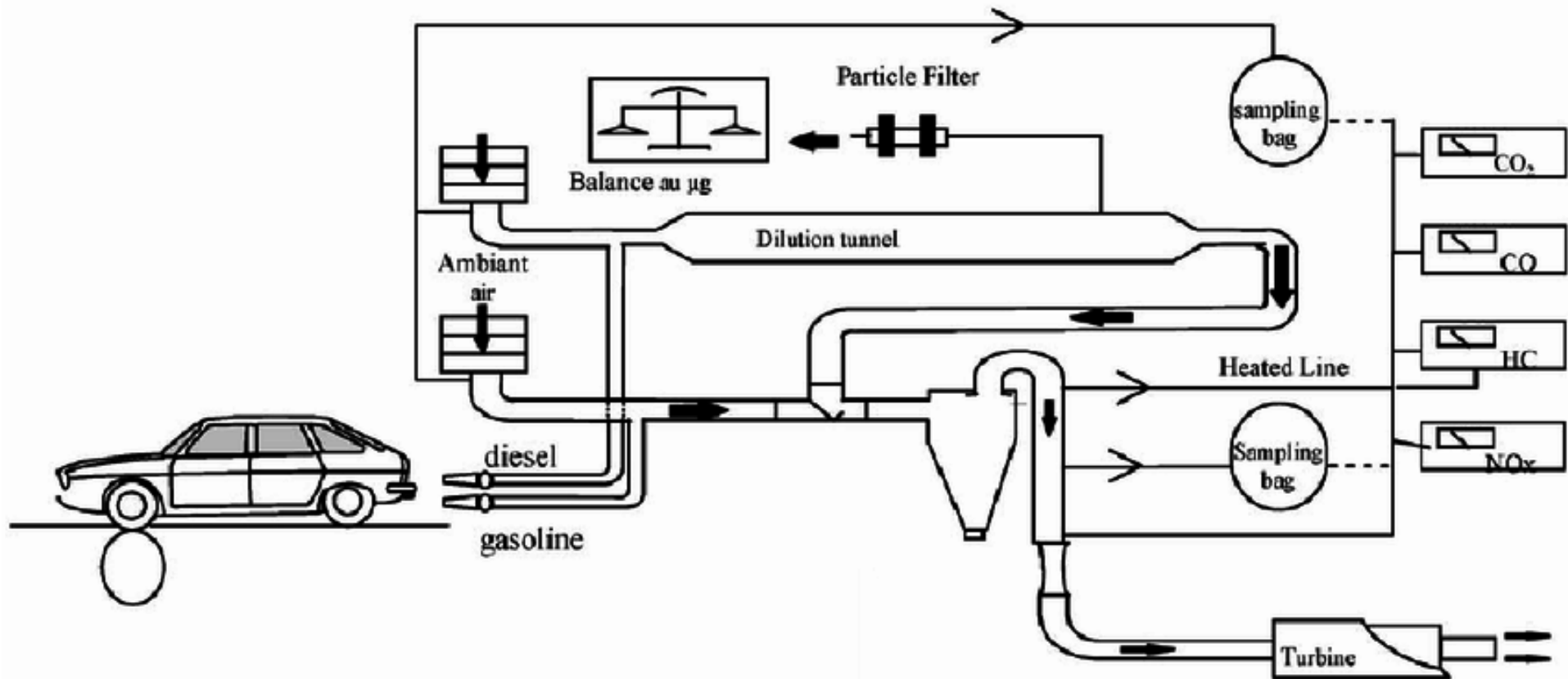
Retenção do poluente após geração através de equipamentos de controle de poluição do ar (ECP)

•**Classificação dos Equipamentos de Controle de Poluição do Ar** -> Na escolha os poluentes devem ser classificados em função do estado físico, e em seguida a classificação envolve diversos parâmetros como mecanismo de controle, uso ou não de água ou outro líquido, etc;

•**Seleção de Equipamentos de Controle de Poluição do Ar** -> A seleção do equipamento de controle a ser utilizado deve ser precedida de análise de viabilidade técnica, econômica e de outros fatores específicos para a fonte em questão).



Teste de dinamômetro de chassi



Metrô evitou a emissão de 855 mil toneladas de poluentes em 2018

Sem uso de combustíveis fósseis, operação deixou de queimar 469 milhões de litros durante um ano e R\$ 1,6 bilhão foram poupados

Qua, 05/06/2019 - 14h04 | Do Portal do Governo

f FACEBOOK

✈ TWITTER

ENVIAR POR E-MAIL

O Metrô de São Paulo é reconhecido por sua alta capacidade de transporte e emissão quase nula de poluentes, já que é movido a energia elétrica e não por combustíveis fósseis. Nesta terça-feira (5), dia em que se comemora o Dia Mundial do Meio Ambiente, o Metrô destaca como essas características, quando analisada a partir de critérios técnicos, representam benefícios ambientais importantes.

Somente em 2018, a operação do Metrô gerou uma economia de combustível equivalente a R\$ 1,6 bilhão, resultado da redução de 469 milhões de litros de combustíveis e não emissão de 855 mil toneladas de gases provenientes da queima de derivados de petróleo e etanol.

É possível afirmar que em 2018 o impacto econômico positivo foi de R\$ 12,1 bilhões, proveniente da atividade metروviária na cidade de São Paulo. De 2003 para cá, essa cifra salta para R\$ 160,5 bilhões, uma média de mais de R\$ 10 bilhões por ano nesses 16 anos. Os dados fazem parte do Relatório Integrado 2018 da Companhia e englobam as linhas operadas pelo Metrô de São Paulo.

O Metrô de São Paulo opera quatro linhas na cidade (1, 2, 3 e 15) totalizando 64,7 km, 58 estações e 169 trens, que atendem 3,9 milhões de passageiros, diariamente.

São Paulo 104 km
Beijing (442 km),
Shanghai (420 km),
New York (418 km),
Tokyo (292 km),
Seoul (286 km), and
even to other
metropolitan areas
with fewer than 10
million inhabitants,
such as London (408
km), Madrid (293
km) and Paris (212
km).



28/06/2012 12h10 - Atualizado em 28/06/2012 12h31

São Paulo teria poluição 75% maior se metrô parasse um ano, diz estudo

Pesquisa da Unifesp diz ainda que mortes aumentariam até 14% no período. Custo do município com saúde pública seria de US\$ 18 bilhões.

Do Globo Natureza, em São Paulo



saiba mais

População e consumismo ameaçam o planeta, alerta estudo do WWF

Pesquisa realizada por especialistas da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) aponta que se o metrô de São Paulo deixasse de funcionar durante um ano inteiro, a concentração de poluentes na capital paulista aumentaria 75% e as mortes causadas por problemas cardiorrespiratórios cresceriam entre

9% e 14%. Além de todos esses problemas, o município teria que desembolsar US\$ 18 bilhões com investimentos voltados à saúde pública.

Para chegar a estes dados, cientistas compararam o nível de poluição no ar de São Paulo em dias normais e em dias de greve de metroviários – uma que ocorreu em 2003 e outra em 2006. Também analisaram as mortes adicionais nos dias de paralisação e calcularam a perda de produtividade que isso representa.

- melhoria dos sistemas de circulação e fiscalização do tráfego;
- melhoria da qualidade dos combustíveis e alternativas energéticas de baixo potencial poluidor;
- instrumentos econômicos e fiscais;
- desenvolvimento social.

<https://www.biodieselbr.com/noticias/qualidade/motor/scania-lanca-onibus-rodoviario-movido-a-gas-natural-080221>

biodieselbr

🌐 NOTÍCIAS

🏭 USINAS

📈 LEILÕES

☰ SEÇÕES

👤 ENTRAR

ASSINE JÁ



Scania lança onibus rodoviario movido a gás natural

Folhapress - 08 fev 2021 - 11:23



A Scania começou 2020 otimista. Seus caminhões movidos a GNV (gás natural veicular) estavam sendo preparados para entrega e a linha a diesel também passava por evoluções. A empresa esperava por um crescimento de 10% a 15% em relação a 2019, mas então veio a pandemia.

A fábrica de São Bernardo do Campo (Grande São Paulo) ficou parada em parte dos meses de março e de abril. Como trabalha sob demanda, a montadora de caminhões não tinha estoque para atender pedidos que surgiam no embalo do agronegócio. Isso levou à perda de participação em 2020, mas não mudou o foco.

O gás natural continua sendo a aposta para 2021, agora com a oferta de ônibus movidos a GNV ou biometano. O veículo será colocado à prova no Rio Grande do Sul, no fretamento para a empresa Gerdau por meio da Turis Silva.

As mais lidas

SEMANA	DIA	MÊS
1	As fotos da Conferência BiodieselBR 2021	
2	Platts lança cotação para o mercado brasileiro de biodiesel	
3	Receita publica registro de produtor de biodiesel para usina do Grupo Cereal	
	Gasolina e diesel alcançam	



FROTAS COM ÔNIBUS MAIS LIMPOS, SILENCIOSOS E CONFIÁVEIS

Uma cidade autossustentável é uma cidade mais limpa, com menor dependência de combustíveis fósseis e redução dos resíduos industriais.

Os ônibus Scania movidos a GNC/Biometano ajudam a tornar isso possível, transformando resíduo em recurso.

GNC / BIOMETANO

Os ônibus a gás Scania funcionam com gás metano. Isto significa que tanto o GNC como o Biometano podem ser utilizados paralelamente, o que torna a troca de um para o outro simples e fácil.

Ambos estão disponíveis tanto na forma de gás comprimido quanto liquefeito.



Ônibus movido a hidrogênio

Ônibus movido a hidrogênio



A EMTU e a USP (Universidade de São Paulo) iniciaram em agosto de 2023 o programa que coloca em operação ônibus movidos a célula a combustível hidrogênio. O projeto é uma parceria com a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação, realizado pelo Centro de Pesquisa para Inovação em Gases de Efeito Estufa (RCGI - Research Centre for Greenhouse Gas Innovation) da USP, em parceria com empresas privadas do segmento.

Os ônibus foram cedidos pela EMTU e fabricados pela Marcopolo. A USP será responsável pela operação e manutenção da tecnologia sob supervisão da EMTU, que acompanhará a operação diária dos ônibus na Cidade Universitária.

Nesta tecnologia, o ônibus a célula combustível a hidrogênio é movido por motor de tração elétrica. A célula a combustível instalada nos ônibus transforma o hidrogênio armazenado em eletricidade, que alimenta diretamente o motor. A tecnologia é isenta de emissões de poluentes locais e de gases de efeito estufa, contribuindo para a melhoria das condições ambientais e, conseqüentemente, da saúde da população.

Tráfego urbano e medidas não tecnológicas para a redução da poluição atmosférica

As ações governamentais para a redução da poluição causada pelo Sistema de Transportes passam por diversas ações, como:

- articulação do planejamento de uso e ocupação do solo e melhoria do sistema viário;
- melhoria do sistema de transportes;
- redução das emissões de veículos automotores;
- inspeção de segurança e de emissões;

EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR (ECP)

Classificação

Os equipamentos de controle são classificados primeiramente em função do estado físico do poluente a ser considerado. Em seguida a classificação envolve diversos parâmetros como mecanismo de controle, uso ou não de água ou outro líquido, etc.

EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR (ECP)

**Equipamentos de controle de material particulado
(aerossóis):**

Coletores secos de MP:

Coletores mecânicos inerciais e gravitacionais

Coletores mecânicos centrífugos (ciclones)

Precipitadores dinâmicos secos

Filtro de tecido (filtro-manga)

Precipitador eletrostático seco

EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR (ECP)

Coletores úmidos de MP:

torre de spray (pulverizadores)

lavador ciclônico

- lavador venturi

lavadores de leito móvel

EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR (ECP)

Equipamentos de controle para gases e vapores:

- adsorventes

- absorventes

- incineração de gás com chama direta

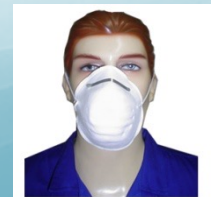
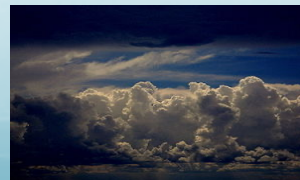
- incineradores de gás catalíticos

- tratamento biológico

Adsorção: Uma substância fica retida na superfície de outra, porém, sem fazer parte de seu volume. **Absorção:** Uma substância é embebida por outra, ocasionando mudança de volume.

Equipamentos de controle de material particulado (aerossóis)

- aerossóis: núcleos de condensação (favorecendo a formação de neblinas que modificam, nas zonas altamente contaminadas, o microclima. (do ponto de vista da meteorologia))
- as partículas em suspensão representam um grave perigo para as pessoas afetadas por enfermidades bronquíticas crônicas. (do ponto de vista sanitário)



Equipamentos de controle de material particulado (aerossóis)

- é grande a influência na vegetação, que uma vez depositado, obstruem os estômatos e folhas...



Equipamentos de controle de material particulado (aerossóis)

Um sistema de captação de material particulado é formado pelas seguintes partes:

- Dispositivo de captação (captor);
- Rede de coletores (tubulações);
- Aspirador de potência necessária (ventilador);
- Sistema de evacuação de partículas residuárias (equipamentos de controle)



Equipamentos de controle de material particulado (aerossóis)

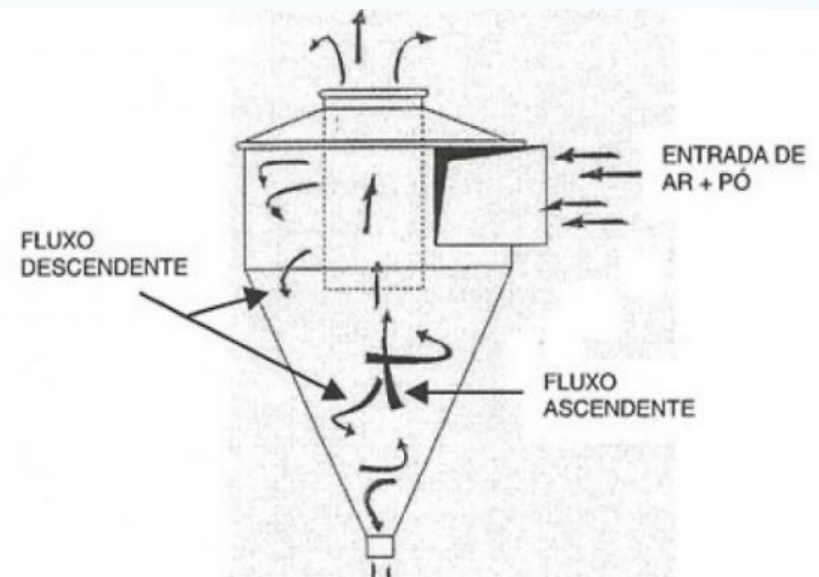
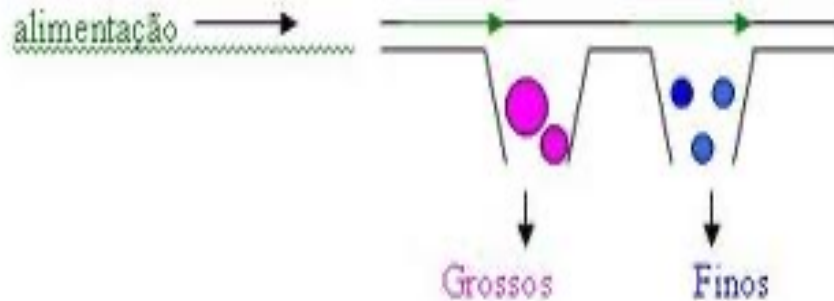
Princípios para alta eficiência da captação:

- Colocar o dispositivo de aspiração o mais próximo possível da fonte de emissão;
- Envolver, o máximo possível, a zona de geração de partículas sólidas.

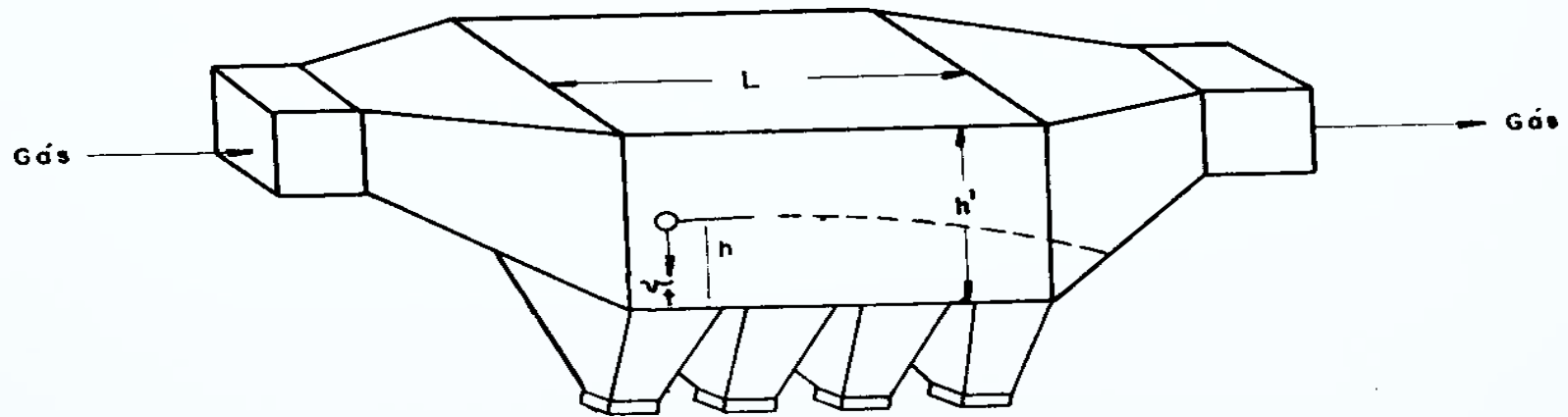
Equipamentos de controle de material particulado (aerossóis)

Coletores à seco:

- **Câmara de sedimentação gravitacional:**
 - o mecanismo de coleta é a força gravitacional;
 - possui dimensões suficientemente grandes nas quais a velocidade da corrente gasosa se reduz, de forma que as partículas que se encontram em suspensão tenham tempo suficiente em depositar-se.



Coletores Gravitacionais



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



Coletor Gravitacional



Coletores Gravitacionais

Vantagens:

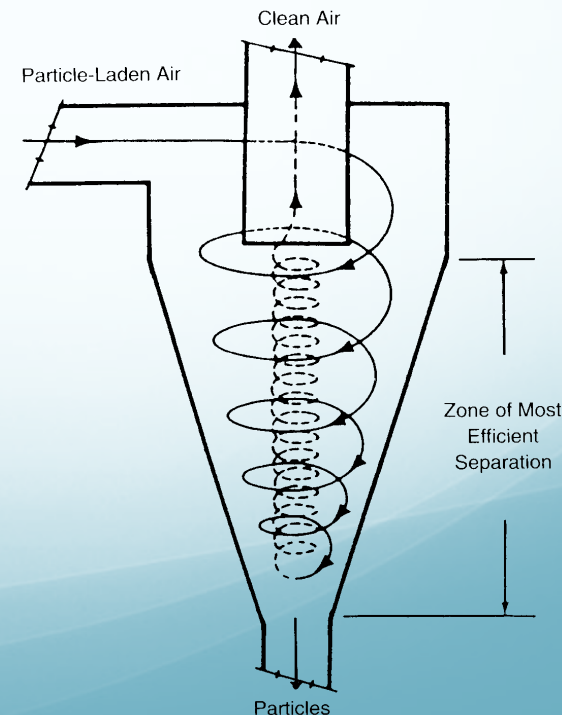
- Baixo custo;
- construção simples e baixa perda de carga;
- reduzindo o custo de operação;
- Coleta de material seco particulado
- Resistência a corrosão e temperatura;

Desvantagens:

- Baixa eficiência para partículas pequenas (restritos a partículas maiores que 50 micrometros)
- Grande espaço requerido

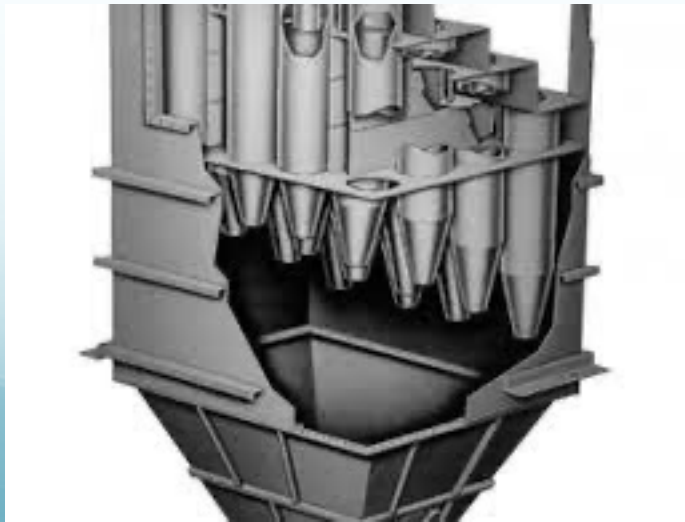
Ciclones

- **Princípio de funcionamento:** O ciclone baseia-se na ação da força centrífuga que age sobre as partículas carregadas pelo fluxo de gás, empurrando - as na direção das paredes, e retirando-as do fluxo gasoso.



Ciclones

- utilizam força centrífuga para coleta de partículas;
- as partículas, submetidas à força centrífuga no final de certo n.º de voltas chocam-se com a parede e terminam por depositar-se na parte inferior do cone
- baixa eficiência para partículas pequenas (devem ser maiores que 5 microns);
- multiciclones: vários ciclones trabalhando em paralelo;



Ciclones



Ciclones

Vantagens:

- Baixo custo;
- Baixa perda de carga;
- Resistência a corrosão e temperatura;
- Simplicidade de projeto e manutenção;

Desvantagens:

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

FILTROS

- A filtração a seco pode ser considerada a forma mais eficaz para retirar partículas de um fluxo gasoso;
- Desde partículas grandes até partículas da ordem de Angstrom (10^{-10} m), 0,0001 micrometro;
- Aplicações que requerem **alta eficiência na coleta de partículas muito pequenas, a um custo moderado.**

Tipos de Filtros

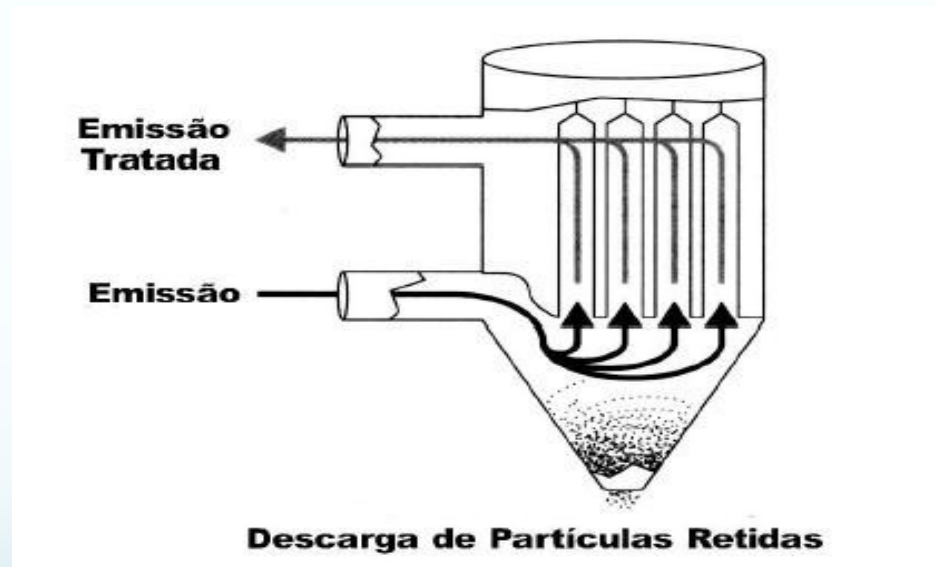
- * Filtro tipo manga;
 - * Filtro tipo bolsa ou envelope;
 - * Filtro tipo cartucho;
 - * Filtro plano;
- * USUAL
INDÚSTRIA
: FILTRO MANGA

NA



FILTROS DE MANGAS

- * Os filtros mais utilizados nos tratamentos das emissões atmosféricas são os **FILTROS MANGA**;



Modelo de Filtro de Manga

Equipamentos de controle de material particulado (aerossóis)

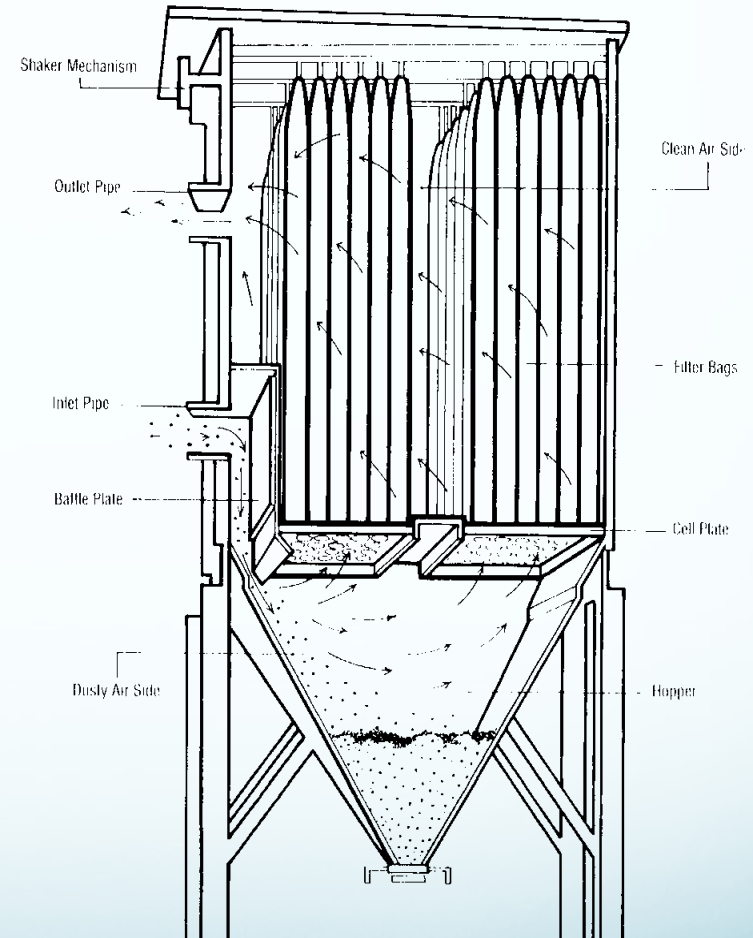
Filtros de tecido:

- mais comumente utilizados;
- passagem de mistura gasosa pelo tecido. As partículas chocam-se com o filtro e ficam retidas. O tecido tem de ser retirado periodicamente para limpeza (para que não ocorra a perda de carga);
- alta eficiência: valores maiores que 99%;
- tipos: manga e envelope



Filtros de Manga

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



Filtros de Manga



Filtros de Manga



FILTROS DE MANGAS

LIMPEZA DOS FILTROS:

- Agitação ou raspagem das mangas manual ou mecanicamente, após a interrupção da passagem do ar.
- Introdução de ar comprimido, em sentido contrário sistema de fluxo reverso.

FILTROS DE MANGAS

- Os filtros de manga ou tecido podem remover até 99,9% das partículas, incluindo as partículas finas.
- Periodicamente os filtros são limpos e/ou trocados para que o sistema não perca eficiência.
- Quando a concentração de partículas é muito elevada, usa-se, antes do filtro, um separador do tipo inercial para retenção das partículas maiores.

- Elevada eficiência para fumos e partículas acima de 0,1 micron
- Captação de poeira de moagem, mistura e pesagem de grãos de cereais;
- Moagem de pedra, argila e minerais;
- Trituração de cimento;
- Limpeza por abrasão;
- Pesagem e peneiramento de produtos químicos em grãos;
- Trabalhos em madeira, curtumes, fertilizantes, papel etc.

Filtros de Manga

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

PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

- Este equipamento remove até 99,5% da massa total de particulado.
- processo consiste em criar um campo eletrostático que carrega as partículas emitidas, as partículas são atraídas por placas eletrizadas, ficando presas a elas (eletrodos).
- Em seguida, as partículas são retiradas pela vibração dos eletrodos e são depositadas normalmente em silos na parte inferior do equipamento.

Precipitadores Eletrostáticos

Vantagens:

Alta eficiência de coleta – pode exceder 99,95%;

- Coleta partículas muito pequenas;
- Baixo custo operacional;
- Baixa perda de carga;
- Existem poucas partes móveis o que implica na redução da manutenção;

Precipitadores Eletrostáticos

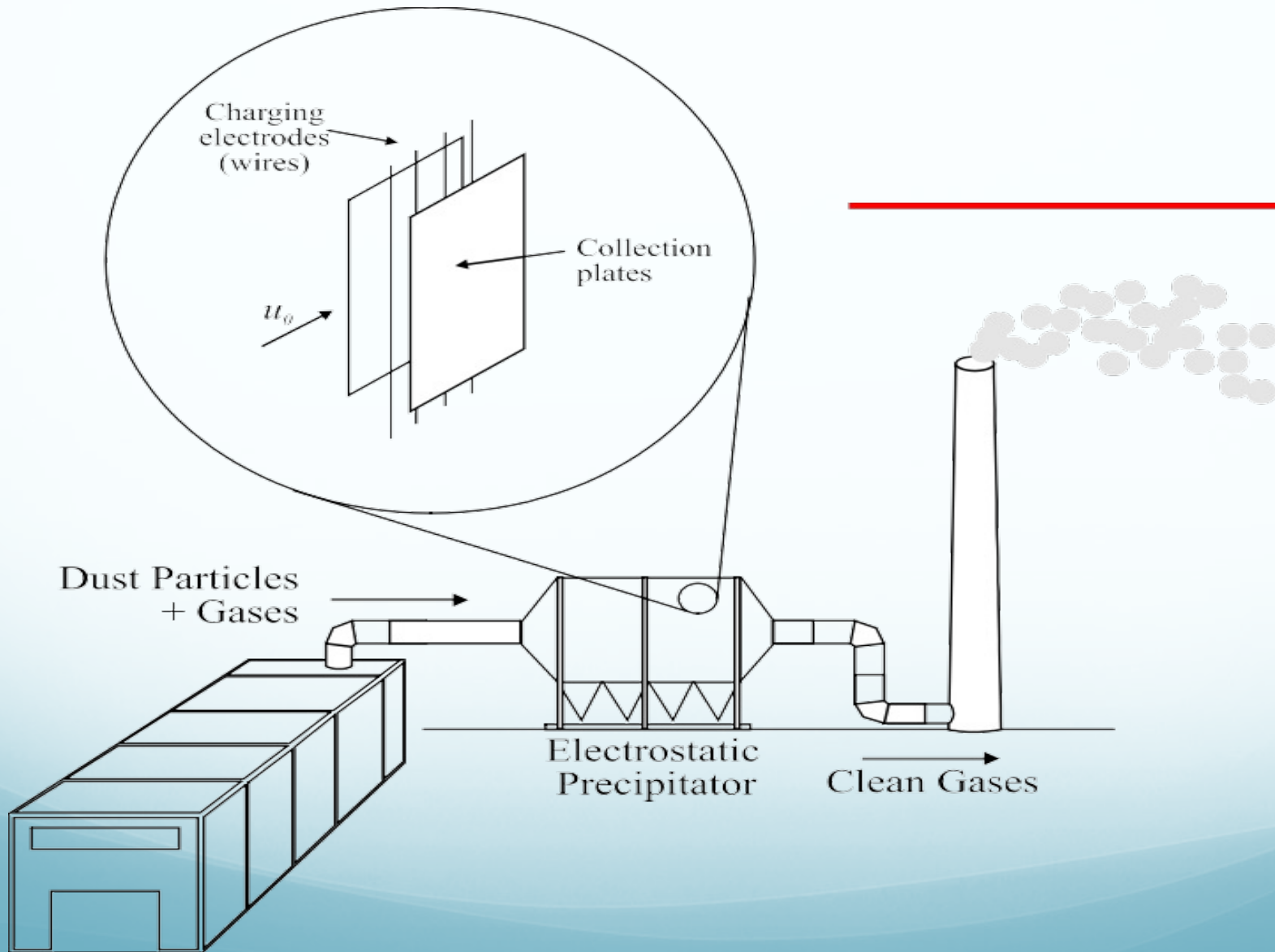
Vantagens:

- Coleta partículas sólidas e líquidas difíceis de serem coletadas por outros sistemas;
- Pode operar a altas temperaturas (até 650 °C);
- Processa altas vazões com grandes concentrações de poluentes.
- Vida útil longa – chega a durar mais de 20 anos à comparação: lavador (8 a 10 anos); filtro manga (10 a 15 anos).

Precipitadores Eletrostáticos

Desvantagens:

- Custo inicial elevado;
- Requer grande espaço físico.
- Apresenta risco de explosão quando processa gases ou partículas explosivas;
- Exige medidas de segurança para evitar acidentes;
- Alguns materiais são extremamente difíceis de coletar por apresentarem resistividade muito baixa ou muito alta.



ionização do ar

carregamento do MP

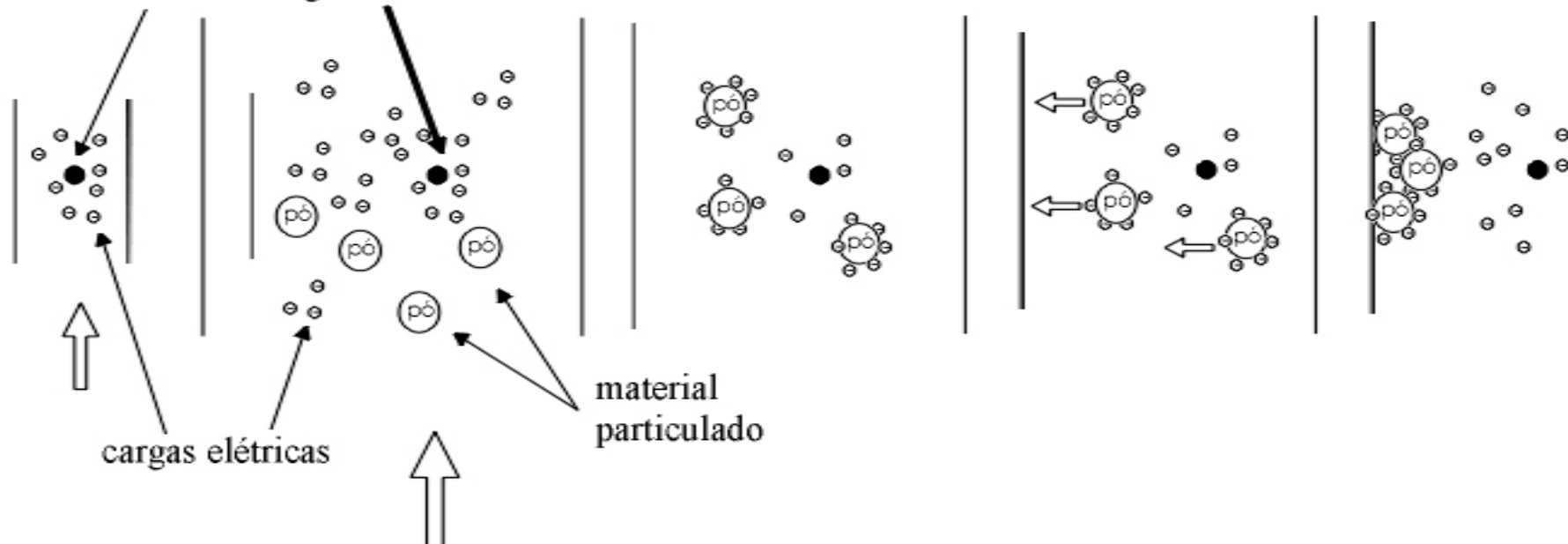
migração

adesão

fio de carregamento

cargas elétricas

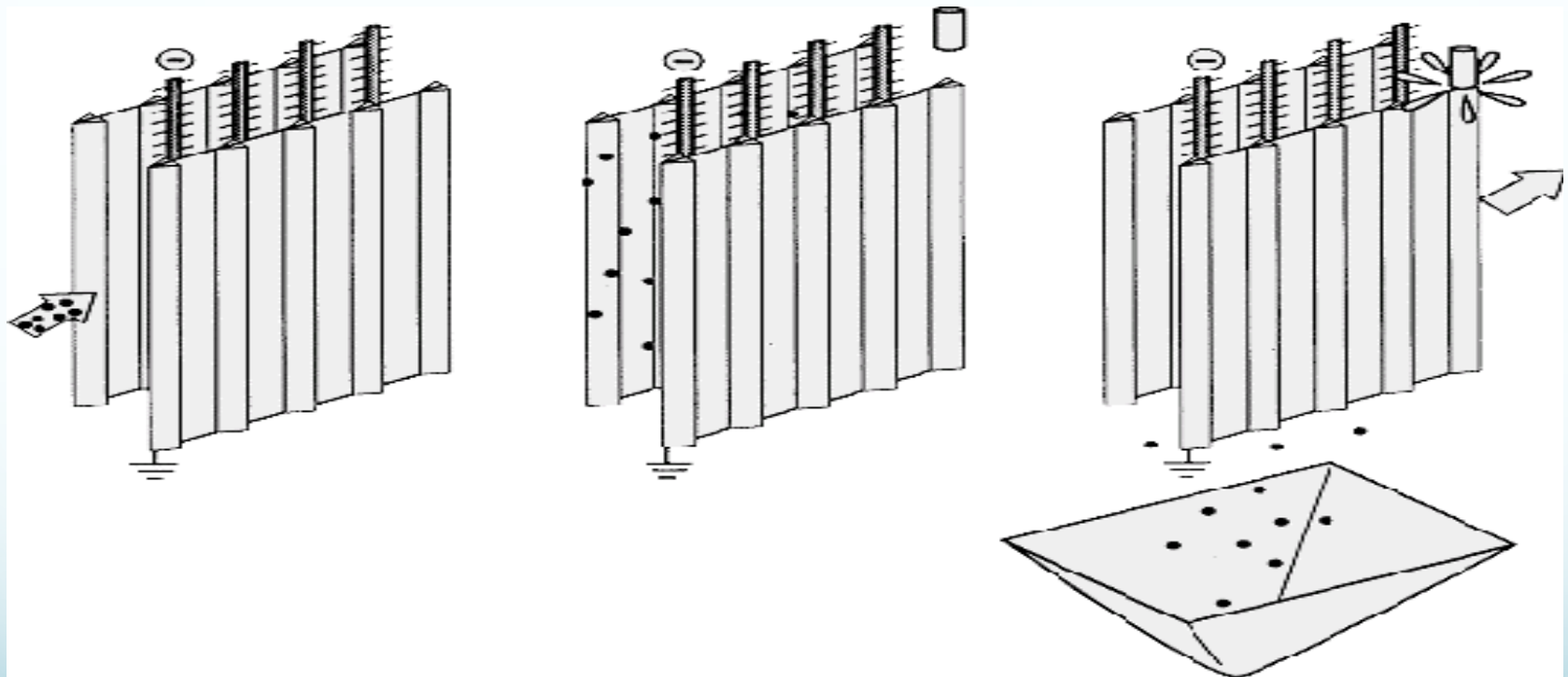
material
particulado

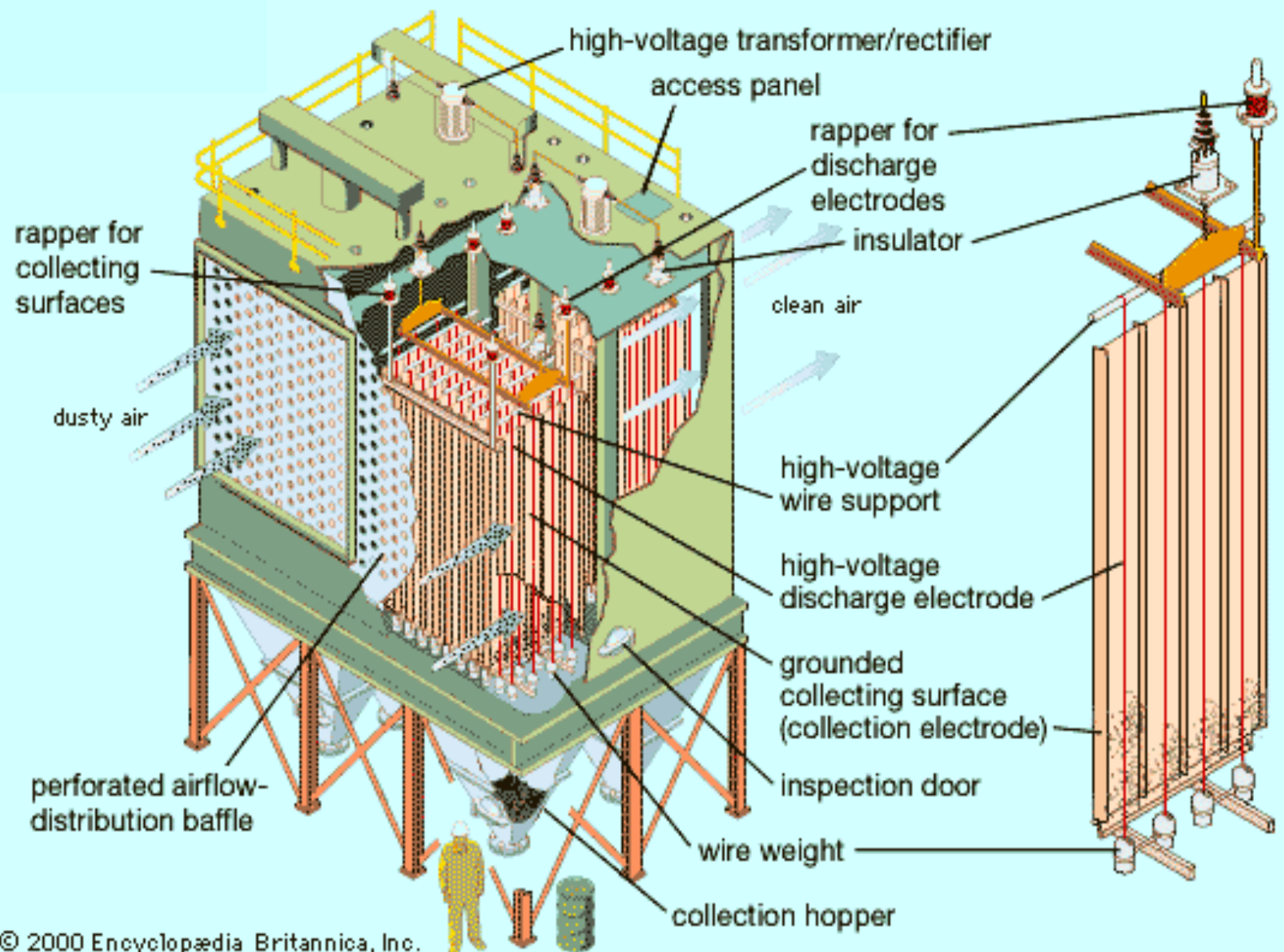


Carregamento

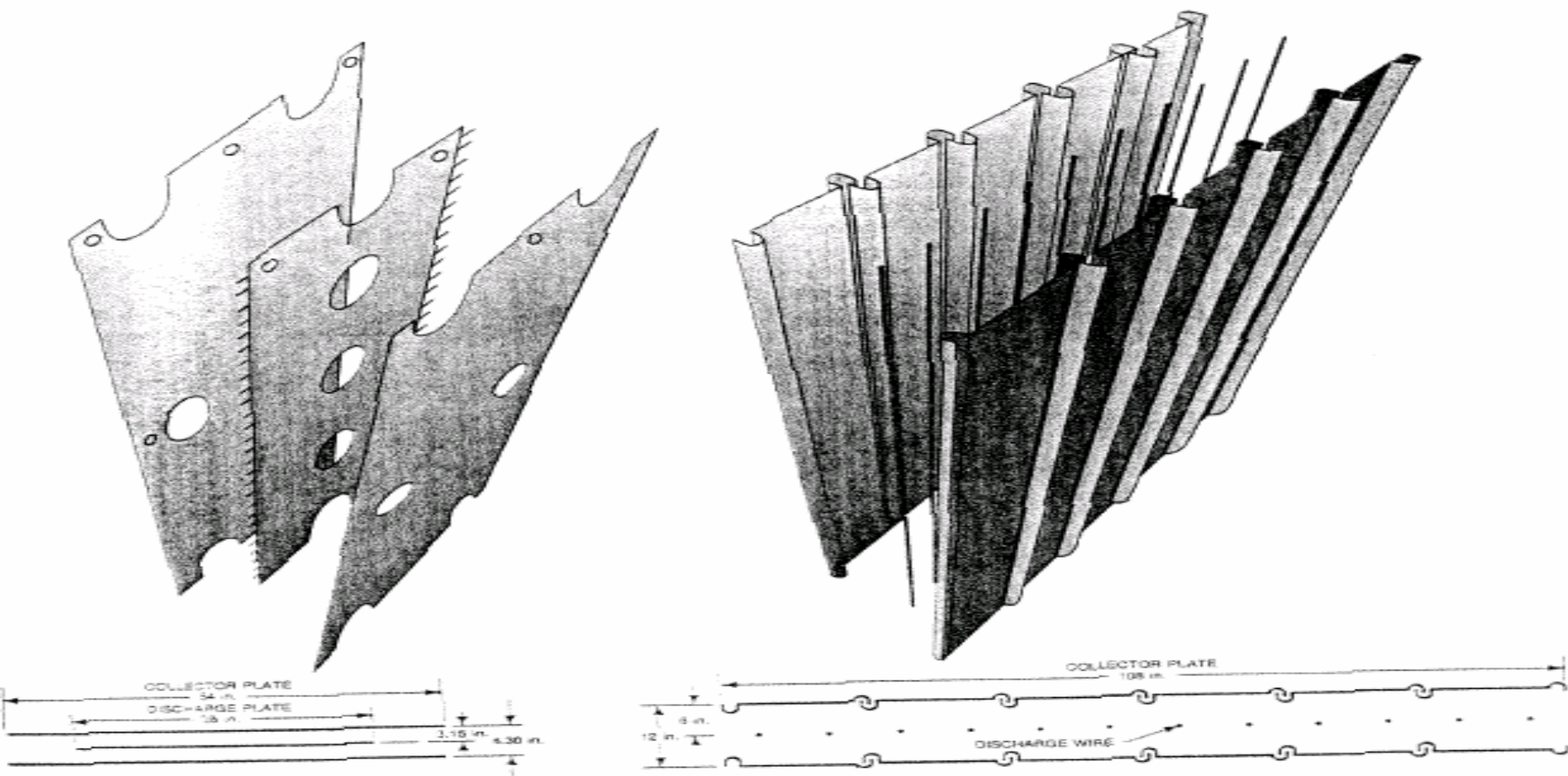
Adesão

Batimento





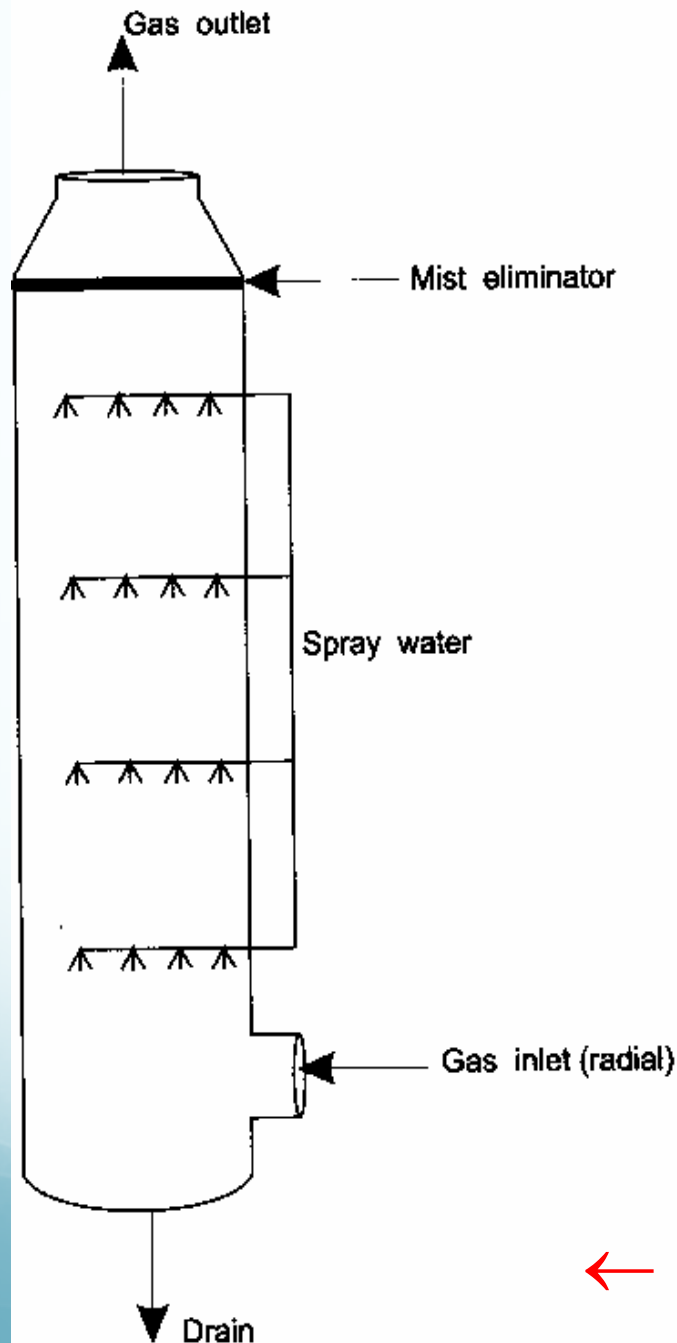
Exemplos de geometria da placa de coleta e do eletrodo de carregamento



Coletores Úmidos ou Lavadores de Gás

Princípio de funcionamento:

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)

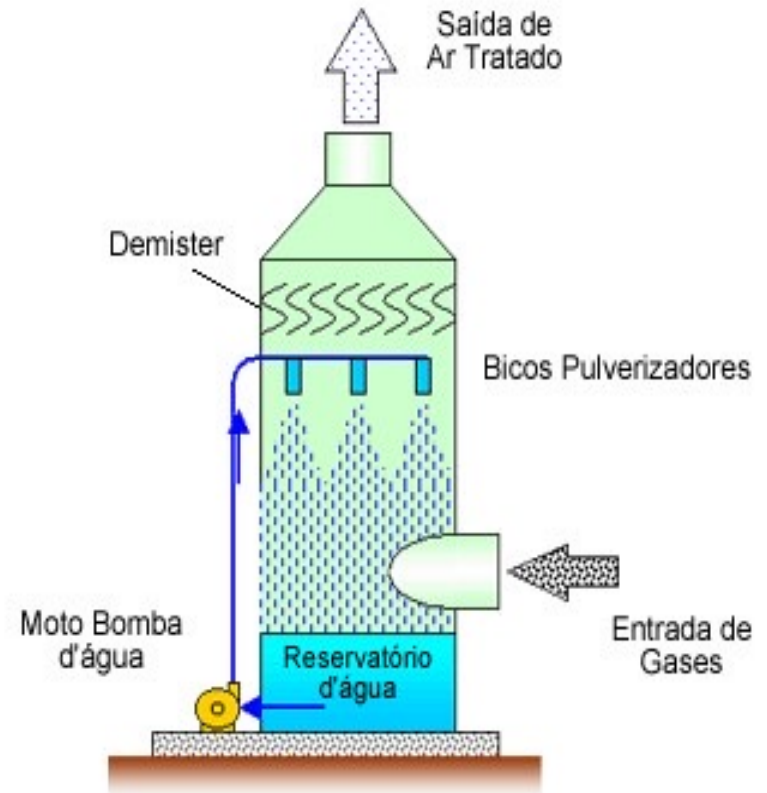


← Lavador tipo spray

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

Princípio de funcionamento: 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)

LAVADOR ATOMIZADOR



O eliminador de gotas demister trata-se de um conjunto de lâminas retentoras de gotículas de água, as quais são levadas até elas por um fluxo de ar. Esse componente pode ser utilizado em torres de resfriamento de água, lavadores de gases, condensadores evaporativos e etc.

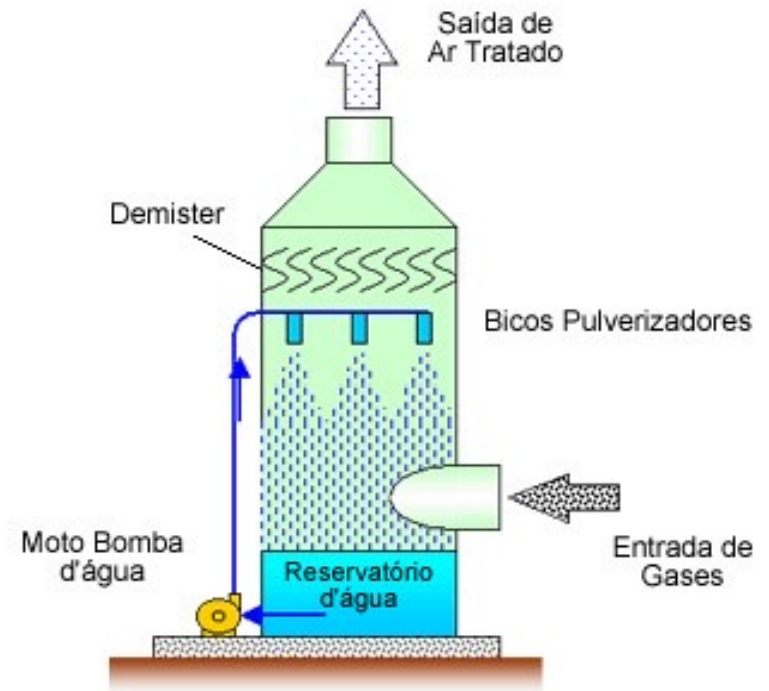
COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

O eliminador de gotas demister trata-se de um conjunto de lâminas retentoras de gotículas de água, as quais são levadas até elas por um fluxo de ar.

Esse componente pode ser utilizado em torres de resfriamento de água, lavadores de gases, condensadores evaporativos e etc.



LAVADOR ATOMIZADOR



COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

- * Lavadores de gases são sistemas de tratamento de emissões atmosféricas desenvolvidos para **realizar a retenção e neutralização** de componentes químicos gasosos;
- * **Visam à remoção de material particulado, gases e vapores do ar;**

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

- * **Utilizam líquidos para lavar, resfriar, ou reagir com as substâncias poluentes** contidas nos gases de processos a serem liberados para a atmosfera, reciclados, ou em gases combustíveis utilizados em outras partes do processo;
- * O termo *Scrubber* (*lavadores de gás*) também é utilizado para **descrever sistemas que injetam reagentes secos nos gases** de exaustão para fazerem o abatimento de gases ácidos.

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

- * Na dissolução de gases e vapores na água, pode vir a ser necessário um tratamento químico complementar acompanhado de filtração, decantação ou destilação, para que a água possa ser tratada e reutilizada, podendo em alguns casos reciclar certos produtos industriais.

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

- * Gases ácidos como: Ácido Fluorídrico (HF), Ácido Sulfúrico (H_2SO_4), Ácido Sulfídrico (H_2S), Ácido Clorídrico (HCl);
- * Também pode ser utilizado em correntes básicas como Soda Cáustica (NaOH) e em correntes com solventes e Amônia;

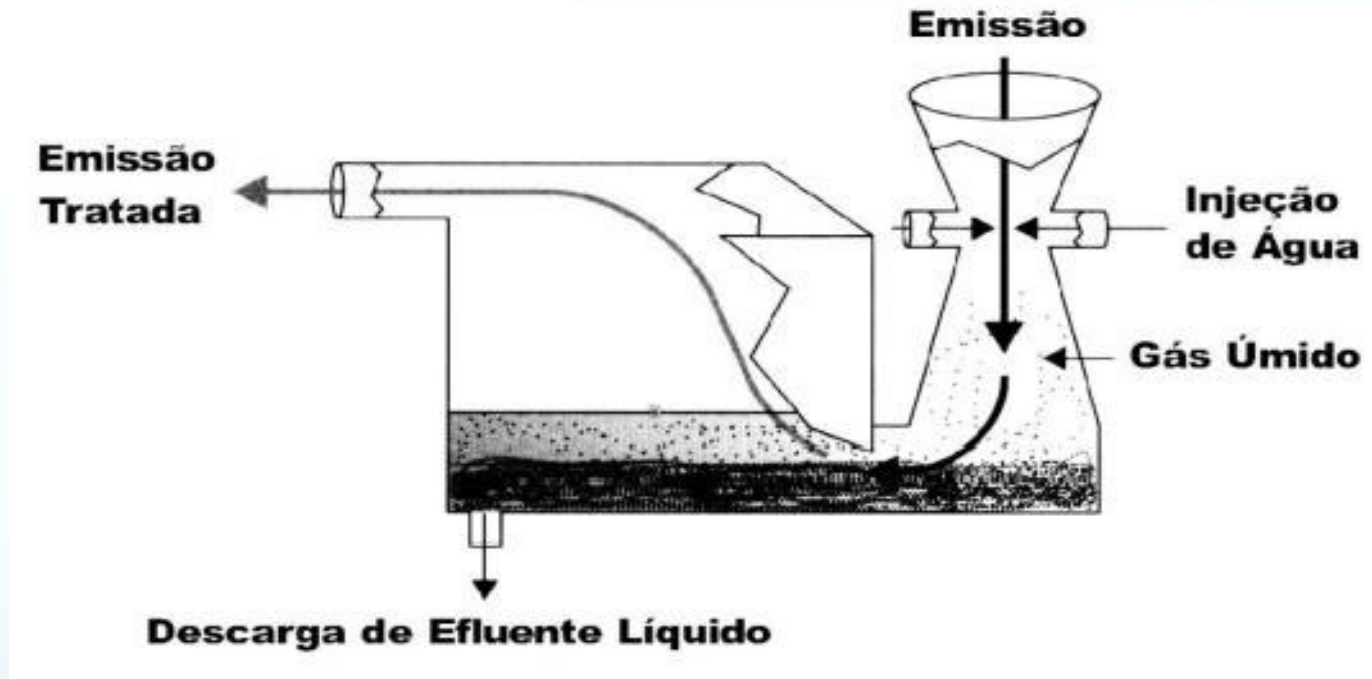
COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

- * Alguns compostos a serem tratados requerem a dissolução de lavador de gases reagentes químicos específicos para a neutralização ou transformação dos mesmos em substâncias neutras, limpas ou atóxicas;
- * A recuperação de calor também é uma forma comum de utilização em Lavadores de Gases;

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

- * A **eficiência de remoção** destes poluentes é melhorada com o **aumento do tempo de residência**, aumento da **área de contato** com o líquido nos recheios e internos e com **controles eficientes de pressão e temperatura**;
- * Os gases eliminados ficam saturados de umidade (Dew Point) e podem apresentar uma pluma visível de vapor de água na chaminé.
- * A utilização mais comum para este tipo de equipamento é a **captação de material particulado com até 99,5% de eficiência**;
- * Remoção de **dióxido de enxofre com 80 a 95%**.

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS



Modelo de Lavador de Gases

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

* Horizontal

- * Indicado para utilização quando tamanho e espaço disponíveis são limitados ou impeditivos para a instalação;
- * Compacto e com partes facilmente acessáveis;
- * A eficiência de remoção de contaminantes e poluentes é geralmente equivalente ao Lavador vertical.
- * Seu design e projeto simples permitem que vários Scrubbers possam ser conectados em série para formar um Lavador Multi estágio, **efetivo para desodorização e abatimento de NOx.**

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS



COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS



COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

* **Vertical**

- * Suas características construtivas, tamanho compacto, baixa perda de carga e alta eficiência, fazem com que sejam uma solução particularmente apreciada nas escolhas de projeto.
- * Os processos de transferência de massa, calor, reações químicas e a eficiência de um Scrubber dependem da **solubilidade do gás, área de contato entre gás/ líquido, tempo de permanência e a velocidade dos gases**, assim como também requerem um controle dos parâmetros de processo como: ***temperatura, pressão, pH*** e constante atenção as concentrações das soluções de reagentes e velocidade de ventiladores.

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

* Vertical

Dependendo das propriedades e características dos gases de entrada, poderão ser utilizados dois tipos de Lavadores:

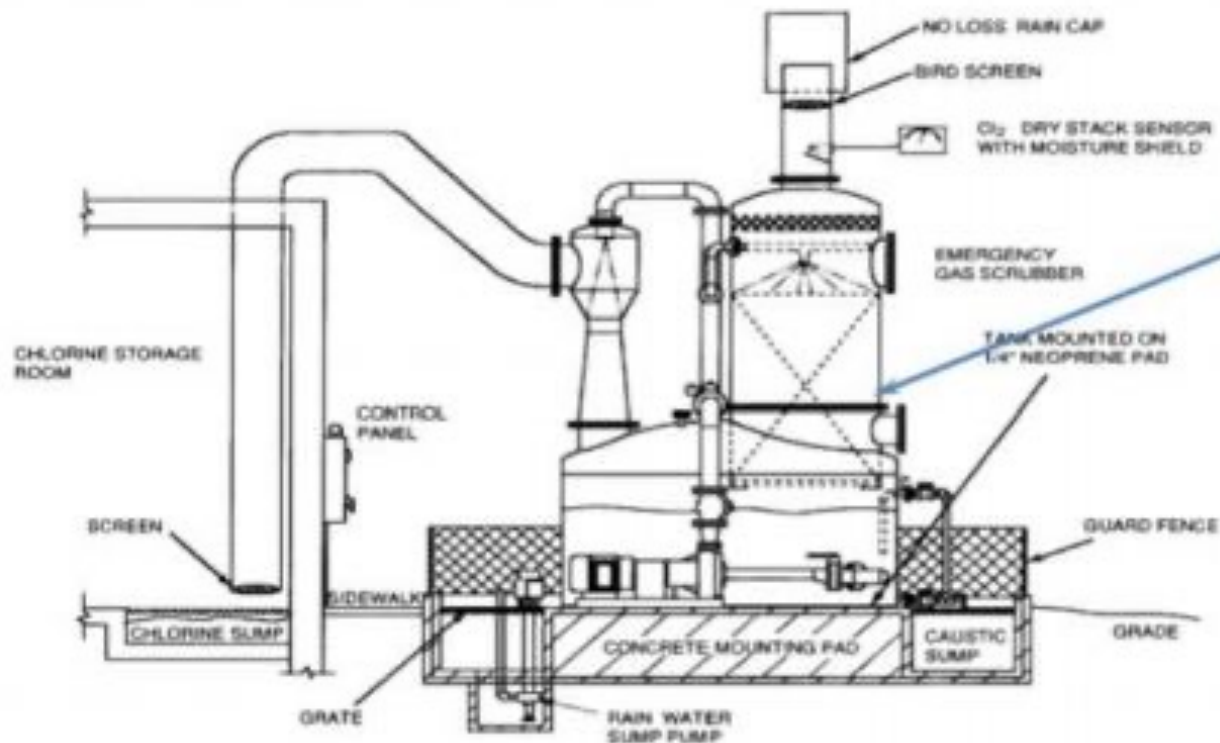
» **Bicos Atomizadores:** Solução bastante econômica, possui baixa perda de carga, porém baixa eficiência comparado com os de recheio interno.

» **Recheios Interno:** Possuem alta eficiência de remoção de poluentes, mas com alto risco de entupimento e bloqueio dos elementos randômicos ou estruturados e maior perda de carga.

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

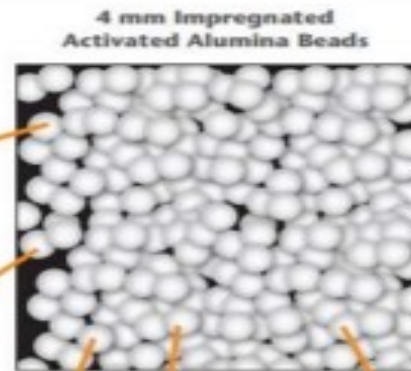


Ejector Venturi / Packed Tower



High
Performance
Packing Media

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS



COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

Lavador Venturi

É principalmente utilizado para a remoção de particulados, sendo que atinge elevados níveis de eficiência;

A atomização de líquidos na seção do Venturi produz um grande número de minúsculas gotículas que se chocam com o particulado promovendo o abatimento dos mesmos.

Pode ser utilizado como um resfriador;

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

* Lavador Venturi

Devido a baixa possibilidade de entupimento em comparação com outros Lavadores, podem ser utilizados para a **remoção e tratamento simultâneo de particulados e gases** quando:

- * Houver alta concentração de poeiras, sólidos e particulados na entrada
- * Os gases poluentes forem extremamente solúveis ou reativos quimicamente
- * Poeiras, Sólidos ou particulados forem viscosos ou pegajosos ou tiverem a tendência de entupimentos.
- * O fluxo por recheio e internos for um problema.

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

VANTAGENS

- Pode coletar partículas e gases ao mesmo tempo;
- Baixo custo inicial;
- Seu tamanho em geral é pequeno.

DESVANTAGENS

- Grande consumo de água;
- Geração de resíduos;
- Baixa eficiência para partículas menores que 1 μm .

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

- * Dessulfuração de gases de caldeira, fornos e incineradores;
- * Absorção de Ácido Fluorídrico (HF) e Dióxido de enxofre (SO_2) em indústrias de alumínio e siderurgia
- * Recuperação de calor;
- * Remoção de particulados;
- * Absorção de gases ácidos;
- * Resfriamento de gases;
- * Controle e remoção de odores (compostos Sulfurosos, Nitrosos, Aldeídos, Cetonas, Ácidos Orgânicos);
- * Remoção de Ácido Clorídrico HCl;
- * Processos químicos;
- * Galvanoplastia;
- * Desgaseificação.

COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

VERIFICAÇÃO DOS COLETORES ÚMIDOS:

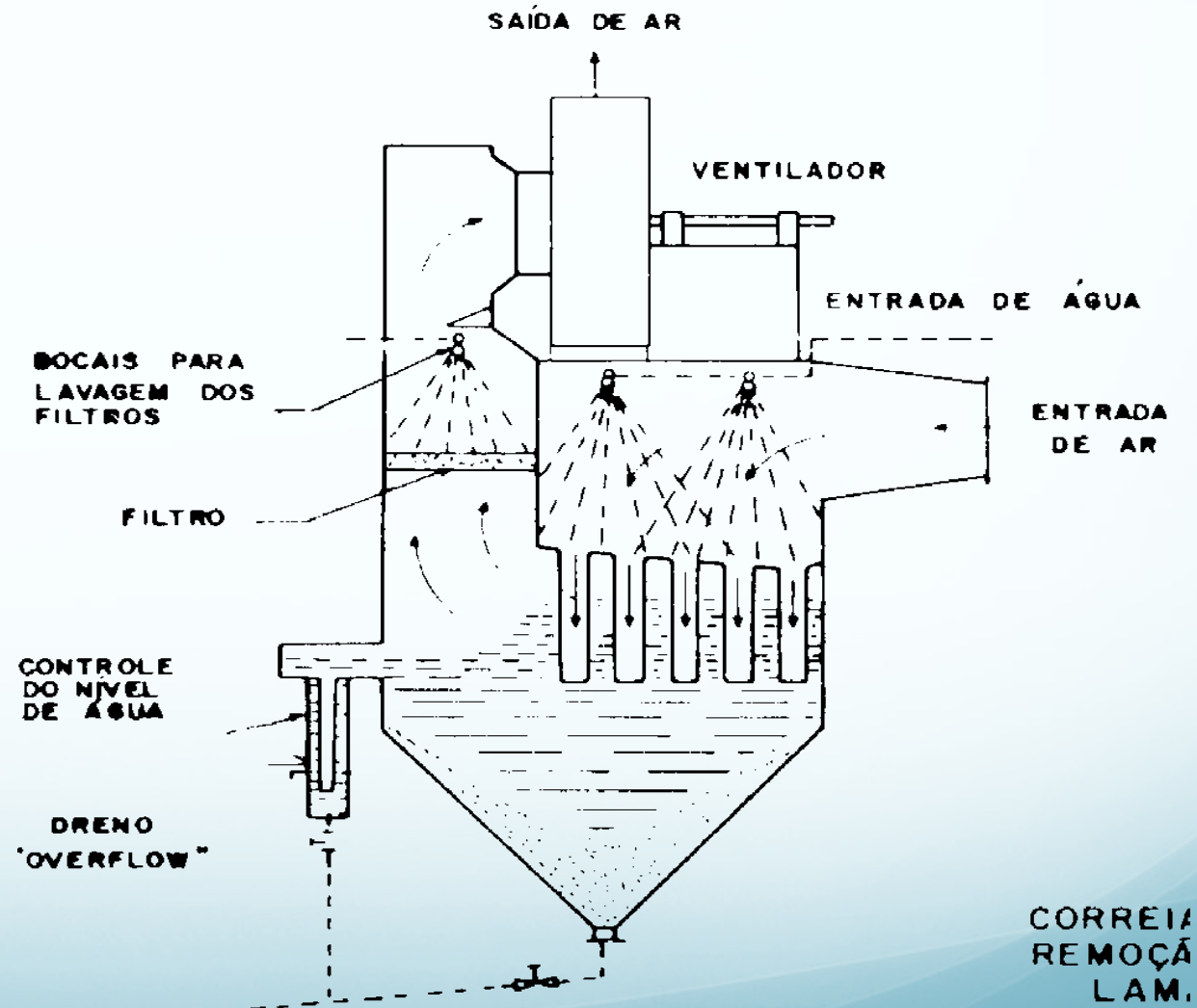
- Condições do estado geral (furos e sinais de corrosão);
- Condições internas com relação a incrustação de pó nas paredes, nos bicos aspersores e outras partes internas.
- Vazão de água utilizado





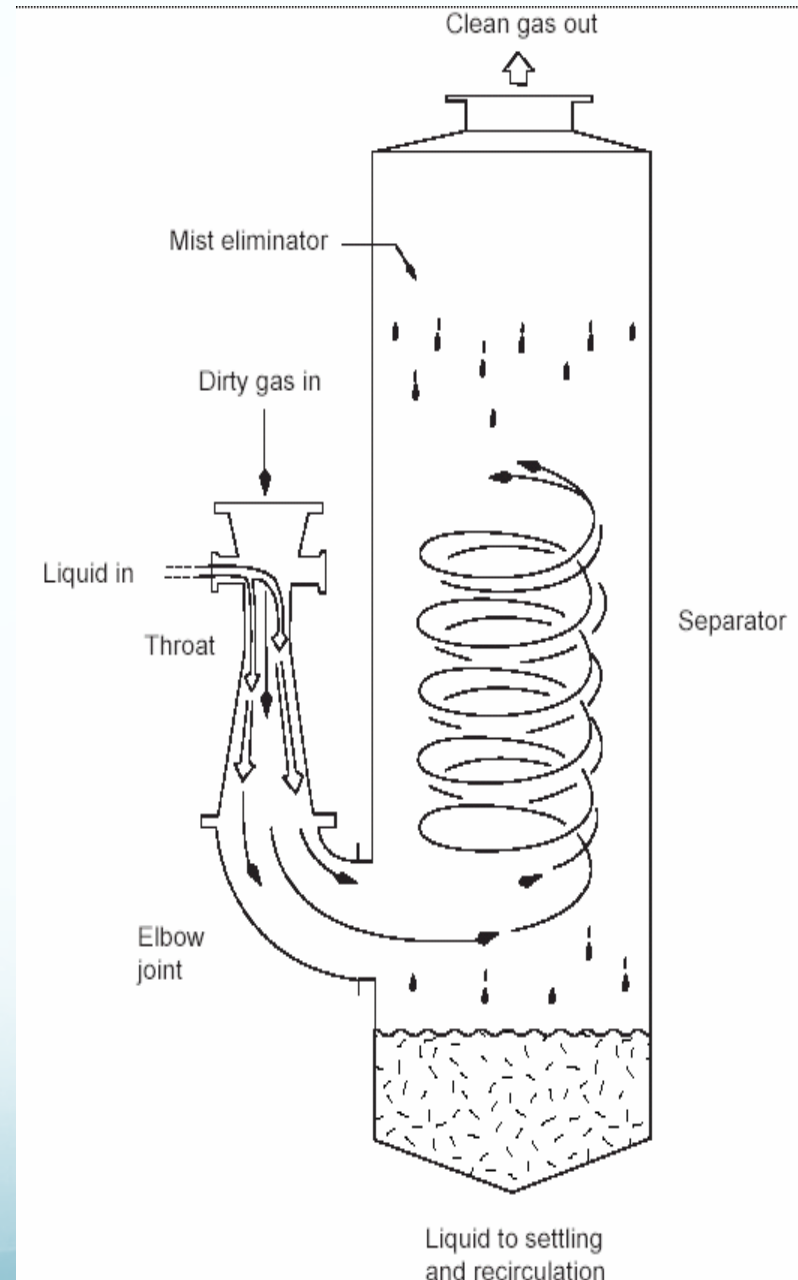
Desenhos típicos:

Lavador tipo
spray auto-
induzido →

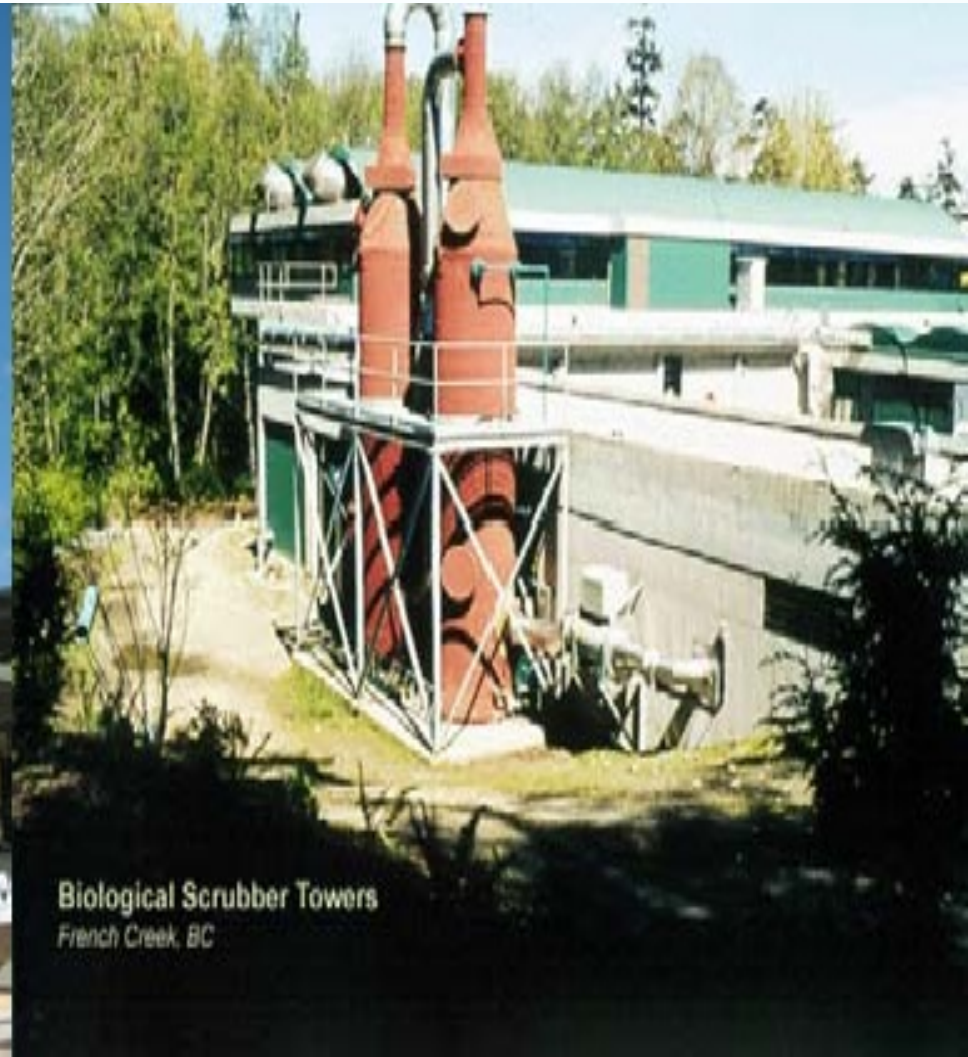


Desenhos típicos:

- Lavadores do tipo Venturi requerem coletores inerciais ligados em série para coletar as partículas + gotículas de água no fluxo gasoso.



Coletores Úmidos ou Lavadores de Gás



Coletores Úmidos

Vantagens:

- Pode coletar partículas e gases ao mesmo tempo;
- Baixo custo inicial;
- Seu tamanho em geral é pequeno;

Desvantagens:

- Grande consumo de água
- Geração de resíduos
- Baixa eficiência para partículas menores que 1 micrometro)

Tipo de Coletor	Tamanho da Partícula (micrometro)	Temperatura Máxima (°C)	Custo Anual U\$ por ano por m³)
Filtros de Mangas (algodão ou nylon)	1.0 - 50.0	80-120	14,00 - 17,00
Filtros de Mangas (Fibra de vidro ou Teflon)	1.0 - 50.0	260-290	21,00 - 23,00
Precipitador Eletrostático	0.1 - 10.0	400	21,00
Ciclones	10.0 - 50.0	400	7,00 - 11,00
Coletores Úmidos	1.0 - 50.0	540	25,00 - 56,00

CONTROLE DE EMISSÃO DE GASES E VAPORES

- *Condensadores;
- *Adsorvedores;
- *Absorvedores;
- *Incineradores;
- *Biorreatores;

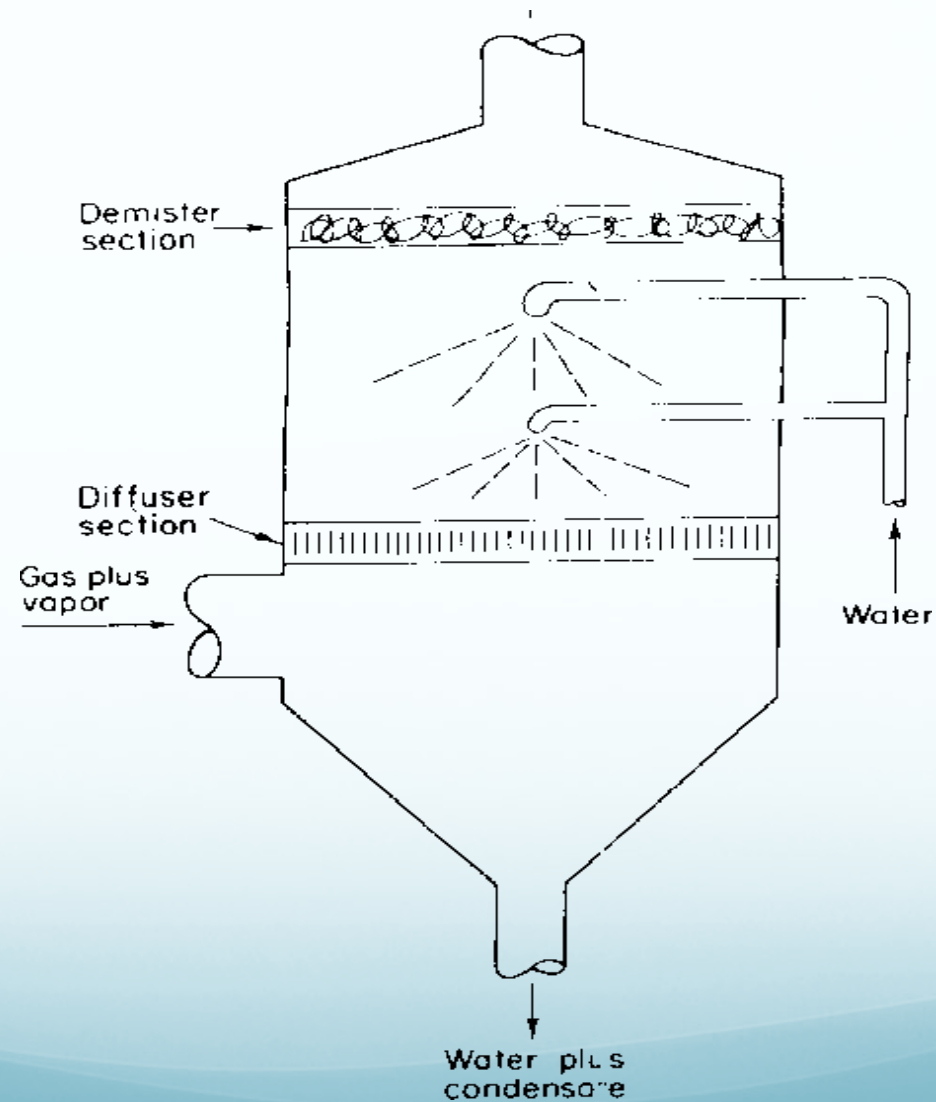
Condensadores

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

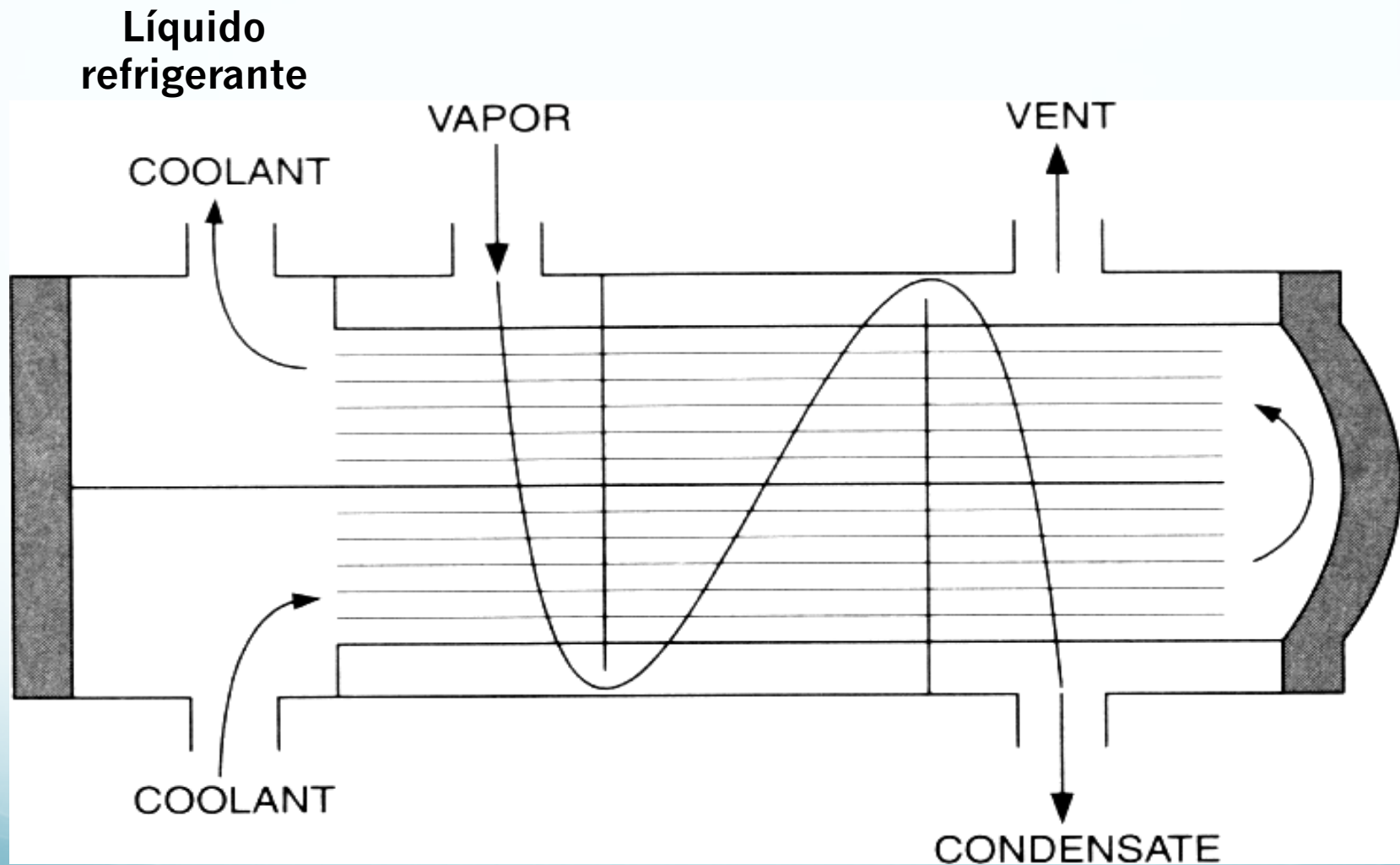
As principais razões para a utilização de condensadores são:

- recuperação de produtos com valor econômico
- redução no volume dos efluentes
- remoção de componentes condensáveis que possam causar corrosão nos equipamentos

Condensadores



Condensadores



CONDENSADORES

Processo que converte um gás em líquido

- Realizada por diminuição de temperatura e/ou aumento de pressão

APLICAÇÃO EM POLUIÇÃO DO AR:

- Diminuição da temperatura;
- Uso limitado a pré-coleta de vapores antes de um dispositivo ou equipamento de tratamento final;
- Importante como sistema de recuperação ou de redução de volume para o tratamento final;
- Recuperação de produtos com valor econômico.

CONDENSADORES

Em geral:

- Alta eficiência para vapores a altas concentrações;**
- Baixas concentrações de poluentes condensáveis no fluxo gasoso e baixas pressões parciais do vapor, tem baixa eficiência na remoção;**
- Quanto mais volátil for um componente, menor seu ponto de ebulição, maior a quantidade na forma de vapor (a cada temperatura) e menor será a temperatura necessária para condensar.**

TIPO DE CONDENSADORES

CONTATO DIRETO: Princípio de funcionamento:

A aspersão de água é utilizada para baixar a temperatura do fluxo gasosos e removendo os componentes condensáveis.

- Quando o vapor a ser condensado é imiscível em água (ex. solventes orgânicos), este equipamento permite a separação do solvente devido a separação das fases (água em baixo e solvente em cima, por exemplo).

TIPO DE CONDENSADORES

DE SUPERFÍCIE (INDIRETO):

Redução da temperatura através de uma superfície.

Líquido refrigerante não entra em contato com a fase aquosa. (Ex. aplicação: tanques de armazenamento de combustíveis)

Equipamentos de controle para gases e vapores

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 o **carvão ativado** (muito utilizado para compostos causadores de odor), **silica gel** e a **alumina**.



Vapor phase
carbon adsorbers



Equipamentos de controle para gases e vapores

Adsorvedores

- Processo seletivo para a remoção de gases e vapores a baixas concentrações.
- Alta eficiência para eliminação de compostos odoríferos em baixas concentrações.
- Controle de emissões de solventes, em altas concentrações, pode ser feita com adsorção com regeneração do material adsorvente e com recuperação do solvente.

Equipamentos de adsorção

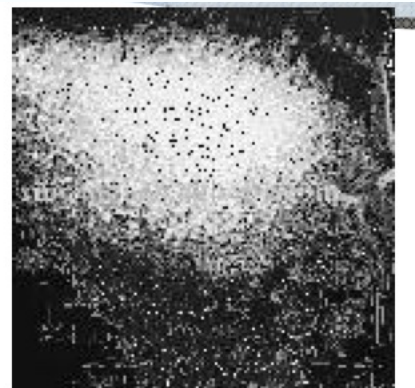
- A eficiência destes materiais é quase **100%** (entre 99 e 99,8% de eficiência de recuperação), e se mantém extremamente alta até sua completa saturação;
- Quando saturados estes materiais podem se regenerados e reutilizados.
- São muito utilizados quando os compostos recuperados possuem valor comercial.

Equipamentos de controle para gases e vapores

Materiais Adsorventes



Alumina ativada



Sílica gel



Peneiras moleculares
(aluminossilicatos de
sódio, potássio e cálcio)

Equipamentos de controle para gases e vapores

Materiais Adsorventes



Carvão ativado



CARVÃO ATIVADO

- Pertence ao grupo de sólidos não polares (apolares);
- Um dos mais antigos;
- Material mais utilizado na prática (versatilidade, disponibilidade e custo);
- Produzido pelo aquecimento de sólidos orgânicos (carvão, coco, madeira dura, etc.) a $\sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$, em atmosfera redutora, e posterior passagem de vapor d'água ou gás carbônico, a altas temperaturas.

Adsorventes

Adsorvente	Área ativa (m ² /g)	Volume dos poros (m ³ /g)	Diâmetro médio dos poros (angstroms)
Carvão ativado	500 a 1500	0,6 a 0,3	20 a 40
Sílica-gel	200 a 600	0,4	30 a 200
Alumina ativada	175	0,39	90

	Adsorvente		
Substância a ser removida	Carvão Ativado	Alumina ativada	Sílica Gel
Odores			
Óleo			
Hidrocarbonetos			
Fluorcarbonos			
Compostos orgânicos de Enxofre			
Solventes			
Umidade			

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO

- * DADOS EXPERIMENTAIS OU PRÁTICOS:
- * Estabelecer as condições de operação para a eficiência desejada numa aplicação.
- * Estabelecer o breaking point (ponto em que o material adsorvente começa a iniciar a fase de saturação).
- * CAPACIDADE DE ADSORÇÃO: Quantidade de o material adsorvente pode reter uma determinada substância, até a saturação, numa determinada temperatura e pressão. Expressa em g/100 g

REGENERAÇÃO

- * Aquecimento por vapor d'água a 100°C cerca de 20 minutos (mais usual e eficiente) para remoção do material adsorvido com posterior incineração.
- * **Atinge remoção de 98% da substância adsorvida.**
- * Outro método: aquecimento com passagem de gás inerte a 100 °C, cerca de 20 minutos; redução de pressão (vácuo) de 50 mmHg por cerca de 20 minutos.

CAPACIDADE DE ADSORÇÃO RELATIVA DO CARVÃO

GRAU 4 – ALTA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO

- | | | |
|---------------------------|----------------------|---------------------|
| - Ácido acético | - Ácido caprílico | - Acetato de etila |
| - Álcool | - Álcool butílico | - Álcool butírico |
| - Álcool isopropílico | - Benzeno | - Cloropicrina |
| - Cresol | - Fenol | - Fumaça de cigarro |
| - Gasolina | - Mercaptanas | - Odores corporais |
| - Odores hospitalares | - Odores de perfumes | - Óleos essenciais |
| - Ozona | - Piridina | - Terebentina |
| - Tetracloreto de carbono | - Tolueno | |

GRAU 3 – CAPACIDADE DE ADSORÇÃO SATISFATÓRIA

- | | | |
|-------------------------|------------------|---------|
| - Acetona | - Acroleína | - Cloro |
| - Cheiro de óleo diesel | - Gás sulfídrico | |

GRAU 2 – CAPACIDADE DE ADSORÇÃO BAIXA

- | | | |
|---------------|---------------|-----------|
| - Acetaldeído | - Aminas | - Amônia |
| - Butano | - Formaldeído | - Propano |

GRAU 1 – CAPACIDADE DE ADSORÇÃO MUITO BAIXA

- | | | |
|-----------|-----------------|-----------------------|
| - Etileno | - Gás carbônico | - Monóxido de carbono |
|-----------|-----------------|-----------------------|

ADSORÇÃO

- * **A eficiência destes materiais é quase 100% (entre 99% e 99,8% de eficiência de recuperação) e se mantém extremamente alta até sua completa saturação.**
- * **Quando saturados estes materiais podem se regenerados e reutilizados.**
- * São muito utilizados quando os compostos recuperados possuem valor comercial.

stainless steel
check valve



pressure regulator



low consumption
solenoid valve



imported
butterfly valve



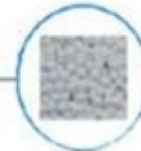
adsorption tank



intelligent controller



activated alumina
(zeolite)



noise muffler



(Picture only for your referencee)

ABSORVEDORES

Transferência de massa (poluente) da fase gasosa para a fase líquida (absorvente).

Transferência depende do contato íntimo entre a mistura de gases e o líquido.

Pode ocorrer:

Absorção física: a dissolução do poluente no líquido.

Absorção química: reação com o líquido.

ABSORVEDORES.

Pode ocorrer:

Dita a eficiência do processo.

Depende da solubilidade do poluente no líquido (absorção física) ou da velocidade de reação entre o poluente e o líquido (absorção com reação química)

SOLUBILIDADE DE SUBSTÂNCIAS NA ÁGUA

SUBSTÂNCIA	CONSTANTE DE HENRY [ppm/(mg/L)]
Octano	33.900
Oxigênio	22.600
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	255
Benzeno	71
PCBs	2,96
Amônia	0,78
Etanol (álcool etílico)	0,66

Quanto maior o valor da constante menor é a solubilidade da substância no líquido.

Octano: praticamente insolúvel em água, Gás sulfídrico: pouco solúvel (deve-se escolher um líquido (alcalino) que reaja com o mesmo para aumentar a taxa de transferência, pois é uma gás ácido.

Amônia, etanol, Bifenilos policlorados: boa solubilidade (absorção física)

USOS TÍPICOS – ABSORÇÃO: EFICIÊNCIA 70 a 95%

CONTROLE:

- * Dióxido de enxofre (SO_2)
- * Gás sulfídrico (H_2S)
- * Gás clorídrico (HCl)
- * Cloro (Cl_2)
- * Amônia (NH_3)
- * Gás fluorídrico (HF)

LÍQUIDO ABSORVENTE:

Água: mais comum (utilizada para HCl , NH_3 e HF).

Substâncias alcalinas: solução de soda cáustica, suspensão aquosa de carbonato de cálcio ou cal e solução amoniacal.

Carbonato de sódio $\rightarrow$ cristaliza SO_2

Sustâncias orgânicas necessitam de líquido especial

TIPOS DE ABSORVEDORES – TORRE DE ENCHIMENTO

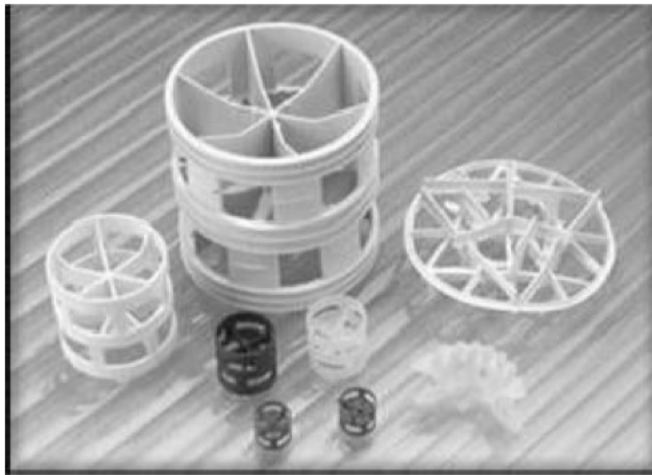
Princípio de funcionamento:

A absorção dos gases é feita através do contato do fluxo gasoso com gotas de líquidos, sprays, colunas de enchimento ou outros equipamentos;

Para cada gás deverá ser utilizado um líquido específico

ENCHIMENTO (RECHEIO)

Utilizado para aumentar a área disponível para a transferência de massa.



Anéis de Pall – Bobs



Tellerette

Tipos de absorvedores usualmente utilizados

Torres com enchimento: Constituem-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.



O Enchimento (recheio) é geralmente feito de carbono, cerâmica, vidro, plástico, teflon, aço inoxidável e outros materiais.



Selas Celenox



Selas Berl



Anéis Pall



Anéis Lessing



Anéis Raschig



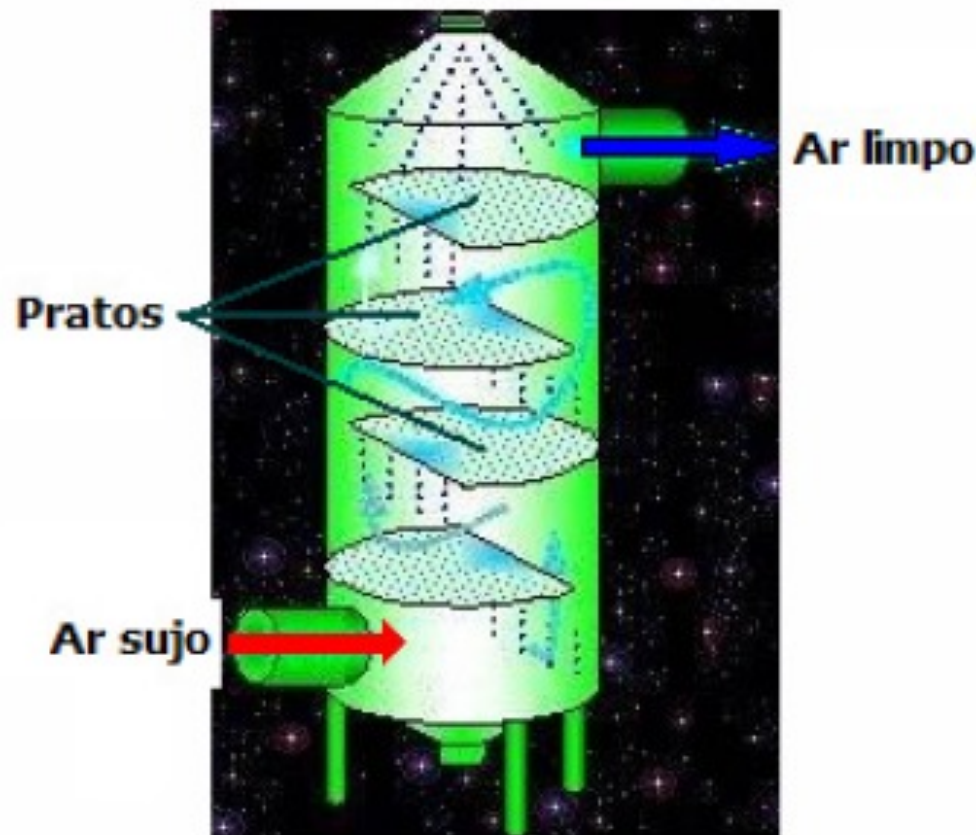
Anéis Cross-partition

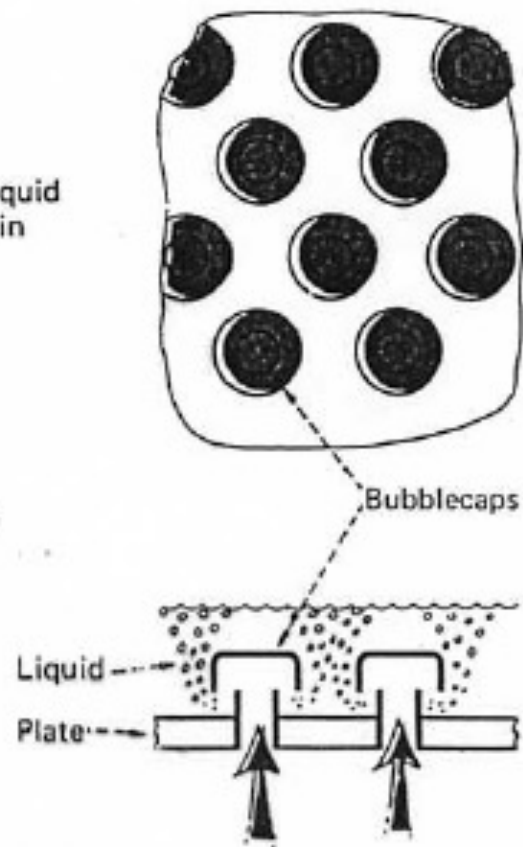
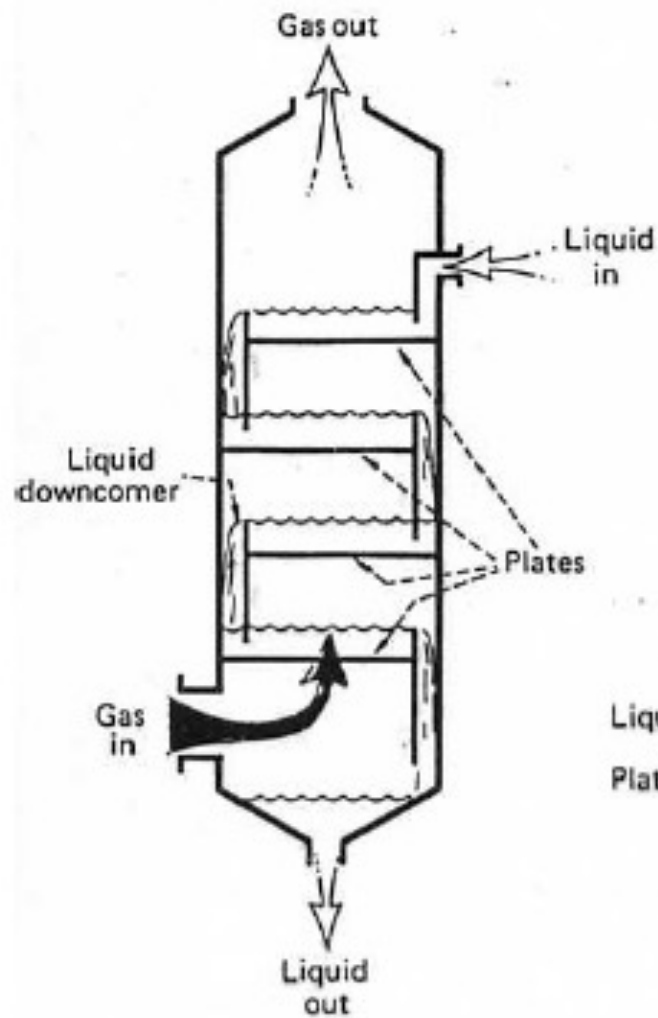
Entre as principais características e funções do enchimento estão:

- # aumentar a área superficial de contato entre os fluidos (aumentam a transferência de massa; no entanto, podem ser também um foco de ocorrência de incrustações e entupimento);
- # promover boa distribuição dos fluidos ao longo da torre;
- # não reagir com nenhuma das fases líquida ou gasosa;
- # ter resistência mecânica suficiente para manter sua forma original na coluna;
- # viabilidade econômica diante dos demais parâmetros de construção da torre;
- # ser resistente à abrasão originada por atrito no interior da coluna.

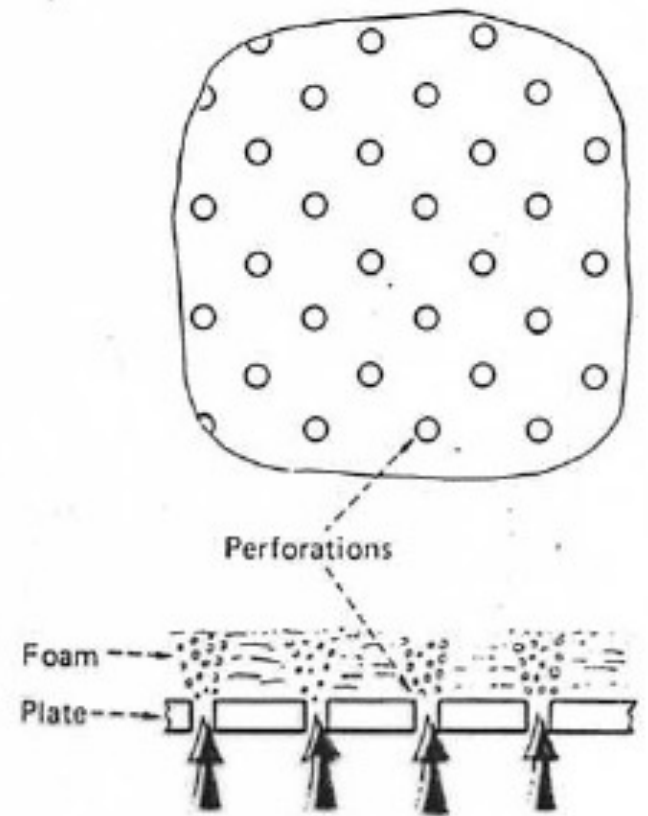
Torre de pratos: Este tipo de absorvedor não apresenta grelhas (suporte) ou qualquer tipo de enchimento, mas furos distribuídos uniformemente nos pratos que o constituem.

Obs: As Torres com enchimento: podem ser obstruídas se o gás contiver material sólido

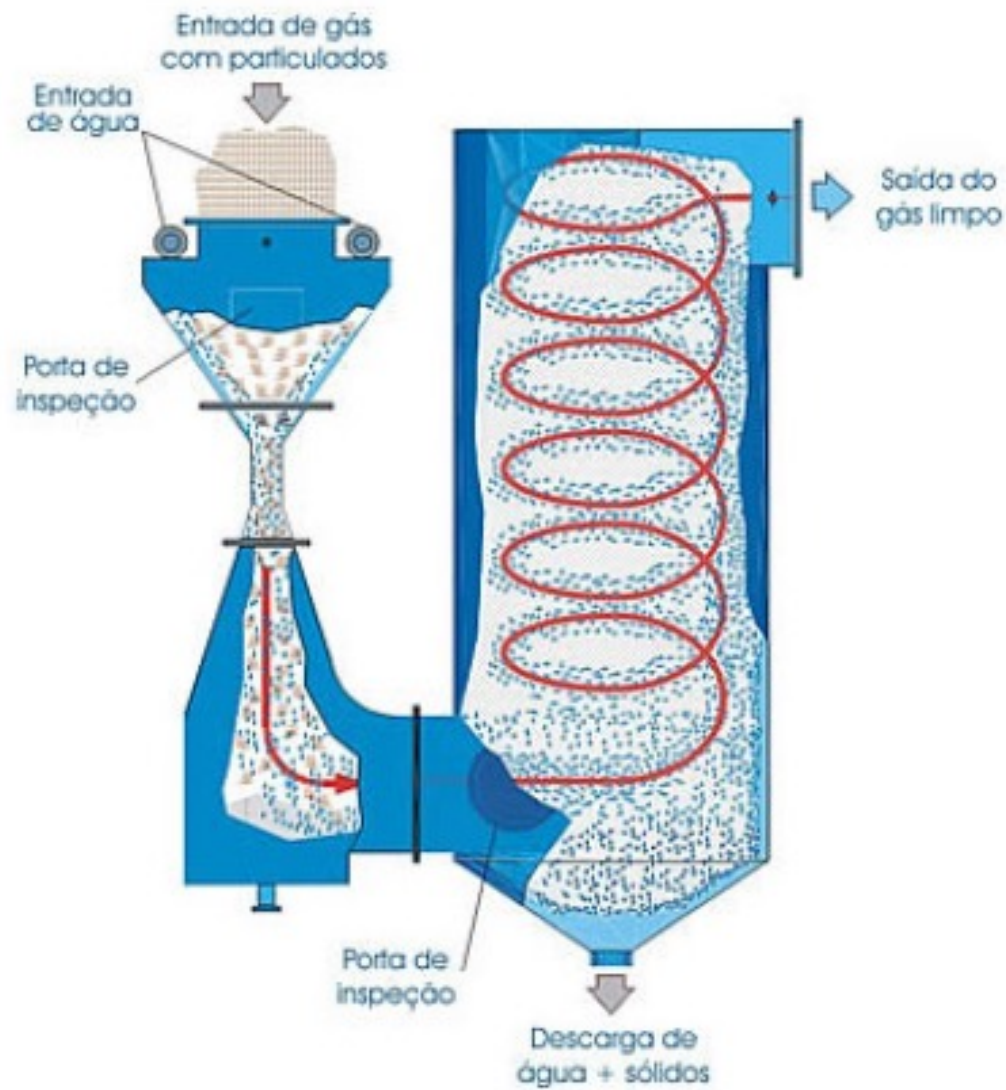




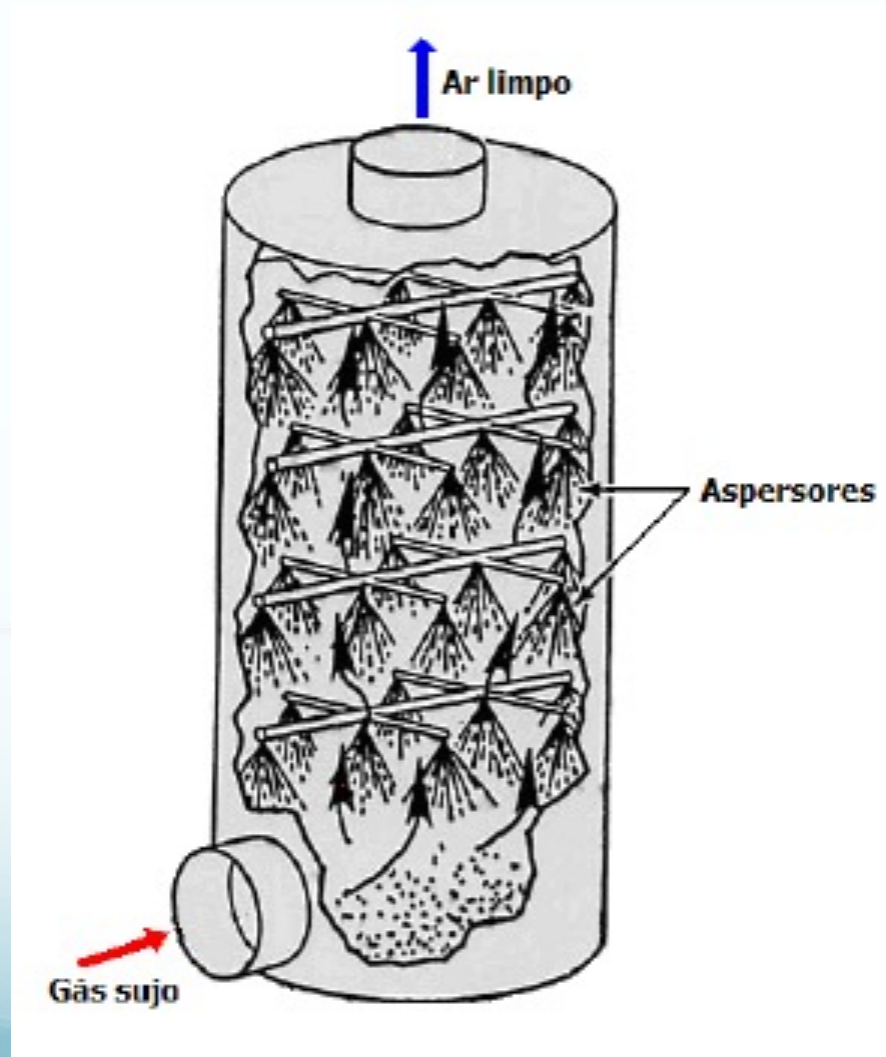
b. Bubblecap plate



Lavador Venturi



Lavador de aspersão: Tal como o lavador Venturi, as torres de aspersão (ou “spray”) também são utilizadas tanto para particulados como para gases.



ABSORÇÃO Taxa de transferência na interface gás-líquido depende:

- Solubilidade do gás no líquido ou da reatividade;
- Área disponível para o contato gás-líquido;
- Concentração do poluente na fase gasosa e na fase líquida;
- Vazão do gás em relação à vazão do líquido.

INCINERADORES

Efluente gasoso lançado na atmosfera contendo materiais combustíveis:

Combustão pode transformá-lo em **substância menos tóxica**

ou que **produzam menos inconveniente ao bem estar público;**

Incineração:

- Destruição de compostos com queima controlada a altas temperaturas.
- Uso do processo de combustão.

INCINERADORES

- **Eliminação de gases e vapores de origem orgânica e também para oxidação de compostos inorgânicos, como H_2S .**
- H_2S (gás sulfídrico): odor desagradável transforma-se em SO_2 e vapor d'água;
- **Um gás poluente se transforma em outro gás poluente.**
- Dependendo, a quantidade de SO_2 formada é melhor do que o odor do H_2S , podendo-se implantar um sistema de remoção do SO_2 .
- **Não deve ser usada para compostos clorados;**

EQUIPAMENTOS DE INCINERAÇÃO

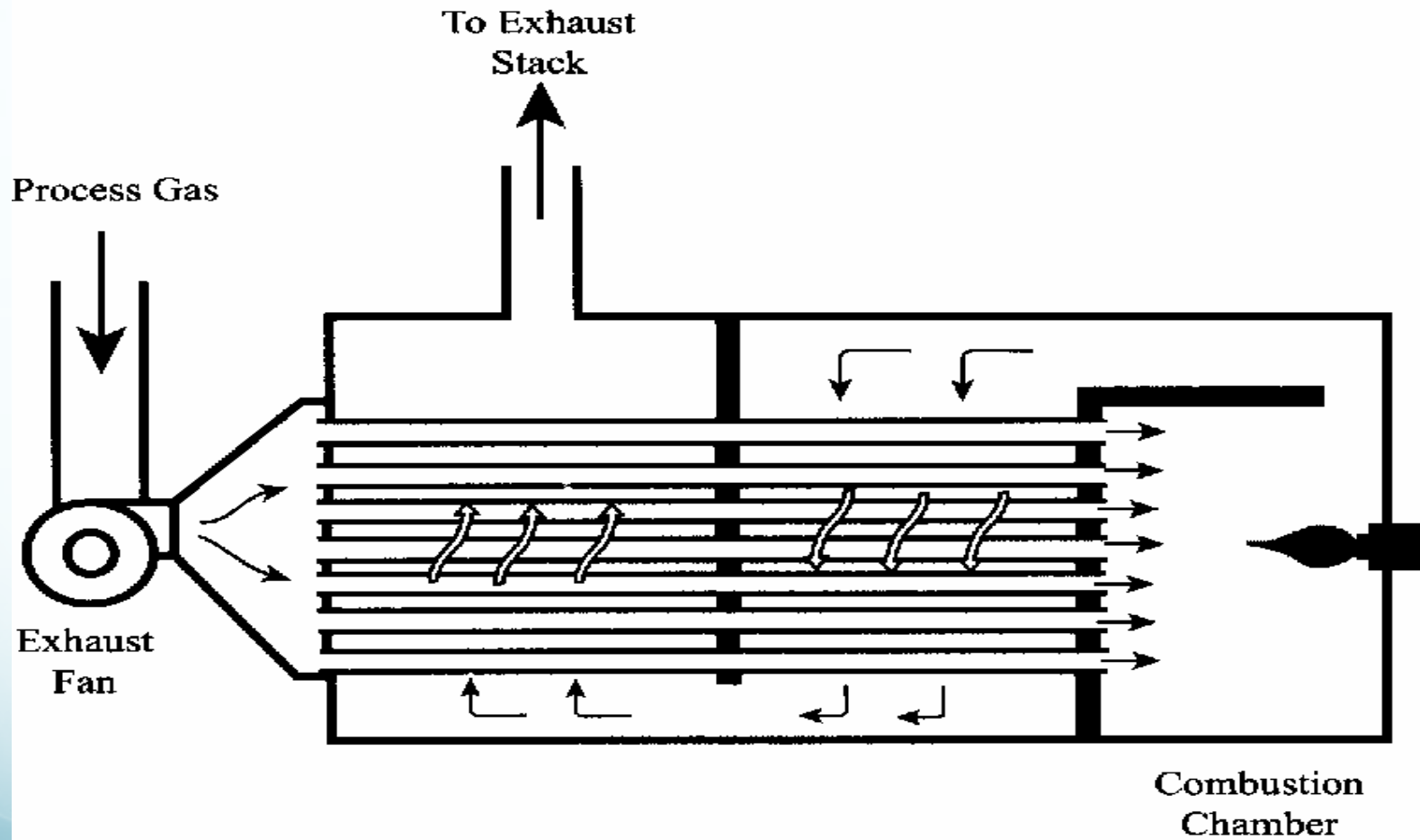
**-INCINERADOR DE CHAMA DIRETA
(INCINERADOR TÉRMICO)**

- Pós queimadores;
- Câmaras de combustão.

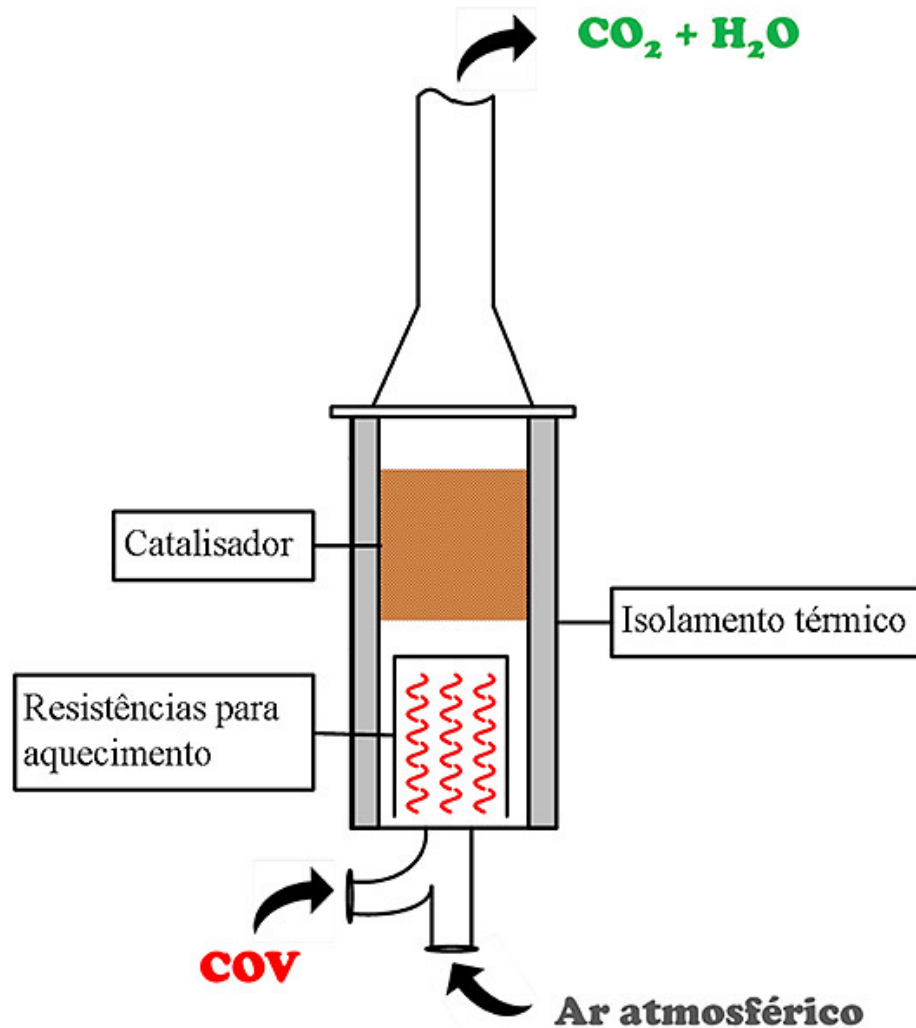
-INCINERADOR CATALÍTICO;

**-FLARE OU TOCHA (INCINERAÇÃO AUTO
SUSTENTÁVEL)**

Queimador enclausurado ou incinerador



Conversor catalítico em processos industriais



Conversão para um composto menos poluente

- **Pós-queimadores :**

Princípio de funcionamento: exposição direta do fluxo gasoso a uma chama.

- Eficiência próxima a 100% se operado corretamente
- Queima dos gases pode ser usada como fonte de energia
- Maioria dos compostos orgânicos se decompõe entre 650 e 825°C.

Queimador externo: FLAIR ou Tocha



TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO DO INCINERADOR TÉRMICO (CONTROLE DE ODOR)

FONTE OU OPERAÇÃO	TEMPERATURA RECOMENDADA (°C)
Controle de solventes	700 – 815
Defumação	650 – 750
Cozimento de verniz	650 – 750
Cura de plastisol	650 – 760
Digestão de material animal	650 – 750
Fumaça de óleo e graxa	650 – 760
Secagem de tinta	650 – 815
Torrefação de café	650 – 815
Fritura de gordura	650 – 750

BIORREATORES OU FILTROS BIOLÓGICOS

Biodegradação

•Mais barata



•Mais eficiente

- Efluentes gasosos com:
- Alta vazão
- Baixas concentrações de poluentes



•Não gera resíduos sólidos (como carvão saturado e catalisadores exaustos)



•Mais limpa

•Economiza energia (sem uso de combustível auxiliar, como nos incineradores térmicos)

VANTAGENS E DESVANTAGENS

Vantagens	Desvantagens
Equipamento e operação relativamente simples	Efetividade específica do poluente
Usualmente não se formam outros poluentes adicionais do que CO ₂ , água, biomassa e sais minerais	Corrosão potencial do dispositivo de trabalho devido a umidade do fluxo gasoso
Processo ocorre a temperatura ambiente e com isso a segurança é inerente	Sensibilidade a temperatura, concentração e umidade
Custos de capital e de operação são mais baixos do que de outras tecnologias	Controle apropriado da umidade de vapor com alta carga de compostos orgânicos pode ser difícil

CARACTERÍSTICAS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO GASES

- Processo que utiliza **microrganismos** para metabolizar poluentes de fontes de poluição do ar.
- **Poluentes:** orgânicos ou inorgânicos.

• **Condições Básicas:**

- Existência de fase aquosa (“habitat” dos microrganismos).
- Presença de O_2 e nutrientes.
- pH, temperatura e tempo de contato adequados.

REAÇÕES

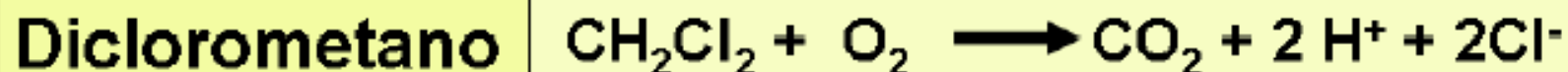
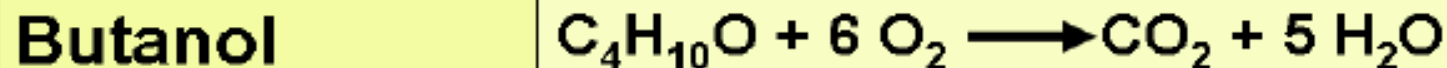
Poluente
(orgânico ou inorgânico)

+ O₂

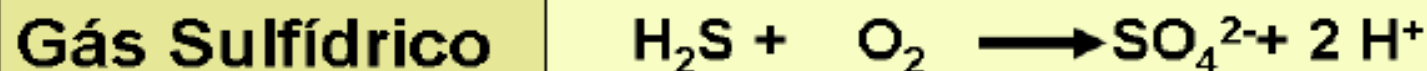
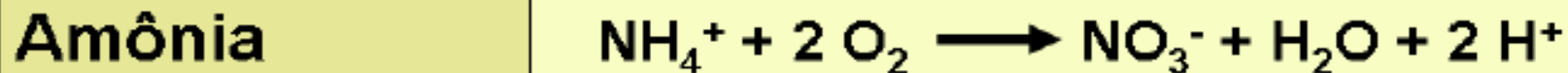
→
microorganismos

Produtos

Compostos orgânicos



Compostos inorgânicos



POLUENTES COM BOA BIODEGRADABILIDADE

- **Compostos inorgânicos**
 - Amônia, gás sulfídrico
- **HC aromáticos**
 - Fenol, tolueno, etilbenzeno
- **Compostos orgânicos clorados**
 - Diclorometano
- **Compostos orgânicos nitrogenados**
 - Aminas(anilina)

- **Compostos orgânicos oxigenados**
 - **Álcoois** (metanol, etanol, butanol, 2-butanol, 1-propanol, 2-propanol)
 - **Aldeídos** (formaldeído, acetaldeído)
 - **Ésteres** (ácido butírico, acetato de vinila, acetato de etila, acetato butílico, isobutil acetato)
 - **Éteres** (tetrahydrofurano)
 - **Cetonas** (acetona, metilacetona, metilisobutilcetona)

POLUENTES COM BIODEGRADABILIDADE MÉDIA

- HC alifáticos
 - Hexano
- HC aromáticos
 - Benzeno, xileno, estireno
- Compostos orgânicos sulfurados
 - Dissulfeto de carbono,
dimetilsulfeto, dimetildisulfeto

POLUENTES COM BIODEGRADABILIDADE BAIXA

- **HC alifáticos**

- Metano, pentano, isopentano, ciclohexano, acetileno

- **Compostos orgânicos clorados**

- Tetracloreto de carbono, clorofórmio, tetracloroetano, tricloroetano, cloreto de vinila, clorotolueno

- **Compostos orgânicos nitrogenados**

- Nitrilas (piridina)

- **Compostos orgânicos sulfurados**

- Metilmercaptana, tiocianatos

- **Compostos inorgânicos**

- Óxidos de Nitrogênio

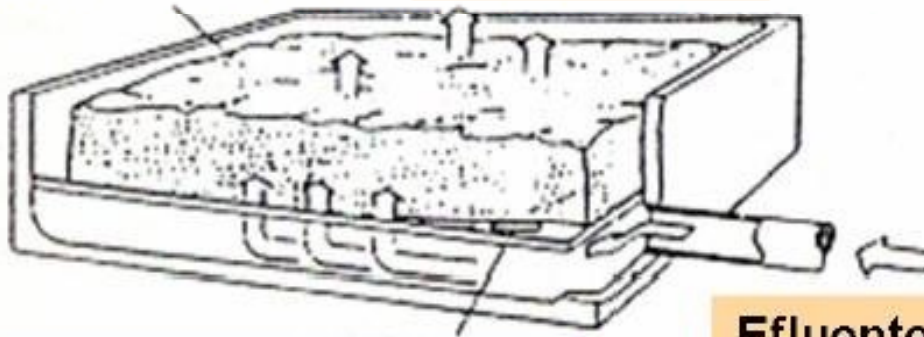
CLASSIFICAÇÃO DOS BIORREATORES

- * **biofiltração;**
- * **lavagem biológica (biolavação) e,**
- * **leitos bacterianos (biopercolação).**

Biofiltro de leito plano

Camada filtrante

Gases limpos



Leito de concreto com aberturas para passagem do efluente gasoso

Efluente gasoso condicionado

Leito com camada filtrante ($H = 0,5$ a $1,5m$)

Camada filtrante:

Material orgânico ou inorgânico

Suporte para microrganismos

Degradação biológica

Biofiltro de leito plano - Funcionamento

- Efluente gasoso é conduzido através de um leito filtrante biologicamente ativo.
- Os contaminantes são adsorvidos na superfície da camada filtrante .
- No leito, a ação dos microrganismos degrada o contaminante a CO_2 e H_2O , produzindo massa celular.

EXEMPLO: Formaldeído



microrganismos

Materiais do leito filtrante

•Materiais Naturais

- Turfa
- Cavaco
- Casca de madeira
- Composto de lixo
- Bagaço de cana

•Materiais processados sintéticos

- Carvão ativado
- Perlita
- Cerâmicas monolíticas
- Espuma de poliuretano
- Lã de vidro
- Terra diatomácea

Materiais do leito filtrante



Composto



Turfa



Casca de árvore



Folhas

Materiais do leito filtrante



Cavaco de madeira



Perlita

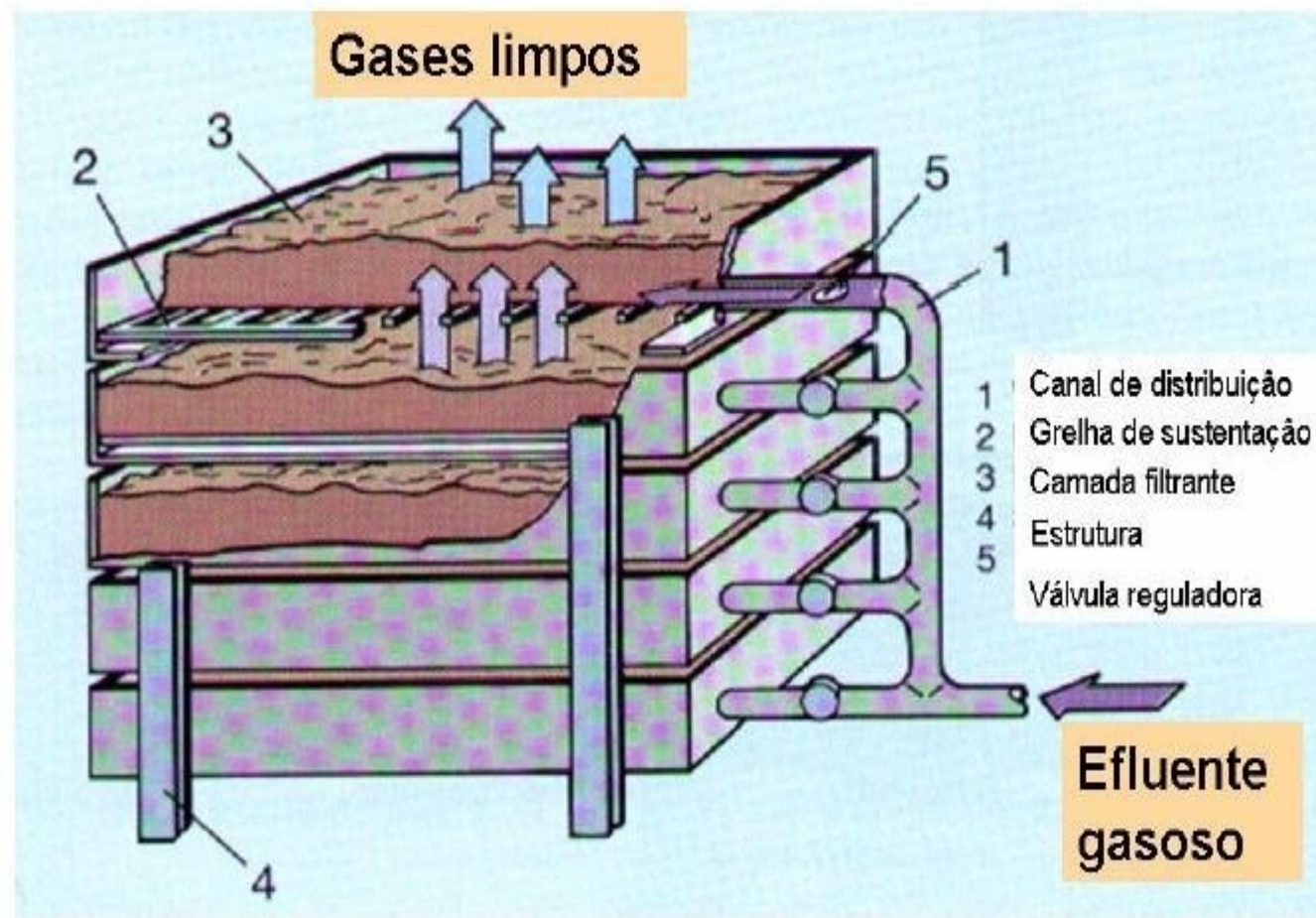


Vermiculita

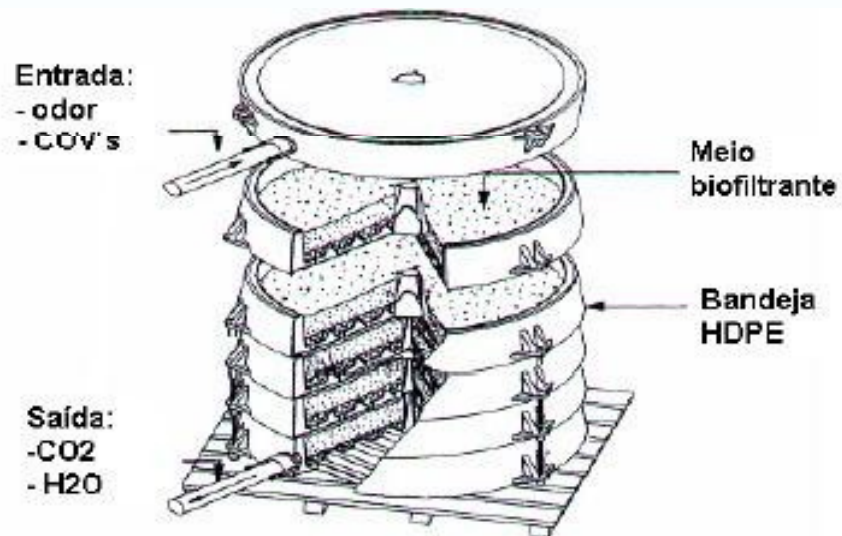


Esferas de poliestireno

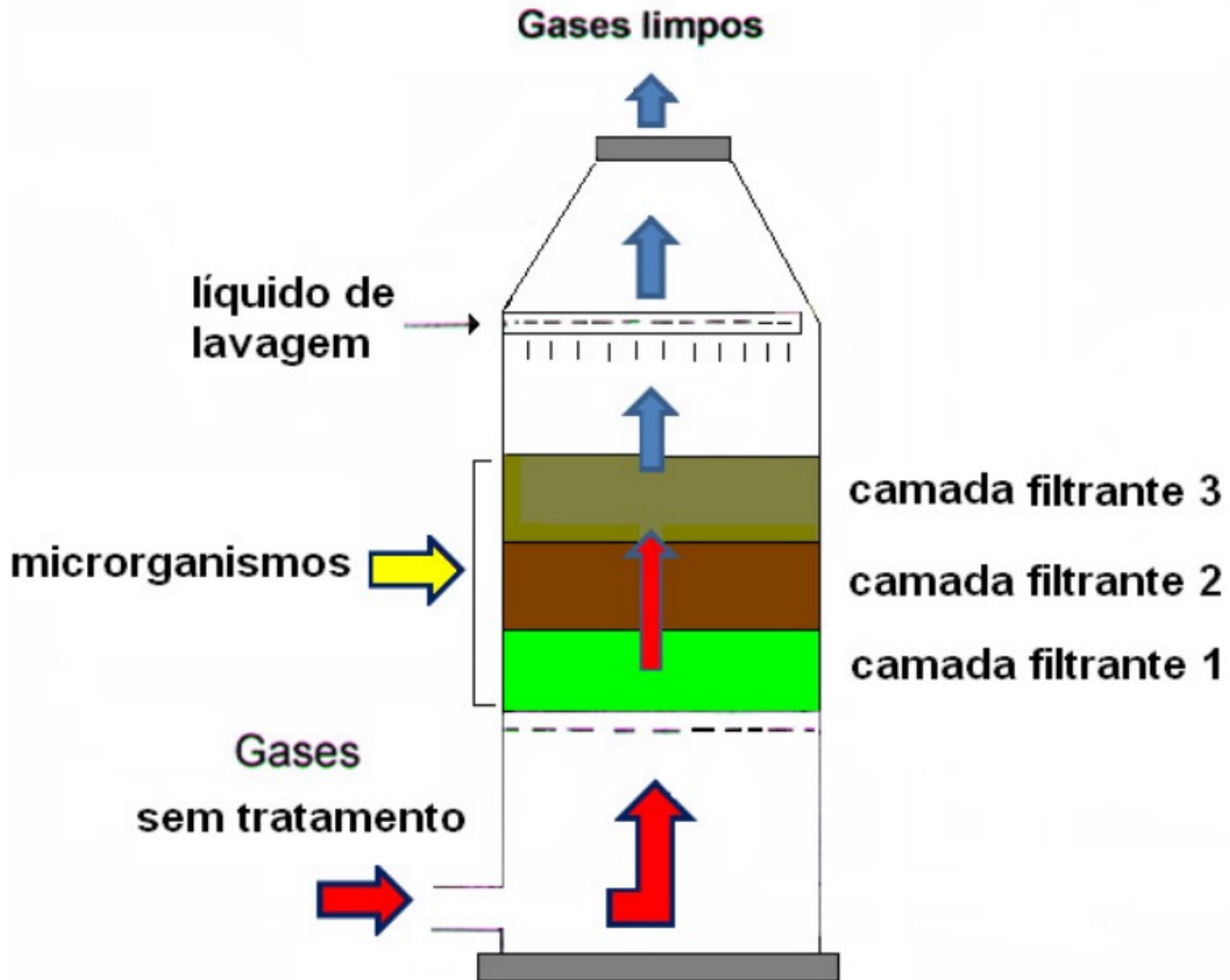
Biofiltro de estágios



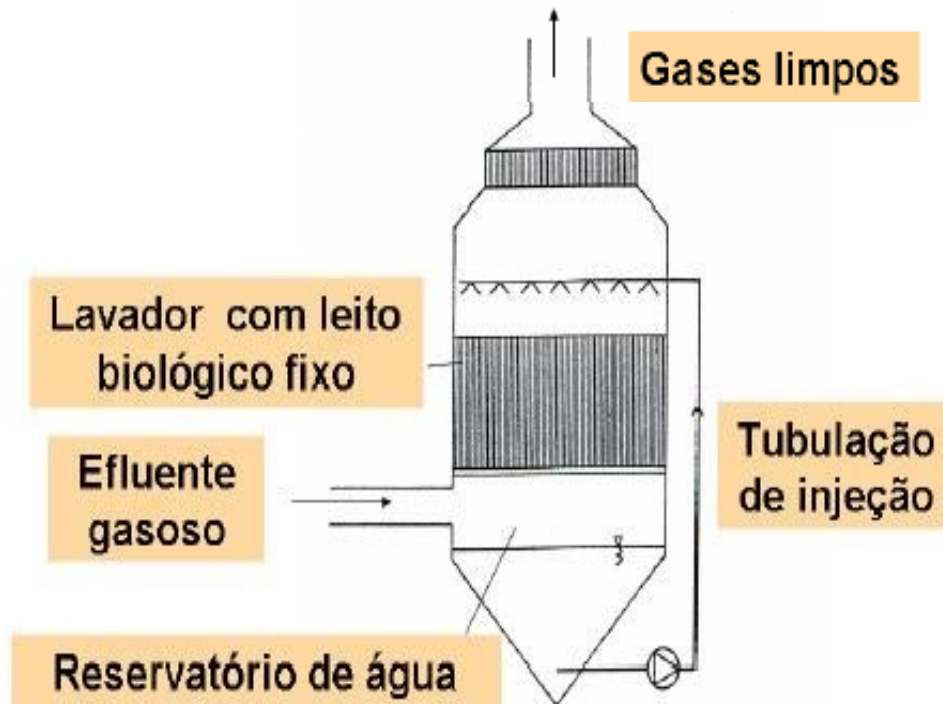
Biofiltro de estágios



Biofiltro de Múltiplas Camadas

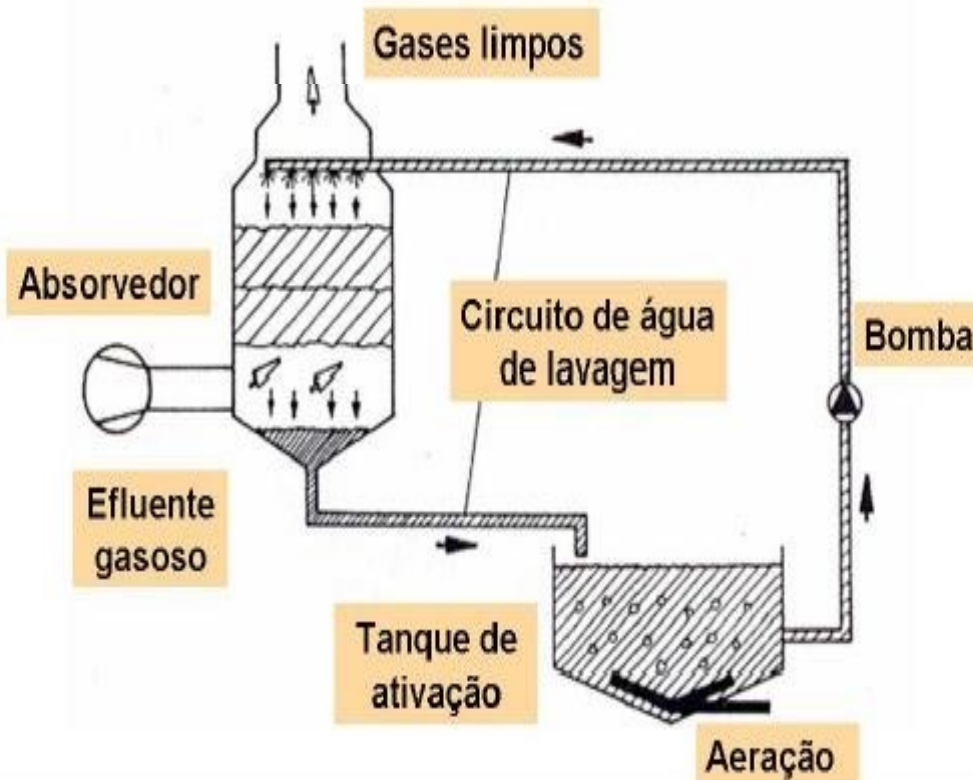


Filtro percolador



- Torre onde estão os microrganismos estão no recheio.
- Efluente atmosférico entra em contracorrente com o fluxo de líquido.
- O contato do efluente atmosférico com os microrganismos do leito promove a degradação biológica do poluente.

Biolavador



- Microrganismos ficam em suspensão na fase aquosa
- O efluente atmosférico entra no equipamento em contracorrente com o fluxo de líquido onde estão os microrganismos.
- O recheio aumenta a área de contato e a eficiência de biodegradação do poluente.

Degradação de BTEX e seus componentes em leitos com mais de um material filtrante

Poluente	Meio filtrante
Xileno	Pedaços de casca de coco, composto de esterco e lodo de esgoto (*)
Tolueno e xileno	Composto e cavacos de madeira (**)
BTEX	Bagaço de cana, composto e carvão ativado granular

Extraído de: (*) PRACHUABMOM e PANICH, 2010; (**) TORKIAN et al., 2003 e (***) MATHUR et al., 2007

Fatores que influenciam na biodegradação

•Tipos de microrganismos

•Umidade

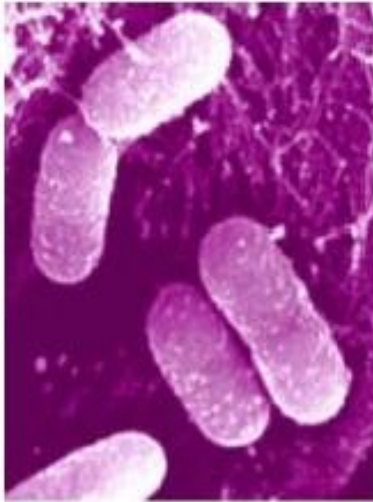
• pH

•Temperatura

•Nutrientes

MICRORGANISMOS

- Pertencem a diversos grupos (heteropopulação)
- Escolha dos microrganismos: depende do poluente a ser tratado (fonte de nutrientes e energia) .



Bactérias



BIOLAVADORES



Fungos



Actinomicetos



BIOFILTROS

MICRORGANISMOS ENCONTRADOS EM BIOFILTROS

Bactérias	Fungos
Actinomyces globisporus	Penicillium
Micrococcus albus	Cephalosporium
Micromonospora vulgarus	Mucor
Proteus vulgarus	Circinella
Bacillus cereus	Cephalotecium
Streptomyces species	Ovularia
	Stemphilium

NUTRIENTES

•Exemplo: Constituição das Bactérias

- 50% de Carbono
- 14% de Nitrogênio
- 2-6% de fósforo
- 1% de enxofre e outros elementos (base seca).

- Falta de elementos: DIFÍCIL crescimento e a multiplicação de microrganismos.
- Reposição de nutrientes: adição de adubo mineral em água (N, P)

Formas de fornecimento de macronutrientes para o meio de cultivo

Macronutriente	Formas no ambiente	Fornecimento para o meio de cultivo
Carbono	CO ₂ , compostos orgânicos	Glucose, acetatos, extrato de levedura, peptona
Hidrogênio	H ₂ O, compostos orgânicos	H ₂ O, compostos orgânicos
Oxigênio	H ₂ O, O ₂ , compostos orgânicos	H ₂ O, O ₂ , compostos orgânicos
Nitrogênio	NH ₃ , NO ₂ , N ₂ , compostos inorgânicos nitrogenados	Inorgânicos: NH ₄ Cl; KNO ₃ , (NH ₄) ₂ SO ₄ Orgânicos: aminoácidos, bases nitrogenadas

Formas de fornecimento de macronutrientes para o meio de cultivo

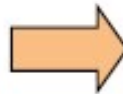
Enxofre	H_2S , SO_4^{-2} , compostos orgânicos com enxofre, sulfetos metálicos [como FeS , CuS , ZnS]	Na_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, Na_2S e compostos sulfurosos
Potássio	K^- em solução ou como sais com K	KCl , KH_2PO_4
Magnésio	Mg^{+2} em solução ou como sais com Mg	MgCl_2 , MgSO_4
Sódio	Na em solução, NaCl ou como sais com Na	NaCl
Cálcio	Ca^{+2} em solução, CaSO_4 ou como outros sais que contem Ca	CaCl_2
Ferro	Fe^{+2} e Fe^{+3} em solução, FeS , $\text{Fe}(\text{OH})$ ou como outros sais que contem Fe	FeCl_3 , FeSO_4 e soluções de ferro quelado (como EDTA, citrato)

UMIDADE

Necessidade dos Microrganismos

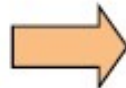
- Meio com 75-85% de água
- Água: Importante papel vital (desenvolvimento e reações físico-químicas, transportes de nutrientes e excreção)

Bactérias



necessidade é alta

Leveduras e bolores



**levemente mais baixa
do que das bactérias**

TEMPERATURA

- **Microrganismos:** classificação segundo faixas de temperatura.
- Não são extremamente altas.
- Parâmetro para escolha do grupo de microrganismos mais adequado em função da temperatura do efluente gasoso.

Classificação dos microrganismo	Faixa de Temperatura (C)
Psicrófilos	15- 20
Mesófilos	20-37
Termófilos	50-65

pH

Influencia o crescimento dos microrganismos.

Faixa ótima de pH



- **Bactérias heterotróficas:** faixa neutra
- **Bolores e leveduras:** faixa levemente ácida
- **Alguns tiobacilos:** vivem e oxidam poluentes em faixas fortemente ácidas.

CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS - ODOR



CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS - ODOR



CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS - ODOR

- O processo de tratamento de esgotos sanitários pode gerar mau cheiro devido aos métodos adotados e às condições operacionais;
- Normalmente, um sistema de coleta, transporte e tratamento de esgotos não gera odor em concentrações que possam afetar as pessoas;
- O tempo em que o esgoto fica nas tubulações (**tempo de detenção hidráulico - TDH**) associado às temperaturas mais elevadas e à falta de oxigênio, estimulam o desenvolvimento de bactérias que reduzem os compostos que contenham enxofre, gerando o sulfeto de hidrogênio (H_2S);

CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS - ODOR

- **A redução de odor no Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), é feita por meio de aplicação de produtos químicos, como o nitrato de cálcio, nitrato de amônia, peróxido de hidrogênio, oxigênio, cloreto férrico, soda cáustica, hidróxido de cálcio e nitrito;**
- Evitar o desprendimento do sulfeto de hidrogênio na atmosfera;
- Na rede de esgotos, o tratamento químico é o mais utilizado em várias partes do mundo;
- Instalar nos pontos de fuga do gás, exaustores que 'sugam' o ar contaminado com o sulfeto de hidrogênio, enviando-o para tratamento em filtros, que podem ser químicos (torres de lavagem) ou biológicos (biofiltros);

CÁLCULOS NECESSÁRIOS PARA EQUIPAMENTOS DE CONTROLE

Eficiência dos equipamentos ($\eta_{\%}$)

$$\eta_{(\%)} = \frac{100(A - B)}{A}$$

A = carga de entrada

B = carga de saída

Eficiência global de coleta (η_g)

$$\eta_g = \left(1 - \left[(1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_i)\right]\right) \times 100$$

Penetração (P) , Fator de despoluição (FD) e índice de despoluição (ID)

$$P = 100 - \eta$$

$$FD = A/B = \frac{1}{1 - \left(\frac{\eta}{100}\right)}$$

$$\eta = 99,999 \rightarrow FD = 10^5$$

← **Índice de Despoluição = 5**