



ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA – EEL/USP
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
POLUIÇÃO AMBIENTAL II



Aula 6

Controle de Poluição de Fontes Fixas

Equipamentos de Controle

Prof. MSc. Paulo Ricardo Amador Mendes

Agradecimentos: Profa. Ana Paula Nola Denski Bif

Emissões atmosféricas

As emissões atmosféricas (material particulado, gases e vapores) **devem ser removidos a fim de atender a legislação**, sem que ofereça, portanto, riscos à saúde das pessoas e danos ao meio ambiente.

Emissões atmosféricas

* Em situações em que os limites máximos permitidos das emissões das fontes fixas dos processos industriais são ultrapassados, recomenda-se:

1- Analisar o processo de geração do poluente, desde o início, avaliando se as condições de geração do mesmo são normais.

2- A emissão pode ser reduzida ou eliminada com a substituição de matérias primas, combustível?

3- A combustão está ocorrendo de forma eficiente, há "zonas mortas" ou frias nas câmaras que compõe os equipamento? Relação ar/combustível adequada?

4- Há possibilidade de retornar o material emitido ao processo produtivo ou mesmo destiná-lo à reciclagem?

Óxidos de Nitrogênio (NOx)

* NOx térmicos : provenientes do nitrogênio atmosférico e crescem exponencialmente com o aumento da temperatura da combustão, sendo preponderantes a partir de 1500C;

* NOx rápidos: provenientes do nitrogênio atmosférico e formados em alta velocidade na zona da frente da chama de combustão, onde os HC não foram totalmente consumidos ou pela decomposição do N₂O. Dependem da relação ar/combustível;

* NOx do combustível: provenientes do nitrogênio proveniente do combustível queimado, formados a temperaturas inferiores a 1500C;

Técnicas de controle da emissão de NO_x

- * **Métodos preventivos:**
 - * Recirculação dos produtos da combustão;
 - * Combustão por etapas;
 - * Injeção de água e vapor;
 - * Combustão em leito fluidizado;
- * **Métodos corretivos:**
 - * Redução seletiva catalítica;
 - * Redução seletiva não catalítica;

Óxidos de Enxofre (SO_x)

- * Prevenção da formação do poluente com o controle da concentração do enxofre:
 - * Substituição do combustível com menor conteúdo de enxofre;
 - * Submissão dos óxidos gerados a reações de pós combustão a fim de precipitá-lo em outras substâncias;
 - * Dessulfurização por calcário ou cal hidratada;

Equipamento de Controle de Poluição (ECP)

- * **Caso não haja possibilidade de realizar melhorias na operação do processo que origina o poluente ou mesmo substituir matérias primas ou combustíveis;**
- * Indica-se utilização de um Equipamento de Controle de Poluição (ECP) na fonte poluidora, pois sua função será de **remover poluentes do fluxo de material emitido para a atmosfera.**

Equipamento de Controle de Poluição (ECP)

- * Para a escolha de um ECP adequado, variáveis de processo e de característica dos materiais emitidos devem ser analisadas;
- * Garantindo que o equipamento projetado tenha uma eficiência de remoção do poluente suficiente,
- * De forma que que a **emissão de poluentes para atmosfera, pós ECP, seja a mínima possível e em acordo com a legislação aplicável.**

REQUISITOS BÁSICOS PARA A ESCOLHA DO TIPO DE TRATAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

- a) **Concentrações e Dimensões das Partículas:** as **emissões** atmosféricas abrangem uma faixa muito extensa de concentrações e dimensões de partículas.

REQUISITOS BÁSICOS PARA A ESCOLHA DO TIPO DE TRATAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Tamanho de Partículas e Névoas.

Partículas ou Névoas	Diâmetro Médio da Partícula (micra)
Cabelo humano	50 – 200
Limite de visibilidade pelo olho humano	10 – 40
Poeira Atmosférica	0,5
Moinho de Trigo	15
Ar da Mina	0,9
Carvão	5 - 10
Ar em Fundições	1,2
Fumaça de Central Térmica	0,1 - 3
Corte de Mármore	1,5
Ácido Sulfúrico	0,5 - 15

REQUISITOS BÁSICOS PARA A ESCOLHA DO TIPO DE TRATAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

b) **Exigências Legais:** dependendo dos agentes poluidores e dos padrões Estaduais, existem recomendações que fixam as concentrações permitidas nas emissões.

REQUISITOS BÁSICOS PARA A ESCOLHA DO TIPO DE TRATAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

c) **Características do Meio de Transporte:**

- Emissões gasosas ou de vapores acima de 800 °C impedem o emprego de coletores com determinadas características como os coletores de tecido;
- A ocorrência de vapor ou a ocorrência de vapor d'água podem empastar ou impedir a passagem do ar ou das emissões em alguns tipos de coletores de pano ou do tipo centrífugo;
- A composição química da mistura gasosa poderá ser fator determinante da corrosão de coletores metálicos;

REQUISITOS BÁSICOS PARA A ESCOLHA DO TIPO DE TRATAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

d) **Propriedades dos Poluentes:**

- Concentração (granulometria) à altas concentrações pode causar entupimento de filtros ou ciclones à retenção em estágios sucessivos.
- Solubilidade em água à rendimento de um lavador de gás é maior quando o gás se dissolve facilmente na água;
- Combustividade (incineração) à risco de explosão;

REQUISITOS BÁSICOS PARA A ESCOLHA DO TIPO DE TRATAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

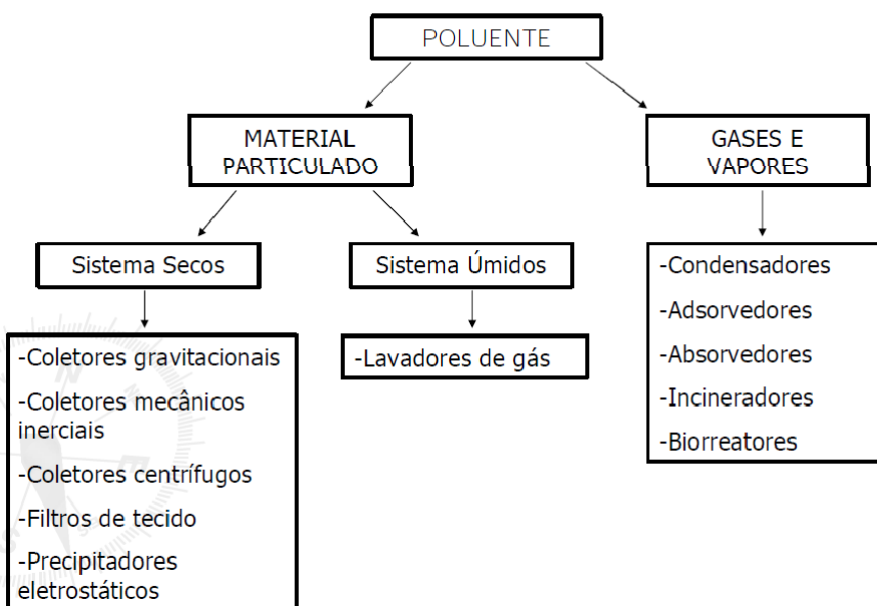
d) **Propriedades dos Poluentes:**

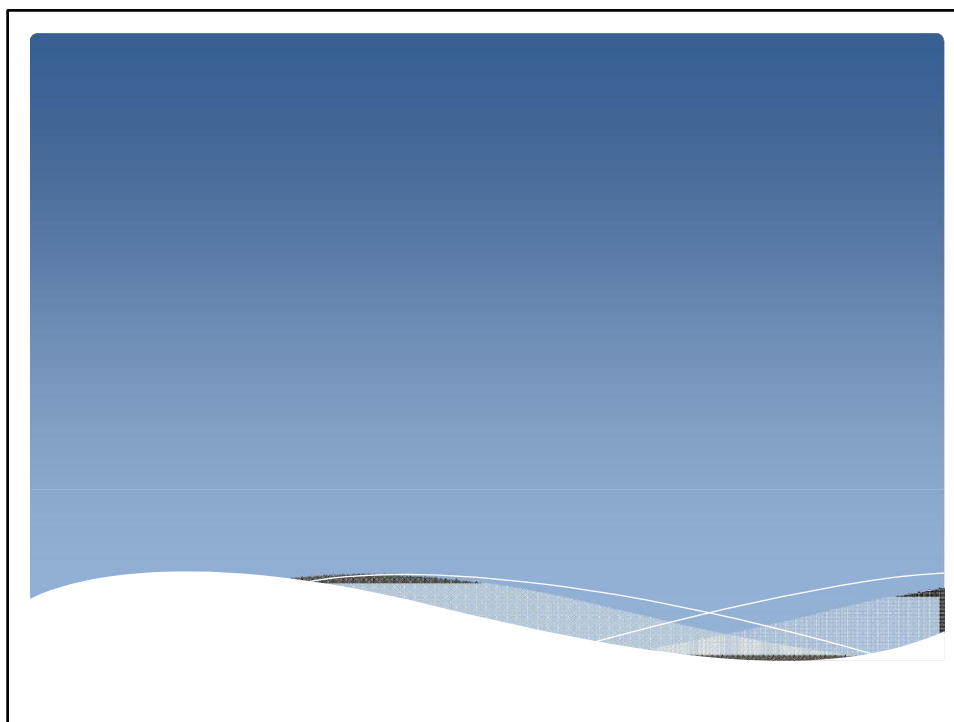
- Agressividade química à não deve reagir com os materiais dos equipamentos;
- Agressividade biológica à assepsia em recintos hospitalares e de saúde exige os chamados filtros absolutos acompanhados por aparelhos de lâmpadas bactericidas de radiação ultravioleta.

PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

1. Controle de Emissão de Material Particulado;
2. Controle de Emissão de Gases e Odor.

PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS





1. CONTROLE DE EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO

São classificados de acordo com o seu princípio físico ou mecânico:

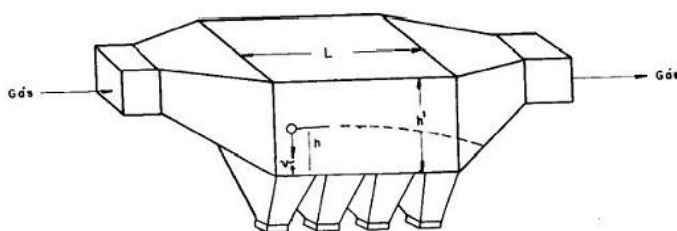
1. Ação da gravidade à coletores gravitacionais
2. Ação de forças da inércia à coletores inerciais
3. Ação das forças centrífugas à ciclones
4. Ação de filtragem à filtros de tecido (filtro de manga)
5. Ação de umedecimento à lavadores
6. Ação de ionização e atração eletrostática à precipitadores eletrostáticos

1.1 COLETORES/ CÂMARAS GRAVITACIONAIS

1.1 COLETORES GRAVITACIONAIS

Princípio de Funcionamento:

O fluxo de ar penetra na câmara e por ação da força da gravidade as partículas maiores ($> 30 \mu\text{m}$) são separadas do fluxo e coletadas na parte inferior da câmara.



Modelo de coletor gravitacional

1.1 COLETORES GRAVITACIONAIS

USO: Pré-coletor para retirada de partículas grosseiras (maiores que 30 μm)

VANTAGENS

- Baixo custo (chapas de aço);
- Simples de projetar e construir;
- Baixa perda de carga;
- Desgastam pouco;
- Resistência a temperatura.

DESVANTAGENS

- Baixa eficiência;
- Grande espaço requerido;
- Velocidade do gás na câmara limitado a 3 m/s – reentrada das partículas coletadas.

1.1 COLETORES GRAVITACIONAIS

VERIFICAÇÃO DAS CÂMARAS:

- * Condições do estado geral (furos e sinais de corrosão);
- * Condições internas em relação a disposição de pó nas paredes e formação de pontes que impeçam a descida do material coletado
- * Necessidade de porta de inspeção;
- * Presença de dispositivo para recolher o pó (válvulas, sacos plásticos, tambores, roscas sem fim descarregando em silos ou caçamba) para impedir a entrada de ar em fluxo contrário.

2. COLETORES/ CÂMARAS INERCIAIS

Princípio de Funcionamento:

- Devido a inércia, uma partícula tende a conservar sua trajetória retilínea, que só será alterada pela força ou oposição direta de um obstáculo.
- Constroem-se câmaras em que se faz desviar o sentido do fluxo e onde as partículas mais pesadas, pela sua inércia, seguem em linha reta, caindo em um dispositivo de captação.
- Remoção de partículas de no mínimo 50 a 200 micra, conforme tipo e tamanho do coletor.

1.2 COLETORES/ CÂMARAS INERCIAIS



Coletores de câmaras inerciais

2. COLETORES/ CÂMARAS INERCIAIS

VANTAGENS

- Pré-coletores, reduzindo a carga de coleta no coletor principal;
- Requerem pouca potência nos ventiladores;
- Fáceis de construir e de baixo custo;
- Podem ser usados com gases em temperaturas elevadas.

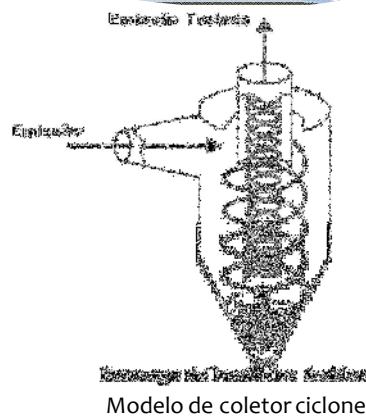
DESVANTAGENS

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

1.3 COLETORES CENTRÍFUGOS (CICLONES)

Princípio de Funcionamento:

O fluxo de ar penetra no equipamento, tangencialmente e por ação da força centrífuga as partículas ($> 10 \mu\text{m}$) se dirigem a parede do coletor, e após perderem sua energia, sedimentam.



1.3 COLETORES CENTRÍFUGOS (CICLONES)

O ar entra tangencialmente, faz várias voltas no corpo cilíndrico e cônico depositando suas partículas que caem na sua parte inferior (moega)

A saída do ar processa-se com um movimento helicoidal ascendente pela parte interna do ciclone já livre de todas as partículas maiores.



Modelo de coletor ciclone

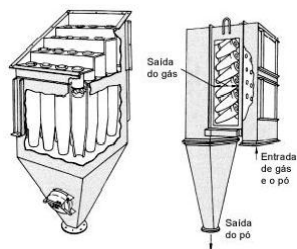


1.3 COLETORES CENTRÍFUGOS (MULTICICLONES)

Multiciclones são os mais eficientes separadores inerciais que existem, operando através da precipitação por ação centrífuga, direcionada por guias de entrada e cones de saída.

As poeiras são retidas nos tubos coletores que descarregam o pó coletado na moega, e os gases limpos saem pela parte superior de cada duto de saída.

- * Aplicados em processos de que envolvam alta temperatura;
- * Classificação de materiais,
- * Proteção de filtros.

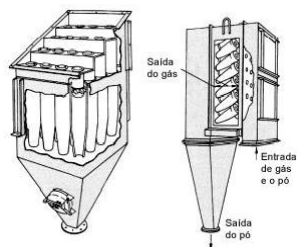


1.3 COLETORES CENTRÍFUGOS (MULTICICLONES)

-Agrupamento de pequenos ciclones de 20 a 30 cm de diâmetro;

-Mais eficientes, custam menos, ocupam menos espaço, menor perda de carga e resistem melhor a corrosão quando comparados aos ciclones comuns.

-Problema: entupimento frequente.

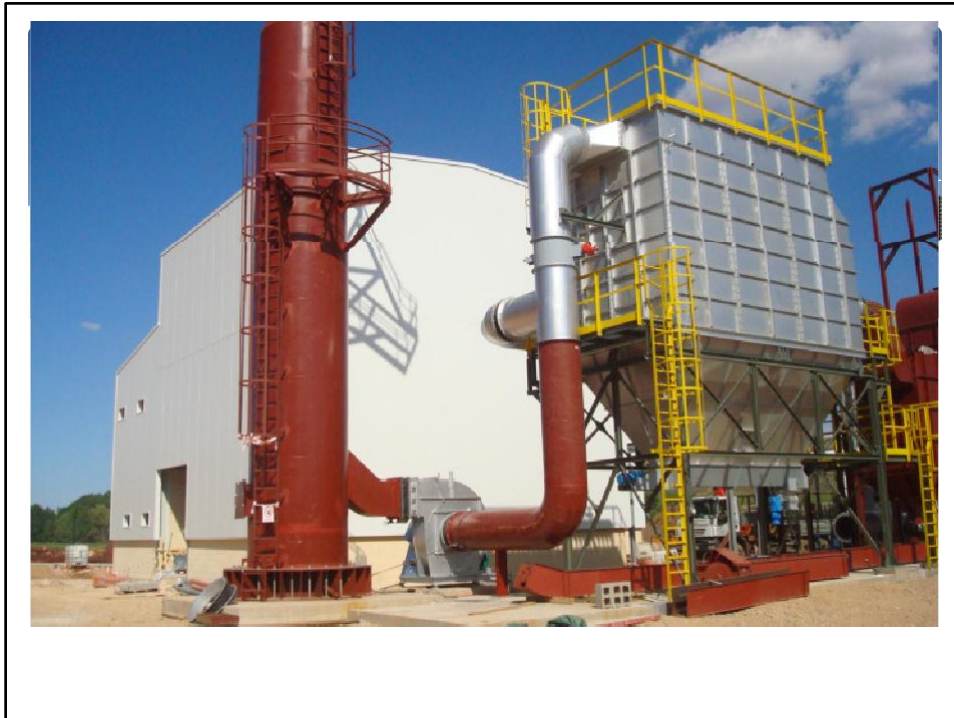


1.3 COLETORES CENTRÍFUGOS (CICLONES)

- Podem ser empregados em diversas configurações, por exemplo, em série ou em paralelo.
- Por ser um equipamento metálico, sem partes móveis, é possível empregá-los à temperaturas de 700°C ou superiores.
- A eficácia é relativamente proporcional ao diâmetro médio das partículas e a densidade das mesmas.

1.3 COLETORES CENTRÍFUGOS (CICLONES)

- Partículas finas tendem a sofrer força de arrasto aerodinâmico grande, comparada às forças gravitacionais, permitindo que os gases continuem transportando-as;
- A eficácia também está diretamente relacionada às características geométricas dos ciclones, que devem ser adequadas ao tipo de partícula e ao fluxo volumétrico de gases (F_c).



3. COLETORES CENTRÍFUGOS (CICLONES)

USO: pré-coletor para retirada de partículas médias e grosseiras.

VANTAGENS

- Baixo custo;
- Baixa a média perda de carga;
- Resistência a temperatura;
- Simplicidade de projeto e manutenção.
- Remove de 50 a 90% das partículas grandes.

DESVANTAGENS

- Baixa eficiência para partículas menores que 10 μm ;
- Excessivo desgaste por abrasão;
- Possibilidade de entupimento (partículas menores, hidrocólicas e/ou pegajosas, em grandes concentrações).

1.3 COLETORES CENTRÍFUGOS (CICLONES)

VERIFICAÇÃO DOS CICLONES:

- Condições do estado geral (furos e sinais de corrosão);
- Condições internas com relação a disposição de pó nas paredes e formação de pontes na saída que impeçam a descida normal do material coletado.
- Presença de dispositivo para coletar o pó recolhido, evitando descarga de ar pelo ponto de descarga do pó, evitando re-emissão para a atmosfera.

1.4 FILTROS

São **meios porosos capazes de reter e coletar partículas e névoas** contidas no ar que os atravessa.

Os **filtros** normalmente são **constituídos por material fibroso** dispostos sob **forma de tecido ou compactado, formando placas ou painéis**.

- filtros em painéis compactados;
- filtros de tecido, sob forma de sacos, tubos, envelopes, mantas;
- filtros de fibra de vidro;
- filtros de tecido de arame de aço, sob forma de mantas.

1.4 FILTROS

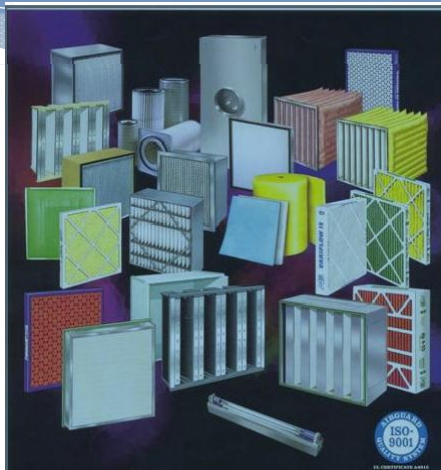
A filtração a seco pode ser considerada a forma mais eficaz para retirar partículas de um fluxo gasoso;

Desde partículas grandes até partículas da ordem de Angstrom (10^{-10} m);

Aplicações que requerem **alta eficiência na coleta de partículas muito pequenas, a um custo moderado.**

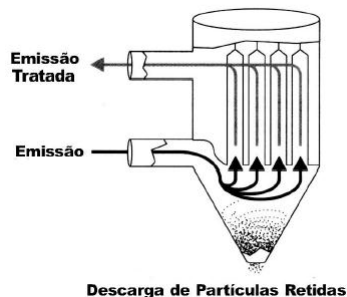
1.4 Tipos de Filtros

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



1.4 FILTROS DE MANGAS

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

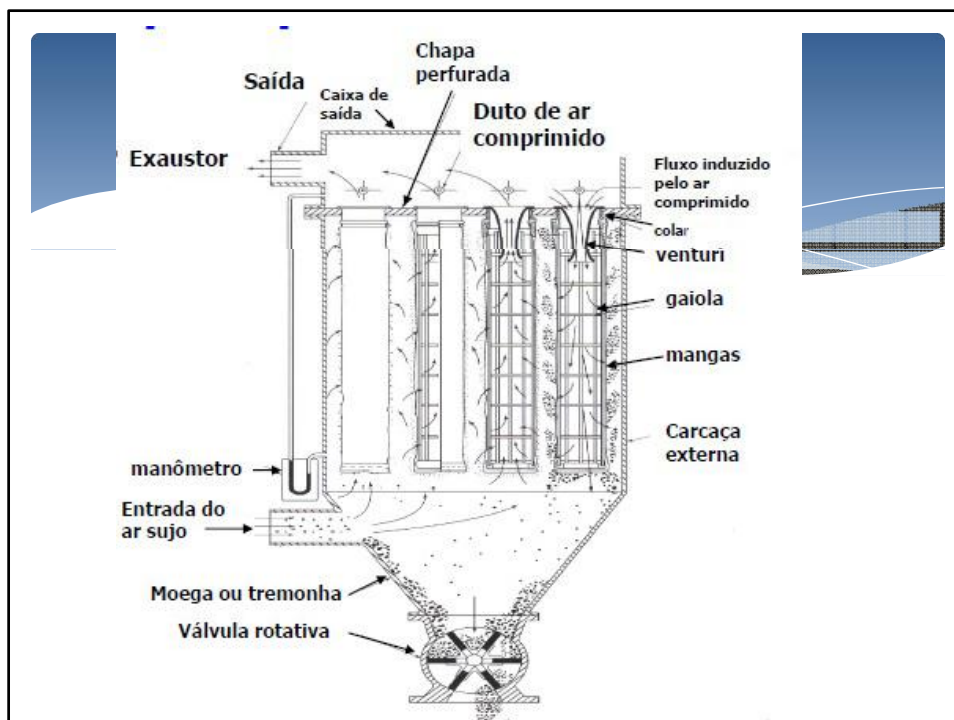
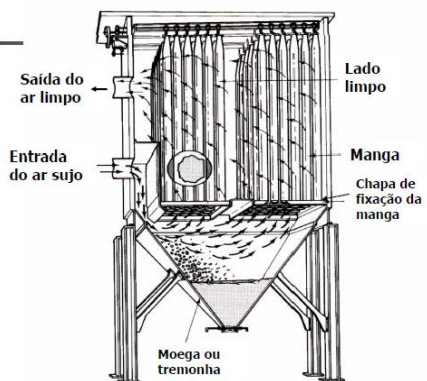


Modelo de Filtro de Manga

1.4 FILTROS DE MANGAS

Princípio de Funcionamento:

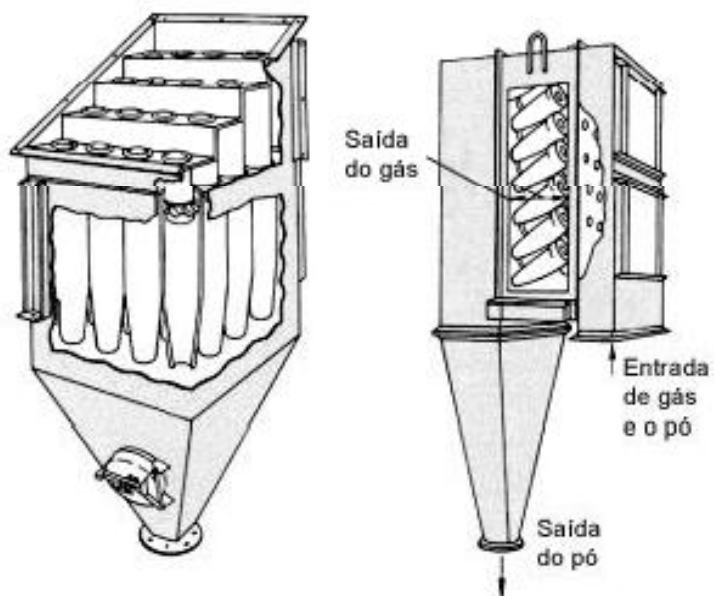
O fluxo gasoso é forçado através de um meio poroso (filtro) onde o material particulado é retido.







Mangas furadas e deposição de pó na área limpa



4. FILTROS DE MANGAS

LIMPEZA DOS FILTROS:

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

1.4 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.

1.4 FILTROS DE MANGAS

Elevada eficiência para fumos e partículas acima de 0,1 micrometro

- 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.

1.4 FILTROS DE MANGAS

Elevada eficiência para fumos e partículas acima de 0,1 micrometro

- 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.

1.4 FILTROS DE MANGAS

VANTAGENS

- Alta eficiência (até 99,9%);
- Perda de carga não excessiva;
- Resistência a corrosão.

DESvantagens

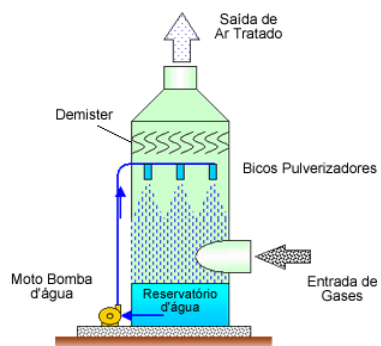
- Grande espaço requerido para tratar grandes vazões;
- Alto custo;
- Baixa resistência a altas temperaturas;
- Empastamento devido a poluentes condensáveis e pegajosos;
- Possibilidade de entupimento.

1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

LAVADOR ATOMIZADOR

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)



1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS (

SCRUBBERS)

- * Lavador 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;**
- * **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* também é utilizado para **descrever sistemas que injetam reagentes secos ou lodo nos gases** de exaustão para fazerem o abatimento de gases ácidos.

1.5 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.

1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS (

SCHEIDT)

- * Gases ácidos como: Ácido Fluorídrico (HF), Ácido Sulfúrico (H₂SO₄), Ácido Sulfídrico (H₂S), Ácido Clorídrico (HCl);
- * Também pode ser utilizado em correntes básicas como Soda Cáustica (NaOH) e em correntes com solventes e Amônia;

1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS (

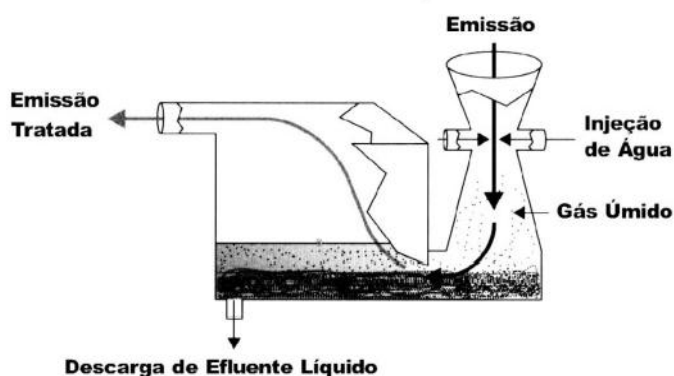
SCHEIDT)

- * 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;

1.5 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%**.

1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS



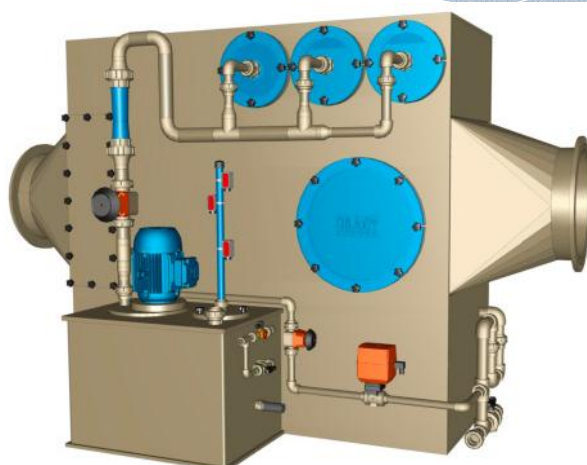
Modelo de Lavador de Gases

1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS (

* Horizontal

- * Indicados 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.**

1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS (



1.5 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.

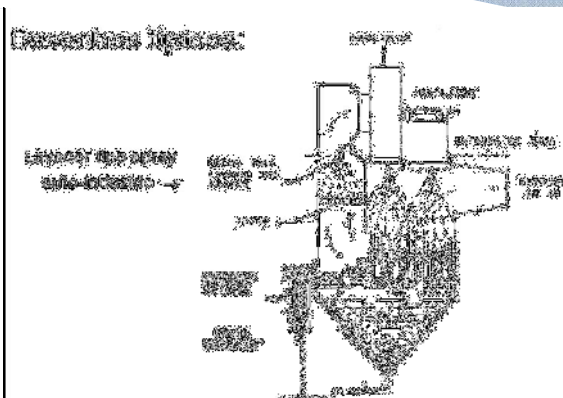
1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS (

- * **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.

1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS



1.5 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;

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.

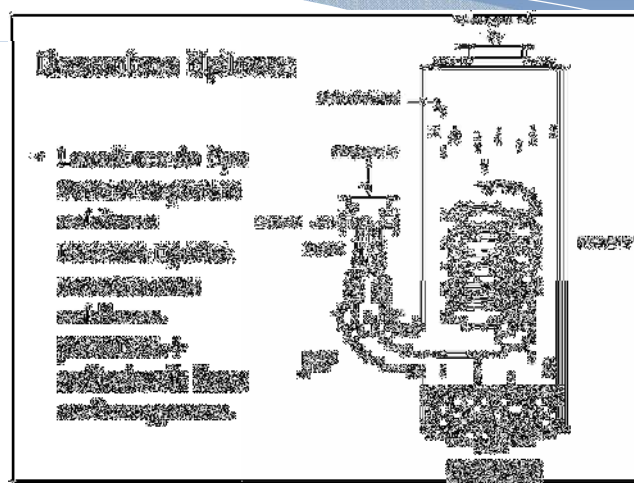
1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS (

* Lavador Venturi

- * A garganta Venturi é uma redução entre a seção convergente e a divergente;
- * O fluxo de ar que passa por essa garganta é forçado a fluir com alta velocidade, alcançando valores entre 50 e 90 m/s ou maiores;
- * Após alcançar a velocidade máxima, o gás sofre uma desaceleração na seção divergente.

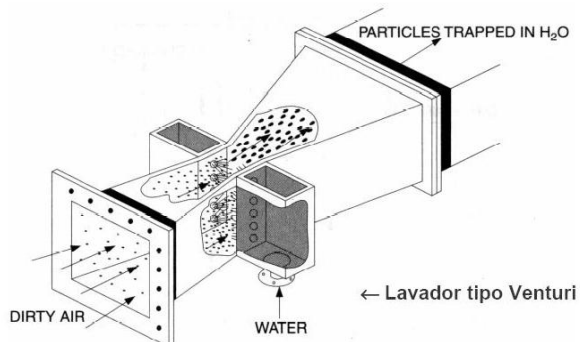
»

1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS



1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

Desenhos típicos:



1.5 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 .

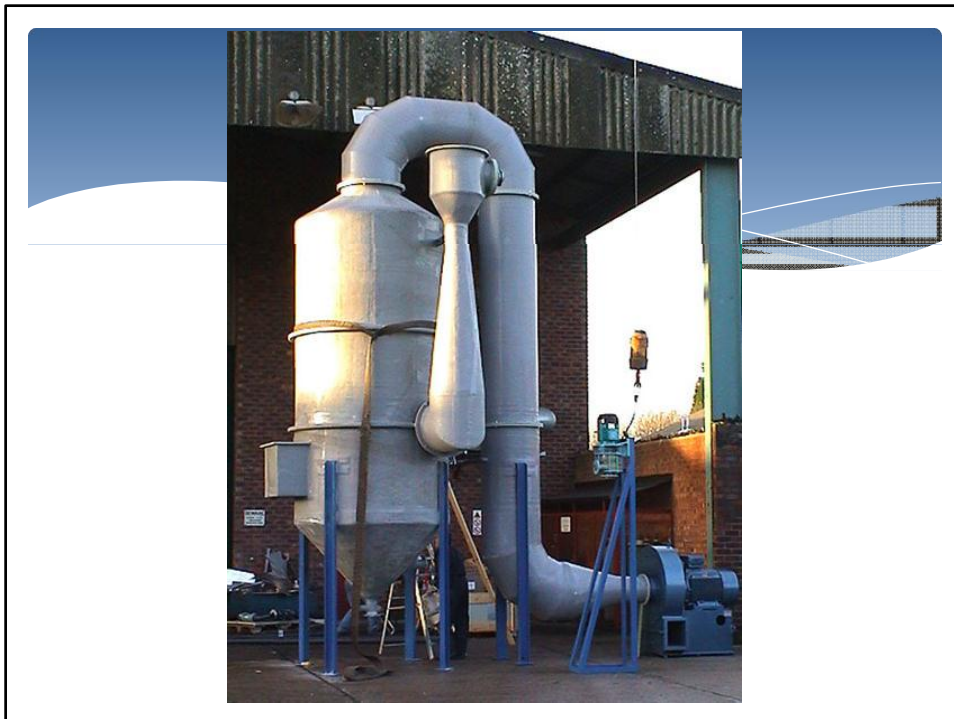
1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

- * Dessulfuração de gases de caldeira, fornos e incineradores;
- * Absorção de Acido Fluorídrico (HF) e Dióxido de enxofre (SO₂) em indústrias de alumínio e siderurgia – decapagem a frio e a quente;
- * 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.

1.5 COLETORES ÚMIDOS OU LAVADORES DE GÁS

VERIFICAÇÃO DOS COLETORES ÚMIDOS:

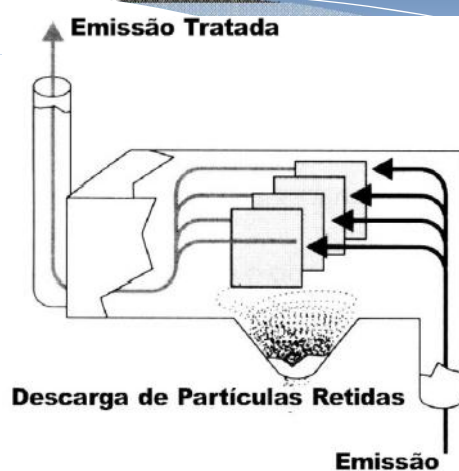
- Condições do estado geral (furos e sinais de corrosão);
- Condições internas com relação a incrustação de pó nas paredes, nos bicos aspersores e outras partes internas.
- Vazão de água utilizado



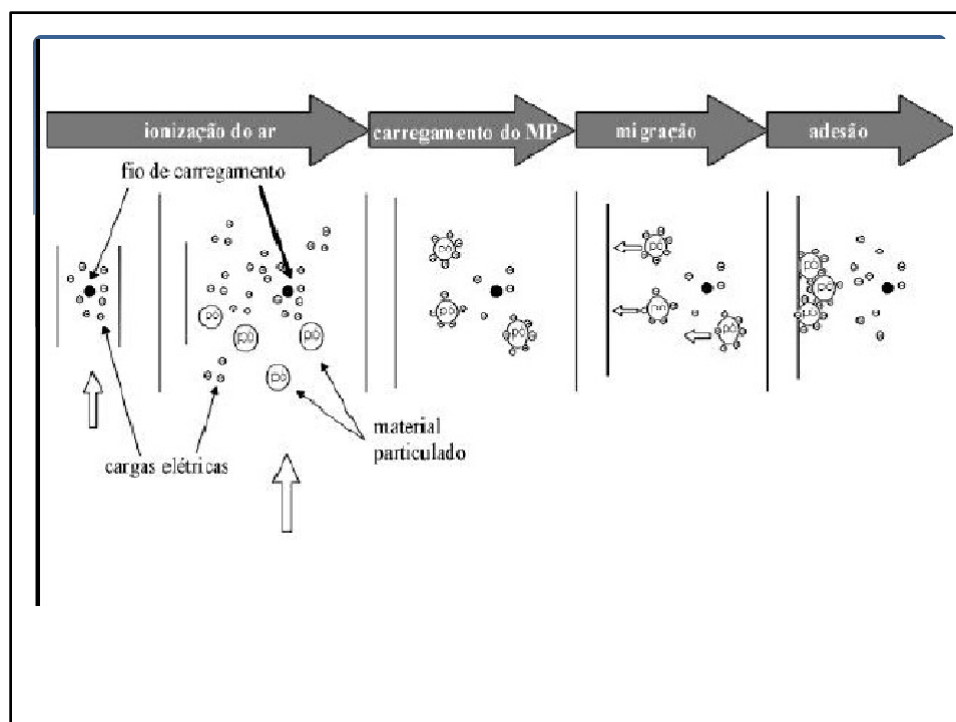
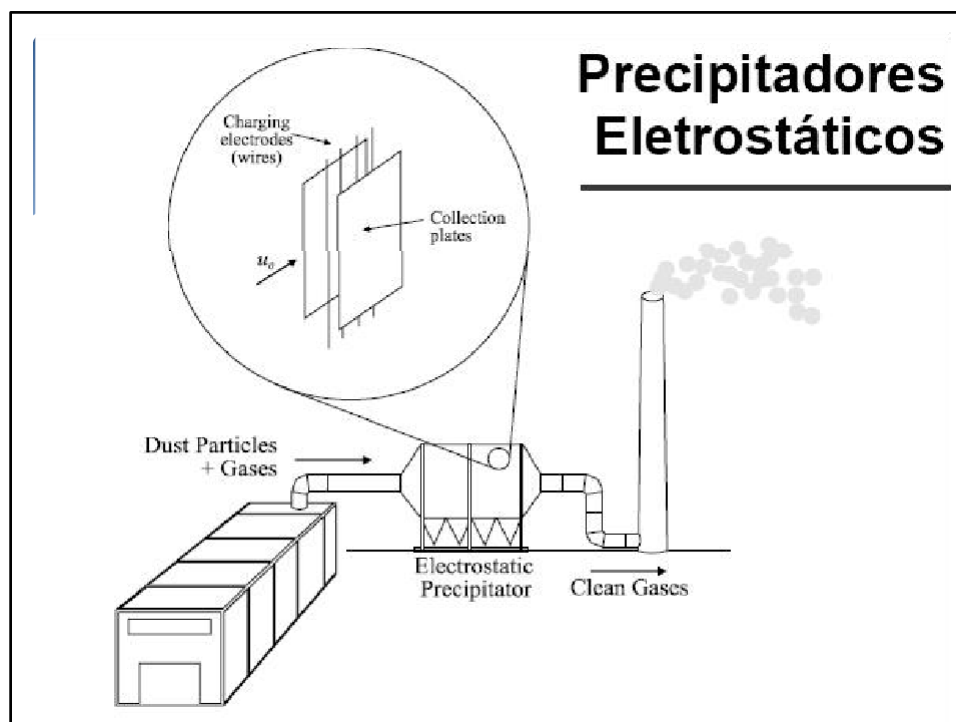
1.6 PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

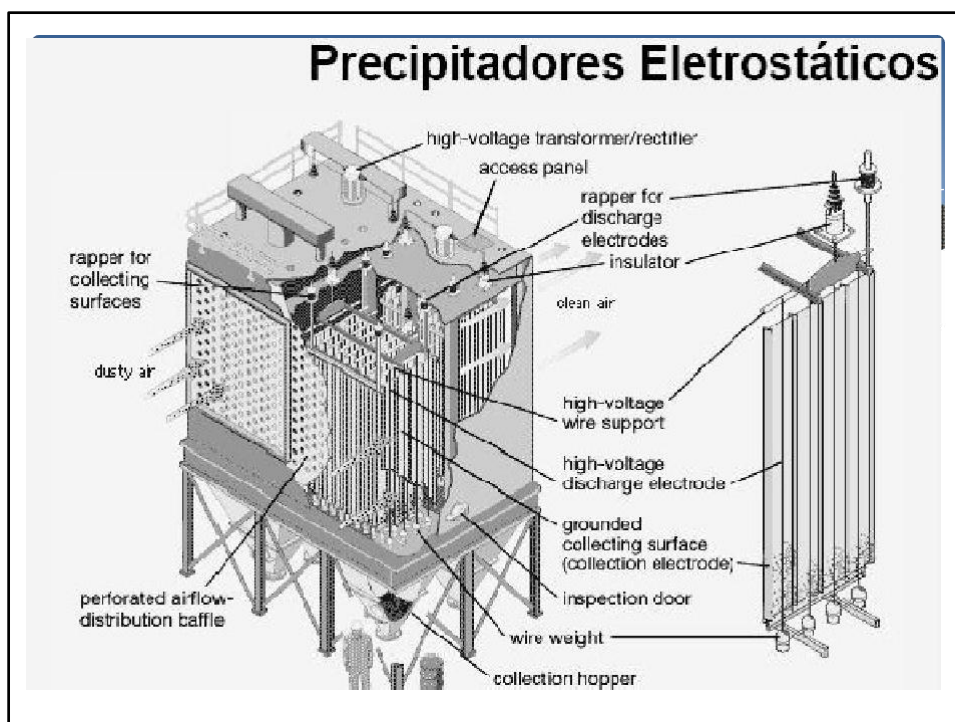
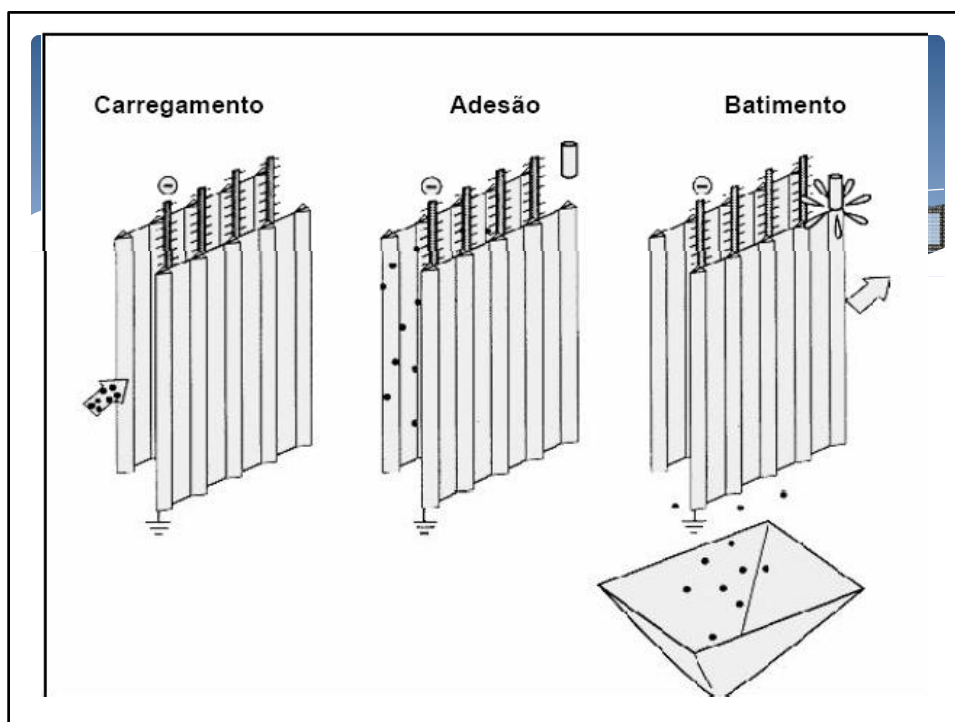
- * Este equipamento remove até 99,5% da massa total de particulado.
- * O processo consiste em criar um campo eletrostático que carrega as partículas emitidas, as partículas são atraídas por placas eletrizadas, ficando presas a elas (eletrodos).
- * Em seguida, as partículas são retiradas pela vibração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

1.6 PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO



Modelo de Precipitador Eletrostático







1.6 PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

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;
- 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).

6. PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

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.

6. PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO

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.

EXEMPLOS DE EFICIÊNCIA

Tipo de Equipamento	FAIXAS DE DIÂMETRO (μM)				
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 44	> 44
Câmara de sedimentação	7,5	22,0	43,0	80,0	90,0
Ciclone de baixa pressão	12,0	33,0	57,0	82,0	91,0
Ciclone de alta pressão	40,0	79,0	92,0	95,0	98,0
Multiciclone	25,0	54,0	74,0	95,0	98,0
Lavadores de média energia	80,0	90,0	98,0	100,0	100,0
Lavadores Venturi (lavador de alta energia)	95,0	99,0	100,0	100,0	100,0
Filtros de manga	98,0	99,0	100,0	100,0	100,0
Precipitador eletrostático	97,0	99,0	99,5	100,0	100,0

NOTA: Valores somente para fins comparativos. Valores reais dependem do projeto e de condições de operação e de manutenção do equipamento.

Comparação entre os equipamentos de controle

Tipo de Coletor	Tamanho da Partícula (μm)	Temperatura Máxima ($^{\circ}\text{C}$)	Queda de Pressão ($\text{cm H}_2\text{O}$)	Custo Anual U\$ por ano por m^3
Filtros de Mangas (algodão ou nylon)	1.0 - 50.0	80-120	10 - 12	14,00 - 17,00
Filtros de Mangas (Fibra de vidro ou Teflon)	1.0 - 50.0	260-290	10 - 20	21,00 - 23,00
Precipitador Eletrostático	0.1 - 10.0	400	1	21,00
Ciclones	10.0 - 50.0	400	5 - 12	7,00 - 11,00
Coletores Úmidos	1.0 - 50.0	540	10 - 88	25,00 - 56,00

O custo inclui água, eletricidade, manutenção, custo operacional, capital e seguro

CONTROLE DE EMISSÃO DE GASES E VAPORES

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

CONDENSADORES

Processo que converte um gás em líquido

- Realizada para 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.

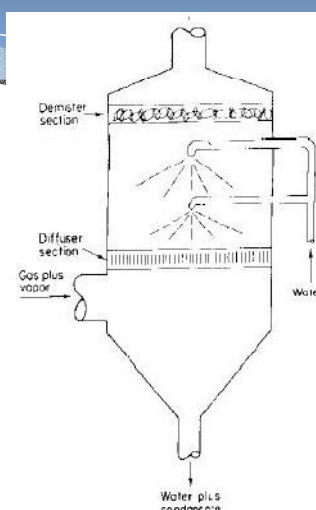
TIPO DE CONDENSADORES

CONTATO DIRETO:

Princípio de funcionamento:

A aspersione de água é utilizada para baixar a temperatura do fluxo gasoso 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).

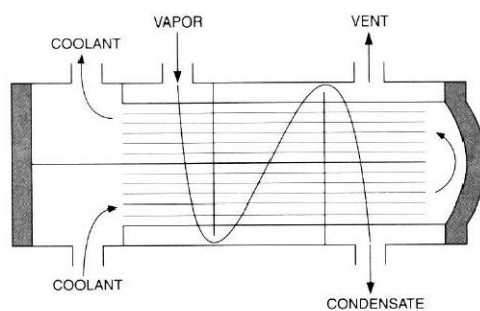


TIPO DE CONDENSADORES

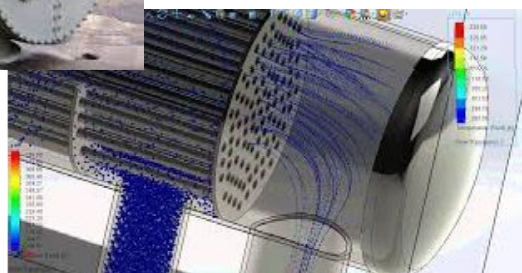
DE SUPERFÍCIE (INDIRETO):

Redução da temperatura através de uma superfície.

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



TIPO DE CONDENSADORES

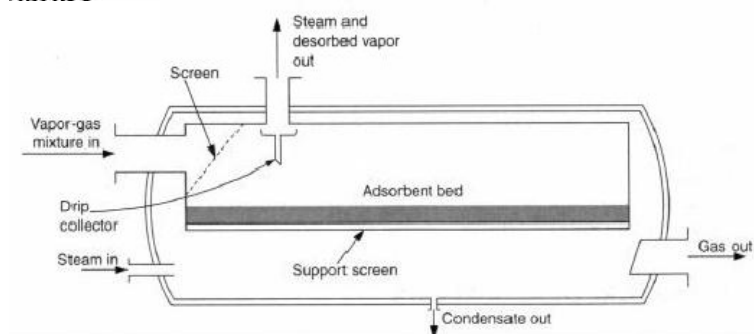


ADSORVEDORES

- 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.

ADSORVEDORES

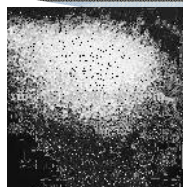
Princípio de funcionamento: A Adsorção ocorre quando alguns gases são seletivamente capturados por superfícies ou poros de materiais sólido.



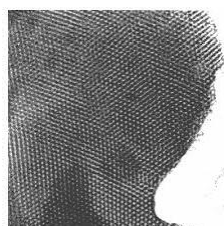
MATERIAIS ADSORVENTES



Alumina ativada



Sílica gel



Peneiras moleculares
(aluminossilicatos de
sódio, potássio e cálcio)

MATERIAIS ADSORVENTES



Carvão ativado



CARVÃO ATIVADO

- Pertence ao grupo de sólidos não polares;
- 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.

CARVÃO ATIVADO

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

MATERIAIS ADSORVENTES

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

ÊFICIÊNCIA 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/100g.

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.

ADSORVEDORES



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.

Eficiência de transferência:

- * 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 SUBSTANCIAS 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 e etanol: 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 à cristaliza SO_2

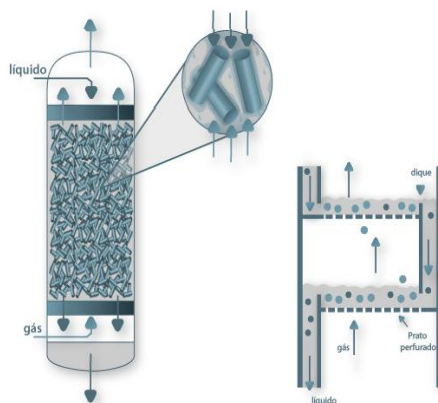
Sustâncias orgânicas necessitam de líquido especial

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



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

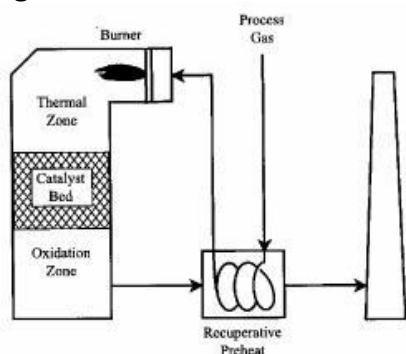
- **Eliminação de gases e vapores de origem orgânica** e também para oxidação de **compostos inorgânicos, como H₂S**.
- H₂S (gás sulfídrico): odor desagradável transforma-se em SO₂ e vapor d'água;
- **Um gás poluente se transforma em outro gás poluente.**
- Dependendo, a quantidade de SO₂ formada é melhor do que o odor do H₂S, podendo-se implantar um sistema de remoção do SO₂.
- **Não deve ser usada para compostos clorados;**

EQUIPAMENTOS DE INCINERAÇÃO

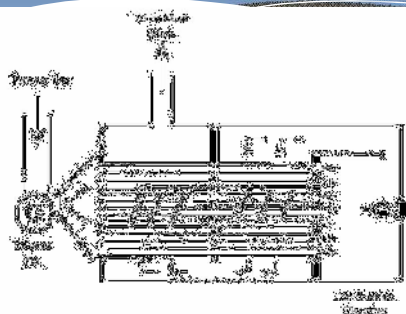
- INCINERADOR DE CHAMA DIRETA (INCINERADOR TÉRMICO)
 - Pós queimadores;
 - Câmaras de combustão.
- INCINERADOR CATALÍTICO;
- FLARE OU TOCHA (INCINERAÇÃO AUTO SUSTENTÁVEL)

INCINERADOR DE CHAMA DIRETA - PÓS QUEIMADORES

A pós queima dos resíduos que eliminam as partículas orgânicas e os resíduos de combustíveis não queimados.



Câmara de Combustão



FLARE OU TOCHA



TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO DO INCINERADOR TÉRMICO (CONTROLE DE

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)

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

•Não gera efluentes líquidos (como as torres de absorção)

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

Primeiras aplicações: abatimento de odor (criação de animais)

Depois adotada para outras fontes: fundição, pintura, etc

APLICAÇÕES POTENCIAIS

Produção de adesivos
Criação de Animais
Indústria química
Estocagem de produtos químicos
Compostagem de lixo
Crematórios
Indústria de alimentos
Produção de fragrâncias

Aterros Sanitários
Produção de produtos petroquímicos
Indústria de petróleo
Gráficas
Graxarias (recuperação de matéria animal)
Produção de produtos de madeira e móveis
Fundições de Ferro

CARACTERÍSTICAS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO

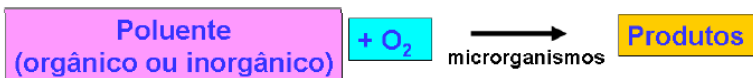
• Processo que utiliza **microrganismos** para metabolizar poluentes de fontes de poluição do ar.

• **Poluentes:** orgânicos ou inorgânicos.

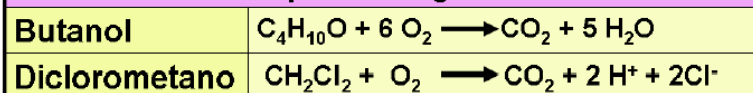
• Condições Básicas:

- Existência de fase aquosa (“habitat” dos microrganismos).
- Presença de O₂ e nutrientes.
- pH, temperatura e tempo de contato adequados.

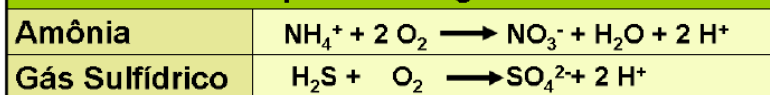
REAÇÕES



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** (tetrahidrofurano)

- **Cetonas** (acetona, metilacetona, metilisobutilcetona)

POLUENTES COM BIODEGRADABILIDADE MEDIA

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

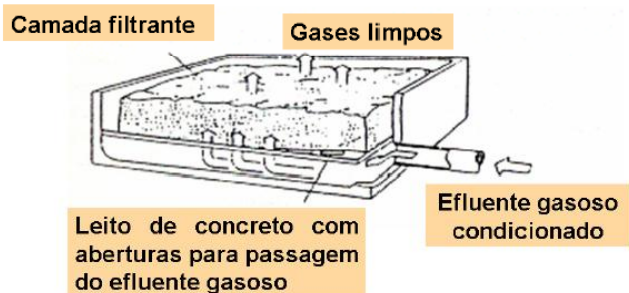
POLUENTES COM BIODEGRADABILIDADE BAIXA

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • HC alifáticos <ul style="list-style-type: none"> – Metano, pentano, isopentano, ciclohexano, acetileno • Compostos orgânicos clorados <ul style="list-style-type: none"> – Tetracloroeto de carbono, clorofórmio, tetracloroeteno, tricloroeteno, cloreto de vinila, clorotolueno | <ul style="list-style-type: none"> • Compostos orgânicos nitrogenados <ul style="list-style-type: none"> – Nitrilas (piridina) • Compostos orgânicos sulfurados <ul style="list-style-type: none"> – Metilmercaptana, tiocianatos • Compostos inorgânicos <ul style="list-style-type: none"> – Óxidos de Nitrogênio |
|--|---|

CLASSIFICAÇÃO DOS BIORREATORES

- * Biofiltro;
- * Filtros Percoladores;
- * Biolagunas;

Biofiltro de leito plano



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

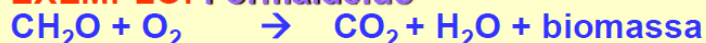
Camada filtrante:

- 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

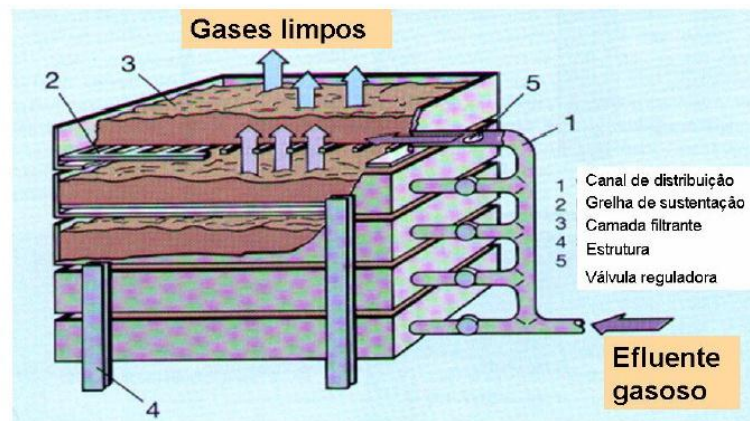
•Materiais Naturais

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

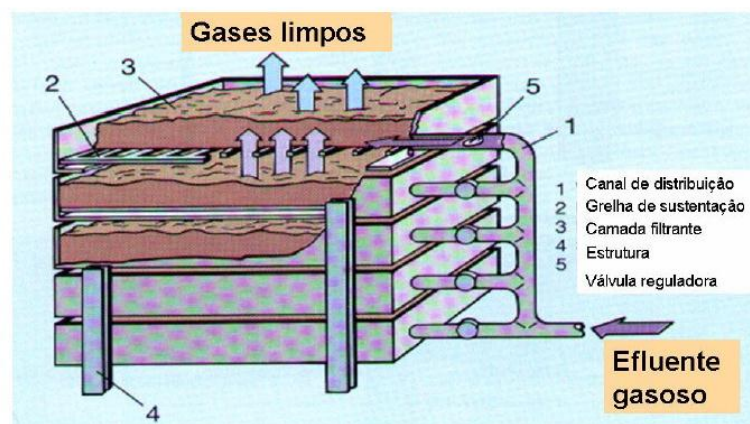
•Materiais processados sintéticos

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

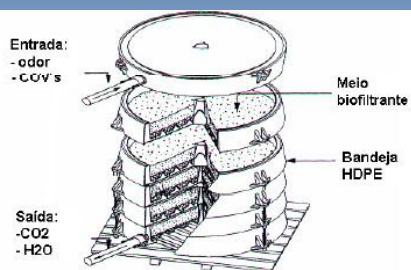
Biofiltro de estágios



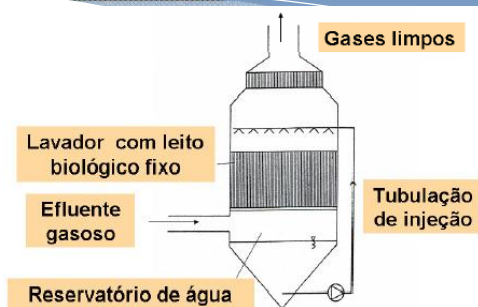
Biofiltro de estágios



Biofiltro de estágios

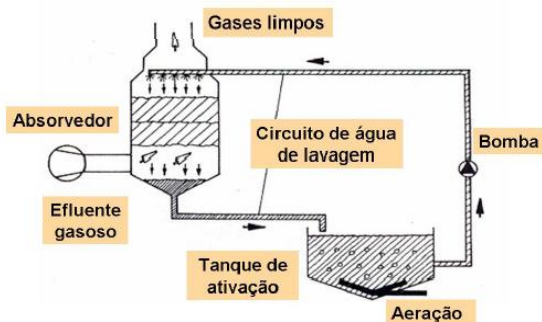


Filtro percolador



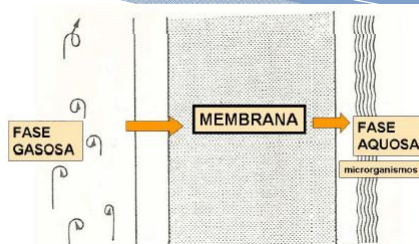
- Torre onde estão os microrganismos estão no recheio.
- Efluente atmosférico entra em contracorrente com o fluxo de líquido.
- O contato do efluente atmosférico com os microrganismos do leito promove a degradação biológica do poluente.

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.

Biomembrana



- Membrana de silicone permeável é interface entre os microrganismos em fase aquosa e o efluente atmosférico.
- O efluente atmosférico passa pela membrana e permite o contato com os microrganismos para biodegradação do poluente.

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

MICROORGANISMOS ENCONTRADOS EM BIOFILTROS

Bactérias	Fungos
Actinomyces globisporus	Penicillium
Micrococcus albus	Cephalosporium
Micromonospora vulgaris	Mucor
Proteus vulgaris	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: DIFICULTA crescimento e a multiplicação de microrganismos.
- Reposição de nutrientes: adição de adubo mineral em água (N, P)

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.

DADOS DE PLANTAS DE BIOFILTRO

Parâmetros	Compostagem de lixo	Abate de Animais	Criação suínos
Mat. Filtrante	Composto	Turfa + chamiço	Turfa + chamiço
Vazão gases (entrada)	16000 m ³ /h	100000 m ³ /h	11000 m ³ /h
Área filtragem	264 m ²	800 m ²	39 m ²
Tempo de residência	27-42 s	≥ 15 s	≥ 15 s
ΔP (leito)	700-1300 Pa	150 Pa	40-70 Pa
Umidade	50-60%	50-75%	25-75%
pH	7,2	3,5	3-4
Temperatura gases (entrada)	28°C	15-35°C	15-32°C
Eficiência	~96%	~93%	- 90%

CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS - ODOR

FONTES:

- Lagoas de decantação;
- Pilhas de lodo;
- Aterros sanitários e industriais;
- Áreas de compostagem;
- Pátios;
- Canaletas.

CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS - ODOR

ASPERSÃO DE SUSTÂNCIAS:

- **INIBIDORAS:** Inibe a formação da substância que causa odor como gás sulfídrico. Ex: peróxidos, ácido fosfórico, ácido nítrico, nitratos.
- **SEQUESTRANTES:** Sequestram as moléculas que causam o odor tornando-se solúvel em água;
- **NEUTRALIZANTES:** Reagem com compostos que causam odor criando um componente que o olfato não detecta;
- **MASCARANTES:** Atenuam, disfarçam ou mascaram os odores emanados.

CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS - ODOR

- * Químicos na embalagem original
- * Bomba dosadora
- * Dosagem direta em caixas ou tanques
- * Injeção em linhas de transferência



CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS - ODOR



CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS - ODOR



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 contêm enxofre, gerando o sulfeto de hidrogênio (H₂S)**;

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);

CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS - ODOR

