

APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

# MÁSCARAS E FILTROS

**Autor: João Antonio Munhoz – Químico Industrial**  
munhoz@freenet.de



# APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

## Introdução

O uso impróprio de um respirador pode ter efeitos devastadores na vida ou na saúde do usuário. Por exemplo, um trabalhador morreu porque seu supervisor não exigiu o uso de um respirador quando ele bombeava uma solução salina enquanto ao mesmo tempo drenava gás sulfídrico, um gás muito tóxico, em concentração superior ao máximo permissível. Em outro caso, uma trabalhadora foi exposta a concentrações acima das permissíveis de pó de algodão porque lhe foi permitido remover o respirador que usava antes que o risco pelo pó de algodão fosse adequadamente eliminado por outros meios. Numa fundição, foi dado a um usuário um respirador para que se protegesse do chumbo contido no ar em concentrações acima do permitido sem que tivesse passado pelo teste de selagem periódico. Seu ar respirado, dentro do respirador, continha chumbo em excesso. A questão, nestes exemplos, é que o uso inadequado de respiradores ou o seu não uso podem ter sérias conseqüências.

A fim de se proteger e aos outros também, contra riscos respiratórios, é necessário entender o risco respiratório e suas características primárias que o tornam perigoso. É necessário entender o significado da proteção respiratória disponível e como ela age sobre o risco para o qual ela é necessária. Finalmente, embora pareça simplista, é necessário saber como se utiliza um respirador adequadamente. Nos exemplos acima, a falta do respirador, removê-lo antes da hora e selagem inadequada, tudo isso levou a sérias conseqüências e até a morte, em um dos casos. Voltemos nossa atenção a informações gerais que são necessárias conhecer para que se utilizem respiradores corretamente.

### 1. Risco Respiratório

Um risco respiratório existe num ambiente de trabalho sempre que uma substância estiver presente na atmosfera em concentrações que sejam agressivas ao organismo ou sempre que uma deficiência de oxigênio ocorra nessa atmosfera. Os riscos respiratórios no ambiente industrial podem consistir de:

- a) Deficiência de Oxigênio
- b) Contaminantes do ar
  - I. Material particulado incluindo poeiras, névoas e fumos.
  - II. Vapores ou gases.
  - III. Combinação de material particulado, vapores e gases.

### 2. Meios Primários de Proteção Respiratória

Os meios primários de proteção de trabalhadores contra riscos respiratórios são: engenharia de controle, normas administrativas e práticas de trabalho. Os controles de engenharia podem eliminar o risco respiratório e reduzir os níveis de riscos respiratórios, riscos nas atmosferas dos ambientes de trabalho a níveis suficientemente baixos para que não sejam agressivos às pessoas. Isto é, controles de engenharia asseguram de que o ar que se respira nos ambientes seja de boa qualidade. Normas Administrativas limitam o tempo de exposição dos trabalhadores aos riscos respiratórios nas atmosferas de trabalho, de forma que os trabalhadores também não sofram essas agressões. Práticas de trabalho previnem ou reduzem exposição dos trabalhadores a riscos respiratórios nos ambientes de trabalho de forma que as tarefas e procedimentos sejam realizados sem riscos. Instalar exaustão para coletar e remover os contaminantes do ar é um exemplo de engenharia de controle. Limitar a exposição do trabalhador a riscos em 2 horas por dia é um exemplo de norma administrativa. Reescrever procedimentos de trabalho de forma que a chance de exposição a substâncias potencialmente tóxicas seja reduzida, é um exemplo de controle de prática de trabalho.

### 3. O uso de respiradores

Como forma de proteção respiratória, o uso de respiradores é o último recurso, por isso ele não está listado entre os meios primários. No entanto, existem situações onde controles de engenharia, normas administrativas e práticas de trabalho podem não ser aplicáveis, impossíveis, ou não adequadamente eficientes. Além disso, também existem situações em que os controles de engenharia ainda estejam sendo desenvolvidos, instalados e avaliados e a proteção é necessária nesse ínterim. Em tais situações, os empregadores e os supervisores nas empresas devem providenciar respiradores adequados aos trabalhadores, de forma a protegê-los contra os riscos respiratórios. Também devem estar disponíveis respiradores para escape de emergências e operações de salvamento. Os bombeiros também devem utilizar respiradores adequados.

---

---

# APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

O PPR – Programa de Proteção Respiratória

O Programa de Proteção Respiratória, do Ministério do Trabalho, estabelecido pela Instrução Normativa nº 1 de 11 de abril de 1994, é documento hábil e completo que ajudará você não somente na seleção correta do respirador adequado ao trabalho a ser realizado, mas também contém recomendações importantes quanto ao seu uso e cuidados.

## O Ar Atmosférico

A atmosfera gasosa que envolve a Terra tem a seguinte composição fixa, ao nível do mar:

Gás	Composição Atmosférica em % Volume
Nitrogênio	78,09
Oxigênio	20,95
Argônio	0,92
Gás Carbônico	0,04
Neônio, Hélio, Criptônio, Hidrogênio, Xenônio, Óxidos de Nitrogênio, Ozônio	Traços
Vapor d'água	Varia (até 5%, o que dilui outros gases)

## 4. Os Contaminantes do Ar

Qualquer dos constituintes do ar atmosférico em concentrações maiores do que as normais, ou qualquer outra substância presente no ar atmosférico pode ser considerada como contaminantes ou poluentes do ar. Os contaminantes do ar variam quanto à sua forma (gás, vapor, líquido, sólido) ou quanto à sua composição (partículas atômicas elementares, íons, moléculas simples, moléculas complexas).

Os contaminantes do ar geralmente são classificados de acordo com suas características físicas, composição química e propriedades, ou efeitos fisiológicos nos seres humanos.

## 5. Contaminantes Particulados

Sistemas que envolvem partículas contaminantes compostos por partículas discretas tanto sólidas quanto líquidas suspensas no ar podem ser classificadas de acordo com seu estado físico e propriedades ou podem ser classificados de acordo com seus efeitos fisiológicos nos seres humanos.

### 6.1 Aerossóis

O termo aerossol é freqüentemente aplicado a um sistema que consiste de partículas suspensas no ar. Um aerossol é um sistema disperso no qual o ar é a fase contínua ou meio dispersante, e o material particulado, na forma de sólido ou líquido discreto suspenso no ar, é a fase dispersa ou dispersóide.

#### 5.1.1 Classificação Física dos Aerossóis

Algumas vezes, os aerossóis são descritos de acordo com os dois principais processos envolvidos em sua formação.

*Dispersóide Mecânico.* Um dispersóide mecânico é definido como partículas de matéria, sólida ou líquida, que são formadas e dispersas no ar por meios mecânicos tais como processos de desintegração de moagem, trituração, perfuração, explosão e produção de sprays.

*Dispersóide Condensado.* Um dispersóide condensado é definido com sendo partículas de matéria, sólida ou líquida, que são formadas e dispersas no ar por reações físico-químicas tais como: combustão, vaporização, condensação, sublimação, calcinação ou destilação. Geralmente, as partículas são formadas por condensação do estado vapor/gás da substância.

## APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

### 5.1.2 Tipos Físicos

*Poeira* – Uma poeira é um aerossol no qual a fase dispersa é um dispersóide sólido mecânico. As partículas de uma poeira podem variar em tamanho desde submicroscópico até visível ou macroscópico.

*Spray* – Um spray (muitas vezes descrito como névoa) é um aerossol no qual a fase dispersa é um dispersóide líquido mecânico. As partículas de um spray geralmente são visíveis, ou, de tamanho macroscópico.

*Fumo* – Um fumo é um aerossol no qual a fase dispersa é um dispersóide sólido de condensação. As partículas de fumos são geralmente menores do que 1 µm em tamanho.

*Névoa* – Uma névoa é um aerossol no qual a fase dispersa é um dispersóide líquido de condensação. As partículas de uma névoa podem variar consideravelmente em tamanho, desde submicroscópico até visível, ou, macroscópico.

*Fog* – Um fog é uma névoa que tem densidade óptica de suficiente magnitude para interceptar ou obscurecer perceptivelmente a visão.

*Fumaça* – O termo fumaça é normalmente utilizado para definir um sistema que inclui produtos de combustão incompleta de substâncias orgânicas na forma de partículas sólidas ou líquidas suspensas no ar e produtos gasosos misturados com o ar. A densidade óptica de uma fumaça geralmente é suficientemente grande para se tornar visível e para interceptar ou obscurecer perceptivelmente a visão.

*Smog* – O smog é um sistema complexo que pode consistir de qualquer combinação de dispersóides, sólidos ou líquidos, suspensos no ar, gás ou vapores contaminantes dispersos no ar; Descreve-se, às vezes, o smog como sendo uma mistura de “fog e fumaça (smoke)”. A densidade óptica do smog geralmente é suficientemente grande para se tornar visível e para interceptar ou obscurecer perceptivelmente a visão.

### 5.2 Classificação Fisiológica de Aerossóis

*Incômodo e/ou Relativamente Inerte* – Este tipo de aerossol pode causar desconforto e pequena irritação sem causar lesões. No entanto, uma alta concentração dessas partículas de aerossol pode encobrir a aptidão do sistema respiratório em eliminá-los do trato respiratório, e grandes depósitos do material particulado que permanece no trato respiratório pode causar lesão. Exemplos são partículas de mármore e gesso suspensas no ar como partículas de poeiras.

*Produtores de Fibroses Pulmonares* – Este tipo de aerossol produz nódulos e fibroses nos pulmões. Exemplos são suspensões de quartzo (sílica cristalina), partículas de poeiras e fibras de asbestos suspensas no ar.

*Carcinogênio* – Este aerossol resulta em câncer em algumas pessoas, geralmente ocorre após um longo período latente. Exemplos são partículas de cromatos suspensas no ar, fibras de asbestos suspensas no ar e partículas radiativas suspensas no ar.

*Irritantes químicos* – Estes aerossóis produzem irritação, inflamação e ulceração, geralmente na porção superior do trato respiratório. Exemplos incluem poeiras, sprays, fumos e névoas que contêm partículas compostas de ácidos, álcalis ou peróxidos.

*Venenos Sistêmicos* – Estes aerossóis produzem reações de patologia tóxica em várias partes do organismo. Exemplos incluem: poeiras, spray, fumo ou névoa que contêm partículas compostas de chumbo ou seus compostos que danificam os glóbulos vermelhos do sangue causando anemia; que afetam os intestinos produzindo cólicas, constipações e dores, que prejudicam os nervos e causam paralisia de certos músculos; que podem prejudicar o cérebro; e poeiras e fumos contendo partículas de cádmio que causam doenças dos pulmões e lesões ao fígado e rins.

*Alergogênio* – Este tipo de aerossol produz alergias, reações de hipersensibilidade no corpo tais como coceiras na cavidade nasal, corrimento nasal e respiração dificultada. Exemplos incluem poeiras contendo partículas de pólen, resinas plásticas, borrachas, fibras de pelos, especiarias e tabaco.

*Produtores de Reações Febris* – Estes aerossóis produzem sensação de frio, seguida de febre. Exemplos incluem fumos de zinco e cobre e poeiras contendo partículas de certas fibras têxteis (algodão, cânhamo, juta e bagaço).

---

---

# APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

*Pneumoconiose* – A pneumoconiose literalmente significa material particulado de poeira depositado nos pulmões, tanto que causam lesões ou inócuos. Num entendimento comum, a pneumoconiose é empregada como termo geral para qualquer das doenças dos pulmões resultantes de depósitos de material particulado nos pulmões.

## 6. Contaminantes Gasosos

Os contaminantes do ar no estado gasoso, gases ou vapores misturados com o ar, podem ser classificados de acordo com suas propriedades químicas e composição, ou de acordo com seus efeitos fisiológicos sobre o organismo humano.

### 6.1 Classificação Química dos Contaminantes Gasosos do Ar

Desde que haja muitas classes de compostos químicos, orgânicos e inorgânicos, e porque as propriedades químicas podem variar largamente conforme a classe dos compostos, estabelecer uma classificação química complexa detalhada de gases contaminantes do ar poderia causar certa confusão. Portanto, o que vem a seguir é uma classificação geral bastante simplificada.

#### 6.1.1 Inertes

Contaminantes inertes do ar são substâncias que não reagem quimicamente com outras substâncias sob a maioria das condições. No entanto, estes gases inertes contaminantes do ar podem gerar um risco respiratório quando eles deslocam ar, assim produzindo uma deficiência de oxigênio. Exemplos são: Hélio, Argônio, Criptônio e Xenônio.

#### 6.1.2 Ácidos

Gases ácidos como contaminantes do ar são substâncias que reagem com água para produzir ácidos. Na água, eles produzem íons hidrogênio carregados positivamente e com um pH <7. Exemplos de contaminantes ácidos fortes do ar são: gás bromídrico, gás clorídrico, gás fluorídrico, dióxido de enxofre, trióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e ácido acético. Exemplos contaminantes ácidos fracos são: gás carbônico, gás sulfídrico e gás cianídrico. A toxicidade de um gás ácido contaminante do ar não depende da força da substância como um ácido. Alguns dos mais tóxicos contaminante do ar são ácidos fracos!!

#### 6.1.3 Alcalis

Os alcalis como contaminantes do ar são substâncias alcalinas que reagem com a água para produzir um álcali. Na água, eles produzem íons hidroxilas de carga negativa e um pH >7. Eles não são realmente substâncias alcalis fortes que existem no estado gasoso. Exemplos de contaminantes do ar que são considerados como alcalis fracos são a amônia e as aminas. Exemplos de contaminantes do ar que são substâncias alcalinas muito fracas incluem a fosfina, a arsina e a estibina. A toxicidade de contaminantes alcalinos do ar não depende da força do álcali. alguns dos alcalis mais tóxicos como contaminantes do ar são alcalis muito fracos !!!

#### 6.1.4 Orgânicos

Os contaminantes orgânicos do ar são classificados como vapores ou gases. Compostos orgânicos contêm átomos de carbono, que têm 4 elétrons cada e que os dividem com outros átomos, incluindo outros átomos de carbono, e, portanto, têm a capacidade de formar centenas de milhares de compostos. As estruturas moleculares dos compostos orgânicos são usadas para classificá-los. Alguns dos grupos mais comuns e importantes de compostos orgânicos são contaminantes gasosos o ar: hidrocarbonetos saturados (metano, etano, propano, butano), hidrocarbonetos insaturados (etileno, acetileno), álcoois (álcool metílico, álcool etílico, álcool propílico), éteres (éter metílico, éter etílico), aldeídos (formaldeído, acetaldeído), cetonas (dimetil cetona, metil etil cetona), ácidos orgânicos (ácido fórmico, ácido acético), haletos (clorofórmio, tetracloreto de carbono, tricloretileno, clorobromoetano), amidas (formamida, acetamida), nitrilas (acetonitrila, acrilonitrila), isocianatos (TDI), aminas (metilamina, etilamina), epóxis (epoxietano, epoxibutano, epicloridrina) e aromáticos (benzeno, tolueno, xileno).

---

---

## APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

### 6.1.5 Organometálicos

Compostos organometálicos são aqueles nos quais os metais estão quimicamente ligados para formar grupos. Alguns dos organometálicos são voláteis e portanto podem ser considerados contaminantes do ar. Exemplos de organometálicos são: silicato de etila, chumbo tetraetila e fosfatos orgânicos.

### 6.1.6 Hidretos

Os hidretos são compostos nos quais o hidrogênio está quimicamente ligado a metais e certos elementos tais como os metalóides. Exemplos de contaminantes do ar que são hidretos gasosos incluem os hidretos de boro (diborano, pentaborano e decaborano).

## 6.2 Classificação Fisiológica dos Contaminantes Gasosos do Ar

Os contaminantes do ar que são gases e vapores também podem ser classificados de acordo com seu efeito fisiológico sobre o organismo humano. A classificação fisiológica não é perfeita, porque os efeitos fisiológicos causados por vários gases e vapores dependem de suas concentrações no ar e alguns contaminantes têm mais de um tipo de efeito fisiológico no organismo humano apesar de que um efeito pode até predominar sobre o outro.

### 6.2.1 Asfíxiantes

Os asfíxiantes gasosos são substâncias que interferem com o suprimento de oxigênio ao organismo.

Os asfíxiantes simples são substâncias fisiologicamente inertes que reduzem o fornecimento de oxigênio ao organismo pela diluição do oxigênio na atmosfera abaixo de concentrações necessárias para sustentar a respiração interna. Os asfíxiantes simples devem estar presentes no ar em pressão parcial considerável antes de exercerem influência apreciável na respiração. Exemplos de asfíxiantes simples são: nitrogênio, hidrogênio, hélio, metano e etano.

Os asfíxiantes químicos impedem que o sangue transporte oxigênio dos pulmões às células ou impedem que as células utilizem o oxigênio para liberar energia necessária à vida. Os asfíxiantes químicos podem ser perigosos mesmo se suas concentrações forem baixas. Exemplos de asfíxiantes químicos são: monóxido de carbono (que se combina com a hemoglobina do sangue impedindo a oxigenação das células), o gás cianídrico, o cianogênio, as nitrilas (que inibem a utilização do oxigênio pelos tecidos e células interferindo com as ações catalíticas das enzimas que normalmente regulam as reações do oxigênio com as substâncias alimentícias nas células para produzir energia).

### 6.2.2 Irritantes

Os gases irritantes são corrosivos, podem causar irritação e inflamação das superfícies do trato respiratório e também podem causar irritação ou lesão nos olhos e na pele. Inflamações no trato respiratório podem resultar em edema pulmonar. Em casos mais sérios, isto pode efetivamente fechar o trato respiratório, enchendo os alvéolos com fluidos, interferindo seriamente com a troca dos gases entre o ar nos pulmões e o sangue nos capilares pulmonares. O edema pulmonar pode causar morte tanto por sufocamento como por ataque cardíaco. Exemplos de irritantes gasosos do ar que afetam as porções superiores do trato respiratório incluem amônia, gás clorídrico, gás fluorídrico, trióxido de enxofre, formaldeído e ácido acético. Irritantes gasosos que afetam ambas as partes do trato respiratório, superior e inferior, incluem dióxido de enxofre, iodo, bromo, cloro, flúor, ozônio e tricloreto de fósforo. Gases irritantes que afetam principalmente as partes inferiores do trato respiratório são: tricloreto de arsênio, dióxido de nitrogênio e fósforo.

### 6.2.3 Anestésicos

Anestesia é uma perda parcial ou total dos sentidos e sensações. Anestesia local é a perda de sensação limitada a uma parte particular do corpo. Anestesia geral é a perda da sensação em todo o corpo e é acompanhada de perda de consciência. Anestésicos gasosos são substâncias que, quando inaladas, produzem uma ação de anestesia geral no organismo pela depressão da atividade do sistema nervoso central. Uma intoxicação leve com anestésicos resulta em tonturas e perda da coordenação. Intoxicação intensa com anestésicos resulta em inconsciência e podem levar à paralisia da respiração e morte.

---

---

## APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

Alguns anestésicos, além de sua ação anestésica, podem também lesar certas partes do organismo. Os anestésicos algumas vezes são chamados de narcóticos.

Exemplos de anestésicos gasosos que produzem efeito anestésico primário sem outros efeitos mais sérios são: óxido nítrico, hidrocarbonetos (tais como propano, butano, etileno, acetileno) e éteres (éter etílico, éter isopropílico). Exemplos de anestésicos gasosos que lesam vários órgãos do organismo humano além de sua ação anestésica incluem o tetracloreto de carbono que lesa seriamente o fígado e os rins; clorofórmio que lesa seriamente o fígado e o coração; cloreto de metila que lesa seriamente o fígado, rins, coração e o sistema nervoso; e o álcool metílico que lesa severamente o sistema nervoso especialmente o nervo óptico.

### 6.2.4 Venenos Sistêmicos

Venenos sistêmicos gasosos produzem lesões a órgãos específicos do corpo humano ou sistemas específicos do corpo. Exemplos de venenos gasosos sistêmicos incluem vapor de mercúrio, que é um veneno do protoplasma que destrói a vitalidade de qualquer tecido vivo com o qual entre em contato e que principalmente danifica o sistema nervoso, rins e certas glândulas e que enfraquece a saúde de um modo geral; o fósforo, que causa danos aos ossos; gás sulfídrico, que paralisa o centro de controle da respiração; e a arsina que resulta em destruição dos glóbulos vermelhos e causa lesão no fígado; gás cilíndrico que lesiona o fígado e o baço e o cloreto de metila que lesiona o sistema nervoso (incluindo o cérebro) e danifica fígado e rins.

### 6.2.5 Carcinogênicos

Os gases carcinogênicos causam câncer. Exemplos são cloreto de vinila, benzeno e hidrazina.

### Rotas de Penetração de Substâncias Tóxicas no Corpo Humano

São 3 as rotas de penetração no corpo humano:

- a) Penetração pela Pele
- b) Ingestão pelo trato digestivo
- c) Deposição no trato respiratório

Objeto deste trabalho, é a penetração pelo trato respiratório.

O trato respiratório é a rota mais importante de penetração de substâncias tóxicas no organismo humano.

A superfície do trato respiratório de um adulto durante uma inalação profunda é de cerca de 100 m<sup>2</sup> o que é bastante grande, comparado com a superfície da pele que é

2 m<sup>2</sup> e que é bastante pequeno comparado com os 10 m<sup>2</sup> de superfície do trato digestivo. A área dos capilares pulmonares que circulam os alvéolos nos pulmões também é muito grande: 140 m<sup>2</sup>. Assim, o trato respiratório por onde os contaminantes podem penetrar no organismo de um adulto é de cerca de 50 vezes o da penetração pela pele e 10 vezes o do trato digestivo!

Isto explica a importância de Proteção Respiratória como a parte da Segurança do Trabalho que se preocupa em evitar o contato respiratório dos contaminantes com o organismo humano, oferecendo meios adequados para isso.

## 7. Remoção de Partículas Contaminantes do Ar por Meios Fibrosos

### 7.1 Introdução

O termo *filtro* é algumas vezes empregado para definir qualquer dispositivo utilizado para remover contaminantes do ar, tais como partículas no estado sólido ou líquido, gases e vapores. No entanto, esse termo na maioria das vezes se refere a dispositivos que utilizam materiais fibrosos para remover partículas do ar e *filtração* normalmente se refere ao processo de remoção e retenção de material contaminante particulado através de um meio fibroso.

---

---

## APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

Uma pequena partícula adere à superfície do material fibroso porque no ponto do íntimo contato entre a partícula e o material fibroso existe uma força de atração. Esta força de adesão, que é intermolecular em natureza, é conhecida como Força de Van der Waals, em homenagem ao físico holandês que viveu entre 1837 e 1923 e que estudou forças moleculares.

### Mecanismos de filtração

Um meio fibroso que tem características desejáveis para remoção de partículas do ar que passam por ele não se comporta como uma mera peneira que remove e retém as partículas só porque os espaços entre as fibras do meio são menores em dimensões do que as partículas. Uma peneira fibrosa poderia ser utilizada para limpar o ar do material particulado, mas os espaços entre as fibras seriam rapidamente bloqueados pelas partículas já retidas. O meio ofereceria uma resistência tão grande ao fluxo do ar que ele se tornaria inútil !

Um meio fibroso ideal para remoção de partículas suspensas no ar teria uma rede de fibras suficientemente aberta para oferecer uma baixa resistência ao fluxo de ar e permitir que as partículas passem entre as fibras. Essa rede fibrosa seria construída de tal forma que as partículas colidissem com o material fibroso. Uma partícula que colida com uma fibra vai aderir a ela por causa das Forças de Van der Waals. Se as colisões de partículas e fibras são largamente dispersas no material fibroso, as partículas retidas serão largamente dispersas no meio filtrante e assim não bloqueariam os espaços entre as fibras. Conseqüentemente, a resistência oferecida ao fluxo de ar não vai aumentar excessivamente quando a quantidade de material particulado retido do ar aumenta. Na prática, é possível se chegar a um meio fibroso ideal. Esse meio eficiente permitiria somente uma pequena penetração de partículas e ao mesmo tempo ofereceria uma baixa resistência ao fluxo de ar, que não aumenta muito quando a quantidade de material particulado removido do ar aumenta.

### 8. Remoção de Substâncias Gasosas do Ar através de Sólidos

#### 8.1 Absorção

A absorção ocorre quando um gás, vapor ou líquido penetra numa estrutura sólida produzindo uma solução sólida na qual as moléculas do gás, vapor ou líquido se difundem no interior da estrutura sólida enquanto penetram nos campos da força de atração que existem entre as moléculas constituintes, átomos ou íons que compõem a estrutura sólida.

#### 8.2 Adsorção

A adsorção é um fenômeno de superfície pelo qual as moléculas de gás, vapor ou líquido são retidas na superfície de um sólido. A difusão de moléculas de gás, vapor ou líquido através de poros muito pequenos ou capilares de um sólido e a retenção dessas moléculas na superfície dos poros ou capilares é um processo adsorptivo.

---

---

# APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

## Máscaras e Filtros

Máscaras são equipamentos de proteção respiratória que visam a proteção do usuário contra a inalação de contaminantes sejam eles sólidos, gases ou vapores. Neste trabalho, vamos estudar :

- **Peças Semi Faciais Filtrantes**
- **Filtros de Baixa Capacidade**
- **Peças Semifaciais**
- **Peças Faciais Inteiras**
- **Filtros Mecânicos**
- **Filtros Químicos, e**
- **Filtros Combinados**

### PEÇAS SEMI FACIAIS FILTRANTES



Peça Facial Filtrante  
Nível P1



Peça Facial Filtrante Nível P3

**Definição:** As Peças Faciais Filtrantes, também conhecidas como Máscaras Descartáveis, são equipamentos de proteção respiratória previstos para retenção de aerodispersóides, constituídas, total ou parcialmente, de material filtrante, tirantes e, podendo ou não possuir válvulas. Devem cobrir, no mínimo, o nariz e a boca e proporcionar vedação adequada sobre a face, estando a pele úmida ou seca e o usuário executando movimentos com a cabeça ou conversando. O ar entra através do material filtrante e passa diretamente para o nariz ou boca do usuário através do material filtrante ou da válvula de exalação, se existir, para a atmosfera ambiente. Os filtros de baixa capacidade também têm esta definição, porém, referem-se a peças destinadas à retenção de gases/vapores e serão estudados adiante.

O material geralmente utilizado para a confecção de uma máscara descartável é uma combinação de duas ou mais camadas de manta de polipropileno. A camada filtrante pode ser feita de manta de fibra de polipropileno à qual, posteriormente, deu-se uma carga eletrostática para melhorar a eficiência da filtração.

Após cortarem-se as peças faciais, estas recebem uma solda por ultra-som para dar-lhes forma. Em seguida, recebem uma costura ou fixação dos tirantes para então serem finalizadas e embaladas.

As máscaras descartáveis podem ou não conter válvula de exalação.

---

---

## APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

O ar a ser filtrado passa pela totalidade da peça semifacial filtrante, que retém os aerodispersóides conforme sua origem, diâmetro médio de partículas e outras características.

Restrições ao uso das peças faciais filtrantes:

- O ar ambiente não pode conter gases ou vapores.
- O ar ambiente não deve conter menos de 18% de oxigênio.
- A concentração dos aerodispersóides deve se encontrar abaixo dos limites indicados pelos fabricantes.

A vida útil de uma peça semifacial filtrante de todas as classes de eficiência de filtragem está limitada por considerações como: higiene, dano ou resistência aumentada à respiração. Portanto, essas peças devem ser substituídas pelo usuário quando apresentarem danos, sujeiras ou causarem resistência respiratória perceptível, causando desconforto ao usuário.

As concentrações máximas para uso de peças semifaciais filtrantes contra aerodispersóides varia de acordo com o estilo da peça e o elemento filtrante que se utilize. Em geral, pode-se utilizar esses produtos em concentrações de até 10 vezes o limite de tolerância dos contaminantes.

Nestes respiradores, não se executa nenhum tipo de manutenção tais como: lavagem, higienização ou troca de peças, por serem todos eles descartáveis. Daí seu baixo custo.

Nomenclatura: As peças semifaciais filtrantes têm a seguinte nomenclatura, segundo o grau de penetração das concentrações de aerossóis:

- PFF1
- PFF2
- PFF3
- Letras S ou SL conforme sua capacidade de proteção contra partículas sólidas ou sólidas e líquidas, respectivamente.

A penetração máxima através do filtro da máscara descartável deve atender aos requisitos da tabela abaixo. No teste, o spray de uma solução aquosa de cloreto de sódio a 1% passa pelo objeto de teste, após o qual mede-se a penetração. A partícula oleosa tem seu teste feito com óleo de parafina:

Tipo/Classe	NaCl a 95 l/min	Óleo de Parafina a 95 l/min
PFF1	20%	-
PFF2	6%	2%
PFF3	3 %	1%

PFF1 – Geralmente indicada para proteção contra partículas não tóxicas tais como as minerais, pó de madeira, etc.

PFF2 – Geralmente indicada para proteção contra partículas tóxicas químicas finas.

PFF3 – Geralmente indicada para proteção contra partículas tóxicas químicas finíssimas.

### FILTROS DE BAIXA CAPACIDADE

Também são peças faciais filtrantes (descartáveis), mas dotados de camada de material que retém gases e vapores até concentrações de 50 ppm.

### PEÇAS SEMI FACIAIS

---

---

## APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”



### Exemplos de Peças Semi Faciais

**Definição:** A peça facial é parte de um equipamento de proteção respiratória, composta de uma cobertura das vias respiratórias, tirantes, válvulas, conectores e outros componentes que se fizerem necessários, exceto os filtros e cartuchos. Deve cobrir, no mínimo, o nariz e a boca, proporcionar vedação adequada sobre a face, estando a pele úmida ou seca e o usuário executando movimentos com a cabeça ou conversando. O ar entra na peça facial, passando diretamente para a área do nariz. O ar exalado flui diretamente para o ambiente atmosférico, através da válvula de exalação ou por outro meio apropriado. A peça semifacial cobre nariz e boca e se apóia sob o queixo.

Os filtros neste tipo de respirador podem ser do tipo de encaixe ou rosca, mecânicos, químicos ou combinados.

### PEÇAS FACIAIS INTEIRAS

**Definição:** É a peça facial que cobre a boca, o nariz e os olhos.

Sua construção inclui um visor que pode ser acrílico, policarbonato ou vidro triplex. Pode ou não possuir uma mascarilha interna cuja finalidade é reduzir o espaço morto dentro da peça e conduzir o ar expirado diretamente para a válvula de exalação, impedindo embaçamento do visor pela parte interna. Pode possuir uma membrana acústica que permite falar e ser ouvido, no caso de transmissão de ordens.

Os filtros deste tipo de respirador são do tipo rosca, mecânicos, químicos ou combinados.



# APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

Peça Facial Inteira modelo Star Air

Peça Semi Facial modelo Full Face

## FILTROS MECÂNICOS (Ingleses e Americanos chamam-nos simplesmente “Filters”)

São filtros destinados à retenção física de partículas de aerodispersóides em suspensão no ar, de uso rosqueados ou encaixados diretamente nas peças faciais, sejam elas semifaciais ou faciais inteiras.

Classificam-se, segundo sua penetração inicial máxima, em P1, P2 ou P3. As letras S ou SL agregam-se de acordo com sua capacidade de proteção contra partículas sólidas ou sólidas e líquidas, respectivamente.

As classes de filtros mecânicos são:

Classe do Filtro	Penetração inicial máxima de aerossol de ensaio (%)	
	Ensaio de NaCl 95 l/min	[Ensaio de óleo de parafina] 95 l/min
P1	20	-
P2	6	2
P3	0,05	0,01

Os filtros da classe P1 são indicados somente para partículas sólidas. Os de classe P2 e P3 são subdivididos de acordo com sua capacidade de remover partículas sólidas e líquidas (SL, aprovados nos ensaios com aerossol de cloreto de sódio e de óleo de parafina) ou somente sólidas (S, aprovados no ensaio com aerossol de cloreto de sódio).

A proteção proporcionada por um filtro de classe P2 e P3 compreende também a proteção fornecida pelo filtro correspondente de classe(es) inferior(es).

Limitações para o uso de filtros contra partículas:

- A concentração do oxigênio no ar deve ser inferior a 18% vol.
- A concentração das partículas aerodispersóides não deve superar aquela para o qual o filtro foi indicado
- Presença de gases ou vapores tóxicos

Substitui-se um filtro mecânico quando apresentar elevado grau de retenção, que origine resistência elevada à respiração do usuário, ou quando a inspeção visual denuncie filtro sujo ou acidentalmente danificado.

**AS 3000 FILTER**  
ELECTROSTATIC TREATED FILTER FOR REFILL CHANGE



Filtros Mecânicos utilizados em peças Semi Faciais e Faciais Inteiras

## FILTROS QUÍMICOS (Ingleses e Americanos chamam-nos “Cartridges” ou “Canisters”)

---

---

## **APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”**

A retenção de gases ou vapores contidos no ar, num filtro químico, exige que este seja produzido com um meio de retenção apropriado.

O carvão é o meio de remoção dos gases e vapores que se utiliza na fabricação dos filtros químicos. As propriedades adsorventes do carvão são conhecidas desde a Antigüidade. Utilizado durante muito tempo unicamente para filtrar água, ele foi introduzido no processo de purificação do açúcar a partir do Século XIII. No Século XVIII descobriu-se que o carvão possui a capacidade de eliminar os odores dos gases e de descolorir líquidos. Também nessa época se implantou o processo de ativação do carvão que multiplica por dez sua capacidade de adsorção.

A adsorção é um fenômeno físico ou químico no qual as moléculas presentes num líquido ou num gás se fixam na superfície de um corpo sólido. Por superfície entende-se Não somente a superfície exterior, mas também e, acima de tudo, a superfície interior do corpo sólido, quando sua natureza é porosa.

O fenômeno da adsorção provém da existência na superfície do sólido, de forças não compensadas de natureza física. Em algumas ocasiões, pode tratar-se também de forças químicas.

As forças físicas são chamadas eletrostáticas, forças de Van der Waals. A remoção do contaminante gasoso neste caso se dá por um fenômeno físico. As químicas se produzem devido a reações químicas de neutralização, onde o contaminante é retido porque reagiu quimicamente com o produto com o qual o carvão foi tratado, tendo sido então eliminado.

A identificação de um filtro químico normalmente se dá pela cor do seu rótulo ou etiqueta, ou às vezes por uma letra. O anexo I mostra dois critérios para reconhecimento de filtros químicos, segundo seus fabricantes.

Os filtros químicos podem ser parte integrante de Filtros de Baixa Capacidade (máscaras descartáveis), ou podem ser rosqueados ou encaixados diretamente nas peças faciais sejam elas semifaciais ou faciais inteiras.

---

---

## APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

A tabela abaixo mostra a máxima concentração de uso dos filtros químicos:

Classe do Filtro	Tipo	Concentração Máxima <sup>(B), (C)</sup> (ppm)	Tipo de peça facial compatível
Filtros de Baixa Capacidade:			
FBC-1	Vapor Orgânico <sup>(A)</sup> Gases Ácidos <sup>(A), (C)</sup>	50 50	Semifacial filtrante, quarto facial, semifacial
FBC-2	Vapor Orgânico <sup>(A)</sup> Cloro	1000 10	Semifacial, facial inteira ou conjunto bocal
1	Vapor Orgânico <sup>(A), (B), (C)</sup> Vapor Orgânico <sup>(A), (B), (C)</sup> Metilamina Gases Ácidos <sup>(A), (C)</sup> Ácido Clorídrico Cloro	1000 300 100 1000 50 10	Quarto facial, semifacial, facial inteira ou conjunto bocal
2	Vapor Orgânico <sup>(A), (B), (C)</sup> Amônia Gases Ácidos <sup>(A), (B)</sup>	5000 5000 5000	Facial Inteira
3	Vapor Orgânico <sup>(A), (B), (C)</sup> Amônia Gases Ácidos <sup>(A), (B)</sup>	10000 10000 10000	Facial Inteira

- (A) Não usar contra vapores orgânicos ou gases ácidos com fracas propriedades de alerta, ou que gerem alto calor de reação com o conteúdo do cartucho.
- (B) A concentração máxima de uso não pode ser superior à concentração IPVS (Imediatamente Perigosa à Vida e à Saúde)
- (C) Para alguns gases ácidos e vapores orgânicos, esta concentração máxima de uso pode ser mais baixa.

O momento em que o usuário deve substituir seu filtro químico é aquele em que ele passa a perceber o odor do contaminante. na grande maioria dos casos, o Limite de Percepção pelo Olfato de um gás está abaixo mesmo do seu Limite de Tolerância. Onde isto não se der, é vedado o uso de filtros químicos.

Outras restrições ao uso de filtros químicos:

- A concentração dos contaminantes deve seguir os critérios da tabela acima
- A concentração do oxigênio deve estar acima dos 18% em volume

### FILTROS COMBINADOS

Os filtros combinados são construídos como os químicos e mecânicos. Possuem no ingresso do ar o filtro mecânico e após este, o filtro químico. Sua identificação se dá pela inclusão de uma tarja branca no rótulo, o que indica ser filtro combinado. Ele pode agregar um filtro mecânico das classes P2 e P3 e também são rosqueados ou encaixados diretamente nas peças faciais, semifaciais ou inteiras.

### Lavagem e Desinfecção de Máscaras - Preliminares

A Norma americana OSHA 1910.134 indica que “os respiradores de uso rotineiro devem ser recolhidos, limpos e desinfetados com a frequência necessária para ter-se a certeza de que ofereçam a proteção adequada ...” e que os respiradores para uso em emergências “devem ser lavados e desinfetados após cada uso”.

Quando são utilizados de forma rotineira, os respiradores devem ser recolhidos diariamente para limpeza e inspeção. Quando são utilizados ocasionalmente, o período de troca poderá ser semanal ou mensal. Os usuários que forem responsáveis pela

## APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

manutenção dos seus próprios respiradores devem ser instruídos sobre a forma correta de lavá-los e desinfetá-los. Ainda que haja usuários que não são os responsáveis pela lavagem e desinfecção dos seus próprios respiradores, explicar-lhes como são lavados e desinfetados vai incentivá-los a aceitar seu respirador e assegurar-lhes que estão recebendo um equipamento limpo, desinfetado e mantido corretamente. Isto é particularmente importante quando eles não dispõem de um respirador exclusivo, de uso pessoal.

Quando cada um recebe seu próprio respirador de uso pessoal (uma prática altamente recomendável), os respiradores devem ser identificados de forma a assegurar ao usuário que ele receba sempre o mesmo equipamento. Esta prática aumenta a aceitação do uso do produto. Os marcadores de identificação não devem penetrar na peça facial nem bloquear o filtro, as partes do cartucho ou as válvulas de exalação.

Em empresas com um número relativamente pequeno de trabalhadores usuários de respiradores, ou onde estes limpem seus próprios respiradores, o procedimento de lavagem e desinfecção deve ser minuciosamente explicado aos usuários. Devem ser tomadas precauções para prevenir danos devidos ao manuseio durante estes procedimentos.

Em empresas com muitos usuários de respiradores, deve-se destinar um lugar especial para limpeza e manutenção de respiradores, cuja localização seja acessível, com equipamentos especializados e pessoal treinado em manutenção de respiradores. Ou então, como prática altamente recomendada, confiar este serviço a uma oficina especializada terceirizada autorizada pelo fabricante dos respiradores.

### O processo de lavagem e desinfecção (higienização) dos respiradores

**Lavagem:** pode ser executada de diversas formas. Se os respiradores forem limpos à mão, as peças devem ser lavadas com uma escova macia em água morna com temperatura máxima 43°C com um detergente neutro como sabão de coco ou outros. Nesta fase se removem resíduos como suor, poeiras e outros. Após essa operação, as peças são enxaguadas com água abundante para retirar todo excesso do detergente.

**Desinfecção:** A desinfecção pode ser executada utilizando-se imersão das peças por dois minutos numa das seguintes soluções:

- 1) Dissolva 2 ml (uma colher de sopa) de água sanitária comum por litro de água, num recipiente adequado para conter as peças a desinfetar. Esta solução conterá aproximadamente 50 ppm de Cloro.
- 2) Dissolva 0,8 ml (uma colher de sobremesa) de solução iodo encontrado em farmácias, por litro de água, num recipiente adequado para conter as peças. Esta solução conterá aproximadamente 50 ppm de Iodo.

*Os respiradores a serem utilizados pelas mesmas pessoas após a lavagem, não precisam ser desinfetados.*

Os respiradores já lavados e desinfetados devem ser enxaguados exaustivamente em água a uma temperatura máxima de 43° C para remover todos os resíduos de detergente e desinfetante. Isto é muito importante para evitar dermatites.

### Secagem

Pode-se deixar secar os respiradores ou suas partes num ambiente numa superfície limpa. Também podem ser pendurados horizontalmente num arame, mas deve-se ter o cuidado para não danificar ou distorcer as peças faciais. Outro método a ser empregado

é secar numa estufa elétrica com ventilador para circulação do ar e com bandejas de malha de aço em lugar de placas. Importante é ajustar a temperatura para um máximo de 43° C.

### Montagem após lavagem/desinfecção

As peças faciais limpas e desinfetadas devem então ser montadas e inspecionadas, substituindo-se as partes danificadas pelo uso. Se forem guardadas, devem ser embaladas individualmente em sacos plásticos e guardadas ao abrigo da luz solar, sujeiras ou outros agentes agressivos.

---

---

# APOSTILA “MÁSCARAS E FILTROS”

## ANEXO I

### COMPARATIVO ENTRE CRITÉRIOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE FILTROS CONTRA GASES, SEGUNDO SEUS FABRICANTES

CONTAMINANTES	CRITÉRIO 1 (Origem: Europa)	CRITÉRIO 2 (Origem: Estados Unidos)
Vapores Orgânicos	Marrom <b>A</b>	Preto
Gases Ácidos	Cinza <b>B</b>	Branco
Amônia	Verde <b>K</b>	Verde
Dióxido de Enxofre	Amarelo <b>E</b>	
Vapores Orgânicos+Gases Ácidos	Marrom/Cinza <b>A/B</b>	Amarelo
Gás Cianídrico	Cinza <b>B</b>	Branco c/faixa verde
Cloro	Cinza <b>B</b>	Branco c/faixa amarela
Gases Ácidos+Amônia	Marrom/Cinza/Verde/Amarelo <b>ABEK</b>	Verde c/faixa branca
Vapores Orgânicos+Gases Ácidos+Amônia+Dióxido de Enxofre	Marrom/Cinza/Verde/Amarelo <b>ABEK</b>	
Monóxido de Carbono	<b>Preto</b>	Azul
Gás Cianídrico+Cloropicrina	Cinza <b>B</b>	Amarelo c/faixa azul
Vapores Orgânicos+Gases Ácidos+Amônia	Marrom/Cinza/Verde/Amarelo <b>ABEK</b>	Café

#### BIBLIOGRAFIA

NIOSH Guide to the Selection and Use of Particulate Respirators Certified under 42 CFR part 84 - 1996

Protección Respiratoria – Un Manual y Guía – AIHA Press – Segunda Edición – 1993

Programa de Proteção Respiratória – Ministério do Trabalho – 1994

NBR's 12543, 13716, 13694, 13695, 13696, 13697, 13698 ABNT

Respiratory Protection Handbook, William Revoir e Ching-Tsen Bien, Lewis Publisher, 1997

Apostilas Air Safety Níveis 1 e 3 (Proteção Respiratória e Carvão Ativado) – 1996

Fotos dos equipamentos: cedidas pela Air Safety Ind. e Com. Ltda.

compilado por: João Antonio Munhoz

munhoz@freenet.de