

# FARBENE



## TRATADO DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA

Inclui Introdução à Detecção de Gases

Contatos com o autor: [joao\\_munhoz@farbene.com.br](mailto:joao_munhoz@farbene.com.br)

“Tudo é veneno; nada é veneno. Depende da quantidade”.  
(Paracelso, séc. XVI).

Ampliando o conceito:

“Tudo é veneno; nada é veneno. Depende da dose e do tempo  
de exposição”.  
(Engº André Lopes Netto, 2002)

“Ainda que os operários cubram seu rosto, absorvem pelo  
nariz e pela boca revolteantes átomos de gesso que penetram  
nas vias respiratórias e, misturados à linfa, se aglutinam em  
nódulos ou se incrustam nos sinuosos condutos pulmonares,  
interceptando a respiração”.  
(Bernardo Ramazzini em *As Doenças dos Trabalhadores*, 1700).

Agradecimentos:

O autor agradece ao Sistema Brasileiro de Proteção Respiratória – SBPR (Produtos Air Safety) a colaboração prestada, a permissão para utilização de fotos de seus equipamentos neste trabalho, o acesso às muitas informações recolhidas, e a impressão em formato livro deste trabalho, que resultaram num material de alto nível técnico. *Todas as marcas e modelos de equipamentos mencionados neste trabalho pertencem ao SBPR.*

Nossos agradecimentos, também, aos diversos alunos de nossos Cursos de Proteção Respiratória que, de boa vontade, concordaram em colocar os respiradores e permitiram ser fotografados usando os mesmos para ilustrar este trabalho.

## ÍNDICE

	PÁGINA
1ª Parte Introdução à Detecção de Gases	05
Capítulo I – Definições	05
Capítulo II – Classificação dos Gases Tóxicos	06
Capítulo III – Unidades de Medidas dos Gases	08
Capítulo IV – Toxicologia	09
Vias de absorção dos venenos	10
2ª Parte Proteção Respiratória	12
Capítulo V – A Respiração humana	12
O aparelho respiratório – Mecanismo da Respiração	13
Consumo de ar e Trabalho Realizado	14
Capítulo VI – Classificação dos Equipamentos de Proteção Respiratória	15
Peças Faciais	17
A – Peças Faciais de Ajuste Firme	17
B – Peças Faciais de Ajuste Solto	20
Fator de Proteção Atribuído	20
Capítulo VII – Ensaio de Vedação em Respiradores	21
Capítulo VIII – Treinamento dos Usuários	23
Capítulo IX – Equipamentos Dependentes	24
Respiradores Purificadores de Ar	24
Filtros Mecânicos	24
Peça Semifacial Filtrante (Respirador descartável)	25
Peça Semifacial Filtrante para Gases e Vapores	27
Filtros Mecânicos para Peças Faciais Não Descartáveis	29
Proteção Respiratória para área da saúde	
Considerações sobre Tuberculose	29
Filtros Químicos	30
Adsorção	32
Capítulo X – Carvões Ativos	33
Carvões Utilizados pelo SBPR	36
Códigos de Identificação de Filtros Químicos	37
Máxima Concentração de uso de Filtros Químicos	38
Definições de Ambientes I.P.V.S.	39
Nomenclatura de Filtros	41
Respiradores de Fuga	42
Vida de filtros respiratórios	45

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Capítulo XI – Equipamentos Independentes	46
Espaços Confinados	46
Equipamentos com Linha de Ar Comprimido	47
Filtros de Linha	48
Mangueiras	48
Arcosemi e Arcopan	49
Arconova e PAR 4000	50
Equipamento com Linha de Ar Comprimido dotado de Cilindro Auxiliar – CARLA	51
Equipamentos Autônomos de Ar Comprimido	54
Equipamento Autônomo para Inspeções Rápidas Rapid 15	63
Ensaio da Qualidade do Ar Comprimido	63
Capítulo XII – Inspeções, Manutenções e Check List para Respiradores	64
Considerações Finais	66
Bibliografia	66
Anexo 1 – Tabela com concentrações I.P.V.S.	67

## **1ª Parte**

# **INTRODUÇÃO À DETECÇÃO DE GASES**

### ***CAPÍTULO I – DEFINIÇÕES***

Gases e vapores, sob o ponto de vista dos efeitos no organismo humano e na explosividade são a mesma coisa. Conceitualmente, no entanto, podemos defini-los assim:

**GASES** – substâncias cujas moléculas se encontram dispersas pelo ar; têm mobilidade, pois se difundem e ocupam todo o espaço disponível. Em temperaturas e pressões ambientais usuais, encontram-se sempre no estado gasoso – somente poderão ser liquefeitas quando submetidas a altas pressões e baixas temperaturas. Os gases se armazenam em cilindros ou reservatórios especiais ou podem ser conduzidos através de tubulações apropriadas. São exemplos de gases: oxigênio, cloro, amônia, dióxido de enxofre, gás sulfídrico, nitrogênio, etc. Em qualquer situação, quando lidamos com gases, é grande a chance de termos vazamentos.

**VAPORES** – São moléculas dispersas pelo ar ambiente no estado gasoso, provenientes da evaporação de produtos que se encontram no estado líquido. Quanto maior a temperatura ambiente, maior será o índice de evaporação, conseqüentemente maior a concentração desses vapores no ar. Podem representar efeitos tóxicos ou explosivos semelhantes aos dos gases. São exemplos de vapores: solventes, álcoois, éteres, hidrocarbonetos (inclusive clorados). Uma das conseqüências principais da exposição prolongada a vapores como estes é que eles causam dependência física por terem odores agradáveis.

### **OUTRAS DEFINIÇÕES (AERODISPERSÓIDES)**

Os aerodispersóides são definidos como uma reunião de partículas, sólidas ou líquidas, suspensas em um meio gasoso pelo tempo suficiente para permitir a observação ou medição. O tamanho das partículas presentes em um aerodispersóide varia na faixa de 0,001 a 100 µm.

**Poeiras** - Partículas sólidas geradas mecanicamente por abrasões mecânicas tais como: manuseio, esmagamento, moagem, impactos rápidos, e detonação, de materiais orgânicos ou inorgânicos tais como rochas, minérios, metais, carvão, madeira, grãos, etc... . As poeiras não tendem a flocular, exceto sob força eletrostática; elas não se difundem no ar, mas se deslocam sob a ação da gravidade. São encontradas em dimensões que variam de 0,5 a 10 µm e geralmente têm formas irregulares.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

**Fumos** - Partículas sólidas geradas pela condensação a partir do estado gasoso, geralmente após volatilização de metais fundidos ou outros materiais e sempre acompanhadas por uma reação química como a oxidação. Os fumos flocculam e algumas vezes coalescem. São encontrados em dimensões entre 0,01 e 0,3  $\mu\text{m}$

**Névoas** - Gotículas de líquidos suspensas geradas pela condensação de substâncias do estado gasoso para o líquido, ou pela passagem do líquido para um estado disperso, como pela ação de spray, espumação e atomização. São de dimensões que variam entre 5 e 100  $\mu\text{m}$ .

**Organismos vivos** – Bactérias e vírus em suspensão no ar, com dimensões entre 0,001 e 15  $\mu\text{m}$ .

As partículas expressas em micron ( $\mu\text{m}$ ) são as mais importantes no estudo da proteção contra material particulado (aerodispersóides). As menores de 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro têm mais facilidade para penetrarem no sistema respiratório. As menores de 5  $\mu\text{m}$  são mais fáceis de alcançar os alvéolos pulmonares. Quando os pulmões são saudáveis, as partículas maiores de 5  $\mu\text{m}$  de diâmetro são expelidas pelo sistema respiratório pela constante ação de limpeza do epitélio ciliado do sistema respiratório superior. A eficiência desta ação pode, no entanto, ser consideravelmente inferior no caso de uma exposição excessiva a poeiras dos indivíduos com o sistema respiratório enfermo.

## ***CAPÍTULO II - CLASIFICAÇÃO DOS GASES***

### **1. IRRITANTES**

#### **1.1 Irritantes primários**

##### **1.1.1 De ação sobre as vias respiratórias superiores**

- Gás Clorídrico (HCl)
- Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Amônia ( $\text{NH}_3$ )
- Soda Cáustica (NaOH)
- Formaldeído ( $\text{CH}_2\text{O}$ )

##### **1.1.2 De ação sobre os brônquios**

- Anidrido Sulfuroso ( $\text{SO}_2$ )
- Cloro ( $\text{Cl}_2$ )

##### **1.1.3 De ação sobre os pulmões**

- Ozônio ( $\text{O}_3$ )
- Gases Nitrosos ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ), Hidrazina
- Fosgênio ( $\text{COCl}_2$ )

#### **1.2 Irritantes Atípicos**

- Acroleína (Aldeído Acrílico) ( $\text{CH}_2\text{CHCHO}$ )
- Gases Lacrimogêneos

1.3 Irritantes Secundários  
Gás Sulfídrico (H<sub>2</sub>S)

**2. ANESTÉSICOS**

2.1 Anestésicos Primários

Hidrocarbonetos alifáticos:

Butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)

Propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)

Eteno (Etileno) (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)

Éteres

Aldeídos (Formol, Acetaldeído, etc.).

Cetonas (Acetona, Metil Etil Cetona, etc.).

2.2 Anestésicos de efeitos sobre as vísceras

Hidrocarbonetos clorados:

Tetracloro de Carbono (CCl<sub>4</sub>)

Tricloretileno (CCl<sub>2</sub>=CHCl)

Perclloretileno (CCl<sub>2</sub>=CCl<sub>2</sub>), etc.

2.3 Anestésicos de ação sobre o sistema formador do sangue

Hidrocarbonetos aromáticos:

Benzeno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Tolueno (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>)

Xileno (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)

2.4 Anestésicos de ação sobre o sistema nervoso

Álcoois:

Álcool Metílico (CH<sub>3</sub>OH)

Álcool Eílico (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)

Ésteres de Ácidos Orgânicos (Acetatos de Etila e Metila, etc.).

Dissulfeto de Carbono (CS<sub>2</sub>)

2.5 Anestésicos de ação sobre o sangue e sistema circulatório

Nitrocompostos orgânicos:

Nitrotolueno (CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NO<sub>2</sub>)

Nitrito de Etila (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONO)

Nitrobenzeno (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub>)

Anilina (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>)

Toluidina (CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NH<sub>2</sub>)

### **3. ASFIXIANTES**

#### **3.1 Asfixiantes Simples**

Fisiologicamente inertes:

Hidrogênio (H<sub>2</sub>)

Nitrogênio (N<sub>2</sub>)

Hélio (He)

Anestésicos fracos:

Metano (CH<sub>4</sub>)

Etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)

Acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)

#### **3.2 Asfixiantes Químicos**

Monóxido de Carbono (CO)

Anilina (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>)

Gás Cianídrico (HCN)

## ***CAPÍTULO III - UNIDADES DE MEDIDAS DOS GASES E PARTÍCULAS***

Os instrumentos empregados na detecção de gases, vapores e material particulado fornecem resultados principalmente nas seguintes unidades de medida:

**ppm** – partes por milhão, ou seja, partes do poluente gasoso contidas em um milhão de partes do ar que se respira. É a unidade de medida utilizada quando se estuda a toxicidade dos contaminantes e a insalubridade dos locais. Os limites de tolerância dos gases são expressos em ppm, bem como o limiar de percepção de gases pelo olfato.

**% vol** – porcentual em volume, utilizada para exprimir grandes concentrações de gases, notadamente componentes de uma mistura, como por exemplo, os do ar que respiramos. 1% vol representa 10.000 ppm.

**mg/m<sup>3</sup>** – miligramas de contaminante por metro cúbico de ar respirado. Utiliza-se esta unidade em casos de presença de contaminantes particulados por metro cúbico de ar considerado.

Veja o exemplo adiante, que representa os componentes do ar respirável em % volume e em ppm, do qual apenas se retirou o teor de umidade:

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

<b>COMPONENTE</b>	<b>FÓRMULA</b>	<b>% EM VOLUME (ppm)</b>
Oxigênio	O <sub>2</sub>	20,93 (209.300)
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	78,10 (781.000)
Argônio	Ar	0,9325 (9.325)
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0,03 (300)
Hidrogênio	H <sub>2</sub>	0,01 (100)
Neônio	Ne	0,0018 (18)
Hélio	He	0,0005 (5)
Criptônio	Kr	0,0001 (1)
Xenônio	Xe	0,000009 (0,09)

### ***CAPÍTULO IV - TOXICOLOGIA***

#### **O QUE É UM TÓXICO?**

Este capítulo no Tratado chama a atenção para os perigos à saúde dos trabalhadores que entram em contato com produtos químicos tóxicos. Primeiro devemos decidir: o que é um tóxico? Os produtos químicos são tóxicos. Isto quer dizer que *qualquer* produto químico seja tóxico? Sob o risco de incentivarmos uma “fobia a produtos químicos” diríamos que sim; quase todo mundo concorda com essa afirmação. É comum perguntarmos aos participantes de nossos cursos nomes de produtos químicos que não sejam tóxicos. Sempre que a água está incluída nos exemplos, lembramos à classe que um jornal britânico noticiou o caso de um sujeito na Inglaterra que, acreditando que uma grande quantidade de água fosse boa para sua saúde, tomou tanta água que acabou morrendo devido à diluição da concentração de sais nos fluidos líquidos do seu organismo.

Se você parar de tomar água só por ter lido isto, você não entendeu muito bem a situação. As principais palavras nas frases acima foram: “tomou tanta água”. A água, normalmente, é um produto químico muito seguro porque as quantidades que tomamos estão muito abaixo dos níveis que poderiam ser prejudiciais. No entanto, alguns prazeres derivados de sentarmo-nos à mesa e degustarmos um bom prato num bom restaurante desapareceriam se pensássemos que todo alimento não passa de uma mistura de produtos químicos. Qualquer um destes produtos isoladamente ingeridos em excesso poderia ser perigoso, mas é pouco provável que algum deles pudesse causar algum dano com as quantidades ingeridas num simples jantar. Uma das maiores responsabilidades dos toxicologistas é determinar *qual nível* de exposição a um determinado produto químico pode causar algum dano e *qual nível* é seguro. Já compreendemos a importância da detecção de gases e partículas nos locais de trabalho.

## **VIAS DE ABSORÇÃO DE VENENOS**

No sentido fisiológico, um material é tido como absorvido somente quando ele tenha ganhado entrada na corrente sangüínea e conseqüentemente tenha sido carregado para todas as partes do corpo. Algo que foi engolido e que é posteriormente excretado, mais ou menos sem mudanças, nas fezes, não foi necessariamente absorvido, mesmo que possa ter permanecido no sistema gastrointestinal por horas ou mesmo dias. A Toxicologia Industrial refere-se primeiramente a três rotas de absorção ou portas de entrada que os materiais podem utilizar para atingir a corrente sangüínea: a pele, o trato gastrointestinal e os pulmões.

**Absorção através da Pele.** Antes da introdução de métodos modernos de tratamento da sífilis, uma parte do padrão de terapia consistia no tratamento com mercúrio. A efetividade dependia do fato que certas formas de mercúrio podem ser absorvidas através da pele intacta. Agora é reconhecido que absorção pela pele pode ser um fator significativo em envenenamento ocupacional por mercúrio, bem como, um número de outras doenças industriais. No caso de metais além do mercúrio, entretanto, a entrada através da pele é relativamente sem importância, exceto para alguns compostos organometálicos, como chumbo tetraetila.

A Absorção pela Pele tem como sua maior importância a relação com solventes orgânicos. É geralmente fato reconhecido que quantidades significantes destes compostos podem entrar no sangue através da pele tanto como resultado de contaminação direta acidental ou quando o material tenha sido espirrado sobre as roupas. Uma fonte adicional de exposição é encontrada na prática muito comum de usar solventes industriais para remoção de graxas e sujeira das mãos e dos braços, em outras palavras, para propósitos de limpeza. Este procedimento, incidentalmente, é uma grande fonte de dermatites.

**Absorção Gastrointestinal.** O simples fato de que algo tenha sido colocado na boca e engolido, não significa necessariamente que tenha sido absorvido. Naturalmente quanto menos solúvel o material for, menor é a possibilidade de absorção. Era comum no passado a prática de atribuir certos casos de envenenamento ocupacional a hábitos sem higiene por parte da vítima, particularmente falta de lavagem das mãos antes de alimentar-se. Não há dúvidas de que alguns materiais tóxicos, utilizados na indústria, podem ser absorvidos através do trato intestinal, mas é agora genericamente acreditado que com certas exceções esta rota de entrada é de menor importância. Um caso ocorrido no Brasil há alguns anos, em Franca (SP) teve como rota de penetração de um agente tóxico (chumbo) o trato gastrointestinal. Foi constatado que as vítimas, algumas fatais, colocavam pregos para sapatos nos lábios, estando desta maneira ingerindo quantidades muito elevadas de chumbo que se encontrava presente nos pregos. Ingestão acidental de quantidades perigosas de compostos venenosos em uma única dose tem também sido registrada nos últimos anos. De maneira geral, pode ser dito que a absorção intestinal de venenos industriais é de menor importância e que a teoria de envenenamento das “mãos sujas” tem sido desacreditada.

**Absorção através dos pulmões. A inalação de ar contaminado é de longe o mais importante meio pelo qual os venenos ocupacionais ganham entrada no corpo.** E com isso fica evidenciada a importância da Proteção Respiratória. É seguro estimar que pelo menos 90% de todo envenenamento industrial (excluindo dermatites) pode ser atribuído à absorção através dos pulmões. Substâncias perigosas podem estar suspensas no ar na forma de pós, fumos, névoas ou vapores, e podem estar misturadas com o ar respirável no caso de verdadeiros gases. Desde que um indivíduo, sob condições de exercício moderado irá respirar cerca de 10 metros cúbicos de ar no curso normal de 8 horas de trabalho diário, é prontamente entendido que qualquer material venenoso presente no ar respirável oferece uma séria ameaça.

Felizmente, todos os materiais estranhos que são inalados não são necessariamente absorvidos pelo sangue. Uma certa quantidade, particularmente a que está num estado muito bem dividido, será imediatamente exalada. Outra porção do material particulado respirado é captada pela mucosa que se localiza na passagem do ar (traquéia) e é subseqüentemente expelida junto com o muco.

Ligado a isso, é necessário ser mencionado que algum muco pode ser, consciente ou inconscientemente, engolido, desta maneira aumentando a oportunidade para absorção intestinal.

Outras partículas são captadas por algumas células que podem entrar na corrente sangüínea ou serem depositadas em vários tecidos ou órgãos. Gases verdadeiros irão passar diretamente pelos pulmões até o sangue, da mesma maneira como o oxigênio no ar inspirado. Por causa do fato de que a grande maioria dos venenos industriais conhecidos pode a um certo tempo estar presente como contaminantes atmosféricos e verdadeiramente constituir uma ameaça potencial à saúde, programas diretamente relacionados à prevenção de envenenamento ocupacional, geralmente dão mais ênfase à ventilação para redução do perigo.

## **2ª Parte**

# **PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA**

### ***CAPÍTULO V - A RESPIRAÇÃO HUMANA***

O corpo humano é comparável a uma indústria química completa, tantas são as transformações que nele se processam. A energia química armazenada nos alimentos é transformada, após uma longa cadeia de reações, em energia cinética e energia térmica.

Esta cadeia de reações sempre termina com uma reação típica de combustão, ou seja, a combinação de algum hidrocarboneto com oxigênio, resultando daí dióxido de carbono, vapor de água e energia.

Esta é a reação de combustão da glicose:



O meio de transporte que leva oxigênio a todas as células do nosso organismo é o sangue. A tarefa de transportá-lo através do corpo é uma das funções do aparelho circulatório, bem como recolher o produto da reação, o dióxido de carbono, e levá-lo até os pulmões para que seja expelido no ar expirado.

O oxigênio é o único componente do ar respirável vital à nossa sobrevivência. Nosso organismo adaptou-se ao longo de milhões de anos à composição do ar que já vimos. A presença de qualquer gás ou aerodispersóide no ar que se respira vai causar uma perturbação no organismo humano que variará conforme parâmetros como: características do contaminante, concentração, tempo de exposição, esforço físico despendido no trabalho, etc. Respirar uma concentração reduzida de oxigênio também poderá causar distúrbios ao organismo.

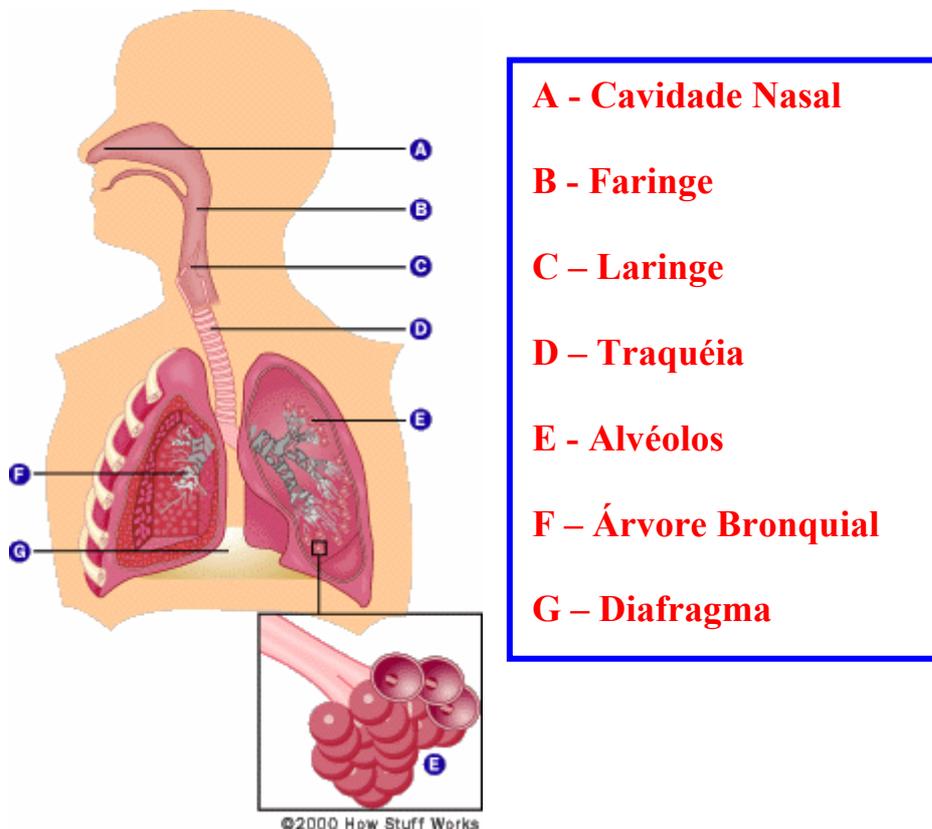
Podemos considerar, portanto, que o “ar respirável”:

1. Deve conter, no mínimo, 19,5 % vol. de oxigênio,
2. Deve estar livre de substâncias prejudiciais à saúde que, através da respiração, possam ser inaladas e causarem distúrbios no organismo ou envenenamentos,
3. Deve se encontrar no estado apropriado para a respiração, isto é, ter pressão e temperatura que, em hipótese alguma, possam levar a queimaduras ou congelamentos,
4. Não deve contar qualquer substância que o torne desagradável (cheiros, sabores, etc.).

## **O APARELHO RESPIRATÓRIO – MECANISMO DA RESPIRAÇÃO**

A respiração humana é um processo complexo, onde muitas variáveis apresentam características importantes. O caminho que as partículas de poeira percorrem no sistema respiratório é constituído pelo nariz, boca, faringe, laringe, árvore traqueobronquial e alvéolos pulmonares. Portanto, os principais elementos do aparelho respiratório são:

- Vias aéreas superiores (nariz e boca)
- Laringe
- Faringe
- Traquéia
- Pulmões, onde se localizam brônquios, bronquíolos e alvéolos pulmonares



Os pulmões se localizam na caixa torácica e a preenchem quase que totalmente. Cada pulmão tem a forma de um cone irregular, com cerca de 25 cm de altura.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Os brônquios penetram nos pulmões e ali se ramificam. Cada ramo penetra num lobo e em seu interior volta a se ramificar de modo a estabelecer ligações independentes com os diversos segmentos que compõem cada lobo.

Dentro dos segmentos, os bronquíolos continuam a se ramificar, até formarem os diminutos bronquíolos respiratórios, dos quais provêm os condutos alveolares. Estes se abrem em dilatações chamadas sáculos alveolares que, por sua vez, se abrem em alvéolos pulmonares. Uma pessoa adulta pode ter aproximadamente 700 milhões destes alvéolos.

É nos alvéolos pulmonares que se dá a troca gasosa. Nesse setor, o oxigênio do ar inalado se une à hemoglobina do sangue e por esta é transportado às células. Aqui também o gás carbônico produto da reação começa a ser transportado para ser eliminado depois.

Quando uma partícula de aerodispersóide consegue chegar até o alvéolo, ela simplesmente lá se aloja para sempre, inutilizando sua capacidade de troca gasosa. Quanto mais alvéolos estiverem assim inutilizados, maiores as evidências de doenças pulmonares, de acordo com o tipo de contaminante. Durante o processo respiratório, os gases presentes no ar que se respira, por sua vez, também podem produzir efeitos mais ou menos severos, agudos ou crônicos, conforme sua natureza.

### **CONSUMO DE AR E TRABALHO REALIZADO**

A demanda de ar respirável pelo homem não é uma constante: ela depende do tipo de trabalho realizado (esforço físico), idade, estado físico do indivíduo, estado emocional, etc.

A referência-padrão para o consumo de ar pelo corpo é o Volume Respirado por Minuto. A tabela a seguir, foi baseada em publicação do “U.S. Navy Diving Manual”:

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

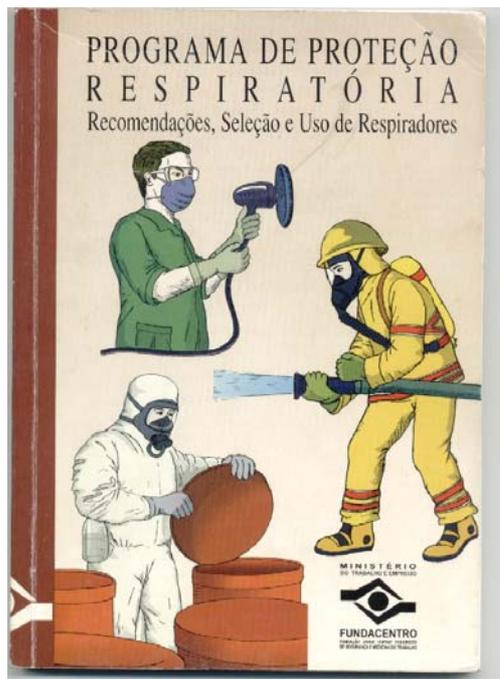
<b>ATIVIDADE</b>	<b>TRABALHO</b>	<b>CONSUMO DE OXIGÊNIO (l/min)</b>	<b>VOLUME RESPIRATÓRIO (l/min)</b>	<b>RENDIMENTO (Watt)</b>
Descansando	Deitado	0,25	6	-
	Sentado	0,30	7	-
	Em pé	0,40	9	-
Trabalho Leve	Andando a 3,2 km/h	0,70	16	30
	Nadando devagar a 0,9 km/h	0,80	18	40
Trabalho Médio	Andando a 6,5 km/h	1,20	27	80
	Nadando a 1,6 km/h	1,40	30	95
Trabalho Pesado	Nadando a 1,85 km/h	1,80	40	130
	Pedalando a 21 km/h	1,85	45	140
	Correndo a 12 km/h	2,00	50	145
Trabalho Pesadíssimo	Nadando a 2,2 km/h	2,50	60	185
	Correndo a 15 km/h	2,60	65	200
	Subindo 100 degraus/min	3,20	80	250
	Correndo Morro acima	4,00	95	290

***CAPÍTULO VI - CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA***

A Instrução Normativa nº 1 do Ministério do Trabalho em Emprego, de 11 de abril de 1994 apresentou o “Programa de Proteção Respiratória” com recomendações de seleção e uso dos equipamentos de proteção respiratória. Lá se encontram as práticas aceitáveis para usuários de respiradores, com informações e orientações sobre o modo apropriado de selecionar, usar e cuidar dos equipamentos, além de conter os requisitos para o estabelecimento e melhoria de um Programa de Proteção Respiratória.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---



*CAPA DO PPR – PROGRAMA DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA DO  
MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 01  
DE 11/04/1994*

Esta publicação, que deve sempre estar ao lado do profissional de segurança do trabalho para consulta, esteve à venda na Fundacentro. Na época da presente revisão deste Tratado, foi divulgada a forma de obter, sem custo, este Programa. Pode ser baixado no site [www.fundacentro.gov.br](http://www.fundacentro.gov.br) sob o título “tratadodeprotecaorespiratoria.pdf”.

Também será útil ao profissional de segurança que queira executar o Programa de Proteção Respiratória em sua empresa, consultar e inteirar-se dos procedimentos de elaboração adotados em outros países para, então, adotar conduta mais completa e adequada.

A finalidade básica de qualquer respirador é, simplesmente, proteger o sistema respiratório da inalação de substâncias tóxicas. Os respiradores oferecem proteção de duas formas: ou removendo o contaminante do ar antes que ele seja inalado ou suprindo ar respirável de uma fonte independente de abastecimento. A classificação principal dos tipos de respiradores está baseada nessas categorias.

Um respirador que remove os contaminantes do ar é chamado respirador purificador de ar. Um que forneça ar de uma fonte externa é chamado respirador supridor de ar ou respirador com linha de ar. Ambos os tipos podem ser subclassificados pelo tipo de cobertura das vias aéreas e pelo modo de operação.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Para facilidade de estudo, podemos classificar os equipamentos de proteção respiratória em:

**DEPENDENTES:** sua utilização depende das condições do ambiente onde o usuário vai desempenhar suas tarefas tais como: concentração dos contaminantes e concentração do oxigênio no ar. São exemplos clássicos desta família os equipamentos purificadores de ar (respiradores com filtros).

**INDEPENDENTES:** a utilização destes equipamentos independe das condições reinantes no ambiente onde eles serão utilizados, pois os usuários respiram um ar purificado, através de mangueiras de ar ou dos equipamentos autônomos de ar comprimido ou oxigênio.

### **PEÇAS FACIAIS**

Antes do estudo da Proteção Respiratória propriamente dito, vejamos os tipos de peças faciais que podemos empregar, pois muitas delas são utilizadas na construção de vários tipos de equipamentos de proteção respiratória. Tomaremos como exemplos, na maioria dos casos, aqui e em outros capítulos deste Tratado, os equipamentos produzidos pelo SBPR.

Poderemos dividir o estudo das peças faciais em:

#### **A - Peças Faciais de Ajuste Firme ao rosto do usuário**

**Peças Bocais** – geralmente utilizadas em respiradores de fuga, tendo dispositivo envolvido pelos lábios do usuário, dotado de filtros, indicados para uso em situações de fuga quando houver escape de gases tóxicos. Após o uso, o filtro é descartado, sendo o restante aproveitado após lavagem, higienização e reposição de filtro e lacres. São de uso por tempo limitado, apenas nas situações de auto-salvamento. O ajuste firme neste caso não se refere à vedação ao rosto.



Peça Bucal (usada em respirador de fuga com filtro)

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

**Peças Quarto Faciais** – peças faciais que cobrem a boca, o nariz e se apóiam **sobre o queixo**. São destinadas quase que exclusivamente para uso com filtros contra aerodispersóides.



Respirador com peça Quarto Facial

**Peças Semifaciais** – peças faciais que cobrem a boca, o nariz e se apóiam **sob o queixo**. Podem ser empregadas na construção de respiradores com filtros e respiradores com linha de ar. Podem sofrer manutenção, limpeza e higienização, substituindo-se as peças gastas por outras novas. Também os respiradores descartáveis se enquadram nesta definição, sendo peças faciais filtrantes, onde o próprio meio filtrante é usado para fabricação do respirador. Por serem descartáveis, não são passíveis de manutenção. Incluem os respiradores descartáveis.

O SBPR, por exemplo, oferece ao mercado quatro modelos de respiradores semifaciais para escolha direta do usuário ou profissional de segurança. São eles a Air Tox I, a Air Tox II, a Verna e a Air San.



Respiradores com Peças Semifaciais

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Os modelos de respiradores semifaciais oferecem excelente vedação ao rosto do usuário, adaptando-se facilmente a praticamente todos os tipos de rostos. A tecnologia que se adota na fabricação de respiradores purificadores de ar (respiradores que utilizam filtros) determina seu visual: *européia*, com apenas 1 filtro posicionado frontalmente, o que se constitui numa solução que oferece conforto ao usuário, e *americana*, com respiradores de 2 filtros, mais pesados e com maior restrição de movimentos da cabeça.

A escolha do respirador deve recair naquele modelo que ofereça o maior conforto ao usuário e vedação perfeita, reconhecidos após execução dos Ensaio de Vedação de que tratam os diversos PPR existentes no mundo.

A troca dos filtros é fácil e todos os componentes dos respiradores podem ser também facilmente substituídos.

**Peças faciais inteiras** – peças faciais que cobrem boca, nariz e olhos. Por protegerem os olhos, essas peças faciais são dotadas de um visor, apresentando também outras características que as tornam as peças faciais que melhor vedação e conforto oferecem aos usuários, como: dupla vedação labial, cinco pontos de fixação, mascarilha interna, alça para transporte e membrana acústica, que permite comunicação entre os usuários. Essas peças faciais inteiras podem ser utilizadas com filtros, com respiradores com linha de ar e nas máscaras autônomas de ar comprimido. Neste caso pode ser necessária uma adaptação para correção da visão do usuário. Igualmente neste caso, os respiradores podem facilmente sofrer manutenção e substituição de peças de reposição.

Modelos de peças faciais inteiras eficientes: a Full Face e a Star Air.



Modelo Full Face corpo preto



Modelo Star Air



Modelo Full Face corpo amarelo  
já com um filtro instalado

## **B - Peças Faciais de Ajuste Solto no rosto do usuário**

Capuzes e Capacetes, não abordados neste Tratado. São projetados para oferecer uma vedação parcial ao rosto do usuário, não cobrem pescoço e ombros e podem ou não oferecer proteção à cabeça. Basicamente só oferecem proteção contra partículas. Aqui se incluem os respiradores motorizados

### **FATOR DE PROTEÇÃO ATRIBUÍDO**

É a mínima proteção respiratória *que se espera* de uma certa classe de respiradores.

Alguns exemplos:

<b>Tipo de respirador</b>	<b>Peça Semifacial</b>	<b>Peça Facial Inteira</b>
Purificador de ar (uso com filtros)	10	100
Uso com Linha de Ar		
- sem pressão positiva	10	100
- com pressão positiva	50	1000
- de fluxo contínuo	50	1000
Máscara Autônoma		
- com pressão positiva	N/A	10.000 (nem todos os usuários alcançam este nível)

### **De onde se tirou o conceito de Fatores de Proteção para os respiradores?**

O U. S. Bureau of Mine, dos Estados Unidos, refere-se ao termo “fator de descontaminação” nos seus primeiros estudos em 1965 e o definia como sendo “a relação entre a concentração de poeiras, fumos ou névoas presentes na atmosfera e a concentração deles dentro da peça facial que está sendo usada”. Em 1975, o OSHA e o NIOSH desenvolveram conjuntamente uma Decisão Lógica sobre

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

Respiradores e que depois foi atualizada em 1987. Os Laboratórios Nacionais de Los Alamos desenvolveram um conjunto de fatores de proteção baseados em ensaios de laboratório com respiradores dentro de câmaras especiais assim como durante os ensaios de vedação. Em época mais recente ainda, os FPA envolveram estudos mais abrangentes.

### ***CAPÍTULO VII - ENSAIOS DE VEDAÇÃO DE RESPIRADORES***

É o uso de um agente de teste para determinar a habilidade individual de se obter no usuário uma vedação adequada quando utilizando um respirador especificado. Os Programas de Proteção Respiratória de diversos países exigem que cada trabalhador que utilize um respirador de ajuste firme seja submetido a ensaio de vedação para determinar se está utilizando um respirador adequado. Estes ensaios são também conhecidos como “Fit Testing”. É através da realização destes ensaios que podemos garantir a boa vedação dos respiradores no rosto dos usuários. Nem todos os respiradores têm vedação perfeita a todos os rostos dos usuários, daí a necessidade de se manter em estoque mais de um tipo de respirador para oferecer o melhor deles ao usuário, levando em conta inclusive sua preferência pessoal.

Fatores que podem prejudicar a boa vedação de um respirador:

- Pelos faciais tais como barbas, bigodes, costeletas, etc.
- Osso zigomático muito protuberante
- Face muito delgada
- Cicatrizes faciais
- Óculos
- Maquiagem em excesso
- Dentaduras

Com que frequência se executa um ensaio de vedação?

- Antes do uso inicial do respirador
- Após isso, pelo menos uma vez ao ano
- Sempre que o usuário reportar ou de alguma forma for observado que o usuário tenha sofrido mudanças físicas que poderiam afetar a vedação. Tais condições incluem, mas não se limitam a: alterações nas arcadas dentárias, cirurgias faciais ou alterações visíveis no peso corporal.

#### **Tipos de Ensaio de vedação**

##### **Qualitativos:**

- Aerossol de Sacarina
- Bitrex (sabor amargo)
- Acetato de Isoamila (Óleo de Banana)
- Fumos irritantes



*Ensaio de Vedação com Spray de Sacarina*



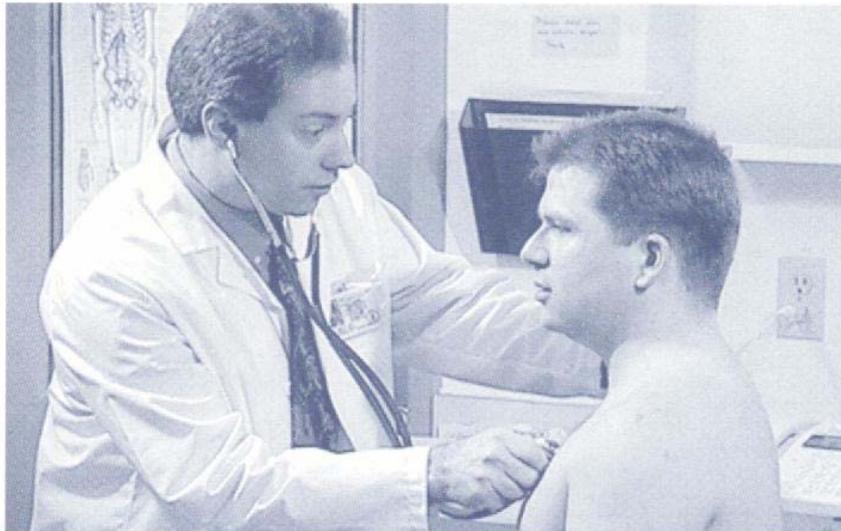
Ensaio de Vedação em Câmara de Óleo de Banana  
(não aplicável a respiradores descartáveis)

### **Quantitativos:**

Requerem instrumentação especial:

- Geração de Aerossol
- Aerossol Ambiental
- Pressão Negativa Controlada

**Importante:** também é indispensável uma avaliação médica do usuário para determinar se o mesmo está apto para utilizar qualquer tipo de respirador para desempenho de suas tarefas em ambientes contaminados. Há fatores que podem **restringir** a utilização dos respiradores, tais como: doenças pulmonares moderadas, hipertensão moderada, histórico de doenças cardíacas isquêmicas, portadores insulino-dependentes de diabetes, certas doenças de pele como pseudo foliculite barbae. As condições que podem **contra-indicar** o uso de respiradores podem ser: doenças pulmonares graves, doenças cardíacas graves, hipertensão incontrolável, claustrofobia, anomalias faciais e problemas músculo-esqueléticos que interfiram no uso.



*Lembre-se que a avaliação do médico é importante para determinar se o funcionário está em condições de utilizar um respirador, qualquer que seja o modelo.*

## ***CAPÍTULO VIII – TREINAMENTO DOS USUÁRIOS***

Sempre é conveniente lembrar que o TREINAMENTO dos usuários de qualquer equipamento de proteção respiratória é procedimento indispensável porque eles necessitam de todas as informações disponíveis para que possam utilizar seus equipamentos, reconhecendo e reportando ao seu supervisor qualquer anomalia encontrada.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Todo fabricante deve oferecer aos seus consumidores e usuários finais um completo treinamento para o bom uso dos equipamentos que fabrica.

Dos técnicos de segurança espera-se uma supervisão direta dos usuários dos equipamentos, devendo ter um mínimo de conhecimento dos mesmos.

Um treinamento em proteção respiratória para os profissionais de segurança inclui:

- Práticas básicas em Proteção Respiratória
- Conhecimentos de seleção e uso de equipamentos para proteção dos empregados contra qualquer risco aos quais eles possam estar expostos.
- Conhecimento da natureza e abrangência dos riscos aos quais os trabalhadores estão expostos.
- Operação de toda a estrutura completa do Programa de Proteção Respiratória da sua empresa
- Treinamento e reciclagem em técnicas de respiradores.



*Treinamento constante prepara os usuários  
para ação imediata quando necessário*

## ***CAPÍTULO IX - EQUIPAMENTOS DEPENDENTES***

### **RESPIRADORES PURIFICADORES DE AR**

#### **FILTROS MECÂNICOS**

Os filtros mecânicos são destinados à proteção respiratória de usuários desempenhando suas funções em ambientes contendo material particulado no ar que respiram. Como material particulado, os aerodispersóides, entendem-se não somente os produtos sólidos, mas também as névoas, fumos, vapores metálicos, etc.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

**Peça Facial Filtrante – PFF (o mesmo que máscara descartável)**

A Norma Brasileira NBR 13698 Peça Semifacial Filtrante para Partículas classifica os respiradores descartáveis em três classes de proteção, PFF1, PFF2 e PFF3, segundo ensaios de penetração de cloreto de sódio e/ou óleo de parafina, executados em equipamentos especiais em laboratório. E segundo a nova norma europeia EN 149:2001, a tabela adiante fornece os dados de penetração inicial dos aerossóis de ensaio:

Tipo/Classe de Proteção	Penetração de Solução de NaCl a 95 l/min	Penetração de névoa de óleo de parafina a 95 l/min
PFF1	Máx. 20%	Máx. 20%
PFF2	Máx. 6%	Máx. 2%
PFF3	Máx. 1%	Máx. 1%

Os respiradores descartáveis do SBPR constituem a linha Mask Face e são fornecidos nas 3 classes de proteção mencionadas. São embalados individualmente para melhor proteção contra poeiras durante o armazenamento e facilidade de colocação.

Todas as Mask Faces são de formato flexível, de boa vedação ao rosto dos usuários, possuem pinça nasal moldável e duplos tirantes.



Peças Faciais Filtrantes com e sem válvula de exalação – também compatíveis com uso simultâneo de óculos

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

De forma geral, tendo sido projetadas como descartáveis e, portanto dispensando qualquer tipo de manutenção, as peças faciais filtrantes foram previstas para serem utilizadas durante no máximo uma jornada de trabalho, sendo descartadas depois e substituídas por outras novas. De qualquer forma, o momento em que deveremos substituir uma peça facial filtrante ou um cartucho filtrante contra aerodispersóides é determinado por um ou mais dos seguintes eventos:

- o respirador apresenta visível sinal de impregnação do aerodispersóide ou se apresenta molhado,
- o respirador apresenta sinais de danos,
- o respirador oferece uma resistência à respiração maior do que quando era novo,
- o usuário percebe sabor do contaminante.

Os modelos Mask Face são produzidos com ou sem válvula de exalação. Os modelos com válvula de exalação são destinados ao uso em ambientes de temperaturas muito elevadas, que ocasionam suor abundante no usuário. As vantagens dos respiradores Mask Face são: flexibilidade, construídos em camadas que não fissuram quando o respirador é dobrado, perfeita vedação ao rosto do usuário.

Como todos os respiradores, estes também têm limitações no uso, que são:

- a concentração do oxigênio no local de uso deve ser de, no mínimo 19,5% em volume. Portanto exclui-se o uso de quaisquer respiradores purificadores de ar em espaços confinados
- o ambiente não pode conter qualquer concentração de gases tóxicos porque estes passariam direto pelo filtro.
- a concentração dos aerodispersóides não pode ser maior do que 10 vezes seu limite de tolerância.

Já podemos entender que um levantamento ambiental nos locais de trabalho, com manutenção de registros e repetição quando necessário, é fundamental para se estabelecer um Programa de Proteção Respiratória.

Aplicação: em geral, podemos recomendar uma Peça Facial Filtrante PFF1 para proteção contra partículas sólidas de diâmetro grande tais como pó de metais, madeira, carvão, pedras, etc. Um respirador da classe PFF2 pode ser utilizado contra aerodispersóides de produtos químicos, névoas e fumos. Já um PFF3 deve ser empregado em ambientes contendo poeiras radiativas e poeiras finíssimas, sendo esses ambientes reconhecidos pela baixa velocidade de queda das partículas. Quando se adota o uso destes respiradores pela primeira vez, quando o usuário retirar o mesmo após sua jornada de trabalho, é importante observar o

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

interior da peça, se não houve visível passagem do contaminante ou outro dano. Corrige-se o problema, se houver, adotando um respirador de classe superior ou mostrando ao usuário a forma correta de colocação.

Aliás, nunca é demais repetir que o **treinamento do usuário** quanto ao uso e cuidados com seus respiradores, sejam eles de que tipos forem, é fator fundamental na sua proteção. O SBPR oferece cursos de proteção respiratória, manutenção e treinamentos no seu Centro de Treinamento ou na empresa usuária para complementar o trabalho do profissional de segurança do trabalho neste aspecto.

### **Peça Semifacial Filtrante para gases e vapores**

Se, no ambiente de trabalho, encontrarem-se gases ou vapores, uma peça semifacial filtrante que proteja apenas contra aerodispersóides não oferecerá proteção. Nestes casos, o SBPR oferece um respirador que contém uma camada adicional de um material impregnado com carvão ativo. É essa camada extra a responsável pela adsorção dos gases e vapores presentes no ambiente, além da camada que retém os aerodispersóides, pois esses respiradores são do tipo combinado.

Dessa forma, o programa Air Safety inclui os seguintes respiradores:

Respirador	Proteção contra aerodispersóides classe P2, mais:
Mask Face FBC-1 VO PFF2	Vapores Orgânicos, solventes de uma forma geral
Mask Face FBC-1 GA PFF2	Gases Ácidos
Mask Face FBC-1 HF PFF2	Gás Fluorídrico
Mask Face FBC-1 AB PFF2	Vapores Orgânicos + Gases Ácidos

Sendo peças faciais filtrantes produzidas com filtros contra gases e vapores de baixa capacidade de adsorção, elas se enquadram, segundo a norma NBR 13696 na classe FBC-1 e a sua limitação de uso, além das já citadas para os respiradores contra aerodispersóides, é a concentração máxima de 50 ppm do contaminante.

O usuário perceberá a saturação da camada de carvão ativo quando sentir o cheiro ou o sabor do contaminante através do respirador, indicando assim a necessidade imediata de substituição do respirador. Ou então perceberá um acréscimo na resistência respiratória, indicando que o filtro contra aerodispersóides já saturou, o que também determinará a substituição do respirador.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Os gases e vapores sem ou com fracas propriedades de alerta como o cheiro, fazem com que não se recomende o uso de filtros, pois o usuário perde uma das suas principais armas para reconhecer o momento da troca.

A ilusão da proteção de máscaras tipo cirúrgico

Estas máscaras apenas protegem os objetos com que o usuário está trabalhando, mas não são equipamentos de proteção individual. Nem oferecem vedação perfeita, nem seu material retém qualquer contaminante. Veja a figura abaixo e identifique o respirador não adequado, além da má colocação de um deles:



Na foto abaixo, você pode identificar de que forma poderemos melhorar a vedação do respirador?



Se você concluiu que o tirante superior deveria estar posicionado mais acima na cabeça do usuário, acertou !

## **FILTROS MECÂNICOS PARA PEÇAS FACIAIS NÃO DESCARTÁVEIS**

A classificação dos filtros mecânicos para respiradores não descartáveis segue a Norma Brasileira NBR 13697 e neste caso eles se classificam em P1, P2 e P3, segundo a penetração inicial máxima em ensaios com solução de cloreto de sódio e/ou óleo de parafina. Veja a tabela adiante:

Classe do Filtro	Penetração de Solução de NaCl a 95 l/min	Penetração de névoa de óleo de parafina a 95 l/min
P1	Máx. 20%	-
P2	Máx. 6%	Máx. 2%
P3	Máx. 0,05%	Máx. 0,01%

A série de filtros mecânicos do SBPR para os respiradores não descartáveis é a seguinte:

- a) – Filtros mecânicos da classe P2 para respiradores Air Tox I:
- b) – Filtros mecânicos da classe P2 para respiradores Air Tox II:
- c) – Filtros mecânicos da classe P2 para respiradores Verna
- d) – Filtros mecânicos da classe P2 para respiradores Air San

Todos esses filtros, de fabricação nacional do SBPR, são produzidos com mantas que receberam tratamento eletrostático, aumentando assim sua eficiência de retenção de aerodispersóides.

As limitações no uso dos filtros para estes respiradores são as mesmas já mencionadas para as peças faciais filtrantes.

### **Considerações especiais sobre o uso de respiradores por pessoal da área de saúde na proteção contra o Bacilo de Koch (Tuberculose)**

A fim de prevenir a transmissão de TB, em 1996 o OSHA revisou antigos regulamentos do CDC americano (Centro de Controle de Doenças).

Se sua área de atuação abrange tratamento com pessoas com TB, você deverá desenvolver na área, para o controle da exposição:

- 1) Listagem de classificação de cargos com exposição potencial
- 2) Listagem de tarefas profissionais e procedimentos adotados pelos empregados
- 3) Plano escrito de controle de exposição

E para o seu programa de Proteção Respiratória específico, distribuir respiradores com filtros mecânicos da classe P2 a empregados que:

- 1) Precisam entrar em salas de isolamento
- 2) Precisam desempenhar tarefas e procedimentos para indivíduos com infecção por TB, suspeita ou confirmada, e que não estejam usando máscara.
- 3) Precisam transportar indivíduos que não estejam usando máscara
- 4) Trabalhem em ambientes com ventilação controlada
- 5) Trabalhem em áreas onde estejam presentes indivíduos que não usem máscara e que tenham suspeita ou confirmação de infecção por TB
- 6) Trabalhem ou residam onde haja indivíduos que não estejam usando máscara e que tenham suspeita ou confirmação de infecção por TB

Tanto o NIOSH como o OSHA admitem que “a reutilização de respiradores contra partículas é permitida para proteção contra tuberculose desde que esses respiradores não estejam danificados, sujos ou a resistência à respiração não seja grande o suficiente para causar desconforto ao usuário ou a integridade do respirador não esteja comprometida”. Acreditamos, no entanto, que neste caso tão especial, não se deva reutilizar um respirador, devendo o mesmo ser descartado após um único uso.

## **FILTROS QUÍMICOS**

O filtro químico é aquele destinado a reter gases ou vapores específicos contidos no ar que o trabalhador respira durante a execução de suas tarefas.

Geralmente, esses filtros apresentam-se na forma de um cartucho de alumínio internamente tratado ou plástico, que contém o material sorbente que, por excelência, é o carvão de casca de coco. Então, um cartucho é um container contendo um adsorvente ou catalisador ou a combinação destes dois, que remove gases específicos quando estes passarem pelo cartucho.

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 possuía a capacidade de eliminar os odores dos gases e de descolorir líquidos. Também nessa época, implantou-se o processo de ativação do carvão, que multiplica por dez sua capacidade de adsorção.

Desde então, o desenvolvimento desse produto não fez outra coisa senão avançar. Fizeram-se consideráveis progressos no campo dos processos de ativação e as aplicações do carvão ativo se ampliaram bastante, sendo que cada uma delas passou a exigir um produto específico. Da variedade das aplicações nasceu a variedade dos carvões ativos. E uma das aplicações mais importantes está na

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

fabricação de filtros contra gases e vapores, que as pessoas vão utilizar com seus respiradores, evitando a exposição a esses produtos nocivos.

Assim, conhecendo melhor os carvões ativos e suas propriedades, você poderá dialogar em melhores condições com seu fornecedor de filtros respiratórios e apreciar, como esperamos, as qualidades e aplicações dos filtros do SBPR.

Peças Semi Faciais com Filtros Químicos:



Peça Semi Facial modelo Air San  
com Filtro Mecânico



*Colocação da Peça Facial Inteira e modelo com Filtro Químico*

## 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 se entende 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 primeiras forças são eletrostáticas chamadas de Van der Waals. Estas são a origem da maior parte dos fenômenos de adsorção graças a uma ação rápida e pouco seletiva que não produz nenhuma modificação das moléculas adsorvidas.

As segundas se produzem devido às interações químicas entre a molécula que vai ser adsorvida e a molécula adsorvente. Neste caso, a adsorção é um processo seletivo, que produz uma modificação das moléculas adsorvidas e geralmente irreversível. Assim, pois, a adsorção é um fenômeno de superfície, que não deve ser confundido com a absorção, a qual é produzida quando um líquido penetra num corpo poroso, enchendo-o, e sem que o líquido seja retido por outra força que não seja a da capilaridade. O exemplo típico de uma absorção é o da esponja que se enche de água.

Em resumo, podemos definir o mecanismo da adsorção como sendo o fluxo das moléculas dos gases contaminantes difundindo-se dentro da estrutura porosa do adsorvente (carvão ativo), onde são removidas por:

**Adsorção física:** forças de Van der Waals agindo entre o gás e o adsorvente. Esta é uma força física muito pequena e fraca.

**Adsorção química:** acontece uma reação química entre o gás contaminante e os impregnantes do adsorvente, com a formação de um produto inerte.

**Catálise:** ação catalítica transformando o gás contaminante em outro não-contaminante. Caso especial de filtros contra Monóxido de Carbono onde o catalisador é a Hopcalita, mistura de óxidos de cobre e manganês.

Importante: apesar de que a adsorção se produz a qualquer concentração inicial do contaminante, ela é particularmente eficaz quando este se encontra presente em nível de traços. Isto torna a aplicação em filtros respiratórios altamente específica, porque aí nossa proteção é contra concentrações de até 5.000 ppm de gás, ou mesmo menores a espaços de tempos maiores. Concentrações acima deste valor vão exigir outros tipos de equipamentos de proteção respiratória.

Todas as matérias que contêm carbono podem ser utilizadas na produção de carvão ativo, apesar de apenas 4 delas sejam utilizadas de forma industrial, devido ao custo, disponibilidade quantitativa e seu comportamento mecânico. São elas: casca de coco, madeira, turfa e hulha.

Quanto à porosidade, os carvões ativos têm um diâmetro que pode variar segundo as necessidades, desde 5 até centenas de Ångstroms (1 Ångstrom =  $10^{-10}$  m). Os poros são tantos que 1 grama de carvão ativo pode representar uma superfície interna que vai dos 700 aos 2.500 m<sup>2</sup>, segundo o grau de ativação, o que vale dizer, quase a metade da área de um campo de futebol, cuja área aproximada é de 7.700 m<sup>2</sup>.

Por essa razão, os carvões ativos estão perfeitamente adaptados para que aconteça o fenômeno da adsorção na maioria dos processos industriais que o requeiram. O SBPR, na produção de toda a linha de filtros químicos, somente utiliza carvões ativos produzidos por fabricantes idôneos de várias partes do mundo, partindo da casca de coco e da madeira.

## ***CAPÍTULO X – CARVÕES ATIVOS***

### **Pontos-chave para compreensão dos carvões ativos**

Não existe apenas um tipo de carvão ativo, mas vários. Eles se diferenciam segundo parâmetros de qualidade que é importante conhecer. Isto porque um carvão, devido às suas características, pode ser eficaz e rentável, onde outros fracassam parcial ou totalmente.

### **A Porosidade**

Os carvões apresentam poros de diâmetros diferentes. Falamos de microporos quando o diâmetro é inferior a 20Å, mesoporos quando o diâmetro oscila entre 20 e 500Å e macroporos quando ultrapassa os 500Å.

A casca de coco permite fabricar carvões essencialmente micro porosos, enquanto a madeira destina-se fundamentalmente aos carvões meso e macro porosos. Escolhemos um ou outro destes carvões em função do tamanho das moléculas que queremos fixar e do grau de retenção desejado.

#### **A dureza e a resistência à abrasão**

Os carvões fabricados à base de casca de coco apresentam a peculiaridade de serem muito duros quando a tecnologia de fabricação está perfeitamente controlada. São matérias-primas que, ao resistirem muito bem ao desgaste por fricção, podem ser manipuladas sem que se pulverizem e, portanto não contaminam o processo e não perdem nada da matéria que devem captar. É com essa matéria-prima que são fabricados os carvões que o SBPR utiliza.

A dureza da casca de coco é natural. Por isso não é necessário, como ocorre com os carvões ativos granulados feitos a partir de turfa ou minerais, adicionar um aglutinante para criar uma estrutura mecânica sólida. Um aglutinante que, negativamente, produz como resultado carvões não homogêneos e mais sensíveis aos oxidantes como o cloro e o ozônio.

Deve ser ressaltado que, em contato com fase líquida, os carvões à base de madeira podem chegar a ser tão resistentes quanto o que são feitos à base de casca de coco. O fator-chave para isso é o meio líquido, o que induz o equilíbrio das forças internas no material, daí sua resistência à abrasão.

#### **A densidade**

Os carvões ativos fabricados à base de madeira têm menos densidade que aqueles fabricados à base de casca de coco. Por isso, são prioritariamente utilizados em aplicações que requerem uma leveza relativa, como os cartuchos que equipam os automóveis, onde a relação “atividade/preço” os tornam mais atrativos.

#### **O Grau de Ativação, a Superfície Específica, a Capacidade de Adsorção**

Estes três parâmetros estão intimamente ligados, pois quanto mais ativo é um carvão, mais desenvolve uma superfície específica e maior capacidade de adsorção alcança.

A *superfície específica* varia principalmente em função do tempo decorrido no forno de ativação. Quanto maior este tempo, maior grau de ativação alcançará o carvão. Em outras palavras, seus poros são mais numerosos e mais profundos.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

A superfície específica se mede de acordo com o método BET (iniciais dos nomes dos seus autores: Brunauer, Emmet e Teller). Este método consiste em quantificar a superfície acessível às moléculas de um gás (nitrogênio ou argônio) nos poros do carvão ativo. Trata-se de um valor expresso em m<sup>2</sup> por grama de carvão. Este método pode ser utilizado tanto para carvões ativos granulados como em pó.

Existem várias formas de se expressar a *capacidade de adsorção* de um carvão. A mais utilizada hoje é o “índice butano”, que mede o número de gramas de butano adsorvido por 100g de carvão ativo. Seu valor pode oscilar entre 20 e 80%. Algumas normas fazem referência ao BWC (Butane Working Charge), um índice que mede o número de gramas de butano adsorvido por 100 ml de carvão, deduzida a quantidade restituída por desorção natural.

É conveniente mencionar que o “índice butano” somente estima a capacidade de adsorção, já que todos os parâmetros estão relacionados. Deve-se destacar, porém, que numa dada matéria, quanto mais elevada é a superfície de um carvão ativo, menor será sua densidade. Um carvão fortemente ativo adsorverá, pois, muitas moléculas mais rapidamente. Este carvão é indicado no tratamento de baixas concentrações de um produto (inferiores a 1 ppm) e aumentará a vida útil do filtro graças à sua elevada capacidade de adsorção.

Ainda é possível medir a capacidade de adsorção pelo “índice de iodo”, que indica a quantidade de iodo, expressa em miligramas, adsorvida por grama de carvão ativo em pó. Este índice é relativamente representativo no caso de um carvão novo, mas não no caso de um carvão usado. Neste caso, deve-se reduzir o carvão a pó e proceder a uma acidificação no momento de se tomar a medida. Os poros inacessíveis podem voltar, então, a ser acessíveis já que os elementos minerais que os obstruem podem solubilizar-se devido ao ataque ácido, em cujo caso a medida da capacidade de adsorção deixará de ser representativa.

### **A impregnação**

A impregnação dos carvões ativos, como já vimos, melhora a adsorção desses carvões perante determinadas famílias de contaminantes do ar, o que torna os cartuchos químicos mais eficientes. Essa seletividade se dá quando há impregnação com metais ou com sais minerais. Neste caso, além do fenômeno da adsorção, acontecerá uma reação química que modifica a estrutura da molécula do gás adsorvido.

É o caso dos carvões que o SBPR utiliza na produção dos filtros contra gases ácidos, dióxido de enxofre, amônia e nos filtros químicos multiuso.

Os carvões a serem utilizados em filtros contra gases ácidos têm uma camada de produto químico básico, que reage com o gás ácido, neutralizando-o. Já os carvões para retenção de amônia têm uma camada de produto químico ácido, neutralizando a amônia quando entra em contacto com ela, e assim por diante.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Os carvões ativos utilizados pelo SBPR na produção de cartuchos químicos são extrudados ou granulados, mas ambos os tipos têm granulometria bastante reduzida, o que proporciona uma acomodação e compactação perfeitas dentro do cartucho, impedindo movimentação e conseqüentemente livre passagem de gases que deveriam ser retidos. Isto não ocorre nos cartuchos produzidos com carvões mais macios e facilmente fragmentáveis, sendo essa a razão de não utilizarmos estes tipos de carvões.

Os carvões ativos podem conter mais ou menos teor de impurezas, cinzas, umidade ou matérias voláteis.

A presença de excesso dessas impurezas implica em dois tipos de inconvenientes: quem compra um cartucho químico produzido com esses carvões paga pelas impurezas a preços de carvão ativo, e estas não são “ativas”, além de poderem perturbar a eficiência de uma aplicação. Por exemplo, a umidade no carvão diminui, freqüentemente e de forma considerável, a cinética da adsorção. Existem procedimentos que permitem eliminar as impurezas na preparação desejada. Os melhores produtores de carvão ativo, que são fornecedores do SBPR, utilizam tecnologias de produção que permitem obter carvões com uma taxa extremamente baixa de impurezas. Além disso, esses fornecedores idôneos podem reduzir ainda mais o conteúdo de cinzas de seus produtos através de lavagem com água, seguida de uma lavagem apropriada com ácido, água, base, etc.

### **CARVÕES UTILIZADOS PELO SBPR NA PRODUÇÃO DA LINHA DE FILTROS QUÍMICOS**

Os fornecedores, rigorosamente escolhidos, se caracterizam por fornecerem carvões que têm:

- 1) Adequação às exigências e necessidades, de casca de coco, simples ou impregnados;
- 2) Grande resistência ao desgaste por fricção, devido à sua dureza;
- 3) Superfície específica que oscilam entre 700 e 2.500 m<sup>2</sup> por grama;
- 4) Índices de CCl<sub>4</sub> (tetracloreto de carbono) situados entre 40 e 150%, ou índices de butano compreendidos entre 20 e 80%.
- 5) Granulometria que empregam peneiras que oscilam entre 4 e 100, ou tamanhos efetivos que vão de 0,5 a 3 mm, até chegarem a 1/10 de mm;
- 6) Grãos rejeitados e não-rejeitados nos extremos reduzidos a menos de 2%;
- 7) Conteúdo de cinzas que podem chegar a 2% ou menos;
- 8) Umidade inferior a 1%.

A seguir, você vai entrar em contato com algumas tabelas que agregarão conhecimentos sobre o controle de qualidade aplicado aos filtros químicos.

## CÓDIGOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS FILTROS QUÍMICOS DE CARVÃO ATIVO

O SBPR utiliza, na identificação da sua linha de cartuchos de filtros químicos o mesmo código de cores e letras utilizado na Europa, que já se tornou consagrado pelo uso também no mercado brasileiro. Há outra codificação seguida por empresas de origem ou tecnologia norte-americana, menos conhecida e, portanto menos empregada.

Se o profissional de segurança, ao decidir que um respirador com filtro químico pode ser utilizado no ambiente, ao adquirir esses filtros para os respiradores já levou em conta:

- Quais os contaminantes gasosos existentes no ar que o trabalhador respira
- Quais as concentrações desses contaminantes

A umidade relativa do ar, a temperatura e o esforço físico empregado pelo trabalhador no uso do filtro também são fatores importantes que o profissional deve ter registrado, pois isso o ajudará depois a avaliar o tempo de duração de um filtro.

A tabela abaixo especifica os principais cartuchos e vai ajudar você a escolher seu filtro químico pela cor e letra de identificação:

CONTAMINANTE	IDENTIFICAÇÃO DO FILTRO PELA COR	IDENTIFICAÇÃO DO FILTRO PELA LETRA
Vapores orgânicos (solventes, pesticidas, etc.)	<b>MARROM</b>	A
Gases ácidos (também halogênios)	<b>CINZA</b>	B
Vapores Orgânicos + Gases Ácidos	<b>MARROM E CINZA</b>	AB
Amônia e Aminas	<b>VERDE</b>	K
Dióxido de Enxofre	<b>AMARELO</b>	E
Vapores Orgânicos + Gases Ácidos + Amônia + Dióxido de Enxofre (*)	<b>MARROM, CINZA, VERDE E AMARELO</b>	ABEK
Filtros contra partículas classes P2 e P3	<b>TARJA BRANCA</b>	

(\*) Cartuchos para proteção contra CO (Monóxido de Carbono) e NO (Monóxido de Nitrogênio) têm ainda tarjas preta e azul, respectivamente.

## MÁXIMA CONCENTRAÇÃO DE CONTAMINANTES NO AR PARA USO DE CARTUCHOS QUÍMICOS

A Norma brasileira NBR 13696 trata, entre outros temas, da questão da máxima concentração ambiental de contaminantes onde o trabalhador pode utilizar um cartucho filtrante. A tabela da próxima página reproduz dessa norma considerações a respeito desses filtros, entre os tipos de maior aplicação:

<b>Classe do filtro</b>	<b>Tipo</b>	<b>Concentração Máxima ppm<sup>(B) (C)</sup></b>	<b>Tipo de Peça Facial Compatível</b>
<b>FBC (filtro de baixa capacidade)</b>  <b>FBC-1</b>	Vapor Orgânico <sup>(A)</sup> Gases Ácidos <sup>(A)(C)</sup>	<b>50</b> <b>50</b>	<b>Semifacial filtrante (descartáveis)</b>
<b>1</b>  <b>Cartucho Pequeno</b>	Vapor Orgânico <sup>(A)(B)(C)</sup> Amônia Metilamina Gases Ácidos <sup>(A)(B)</sup> Ácido Clorídrico Cloro	<b>100</b> <b>300</b> <b>100</b> <b>1000</b> <b>50</b>	<b>Quarto Facial, semifacial, facial inteira ou conjunto bucal.</b>
<b>2</b>  <b>Cartucho médio</b>	Vapor Orgânico <sup>(A)(B)(C)</sup> Amônia Gases Ácidos <sup>(A)(C)</sup>	<b>5000</b> <b>5000</b> <b>5000</b>	<b>Facial Inteira</b>

As importantes observações a seguir, também fazem parte dessa tabela:

- (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 I.P.V.S. (Imediatamente Perigosa à Vida e à Saúde).
- (C) Para alguns gases ácidos e vapores orgânicos esta concentração máxima de uso é mais baixa.

Note a observação (B). Sem ela, julgaríamos como máximas concentrações de uso aquelas mencionadas na coluna apropriada da tabela. No entanto, se a concentração I.P.V.S. do gás for MENOR do que as dessa coluna, então prevalece o menor valor, sendo, portanto a máxima concentração de uso aquela indicada na tabela I.P.V.S.

Na página 65 deste trabalho, você encontrará uma tabela com os valores IPVS atualizados de alguns dos gases mais comuns de se encontrar nas atividades industriais. Precisando da lista completa (em inglês), solicite-nos, mas lembre-se: você vai precisar conhecer os nomes dos contaminantes em inglês.

### **Definições de Concentração I.P.V.S.:**

#### 1 – PPR Brasil

Condição considerada imediatamente perigosa à vida ou à saúde. Refere-se à exposição respiratória aguda, que supõe uma ameaça direta de morte ou conseqüências adversas irreversíveis à saúde, imediatas ou retardadas, ou exposição aguda aos olhos que impeça a fuga da atmosfera perigosa.

#### 2 – NIOSH

Representa a máxima concentração de exposição de um trabalhador se e quando houver uma falha no funcionamento do respirador, que lhe possa permitir escapar dentro de 30 minutos sem o respirador e sem que isso também possa lhe causar impedimentos ao escape (exemplo: irritação nos olhos) ou efeitos adversos irreversíveis à sua saúde.

#### 3 – OSHA

Uma concentração atmosférica de qualquer substância tóxica, corrosiva ou asfíxiante que represente um risco imediato à vida ou cause um efeito adverso irreversível ou retardado à saúde do trabalhador exposto ou que possa interferir com a sua habilidade de escapar de uma atmosfera perigosa.

Um outro método que poderá ser utilizado para se determinar se um respirador e seu filtro químico podem oferecer proteção adequada contra uma concentração conhecida de um contaminante do ar é o seguinte:

$$\text{MCU} = \text{FPA} \times \text{LT}$$

Onde: FPA = fator de proteção atribuído do respirador

LT = limite de tolerância do contaminante

Multiplique o FPA do respirador pelo Limite de Tolerância apropriado (OSHA, ACGIH, Brasil 1978, etc). A escolha dos limites apropriados de exposição é quase sempre de julgamento profissional apesar de os regulamentos e normas deverem ser considerados.

O número obtido é chamado de “Máxima Concentração de uso” e representa em ppm a maior concentração do contaminante do ar contra a qual um respirador pode ser usado (no entanto, você deve considerar também o valor IPVS como limitação para usar um filtro químico nesse respirador).

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Em resumo: a concentração máxima de uso de um respirador com seu filtro é igual ao valor MCU acima calculado ou à concentração IPVS: **ENTRE AS DUAS A QUE FOR MENOR**

Nota: um respirador NUNCA deve ser utilizado em áreas onde a concentração do contaminante está acima da sua MCU. A fórmula mostrada acima é apenas um dos vários métodos utilizados para identificar a MCU.

Exemplo:

A empresa ABC planeja utilizar um respirador contra vapores orgânicos para proteção contra estireno. Qual é a MCU de um respirador semifacial ?

**Produto: Estireno                      LT = 50 ppm                      FPA = 10**  
**(lembrar o IPVS do estireno = 700 ppm)**

Cálculo da MCU:

$$\text{MCU} = \text{FPA} \times \text{LT}$$

$$\text{MCU} = 10 \times 50$$

$$\text{MCU} = 500 \text{ ppm}$$

Responda então às seguintes perguntas:

- 1 - Este respirador pode ser utilizado pelos trabalhadores expostos a 125 ppm de estireno?
- 2 - Este respirador pode ser utilizado pelos trabalhadores expostos a 625 ppm de estireno? Se NÃO, há um respirador com filtro que seja adequado para essa concentração? (Consulte o capítulo onde abordamos o tema FPA).

**Fatores que podem encurtar a duração em uso de um filtro químico:**

- ☞ Temperatura: quanto maior a temperatura, mais curta será a vida do filtro.
- ☞ Umidade do ar: uso em ambientes muito úmidos também encurta a vida do filtro
- ☞ Frequência da respiração do usuário: se o usuário tem um ritmo rápido de respiração, que pode ocorrer durante um trabalho cansativo, a saturação do filtro químico ocorrerá mais cedo.
- ☞ Concentração do contaminante: quanto maior a concentração do contaminante, mais rápida se dará a saturação do filtro químico.
- ☞ Tipo de adsorvente utilizado no cartucho: varia de fabricante para fabricante.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

- ⇒ Armazenamento impróprio do filtro: umidade e alta temperatura durante o armazenamento podem alterar as qualidades de adsorção do carvão ativo dentro do cartucho.
- ⇒ Embalagem não apropriada: com lacres danificados, também encurtam a vida do filtro.
- ⇒ Quando mais de um contaminante estiver presente no ar.

Ainda sobre a duração de um filtro químico, ou seja, seu tempo de saturação podemos comentar o seguinte:

No caso dos filtros de carvão ativo é fundamental definir com precisão o que é granulometria, que deve ser adaptada às características desses filtros químicos, à perda de carga máxima admissível e ao tempo de contato necessário para a perfeita adsorção.

Note-se que o tempo de contato entre o gás contaminante e o carvão do filtro é igual à relação “altura do filtro/velocidade de passagem do ar com o gás a reter”. A velocidade de passagem varia consideravelmente segundo se trate de um produto na fase líquida (alguns metros<sup>3</sup> por hora) ou na fase gasosa (várias dezenas de metros<sup>3</sup> por hora). No caso dos filtros respiratórios, a quantidade de carvão ativo dentro do cartucho, que é dimensionada para o respirador onde vai ser utilizado, depende da concentração contra a qual queremos nos proteger. Por essa razão, a altura da camada de carvão maior poderá determinar um tempo de uso maior de um cartucho.

## **NOMENCLATURA DE FILTROS**

SEGUNDO A NORMA EN-143, A ORDEM NA NOMENCLATURA DE FILTROS RESPIRATÓRIOS É A SEGUINTE:

1. Código atribuído pelo fabricante, segundo o tamanho do filtro e o respirador onde ele vai ser utilizado.
2. Letra ou letras de identificação, seguidas da classe de proteção contra produtos químicos gasosos, se for um filtro químico.
3. Classe de proteção contra partículas: letra P seguida da respectiva classe.
4. A somatória dos dois se for um filtro combinado.

### **EXEMPLOS DE DENOMINAÇÕES DE ALGUNS FILTROS DO SBPR:**

2740 A1	9000 K2	9000 B2 P3
2740 K1	9000 A2	620 A2B2E2K2COHg P3
2000 E1	9000 A2B2E2K2	9000 A2B2E2K2 P2
2000 B1	9000 A2B2	2900 P2
2000 A1B1E1K1	9000 A2 P2	2150 P2

---

## **QUANDO DEVEMOS SUBSTITUIR O CARTUCHO FILTRANTE DE UM RESPIRADOR?**

É um das questões mais importantes no estabelecimento de um Programa de Proteção Respiratória.

A forma mais prática de se constatar isso no local de trabalho nos leva à seguinte resposta: Quando o usuário começa a perceber o cheiro ou sabor do gás do ambiente. Se o gás tem limite de percepção pelo olfato abaixo do seu limite de tolerância, esta prática não representará riscos ao trabalhador. Se for o contrário, não se permite o uso de cartuchos filtrantes nesses ambientes, determinado pela mesma norma NBR 13696, observação (A) já abordada neste Tratado. O profissional de segurança do trabalho deve exercer especial fiscalização nestes procedimentos, não deixando essa importante tarefa ao critério de julgamento exclusivo do trabalhador.

## **RESPIRADORES DE FUGA**

Os respiradores de fuga, como o próprio nome indica, pertencem à classe de equipamentos de proteção respiratória utilizados unicamente para fugas, ou abandonos rápidos, de áreas industriais subitamente invadidas por gases tóxicos provenientes de vazamentos.

Nessas situações, cada funcionário que está sujeito a ter de abandonar a área industrial onde ele se encontra, traz consigo um respirador de fuga sempre pronto para uso, levado normalmente preso ao cinto.

Ao escolher seus respiradores de fuga, exija deles as seguintes características:

- Serem de tamanho pequeno, leves e cômodos no transporte a fim de poderem ser sempre levados junto com o usuário.
- Terem peça bucal de fácil e rápida colocação.
- Estarem sempre em perfeitas condições de uso e terem um filtro de validade prolongada.
- Protegerem contra o maior número possível de contaminantes.

Assim como os demais respiradores filtrantes, também os de fuga são equipamentos dependentes das condições da atmosfera.

Quando o trabalhador estiver numa área onde um alarme indique que ele deve abandoná-la por causa de um vazamento, ele imediatamente retira o respirador da embalagem hermética, coloca a peça bucal dentro da boca e procura a rota de fuga previamente determinada, até conseguir chegar a um local seguro, quando então poderá retirar seu respirador. Claro está que, todos os trabalhadores devem ser treinados no uso e colocação rápida do respirador de fuga, além de terem de conhecer formas de abandono de área, rotas de fuga, etc.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

O respirador de fuga do SBPR é produzido com corpo em borracha siliconada dotado de pinça nasal, filtro multiuso de carvão ativado especial, tudo embalado em caixa hermética com lacres e prazo de validade do filtro. Após o uso, pela aquisição do conjunto de reposição, é possível montar novamente esse conjunto hermético e colocá-lo em uso outra vez.

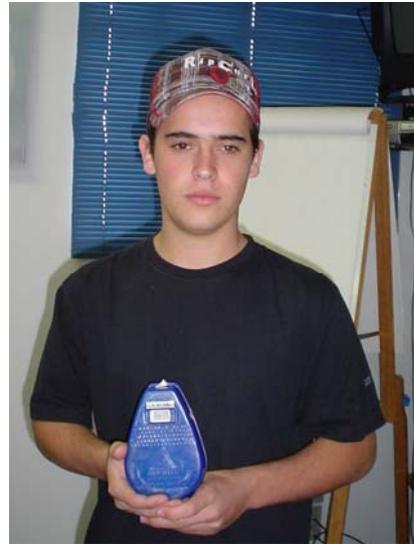
Ensaio de laboratório indicam os seguintes tempos de proteção dos filtros do Respirador de Fuga II do SBPR:

Gás	Concentração do gás no teste em ppm	Tempo de proteção até começar a passar o valor Limite de Tolerância pelo filtro em min
Amônia	10.000	11
Cloro	9.500	6
Fosgênio	8.000	5
Dióxido de Enxofre	10.000	9
Gás Sulfídrico	9.500	12
Tetracloro de Carbono	10.000	23



**Respirador de Fuga II Air Safety**  
**Pode ser dotado de filtro Multiuso ou Gases Ácidos**

**Modo de portar, preparar para uso e utilizar o respirador de fuga**



**Portando um respirador de fuga na cintura**



**Retirada da fita no momento de utilizar o respirador**

## **VIDA DE FILTROS RESPIRATÓRIOS**

### *Filtros de retenção mecânica:*

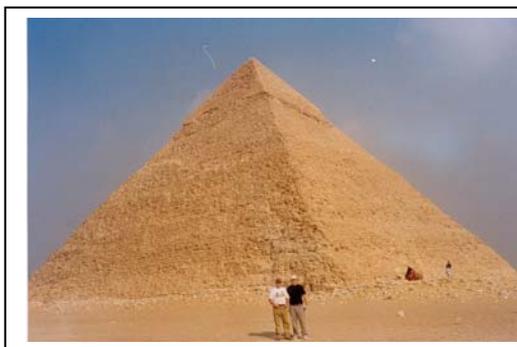
Prazo de validade impresso na embalagem. Devem ser armazenados em locais secos, abrigados de poeiras e gases e a embalagem só deve ser aberta momento do uso.

### *Filtros químicos:*

Na embalagem lacrada da fábrica, a validade dos filtros cartuchos do SBPR é de 5 anos contados da data de fabricação. Devem também ser armazenados de forma abrigada, protegidos de altas temperaturas e da umidade do ar. Uma vez abertos, se não forem saturados antes, devem ser substituídos 6 meses após a abertura.

## ***CAPÍTULO XI - EQUIPAMENTOS INDEPENDENTES***

### **Espaços Confinados**



Como já vimos, jamais  
deveremos utilizar  
equipamentos  
purificadores de ar nos  
espaços confinados porque  
nesses ambientes:

- 1) A concentração do Oxigênio poderá estar abaixo dos 19,5% em volume. Isso representaria perigo de asfíxia aos trabalhadores, uma vez que o respirador purificador de ar não produz oxigênio.
- 2) A concentração dos contaminantes no ambiente poderá estar acima dos valores Limites de Tolerância ou I.P.V.S, o filtro químico se saturaria muito rapidamente representando risco de contaminação.
- 3) A concentração de gases inflamáveis poderá estar acima dos limites inferiores de explosividade, o que representará risco de explosão.

A norma brasileira NBR 14787 trata da prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção para trabalhos em espaços confinados.

Ela define **espaço confinado** como sendo “qualquer área não projetada para ocupação contínua, a qual tem meios limitados de entrada e saída e na qual a ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes perigosos e/ou deficiência/enriquecimento de oxigênio que possam existir ou se desenvolver”.

Outros organismos internacionais também definem espaços confinados, porém, as definições não variam significativamente. Conduas especiais a serem adotadas em trabalhos em espaços confinados também podem ser encontradas em literaturas específicas.

Uma vez que o uso de respiradores purificadores de ar está proibido em espaços confinados, vamos utilizar nesses espaços, para proteção respiratória, os equipamentos independentes, que são: os de linha de ar comprimido e os autônomos.

## **EQUIPAMENTOS COM LINHA DE AR COMPRIMIDO**

Este tipo de respiradores é basicamente composto dos seguintes módulos:

- 1) Equipamento Pessoal propriamente dito, dotado de: peça facial inteira com ou sem válvula de demanda, ou semi facial, traquéia, registro de ar com engates da traquéia e da mangueira e cinto.
- 2) Mangueira que conduz o ar comprimido ao usuário, proveniente do filtro de linha
- 3) Filtro de linha, para remoção de impurezas, tornando ar respirável.

Nos respiradores que não utilizam válvula de demanda, o fluxo de ar respirável é contínuo, criando dentro do corpo da máscara uma pressão positiva. Naqueles que utilizam válvula de demanda, porque o ar já puro provém de cilindros de ar respirável, o fluxo de ar dependerá exclusivamente da demanda do usuário, mas as válvulas de demanda são de pressão positiva, portanto, garantindo dentro do corpo o respirador uma pressão positiva, aumentando a segurança do usuário.

Vantagens dos respiradores com linha de ar:

- 1) Oferecem um Fator de Proteção Atribuído maior do que os respiradores purificadores de ar.
- 2) Protegem contra gases e aerodispersóides
- 3) O tempo de uso não está limitado por saturação de filtros.
- 4) Pode ser utilizado em ambientes I.P.V.S. se equipados com cilindro reserva de ar comprimido.

Fluxo de ar requerido nos conjuntos respiradores e limitações, segundo o NIOSH:

PEÇAS FACIAIS	MÍNIMO	RECOMENDADO
PEÇAS FACIAIS DE AJUSTE FIRME	(4 pés <sup>3</sup> /min) <b>115 LITROS/MIN</b>	(6 PÉS <sup>3</sup> /MIN) <b>170 LITROS/MIN</b>
PEÇAS FACIAIS DE AJUSTE SOLTO	(6 PÉS <sup>3</sup> /MIN) <b>170 LITROS/MIN</b>	(8 PÉS <sup>3</sup> /MIN) <b>225 LITROS/MIN</b>

$$1 \text{ pé}^3/\text{min} = 28,32 \text{ l/min}$$
$$1 \text{ l/min} = 0,0353 \text{ pé}^3/\text{min}$$

**Máximo comprimento da mangueira:**  
**90 metros (300 pés)**

## **FILTROS DE LINHA**

Antes de estudarmos os respiradores de linha de ar comprimido, vamos abordar os filtros de linha de ar uma vez que estes se aplicam em diversos casos.

O compressor que gera ar comprimido de uma empresa, de forma geral, manda algumas impurezas para a linha e que devem ser removidas antes que esse ar abasteça o respirador. Entre essas impurezas podemos citar: água, óleo, gases captados na entrada de ar do compressor, etc.

O SBPR oferece os filtros de linha Arcofil 3, o Arcofil 3U e o Arcofil 3U CO. São unidades estacionárias, montadas em cavaletes com estrutura tubular, de uso no solo ou em parede, e dotadas de dreno de emulsão água/óleo, filtro de carvão ativo para gases contaminantes, e, opcionalmente, umidificador e detector de CO. As unidades dispõem de 3 saídas com engate rápido de segurança e podem abastecer até 3 usuários simultaneamente. Nessas saídas são conectadas as mangueiras.



*Filtro de Linha Arcofil modelo 3U com umidificador*

## **MANGUEIRAS**

As mangueiras que conectam a saída do Arcofil com o registro do cinto do usuário são de PVC atóxico e dotadas de engates rápidos de segurança nas duas extremidades. São fornecidas em comprimentos diversos que, quando interconectadas, permitem ao usuário boa movimentação. Essas mangueiras são resistentes a agentes agressivos que eventualmente estejam no solo.

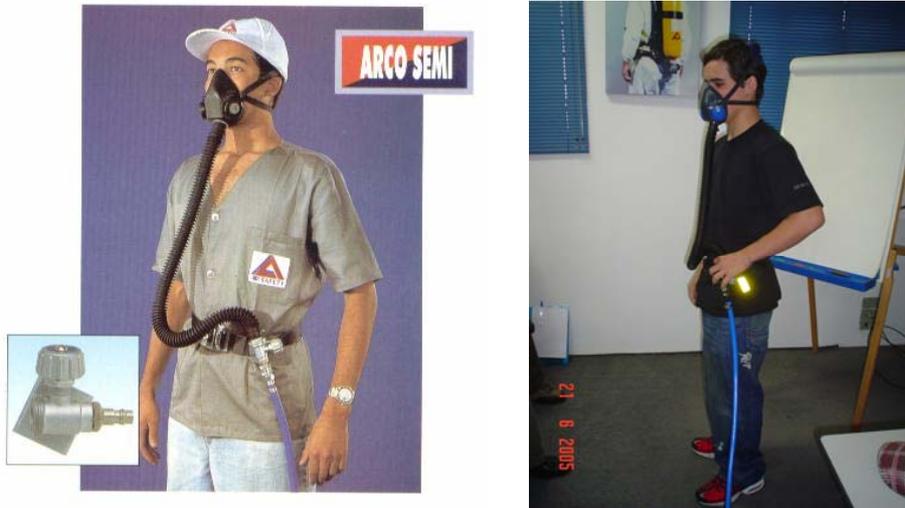
**RESPIRADORES AIR SAFETY PARA USO COM LINHA DE AR  
COMPRIMIDO E FLUXO CONTÍNUO DE AR**

**ARCOSEMI**

Este respirador é dotado de peça semifacial, traquéia, cinto de nylon com fivela de rápida soltura e registro de ar.

O usuário conecta a mangueira de ar comprimido no engate rápido do registro de ar, regula o fluxo de ar através do volante, coloca o respirador e trabalha normalmente.

Este respirador foi concebido para utilização em locais onde os agentes agressivos não afetam os olhos.



**Respirador de Linha de Ar modelo Arcosemi**

**ARCOPAN**

Quando o ar ambiente tiver concentrações de gases e material particulado que possa afetar os olhos, então se opta pelo Arcopan, que é um conjunto semelhante ao Arcosemi, porém, dotado de peça facial inteira, com visor de policarbonato. O Fator de Proteção Atribuído da peça facial inteira é maior do que da semifacial, obtendo-se aqui uma vedação de qualidade superior.



**Respirador com Linha de Ar modelo Arcopan**

## **RESPIRADOR DE PRESSÃO POSITIVA PARA USO COM LINHA DE AR COMPRIMIDO E VÁLVULA DE DEMANDA**

### **ARCONOVA E PAR 4000**

Nos locais em que se necessita executar tarefas sob a proteção de Equipamento de Linha de ar, e não se disponha de fonte de abastecimento de ar comprimido, adotamos equipamentos como o conjunto Arco Nova, cujas características são as seguintes:

- Peça Facial Inteira, com conexão de pressão positiva
- Válvula de demanda de pressão positiva automática ou semi-automática
- Cinto de nylon com conexão por engate rápido entre a válvula de demanda e a mangueira de ar
- Mangueira de ar conforme já descrito acima

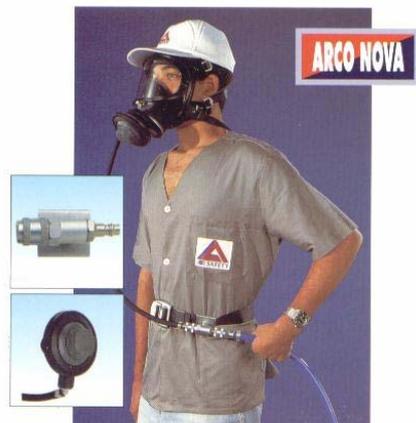
O uso deste tipo de respirador exige interligação com um carrinho contendo 2 cilindros de ar comprimido respirável para abastecer até 2 usuários simultaneamente.

Este carrinho é o PAR 4000 e tem as seguintes características:

- 2 cilindros de aço de volume interno 10 litros, cheios com ar comprimido a 200 bar de pressão com autonomia para aproximadamente 50 minutos (2 usuários) ou 100 minutos (1 usuário)

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

- Conjunto regulador/reductor de pressão com 2 saídas de engate rápido de segurança, manômetros de alta e baixa pressão e alarme sonoro que é ativado quando a pressão de saída cai a 50 bar
- Carrinho de transporte em estrutura tubular, com facilidade de movimentação.



Respirador modelo Arco Nova



Conjunto de Ar comprimido PAR 4000

O cálculo do volume de ar respirável inicial disponível para os usuários é o seguinte:

Volume de ar em litros	=	Volume interno dos cilindros em litros	X	pressão lida no manômetro em bar
Volume	=	2 x 10 x 200		
Volume	=	4.000 litros		

Nota: A unidade de medida da pressão do ar comprimido indicada no manômetro está em *bar*. Esta é a forma mais empregada no caso dos cilindros de ar comprimido respirável. Certos manômetros, no entanto, poderão estar com marcação em Mega Pascal (MPa). A conversão é:

$$10 \text{ bar} = 1 \text{ MPa}$$

## **EQUIPAMENTO COM LINHA DE AR DOTADO DE CILINDRO AUXILIAR**

### **CARLA**

Este tipo de respirador é um modelo que combina linha de ar com cilindro de fuga. Em atmosferas I.P.V.S., um equipamento de linha de ar deve ser dotado de cilindro de ar comprimido respirável auxiliar para proteger o usuário contra falha potencial do suprimento de ar, caso em que ele deverá abandonar a área, geralmente um espaço confinado. Sua segurança na operação de abandono é garantida pelo ar contido no cilindro auxiliar, que tem aproximadamente uma autonomia mínima 10 minutos, dependendo do tipo e volume do cilindro.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

A peça facial é uma Full Face de pressão positiva, a válvula de demanda pode ser de pressão positiva automática ou semi-automática. O suporte pode ser usado em diversas posições no cinto do usuário e o cilindro pode ser de aço leve ou de composite. As mangueiras que conectam o equipamento à fonte abastecedora de ar são as comuns dos equipamentos de linha de ar.



*Equipamento Carla com cilindro auxiliar de ar comprimido de aço*

Trata-se do único equipamento permitido por norma para utilização em ambientes IPVS.

Este conjunto, denominado CARLA (Conjunto autônomo de respiração com linha de ar) é composto de:

- Peça facial inteira de pressão positiva
- Válvula de demanda acoplada ao suporte
- Suporte com conexão para mangueira de linha de ar
- Mangueira ligando o suporte ao filtro de linha Arcofil

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

O trabalhador respira, no seu trabalho regular, ar da linha devidamente filtrado. Em caso de emergência e necessidade de abandono do local, abre a válvula do cilindro de reserva, desconecta a mangueira de ar, e tem aproximadamente 10 minutos de autonomia até alcançar o local seguro. Se o cilindro for de 2 litros, 300 bar de pressão e composite, além de ser mais leve, proporcionará cerca de 20 minutos de ar.



*Opções de Conjunto CARLA com cilindros de composite 2 litros 300 bar*

## **EQUIPAMENTOS AUTÔNOMOS DE AR COMPRIMIDO**

### **PA 540 PP, MARINER E EVOLUTION**

A Norma Brasileira NBR 13716 denomina esses equipamentos “Máscara Autônoma de Ar Comprimido com Circuito Aberto”. Manteremos aqui o termo Equipamento Autônomo.

A característica que distingue os equipamentos autônomos de ar comprimido é que o usuário não precisa estar conectado por mangueiras a uma fonte externa de abastecimento de ar comprimido respirável, como um compressor. Ao contrário, ar respirável suficiente para ele é fornecido pelo cilindro que ele leva nas costas.



*Treine seus funcionários na colocação rápida e correta dos equipamentos autônomos*

São utilizados quando não conhecemos as substâncias presentes no ar ou quando sua concentração for muito elevada e onde os equipamentos purificadores de ar (filtros) não são permitidos, ou ainda quando o ambiente tiver concentrações pobres de oxigênio.

Esses equipamentos foram projetados, basicamente, para proteção respiratória em casos de atendimento a emergências tais como:

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

**Incêndios** – onde a quantidade de oxigênio pode cair a níveis asfixiantes, e a presença de gases tóxicos provenientes da combustão pode atingir valores extremamente elevados.

**Vazamentos** – gases tóxicos quando vazam também fazem com que as concentrações atinjam valores muito elevados. Ocorrendo isto em espaços confinados, a situação é ainda mais grave.

**Oxigênio** – a falta de oxigênio ou sua concentração abaixo de níveis aceitáveis pode ocorrer em incêndios ou em espaços confinados.

Essas emergências representam, em grande número, situações em que também não poderemos dar combate a elas utilizando um equipamento com linha de ar, porque será necessário percorrer grandes distâncias portando equipamentos de combate ou carregando vítimas. Há necessidade de autonomia de movimentos, razão pela qual utilizaremos Equipamentos Autônomos de Ar Comprimido.

Esses equipamentos oferecem ar limpo ao seu usuário. Esse ar, que ele carrega em suas costas, é fornecido em equipamentos que têm autonomia variada até 60 minutos, mas, como já vimos no caso dos cilindros do conjunto PAR 400, a autonomia depende de fatores como:

- Consumo de ar do usuário, ligado ao seu esforço físico. Podemos considerar um consumo médio de 35 litros por minuto para o cálculo da autonomia.
- Tamanho do cilindro, onde seu volume interno (também chamado de volume d'água) quanto maior permite maior armazenamento de ar respirável.
- Características do Equipamento

Sendo a composição destes equipamentos modular, e cada módulo pode permitir algumas opções, o resultado final poderá ser um equipamento mais ou menos personalizado para cada uso.



Respirador Autônomo de Ar Comprimido modelo PA-540



**O PA 540 pronto para uso e conferindo a pressão no manômetro**

Os módulos que compõem um equipamento autônomo de ar comprimido como o PA 540 PP, o Mariner ou o Evolution do SBPR são:

**Peça Facial**

É sempre uma peça facial inteira, pois necessitamos proteção aos olhos nessas situações de emergência.

A *peça facial inteira Full Face* tem duplos lábios de vedação, alcançando com isso o máximo Fator de Proteção Atribuído possível. Há cinco pontos de fixação ao rosto do usuário. A peça de conexão tem uma membrana acústica, que permite comunicação entre os usuários e o encaixe é para válvula de demanda por pressão positiva. O corpo é de borracha siliconada macia e a mascarilha interna, dotada de membranas de inalação, permite não somente a redução do espaço-morto dentro da peça facial como também evita embaçamento do visor na parte interna pela umidade do ar exalado. A válvula de exalação tem um sistema de mola que impede perdas de ar pela pressão positiva dentro desta peça facial, somente permitindo saída do ar para o ambiente quando o usuário exala. A pressão positiva é uma segurança extra porque, pela manutenção de uma pressão no interior da peça facial ligeiramente superior à pressão atmosférica externa, em caso de alguma falha acidental na vedação durante uma operação de emergência, o ar fluirá para o ambiente, evitando que, na fase negativa da inspiração, o usuário possa inalar fração do contaminante gasoso externo. O visor é de policarbonato incolor resistente, mas pode ser oferecido também nas cores âmbar e verde, reduzindo assim o excesso de luminosidade nos olhos do usuário em casos de incêndio.



Peça Facial modelo Full Face de um Conjunto Autônomo de Ar Comprimido de Pressão Positiva

A *peça facial inteira modelo Star Air* é semelhante à Full Face mas tem visor mais amplo, permitindo maior campo visual ao usuário e lábio de vedação com margem maior, garantindo também excelente vedação ao rosto do usuário.

### **Válvula de Demanda**

A válvula de demanda é um componente dos mais importantes no equipamento autônomo porque é ela quem vai trazer o ar respirável ao usuário sempre que ele estiver na fase negativa da respiração, a inspiração. Na expiração, o mecanismo interno da válvula interrompe um fluxo de ar, garantindo assim o máximo tempo de autonomia.

O SBPR oferece agora a versão automática de válvulas de demanda, uma vez que a semi-automática já se tornou de tecnologia anterior, embora continue a prestar serviços de assistência técnica nestes modelos.

**A válvula de demanda semi-automática, cuja produção já está descontinuada, porém, existe grande quantidade ainda em funcionamento,** tem uma conexão de encaixe no bocal da peça facial e um chicote para engate na saída de baixa pressão do regulador de pressão. O corpo é dotado de um volante que permite duas posições: pressão positiva e pressão de demanda. Ao colocar o

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

equipamento, depois de aberto o fecho do cilindro, o usuário mantém este volante na posição pressão de demanda, para evitar perdas de ar comprimido. Após ajustar corretamente a peça facial, e constatar o perfeito funcionamento do equipamento, o volante é colocado na posição pressão positiva, ocasião em que o sistema pressão positiva passa a operar.

A **válvula de demanda de pressão positiva automática** tem um design moderno e, depois de colocada na peça facial e com o cilindro aberto, ao primeiro ato inspiratório do usuário, a pressão positiva é automaticamente estabelecida no sistema.

Em ambos os casos, qualquer falha na vedação da peça facial fará com que o ar flua de dentro do corpo da peça facial para o ambiente, impedindo que o usuário respire frações dos contaminantes do ar ambiente.

### **Redutor de pressão**

O conjunto redutor/regulador de pressão também se constitui numa importante peça dos equipamentos autônomos. Ele está localizado no suporte costal do equipamento. Suas funções principais são:

- Reduzir a pressão do cilindro de ar comprimido de 200/300 bar até uma pressão média de 6 bar que será enviada à válvula de demanda através da saída de baixa pressão.
- Através da saída de alta pressão, o usuário lê no manômetro a pressão restante em seu cilindro.
- Um alarme sonoro entra em ação assim que a pressão do ar comprimido cair a 50 bar alertando o usuário que ele ainda tem alguns minutos de ar para se retirar do local.
- Uma válvula de segurança entra em ação eliminando eventual excesso de pressão superior a 8 bar, se isto acontecer.

Em resumo: as 4 saídas que o conjunto redutor de pressão tem são: baixa pressão para a válvula de demanda, alta pressão para o manômetro, válvula de segurança e alarme sonoro.

O suporte costal, de formato anatômico e construído em fibra de carbono extremamente leve, é dotado, ainda, do cinto e dos arreios para ajuste perfeito ao corpo do usuário. É o suporte o responsável por distribuir ergonômicamente o peso do sistema nas costas, tornando-o confortável e de fácil aceitação.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Opcionalmente, o SBPR oferece ainda uma saída de baixa pressão adicional junto às mangueiras do regulador de pressão, popularmente chamada de “carona”, para que o usuário possa, em dispondo de uma segunda peça facial com válvula de demanda, conectá-la a essa saída e resgatar uma outra pessoa nas situações de emergência.

Atenção: a unidade de medida de pressão poderá ser o MPa (megapascal), correspondendo 1 MPa a 10 bar. Como exemplo, as pressões 300 bar dos cilindros poderão ser indicadas por manômetros calibrados em MPa como 30 MPa.

### **Cilindro**

O cilindro é a fonte de abastecimento de ar comprimido do sistema. No passado, ele era construído em aço com bordas e calotas espessas, o que resultava num peso muito elevado. Hoje, há diversos tipos de cilindros que podem ser utilizados, dependendo da preferência de quem vai utilizar o equipamento.

Destacamos na página 61 os tipos de cilindros utilizados na construção de um Equipamento Autônomo de Ar Comprimido





*Respirador Autônomo com Cilindro de Composite Fibra de Carbono*

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

Material	Volume interno	Pressão de trabalho de ar comprimido	Volume total de ar	Tempo aproximado de autonomia (*)	Intervalo entre testes de pressão hidrostática (**)
Aço leve	7 litros	200 bar	1.400 litros	40 minutos	5 anos
Composite fibra de vidro	5,8 litros	300 bar	1.740 litros	50 minutos	3 anos
Composite fibra de carbono	6,8 litros	300 bar	2.040 litros	60 minutos	3 anos

(\*) Estamos considerando um consumo médio de 35 litros por minuto do usuário, o que representa um esforço físico médio. Outros consumos podem reduzir ou aumentar este tempo de autonomia. O cálculo da autonomia, como vimos, é feito utilizando-se a fórmula:

$$\text{Tempo de autonomia} = \frac{\text{Volume Interno do Cilindro em litros} \times \text{Pressão do ar em bar}}{\text{Consumo do usuário em l/min}}$$

(\*\*) O intervalo de tempo de Teste de Pressão Hidrostática dos cilindros deve ser obedecido para que se obtenha o máximo de segurança no manuseio destes. Este ensaio deve ser executado de preferência pelo próprio fabricante do equipamento, como o SBPR ou por empresa credenciada. Quando um cilindro passa por este teste, ele é etiquetado ou marcado com a data da execução do teste para reconhecimento do prazo em que um novo teste deva ser executado.

Opcionalmente, o SBPR também oferece este equipamento em mala de madeira para guarda ou armazenamento em viaturas, ou ainda fornecendo caixas de fibra de vidro de colocação em parede, onde, dentro dela, o respirador autônomo estará sempre pronto para uso e colocação rápida.





Segunda saída

*Equipamento autônomo de ar comprimido dotado de saída  
“carona” onde está acoplado o segundo conjunto  
peça facial/válvula de demanda, para resgate*

## **EQUIPAMENTO AUTÔNOMO PARA INSPEÇÕES RÁPIDAS**

### **RAPID 15**

O respirador Rapid 15 do SBPR também é um respirador autônomo de ar comprimido, desenvolvido para que o usuário possa penetrar em áreas contaminadas e executar trabalhos rápidos de inspeção. Jamais poderá ser utilizado em emergências principalmente combate a incêndio e resgate de vítimas devido à sua pequena autonomia.

Sua peça facial também é uma Full Face, dotada de válvula de demanda pressão positiva automática ou semi-automática, cilindro de 3 litros de volume, pressão de 200 bar e suporte de tamanho reduzido. Também dispõe de regulador de pressão com todas as características do equipamento autônomo PA-540-PP e sua autonomia é de cerca de 15 minutos. Pode ser utilizado com cilindro lateralmente ou nas costas do usuário.

Vem acondicionado em bolsa para armazenamento e transporte.



Rapid 15 usado com cilindro lateralmente

## **ENSAIO DA QUALIDADE DO AR COMPRIMIDO EM CILINDROS**

O ar comprimido em cilindros é carregado por compressores especiais, de alta pressão, e poderá conter algumas impurezas que não podem ser inaladas pelo usuário do respirador.

Algumas impurezas que podem estar presentes no ar de cilindros são:

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

- Monóxido de Carbono – se o compressor é acionado por motor de combustão interna, como os de gasolina, o CO está presente nos gases de exaustão e pode ser succionado para dentro do cilindro.
- Dióxido de Carbono – pela mesma razão acima.
- Umidade – o excesso de umidade no ar dentro do cilindro indicar que os filtros de remoção de umidade do compressor devem ser substituídos
- Óleo – a presença de vapor de óleo no ar do compressor indica a necessidade de substituição dos filtros de óleo do compressor.
- Outros gases contaminantes – se estiverem presentes no local onde o compressor opera, também serão levados ao cilindro.

O NFPA dos Estados Unidos recomenda que a cada 3 meses se execute uma análise da qualidade do ar comprimido liberado pelos compressores enquanto que a norma ANSI também americana recomenda análises periódicas sem especificar intervalos de tempo.

O SBPR coloca à disposição dos seus clientes um serviço técnico de análise da qualidade do ar comprimido em cilindros ou direto nos compressores, com fornecimento de laudo técnico.

Um registro das análises deve ser mantido para referências e reconhecimento de novas datas de elaboração dos ensaios.

***CAPÍTULO XII - INSPEÇÕES, MANUTENÇÕES E CHECK LIST PARA RESPIRADORES***

**PONTOS A OBSERVAR (CHECK LIST) NOS RESPIRADORES**

- Os respiradores são uma forma importante de se controlar a exposição a substâncias perigosas. Eles somente devem ser empregados quando as formas de engenharia de controle dos contaminantes não puderem ser totalmente eficientes, ou enquanto estiverem sendo implantadas, sob reparos ou durante emergências.
- Os respiradores não protegem o usuário contra contaminantes que possam ser absorvidos pela pele.
- Um controle médico para determinar se a pessoa pode utilizar respiradores deve ser executado conforme recomendações dos diversos tipos de Programas de Proteção Respiratória.

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

- A maior concentração possível do contaminante no ar deve ser considerada como estando presente para calcular o Fator de Proteção para cada usuário.

Siga sempre as instruções do fabricante dos seus equipamentos contidas nos manuais que acompanham os mesmos para executar as manutenções e reparos necessários. Conte com o Serviço de Assistência Técnica do fabricante para execução dos trabalhos que você não deve executar por exigirem maior conhecimento ou ferramentas e instrumentos especiais. As peças de reposição a serem utilizadas nas manutenções dos seus equipamentos deverão sempre ser originais, o que garantirá perfeito funcionamento durante toda a vida útil do mesmo.

Um check list que sugerimos pode ser o seguinte:

1. Peça Facial:

- Sujeira excessiva
- Fissuras, rasgos, furos ou distorções físicas
- Sinais de distorção
- Partes pegajosas
- Montagem incorreta ou presilhas faltantes
- Conexão de filtros quebradas e tirantes em mau estado
- Válvulas de Inalação/exalação faltantes ou danificadas

2. Tirantes

- Rasgos
- Perda de Elasticidade
- Presilhas ou fivelas quebradas ou com mau funcionamento

3. Válvulas de exalação (os itens mais importantes de um respirador)

- Sujeiras ou corpos estranhos sob a base da válvula
- Rasgos, fissuras ou distorções das válvulas
- Quebras ou distorções na base da válvula
- Cobertura da válvula faltando ou com defeito
- Instalação incorreta da válvula em sua base
- Inserção incorreta do corpo da válvula no corpo da peça facial
- 

4. Filtros (elementos purificadores de ar)

- Filtro incorreto para o tipo de contaminante
- Instalação incorreta ou anéis de vedação faltantes
- Rosca danificada ou amassada.
- Vida útil ou data de validade dos filtros já ultrapassadas.
- Perfurações na carcaça dos filtros
- Evidências de outros danos

Os equipamentos mais complexos devem sofrer manutenção pelo fabricante nos tempos e prazos determinados nos manuais de instrução ou sempre que houver suspeita de mau funcionamento. Isso garante utilização de peças originais de reposição e ajustes com instrumentação e ferramental apropriados.

O Serviço de Assistência Técnica do SBPR oferece o apoio de que você necessita para manutenção preventiva e corretiva em seus equipamentos de Proteção Respiratória.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O autor deste trabalho espera ter levado até você conhecimentos básicos importantes no campo da Proteção Respiratória e estará sempre à sua disposição para aprimoramento e reciclagem desses conhecimentos, porque está sempre buscando novas tecnologias, onde elas estiverem, para que os equipamentos de proteção respiratória que você tiver escolhido com base nestas informações possam atender às suas expectativas.

Visite o site da Farbene: [www.farbene.com.br](http://www.farbene.com.br)

## **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

- NIOSH Guide to Industrial Respiratory Protection
- NIOSH Guide to the Selection and Use of Particulate Respirators
- Respiratory Protection and Fit Testing Workshop, Dr. Roy McKay, USA
- Normas NBR da Associação Brasileira de Normas Técnicas
- Journal of the International Society for Respiratory Protection
- PPR Programa de Proteção Respiratória – Fundacentro
- O Tamanho das Partículas de Poeira no Ar em Ambientes de Trabalho, Alcinéia M.A. Santos
- Segurança e Medicina do Trabalho – Manuais de Legislação Atlas
- Complete Confined Spaces Handbook – John F. Rekus
- Air Monitoring for Toxic Exposures – Shirley A. Ness
- Basic Concepts of Industrial Hygiene – Ronald Scott
- Respiratory Protection Handbook – William Nevoir e Ching-Tsen Bien
- Safety and Health in Confined Spaces – Neil McManus

**ANEXO 1 – TABELA DOS VALORES IPVS DE ALGUNS  
CONTAMINANTES**

<b>SUBSTÂNCIA</b>	<b>IPVS NIOSH 1998</b>
Acetaldeído	2.000 ppm
Acetato de Etila	2.000 ppm
Acetato de Isoamila	1.000 ppm
Acetato de Metila	3.100 ppm
Acetato de n-Butila	1.700 ppm
Acetato de Propila	1.700 ppm
Acetona	2.500 ppm
Acetonitrila	500 ppm
Ácido Acético	50 ppm
Ácido Bromídrico (Veja Gás Bromídrico)	
Ácido Cianídrico (Veja Gás Cianídrico)	
Ácido Clorídrico (Veja Gás Clorídrico)	
Ácido Crômico	15 mg Cr IV/m <sup>3</sup>
Ácido Fluorídrico (Veja Gás Fluorídrico)	
Ácido Fórmico	30 ppm
Ácido Fosfórico	1.000 mg/m <sup>3</sup>
Ácido Nítrico	25 ppm
Ácido Oxálico	500 mg/m <sup>3</sup>
Ácido Pírico	75 mg/m <sup>3</sup>
Ácido Sulfídrico (Veja Gás Sulfídrico)	
Ácido Sulfúrico	15 mg/m <sup>3</sup>
Acrilamida	60 mg/m <sup>3</sup>
Acrilato de Etila	300 ppm
Acrilato de Metila	250 ppm
Acrilonitrila	85 ppm
Acroleína	5 ppm
Álcool Etilico (Etanol)	3.300 ppm
Álcool Isoamílico	500 ppm
Álcool Isobutílico	1.600 ppm
Álcool Isopropílico	2.000 ppm
Álcool Metílico (Metanol)	6.000 ppm
Álcool n-Butílico	1.400 ppm
Álcool n-Propílico	800 ppm
Álcool t-Butílico	1.600 ppm

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Aldrin	25 mg/m <sup>3</sup>
Amônia	300 ppm
Anidrido Acético	200 ppm
Anidrido Sulfuroso - Veja Dióxido de Enxofre	
Anilina	100 ppm
Arsênico e Compostos Solúveis	10 mg/m <sup>3</sup>
Arsina	3 ppm
Benzeno	150 ppm
Berilo	10 mg/m <sup>3</sup>
Betacloroprene	300 ppm
Brometo de Etila	2.000 ppm
Brometo de Metila	250 ppm
Bromo	10 ppm
Bromofórmio	850 ppm
Butadieno 1,3	2.000 ppm
Butanona 2	3.000 ppm
Butilamina (n-Butilamina)	300 ppm
Butoxietanol 2	700 ppm
Cádmio, poeiras e sais	9 mg Cd/m <sup>3</sup>
Canfeno Clorado (Toxafeno)	20 mg/m <sup>3</sup>
Carbaryl	100 mg/m <sup>3</sup>
Carvão em pó (Negro-de-Fumo)	1.750 mg/m <sup>3</sup>
Chlordane	100 mg/m <sup>3</sup>
Chumbo em pó como Pb	100 mg Pb/m <sup>3</sup>
Chumbo Tetraetila como Pb	40 mg Pb/m <sup>3</sup>
Chumbo, fumos como Pb	700 mg/m <sup>3</sup>
Cianetos como CN	25 mg/m <sup>3</sup>
Ciclohexano	1.300 ppm
Ciclohexanol	400 ppm
Ciclohexanona	1.300 ppm
Cimento Portland - Poeiras Totais	5.000 mg/m <sup>3</sup>
Cloreto de Etila	3.800 ppm
Cloreto de Metila	2.000 ppm
Cloreto de Metileno	2.300 ppm
Cloreto de Zinco, fumos	50 mg/m <sup>3</sup>
Cloro	10 ppm
Clorobromometano	2.000 ppm
Clorodifenila (42% de cloro)	10 mg/m <sup>3</sup>
Clorodifenila (54% de cloro)	5 mg/m <sup>3</sup>
Clorofórmio	500 ppm

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Cloropicrina	4 ppm
Cobalto como Co	20 mg/m <sup>3</sup>
Cobre, Fumos	100 mg/m <sup>3</sup>
Cobre, Poeira e Névoa	100 mg/m <sup>3</sup>
Cresol	250 ppm
Cromo metálico	200 mg Cr/m <sup>3</sup>
DDT	500 mg/m <sup>3</sup>
Destilados de Petróleo - Nafta	1.100 ppm
Di Isobutil Cetona (DISK)	500 ppm
Diacetona Álcool	1.800 ppm
Dibrometo de Etileno	100 ppm
Dibutil Ftalato	4.000 mg/m <sup>3</sup>
Dichlorvos	100 mg/m <sup>3</sup>
Dicloro Difluoro Metano	15.000 ppm
Dicloro Fluoro Metano	5.000 ppm
Dicloroetano 1,1	3.000 ppm
Dieldrin	50 mg/m <sup>3</sup>
Dietanolamina	2.000 ppm
Dietilamina	200 ppm
Dimetil Acetamida	300 ppm
Dimetil Formamida	500 ppm
Dimetil Ftalato	2.000 mg/m <sup>3</sup>
Dimetil Hidrazina 1,1	15 ppm
Dimetilamina	500 ppm
Dimetilamina N, N	100 ppm
Di-Nitrotolueno	50 mg/m <sup>3</sup>
Dioxano	2.000 ppm
Dióxido de Cloro	5 ppm
Dióxido de Enxofre (Anidrido Sulfuroso)	100 ppm
Dióxido de Nitrogênio	20 ppm
Dissulfeto de Carbono	500 ppm
Epicloridrina	75 ppm
Estireno	700 ppm
Etanol (Veja Álcool Etílico)	
Etanolamina	10 ppm
Éter Diglicidílico	10 ppm
Éter Etílico	1.900 ppm
Éter n-Butil Glicidílico	250 ppm
Etil Benzeno	800 ppm
Etil Butil Cetona	1.000 ppm

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

---

Etoxietanol 2	500 ppm
Fenol	250 ppm
Flúor	25 ppm
Formiato de Metila	4.500 ppm
Formoldeído (Formol)	20 ppm
Fosfina	50 ppm
Fosgênio	2 ppm
Furfural	100 ppm
Gás Bromídrico (Ácido Bromídrico)	30 ppm
Gás Cianídrico (Ácido Cianídrico)	50 ppm
Gás Clorídrico (Ácido Clorídrico)	50 ppm
Gás Fluorídrico (Ácido Fluorídrico) como F	30 ppm
Gás Sulfídrico (Ácido Sulfídrico)	100 ppm
Gasolina (como n-Octano)	1.000 ppm
GLP (Propano + Butano)	2.000 ppm
Hexano (normal)	1.100 ppm
Hexanona	1.600 ppm
Hidrazina	50 ppm
Hidroquinona	50 mg/m3
Hidróxido de Sódio (Soda Cáustica)	10 mg/m3
Iodeto de Metila	100 ppm
Iodo	2 ppm
Lindano	50 mg/m3
Malathion (Fração Respirável)	250 mg/m3
Mercúrio (como Hg compostos inorgânicos)	10 mg/m3
Mercúrio (como Hg e compostos orgânicos)	2 mg/m3
Metacrilato de Metila	1.000 ppm
Metanol - Veja Álcool Metílico	
Metil Acetileno	1.700 ppm
Metil Ciclo Hexano	1.200 ppm
Metil Ciclo Hexanol	500 ppm
Metil Clorofórmio	700 ppm
Metil Clorofórmio - Veja Tricloretoano	
Metil Etil Cetona (MEK)	3.000 ppm
Metil Hidrazina	20 ppm
Metil Isobutil Cetona (MIBK)	3.000 ppm
Metil Isocianato	3 ppm
Metil Mercaptana	150 ppm
Metilamina	100 ppm
Monóxido de Carbono	1.200 ppm

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

Nafta	<b>1.000 ppm</b>
Nitropropano 2	<b>100 ppm</b>
Nitrotolueno	<b>200 ppm</b>
Orto Diclorobenzeno	<b>200 ppm</b>
Orto Toluidina	<b>50 ppm</b>
Óxido de Cádmio, fumos como Cd	<b>9 mg/m3</b>
Óxido de Cálcio	<b>25 mg/m3</b>
Óxido de Etileno	<b>800 ppm</b>
Óxido de Zinco, fumos	<b>500 mg/m3</b>
Óxido Nítrico	<b>100 ppm</b>
Ozônio	<b>5 ppm</b>
Para Diclorobenzeno	<b>150 ppm</b>
Para Nicroclorobenzeno	<b>100 mg/m3</b>
Parathion	<b>10 mg/m3</b>
Pentacloreto de Fósforo	<b>70 mg/m3</b>
Pentaclorofenol	<b>2,5 mg/m3</b>
Pentanona 2	<b>1.500 ppm</b>
Percloretileno (Tetracloroetileno)	<b>150 ppm</b>
Percloro Metil Mercaptana	<b>10 ppm</b>
Peróxido de Benzoíla	<b>1.500 mg/m3</b>
Peróxido de Hidrogênio	<b>1 ppm</b>
Phosdrin	<b>4 ppm</b>
Piridina	<b>1.000 ppm</b>
Pixe volátil	<b>80 mg/m3</b>
Quinona	<b>100 mg/m3</b>
Soda Cáustica - Veja Hidróxido de Sódio	
Sulfato de Dimetila	<b>7 ppm</b>
Terebentina	<b>800 ppm</b>
Tetracloreto de Carbono	<b>200 ppm</b>
Tetracloroetano 1,1,2,2	<b>100 ppm</b>
Tetracloroetileno (Veja Percloretileno)	
Tetrahidrofurano	<b>2.000 ppm</b>
Tetrametil Succinonitrila	<b>5 ppm</b>
Tolueno	<b>500 ppm</b>
Tolueno Diiso Cianato TDI	<b>2,5 ppm</b>
Toxafeno - Veja Canfeno Clorado	
Tricloreto 1,1,1 (Metil Clorofórmio)	<b>700 ppm</b>
Tricloreto 1,1,2	<b>100 ppm</b>
Tricloretileno	<b>1.000 ppm</b>
Tricloreto de Fósforo	<b>25 ppm</b>

**Tratado de Proteção Respiratória**  
**Autor: João Antonio Munhoz**  
**Farbene Comércio e Serviços Ltda.**

Tricloro 1,1,2 Trifluormetano 1,2,2	<b>2.000 ppm</b>
Trietilamina	<b>20 ppm</b>
Trimetilamina	<b>100 ppm</b>
Urânio Natural, Compostos Insolúveis	<b>10 mg/m<sup>3</sup></b>
Urânio Natural, Compostos Solúveis	<b>10 mg/m<sup>3</sup></b>
Vinil Tolueno	<b>400 ppm</b>
Xilol	<b>1.000 ppm</b>



**Sobre o Autor:**

João Antonio Munhoz, Químico Industrial, atuou como Gerente de Produto na Dräger do Brasil por mais de 20 anos, atual Gerente Técnico da Farbene Comércio e Serviços Ltda., prestando serviços de consultoria a Empresas em Detecção de Gases e Proteção Respiratória. Frequentou e ministrou Cursos, apresentou trabalhos em Eventos ligados às áreas de sua especialidade, no Brasil e em diversos outros países. Membro das Comissões de Estudos de Proteção Respiratória e de Espaços Confinados da A.B.N.T. e da International Society for Respiratory Protection.

O primeiro trabalho do autor data de 1976 e começou com a Detecção de Gases. Posteriormente foi ampliado incluindo Proteção Respiratória em diversas edições até chegar a esta.

Para escrever este Tratado, que é constantemente atualizado com inclusões e novidades neste campo, o autor baseou-se em sua experiência pessoal de mais de 30 anos no assunto, nos exemplos práticos encontrados, na literatura disponível no mercado mundial neste momento, em trabalhos apresentados em congressos e em cursos frequentados e ministrados no Brasil e no Exterior.

Se você domina muito bem o idioma inglês, solicite-nos outros materiais didáticos que poderão ser úteis em seus estudos de Proteção Respiratória e Detecção de Gases, principalmente em levantamentos ambientais.

Críticas e sugestões serão bem vindas. Lembre-se: este Tratado estará sempre passando por atualizações.

Esta é a 3ª revisão de agosto de 2005