



**SESI**

# **TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE AGENTES AMBIENTAIS:**

## **MANUAL SESI**

**BRASÍLIA 2007**

## *Aerodispersóides*

### Aspectos Gerais

O termo **aerodispersóide** aplica-se a uma dispersão de sólidos ou líquidos no ar, na forma de partículas de tamanho reduzido geradas e projetadas no ambiente de trabalho mediante diversos processos industriais, e que pode se manter em suspensão por um longo tempo, permitindo a inalação do contaminante pelos expostos.

Subdividem-se em:

**Poeiras** – são partículas sólidas produzidas pelo rompimento mecânico de sólidos, como ocorre em processos de moagem, atrito, impacto etc., ou por dispersão secundária, como o arraste ou agitação de partículas sedimentadas, como, por exemplo: poeira de sílica, carvão, talco, farinha etc.

**Fumos** – são partículas sólidas produzidas por condensação ou oxidação de vapores de substâncias sólidas em condições normais, como por exemplo: fumos de soldagem, fumos presentes em fundições, processos de spray metálico a quente.

**Névoas** – são partículas líquidas produzidas por ruptura mecânica de líquidos, como, por exemplo: névoas de água, de ácido sulfúrico, alcalinas, de pintura, névoas de lagoas de aeração forçada no tratamento de efluentes.

**Neblinas** – são partículas líquidas produzidas por condensação de vapores de substâncias que são líquidas à temperatura normal.

**Fibras** – são partículas sólidas produzidas por ruptura mecânica de sólidos, que se diferenciam das poeiras porque têm forma alongada, com um comprimento de 3 a 5 vezes superior ao seu diâmetro.

Exemplos: animal - lã, seda, pêlo de camelo  
Vegetal - algodão, linho e cânhamo  
Mineral - asbestos, vidros e cerâmicas

Quanto ao tamanho das partículas, a tabela abaixo demonstra algumas propriedades:

TABELA 10 – TIPOS DE POEIRAS

Tipo de poeira	Tamanho aproximado ( $\mu\text{m}$ )
Sedimentável	$10 \leq \phi \leq 150$
Inalável	$\phi \leq 10$
Respirável	$\phi \leq 5$
Visível	$\phi > 40$

Fonte: SOTO, José Manoel Gana. Higiene Ocupacional. *Revista Proteção*, out./nov. (Caderno Técnico, nº 5)

A tabela acima nos mostra que as partículas mais nocivas são as inaláveis e as respiráveis, que não podem ser avaliadas somente por meio da nossa percepção.

O conceito usado em Higiene Ocupacional para definir tamanho de partículas deriva da velocidade de queda da partícula no ar em repouso, quando esta atinge o equilíbrio (força da gravidade igual à força da resistência aerodinâmica exercida pela atmosfera) e desce com velocidade constante conhecida como velocidade terminal de sedimentação.

Define-se o Diâmetro Aerodinâmico Equivalente como o diâmetro de uma esfera hipotética de densidade unitária ( $1\text{g}/\text{cm}^3$ ), a qual tem a mesma velocidade terminal de sedimentação da partícula no ar, independente do seu tamanho geométrico, forma e densidade real.

Esse conceito é o preferido atualmente para se definir o tamanho das partículas por ser esse o modelo que se adapta à capacidade de penetração e probabilidade de deposição das partículas no sistema respiratório.

## Poeira respirável

A parcela de partículas que são inaladas e que têm a possibilidade de penetrar e se depositar além dos bronquíolos terminais chama-se de fração respirável, responsável por induzir doenças do grupo das pneumoconioses. O tamanho das partículas com tal propriedade oscila entre 0,5 micrometro a 10 micrometros.

A fim de dar uma noção prática dos tamanhos de partículas que podem constituir uma poeira, apresentamos a seguir uma tabela que visualiza vários contaminantes e seu tamanho médio de partícula, dado em valores de diâmetros aerodinâmicos equivalentes.

**TABELA 11 – TAMANHO DE PARTÍCULAS**

Partícula	Tamanho em micrometros
Menor partícula visível	40 – 50
Gotas de chuva	500 – 5.000
Diâmetro do cabelo humano	50 – 500
Pólen	10 – 100
Cinzas	1 – 5.000
Poeira de cimento	1 – 100
Poeira de fundição	0,1 – 1.000
Negro de fumo	0,001 – 0,50
Carvão	0,1 – 5.000
Fumaça de tabaco	0,01 – 0,5
Poeira de sílica	0,0001 – 10.000
Bactérias	0,1 – 50

As partículas maiores que cinco micrometros e menores que dez micrometros podem sair com a ajuda da respiração. As menores que cinco micrometros penetram profundamente nos pulmões.

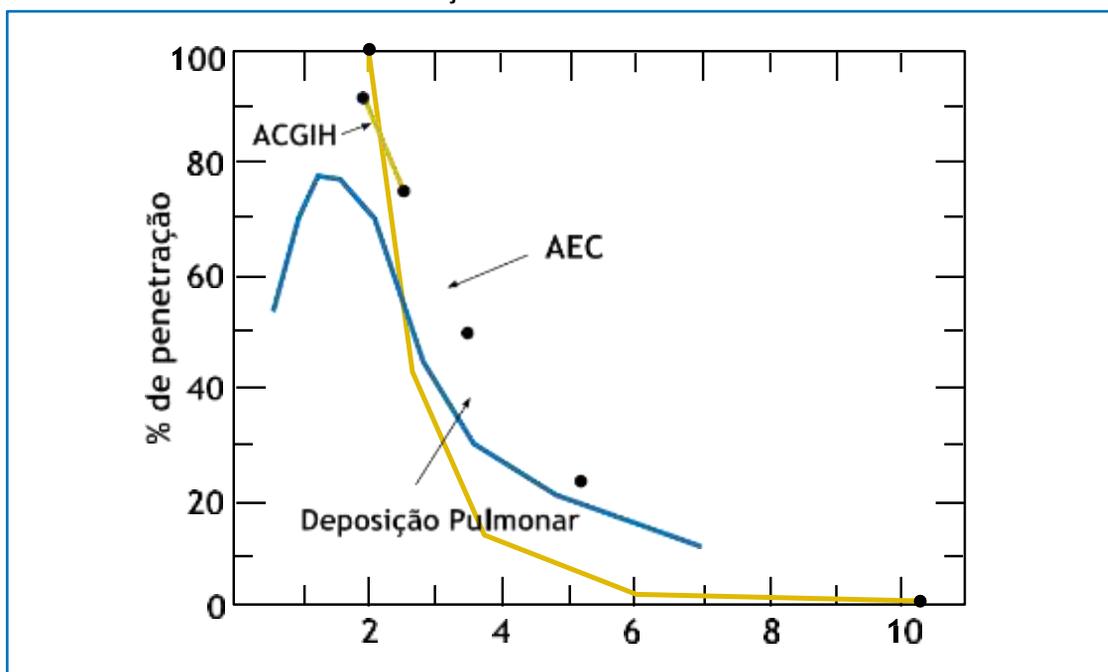
## Curvas de seleção de tamanho de partículas

Os equipamentos de amostragem de poeiras devem simular, da forma mais aproximada possível, o que acontece no trato respiratório quando da inalação de partículas. Em outras palavras, o material a ser coletado pelo amostrador somente deverá coletar partículas que tenham a possibilidade de penetrar no trato respiratório (poeira respirável). Dessa forma, a amostragem será representativa da exposição ocupacional.

Ao longo do tempo, têm sido recomendados vários modelos para a fabricação de equipamentos de amostragem de poeira respirável, baseados nas chamadas curvas de deposição pulmonar. As mais usadas são as do Conselho de Pesquisas Médicas da Grã-Bretanha (BMRC), da Comissão de Energia Atômica (AEC) dos Estados Unidos e a curva da ACGIH, a qual modificou as anteriores, permitindo a seleção de 80% das partículas com densidade unitária e diâmetro de dois micrometros.

Os equipamentos de amostragem com separadores ciclônicos baseiam-se na curva adotada pela ACGIH.

FIGURA 25 – CURVAS DE DEPOSIÇÃO PULMONAR DE PARTÍCULAS



Fonte: SOTO, José Manoel Gana. Higiene Ocupacional. Revista Proteção, out./nov. (Caderno Técnico nº 5)

Atualmente, está sendo introduzida nova modificação, que apresenta três faixas de seleção:

- a) MPI – massa de partículas inaláveis
- b) MPT – massa de partículas torácicas
- c) MPR – massa de partículas respiráveis

Os novos separadores já foram apresentados em algumas feiras especializadas, mas ainda não se encontram em nosso mercado. Diversos métodos baseados em fundamentos físico-químicos diferentes têm sido estudados e usados para as amostragens de poeiras. Esses métodos podem ser divididos em seis grupos fundamentais:

- sedimentação
- óticos
- impactadores
- filtração
- precipitação eletrostática
- precipitação térmica

O método de filtração referente a filtros tipo membrana é, sem dúvida, o mais utilizado. Nesse método, quando o objetivo é coletar a fração respirável, utiliza-se um separador tipo ciclone, construído de acordo com as curvas de deposição pulmonar já apresentadas.

Basicamente, o conjunto amostrador consiste nos seguintes componentes:

- sistema filtrante
- sistema separador de tamanho de partículas
- bomba de sucção com fluxo regulável

### 3 AVALIAÇÃO AMBIENTAL E EXERCÍCIOS PRÁTICOS

#### 1. Avaliação dos Gases e Vapores

##### ASPECTOS GERAIS

###### FORMAS AMOSTRAIS

Amostras de curta duração (“instantâneas”) – são realizadas em um curto espaço de tempo e os resultados correspondem à concentração existente nesse intervalo.

###### Vantagens:

- Registro das concentrações mais altas e mais baixas durante a jornada de trabalho, quando podem ser antecipados os momentos de máximos e mínimos de exposição.
- Cálculo da concentração média, por meio da média estatística das amostragens instantâneas (para adequado uso estatístico, as amostras devem ser aleatórias - vide capítulo sobre Estratégia de Amostragem).
- É fundamental quando se avalia a concentração de substâncias que tenham valor teto ou valor máximo associado ao LT tipo média ponderada e TLV-C da ACGIH.

Amostragem contínua – é realizada em período de tempo que varia de frações de hora até uma jornada de trabalho, com uma ou mais amostras.

###### Vantagens:

- Fornece como resultado a média ponderada das condições existentes no período de avaliação no ambiente.

Desvantagens:

- Não há registro das variações da concentração durante o período, o que impossibilita a determinação das máximas concentrações, não podendo ser verificado se o valor máximo ou valor teto foi ultrapassado.

## RECURSOS INSTRUMENTAIS

### INSTRUMENTOS UTILIZADOS E METODOLOGIA

#### Aparelhos de leitura direta

São aqueles que fornecem, imediatamente, no próprio local de trabalho que está sendo analisado, a concentração do contaminante. Podem ser equipamentos dedicados a um ou poucos contaminantes, geralmente com células ou sensores eletroquímicos convenientes; podem também ser usados tubos detetores reativos ou colorimétricos, com bombas acopladas (bomba universal, para todos os tubos).

Os mais utilizados e conhecidos são os indicadores colorimétricos, ou tubos detetores colorimétricos. São dispositivos de leitura direta que utilizam métodos químicos e fornecem a concentração existente no ambiente pela alteração da cor, ocorrida devido a uma reação química.

Consistem fundamentalmente em se passar uma quantidade conhecida de ar por meio de um reagente, o qual sofrerá alteração de cor, caso a substância contaminante esteja presente.

A concentração do contaminante é então determinada:

- pela comparação da intensidade e extensão da alteração de cor resultante, com escalas padronizadas, que podem estar tanto gravadas no próprio tubo como impressas na carta informativa que o acompanha;
- por comparação da cor obtida com cores-padrão.

## Amostragem com retenção em filtros de PVC, éster de celulose ou fibra de vidro

Consiste em fazer passar um volume de ar conhecido, utilizando bomba gravimétrica devidamente calibrada, conforme método utilizado para o contaminante, por meio de filtros específicos (PVC, éster celulose ou fibra de vidro).

O filtro contendo o contaminante será analisado em laboratório por meio de análise química específica, segundo a metodologia.

Para cada tipo de substância ou grupo devem-se consultar os métodos do NIOSH, que fornecem toda a metodologia de amostragem de campo (vazão, tempo de coleta, tipo de meio de retenção) e análise laboratorial. Eles podem ser consultados *on-line* na internet, no *site* do NIOSH, [www.cdc.gov/niosh](http://www.cdc.gov/niosh).

Alguns laboratórios de Higiene Ocupacional disponibilizam resumos de métodos para serem consultados, para que o profissional que busca informações sobre determinado contaminante saiba quais os passos que deverá seguir caso decida monitorar uma determinada substância.

Temos de fazer algumas perguntas antes de tomar uma decisão em relação ao contaminante, como:

- A substância possui limite de tolerância?
- Possui metodologia para amostragem de campo?
- Possui metodologia de análise?
- Essa metodologia já foi implantada?

Se a resposta for sim, existirá um valor (custo) de análise; caso não tenha sido implantada, esse custo será bem mais alto, pois essa substância não é uma substância de rotina para o laboratório, e este, por sua vez, terá de desenvolver tal metodologia.

## Monitores passivos (OVM)

Os monitores passivos ou, como são chamados no comércio especializado nos Estados Unidos, *Organic Vapor Monitors*, são dispositivos de coleta de amostras de gases e vapores que se fundamentam no fenômeno de Difusão – Adsorção, sem usar bombas de sucção ou outro mecanismo que forneça a passagem forçada de ar.

Durante a coleta da amostra, podemos distinguir as seguintes fases:

- fase de difusão-permeação
- fase de adsorção

A etapa de difusão se caracteriza pela passagem das moléculas do gás ou vapor de um ambiente de maior concentração para um ambiente isento ou de baixa concentração de contaminante, por intermédio de um meio permeável (Lei de Henry).

Na parte posterior da câmara de difusão é colocada uma placa ou disco de carvão ativo, ou outro adsorvente específico, onde se completa a fase de adsorção.

A massa de contaminante transferida para o adsorvente pode ser calculada pela expressão:

$$M = \frac{E \times A}{L} \times C \times t$$

sendo,

M = massa de gás ou vapor retido no monitor

E = coeficiente de difusão cm<sup>2</sup> /seg

A = área de superfície do monitor em cm<sup>2</sup>

L = distância entre membrana e adsorvente em cm

C = concentração ambiental mg/m<sup>3</sup>

t = tempo de amostragem seg

Define-se o conceito de vazão equivalente U em cm<sup>3</sup>/seg, que representa o volume de ar que contém a mesma quantidade de contaminante que o monitor consegue reter por unidade de tempo:

$$U = \frac{E \times A}{L}$$

Os valores de U são especificados pelo fabricante e a concentração ambiental a ser medida será:

$$\frac{M}{U \times t}$$

M será determinada pelo laboratório,  
U é fornecido pelo fabricante, e  
t representa o tempo da amostragem

### Procedimento de Amostragem

O procedimento de amostragem descrito a seguir será baseado no monitor passivo da empresa 3M, que apresenta no mercado quatro tipos diferentes, quais sejam: OVM 3500, OVM 3520, específico para formaldeído, OVM 3721 e um específico para Óxido de Etileno, o OVM 3551. Recomenda-se consultar o catálogo da 3M ou a página da internet do fabricante ou do laboratório que fará a análise.

Observar as seguintes etapas para a amostragem:

1. Remova o monitor da sua embalagem metálica.
2. Prenda o monitor de forma que se situe na zona respiratória e anote a hora de início da amostragem.
3. Após o tempo da amostragem (observar o tempo determinado pelo fornecedor para cada substância), retire o monitor, remova a membrana permeável e coloque proteção de plástico, o que facilitará o trabalho do laboratório.
4. Anote o tempo de término de amostragem, coloque o monitor no interior da embalagem metálica e envie-o ao laboratório.

5. As informações de campo necessárias a coletar serão, portanto:

- nome do funcionário objeto da amostragem
- instante do início da amostragem
- instante do término da amostragem
- temperatura e pressão ambiente

## Análises

O método analítico mais recomendado é a cromatografia de fase gasosa, segundo as orientações do método NIOSH - P and CAMP 127.

FIGURA 28 – ExEMPLO DE AMOSTRADOR PASSIVO



Fonte: Foto cedida pela 3M do Brasil

## 3.2 Avaliação de Aerodispersóides

### Recursos instrumentais

#### BOMBAS DE SUÇÃO – AMOSTRADORES PARA POEIRAS E FUMOS

Hoje, no mercado, existem vários modelos desses equipamentos que são de pequeno porte e podem ser levados individualmente pelo trabalhador na sua cintura, quando se deseja coletar amostras pessoais. Os equipamentos mais modernos têm introduzido reguladores eletrônicos

de fluxo, com capacidade de vazão de 1 litro/min a 4 litros/min. As bombas são alimentadas por baterias de níquel-cádmio recarregáveis e possuem regulação eletrônica de fluxo, conseguindo-se variações pequenas de vazão e, portanto, volumes de ar coletados mais precisos, o que é de grande importância numa amostragem.

Avazão de amostragem dependerá do volume de ar necessário para se coletar uma massa de material particulado suficiente para efetuar as análises.

## SISTEMA FILTRANTE (FILTROS, PORTA-FILTROS E SUPORTES)

### Filtros

Por exemplo, o filtro utilizado na coleta de poeira contendo sílica livre é de PVC (cloreto de polivinila), com 5  $\mu\text{m}$  de poro e 37 mm de diâmetro, que permite a captação de partículas relevantes do ponto de vista de retenção no tecido pulmonar (0,5 $\mu\text{m}$  a 10 $\mu\text{m}$ ). O material filtrante (PVC) é o mais indicado para a coleta desse tipo de poeira, pois possui alta eficiência de coleta, não é higroscópico e não interfere no método de análise química da sílica livre, já que o teor de cinzas, após a calcinação, é muito pequeno.

Para a coleta de poeiras metálicas ou fumos metálicos, utiliza-se como sistema filtrante um filtro de éster de celulose tipo AA, com 0,8  $\mu\text{m}$  de poro e 37 mm de diâmetro. Esse filtro é o mais indicado por não interferir no método de análise por absorção atômica, devido à sua pureza (baixos traços de metais), fácil solubilização e alta eficiência de coleta.

### Porta-Filtros

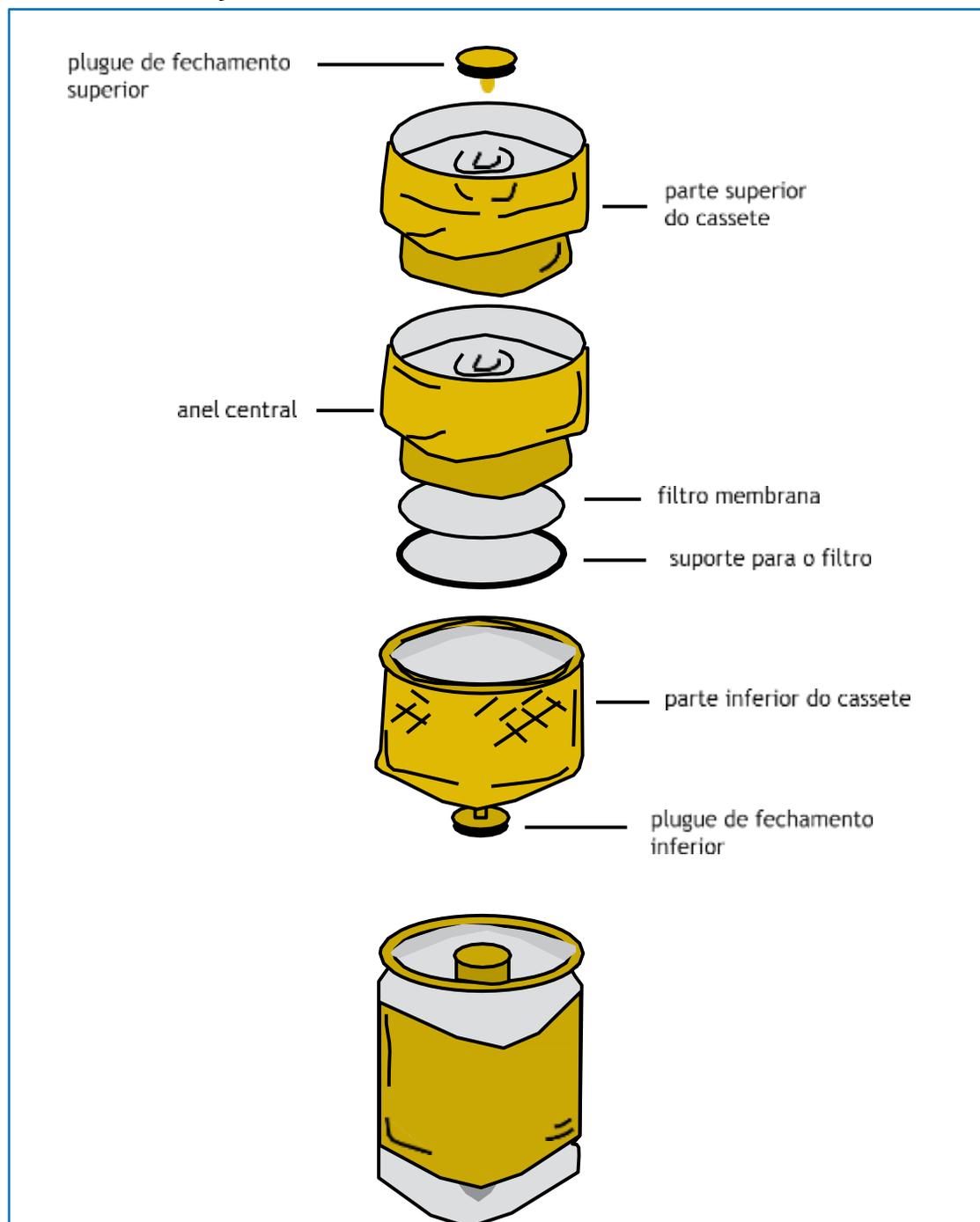
Os porta-filtros ou “cassetes” são constituídos de poliestireno, podendo possuir dois ou três corpos, que deverão ser bem vedados, após a preparação dos filtros, com bandas de celulose ou teflon, de modo a evitar contaminação das amostras.

### Suportes

Os suportes são placas de prata ou papelão de 25 mm ou 37 mm de

diâmetro, utilizadas para apoiar os filtros dentro do cassete. Os de papelão deverão ser descartados após as coletas, para evitar a contaminação. Os suportes de prata já não são muito utilizados atualmente e devem passar por um processo de limpeza após a sua utilização.

FIGURA 29 – CONJUNTO DE AMOSTRADOR PARA PARTICULADOS DE TRÊS CORPOS



## Separadores de Partículas

Para a separação de partículas é utilizado um miniciclone, com a função de selecionar as partículas de acordo com suas dimensões, isto é, as partículas maiores que 10  $\mu\text{m}$  não passam pelo filtro.

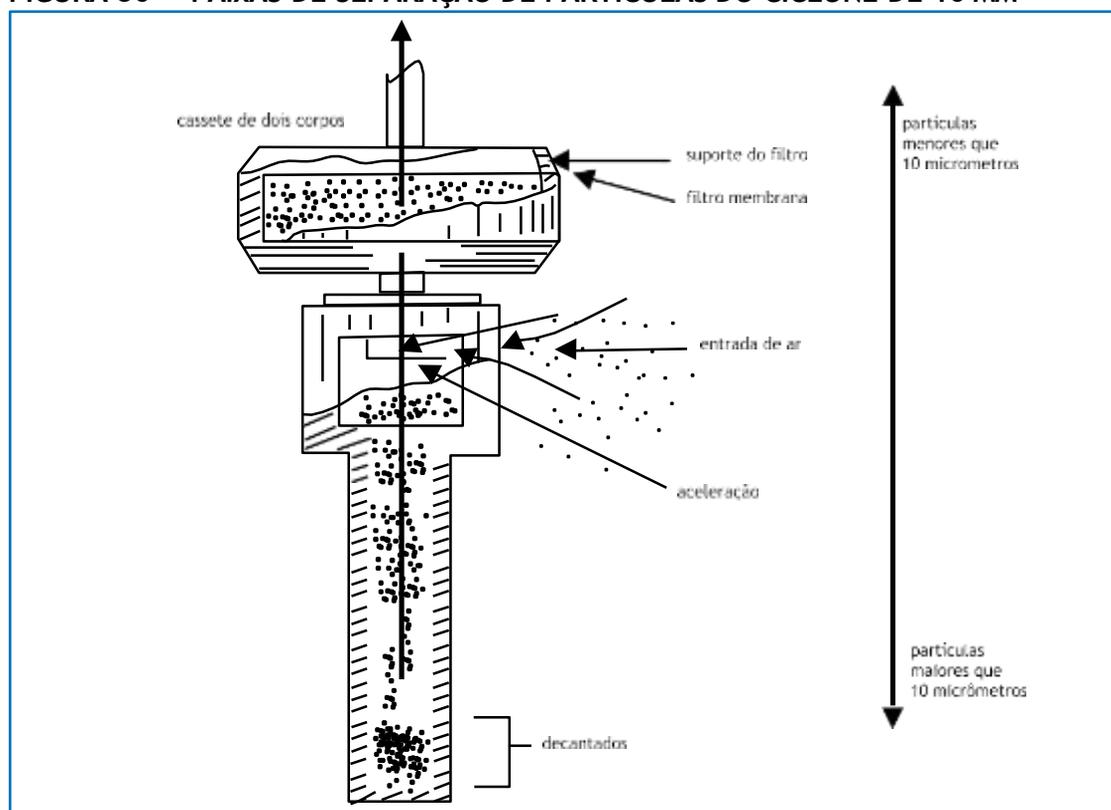
O mais utilizado é o ciclone de nylon de 10 mm de diâmetro.

TABELA 12 – SEPARAÇÃO PREVISTA PELO CICLONE DE 10 MM

f aerodinâmico ( $\mu\text{m}$ )	% respirável
10,0	0
5,0	25
3,5	50
2,5	75
$\leq 2,0$	100

Fonte: SOTO, José Manoel Gana. Higiene Ocupacional. Revista Proteção, out./nov. (Caderno Técnico nº 5)

FIGURA 30 – FAIXAS DE SEPARAÇÃO DE PARTÍCULAS DO CICLONE DE 10 MM



Fonte: SOTO, José Manoel Gana. Higiene Ocupacional. Revista Proteção, out./nov. (Caderno Técnico nº 5)

## Calibração de bombas

A Fundacentro, por meio da norma NHO 07 – Calibração de Bombas de Amostragem Individual pelo Método da Bolha de Sabão, descreveu todo o processo de como se obter uma vazão correta do instrumento a ser utilizado nas coletas de material particulado. Existem também no mercado atual calibradores eletrônicos, classificados como calibradores de padrão primário de vazão, que calibram bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão. Os resultados são obtidos por meio de leituras diretas, em unidades de vazão, volume por minuto.

Nesses aparelhos, os dados ficam retidos na memória para cálculos da média, assim como podem ser eliminados total ou parcialmente, conforme o interesse do usuário ou a qualidade das bolhas. Esses calibradores trazem a vantagem de serem de pequeno porte, fazendo calibrações rápidas e com muita eficiência, principalmente quando se trata de baixas vazões para o caso de gases e vapores. O princípio de funcionamento é o mesmo recomendado por essa norma e pela Norma da ABNT NBR – 10.562, com a diferença de realizar as leituras automaticamente. Recomenda-se ainda que esses instrumentos sejam calibrados de acordo com a NBR ISO 10012-1 – Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição.

Porém, devido ao baixo custo e a resultados extremamente satisfatórios, ainda se utiliza muito o sistema manual, por meio do método de bolha de sabão, conforme figura 1 e resumo descrito logo abaixo:

## Procedimento de Calibração

Em calibrações realizadas pelo método de bolha de sabão ou por calibradores portáteis, o uso de adaptadores ou quaisquer outros dispositivos de coleta, como *impingers* ou separadores de partículas, precedendo o filtro pode acarretar um aumento de perda de carga no sistema, podendo afetar o resultado da calibração, se não forem incluídos no “trem de calibração”.

Portanto, é importante observarmos que o dispositivo de coleta seja colocado no sistema da mesma forma como será usado durante a coleta no ambiente de trabalho.

- Ligar a bomba de amostragem durante 15 a 20 minutos, antes de iniciar o procedimento de calibração, para estabilizar a tensão das baterias.
- Medir a voltagem e verificar se ela está dentro das especificações do fabricante.
- Ajustar previamente a bomba de amostragem para a vazão requerida.
- Acoplar a bomba à bureta de precisão por meio da mangueira.
- Calcular o tempo que a bolha deve levar para percorrer a bureta, por meio da expressão:

$$T = \frac{V \times 60}{Q}$$

em que:

Q = vazão requerida, em litros por minuto (l/min)

V = volume da bureta, em litros (l)

T = tempo, em segundos (s)

- Erguer o recipiente contendo a solução de sabão até encostar ao bocal da bureta, fazendo com que se forme uma bolha.
- Repetir várias vezes essa operação, até que se forme uma bolha que percorra inteiramente a bureta sem se romper. A bolha deve se manter estável em todo o trajeto.
- Acionar o cronômetro quando a bolha passar pela marca inicial de calibração.
- Parar o cronômetro quando a bolha passar pela marca final de calibração.
- Ajustar novamente a bomba de amostragem para a vazão requerida, se necessário.
- Repetir esse procedimento até que se obtenham por três vezes consecutivas os tempos correspondentes à vazão requerida,

permitindo variação máxima de 0,2 segundos, anotando as leituras.

- Anotar os valores da temperatura e da pressão atmosférica caso haja a necessidade de correção da vazão.
- Abomba deve ser calibrada antes de cada coleta e após a realização da coleta.

### Cálculo da Vazão

Calcular a média aritmética dos tempos obtidos e determinar a vazão inicial, e, após, calcular a média aritmética dos tempos obtidos na vazão final e calcular a média final por meio da expressão:

$$Q_m = \frac{(Q_i + Q_f)}{2}$$

em que:

- $Q_m$  = vazão média nas condições de calibração, em litros por minuto (l/min)
  - $Q_i$  = vazão inicial nas condições de calibração, em litros por minuto (l/min)
- $Q_f$  = vazão final nas condições de calibração, em litros por minuto (l/min)

Obs.: Recomenda-se a leitura da NHO – 07 da Fundacentro, da NBR – 1.056 e também o estudo de um filme da Fundacentro com detalhes minuciosos de todos os passos a serem seguidos para se obter uma calibração de qualidade.

Para avaliações de poeira respirável (utilizando-se o ciclone), a vazão requerida, segundo o método NIOSH 0600, é de 1,7 l/min. Para avaliações de poeiras totais segundo o método NIOSH 0500, a vazão é de 1 l/min a 2 l/min, e para avaliações de fumos metálicos conforme método OSHA-ID 121—Spectrofotometria de Absorção Atômica, a vazão é de 1 l/min a 4 l/min.

Quanto à avaliação de outros contaminantes não citados aqui, sugere-se a consulta aos métodos do NIOSH e/ou ao laboratório que fará as análises.

FIGURA 31 – BURETA E CALIBRADOR AUTOMÁTICO



Fonte: Fotos cedidas pela TWA

### Aspectos específicos de avaliação de aerodispersóides

Poeiras minerais contendo sílica livre cristalizada e poeiras não classificadas de outra forma

**Poeira Total:** é toda poeira em suspensão existente no ambiente de trabalho: são as poeiras respiráveis e não respiráveis.

**Poeira Respirável:** é aquela cujo diâmetro equivalente é menor que dez micrometros e que obedece à curva de porcentagem de penetração na região alveolar de acordo com o quadro do item 4, Anexo 12 da NR-15.

Observa-se, portanto, que o conceito de poeira respirável é baseado na sua capacidade de penetração no trato respiratório. Nas avaliações para verificação do dano à saúde, as amostragens de poeira respirável são recomendáveis, pois representam aquelas partículas que penetram nos pulmões. A Norma Brasileira estabelece a atividade como insalubre quando quaisquer dos limites de tolerância forem ultrapassados.

Na avaliação de PNOc (partículas não classificadas de outra maneira), as análises deverão ser realizadas da mesma maneira descrita para poeiras minerais, observando-se suas peculiaridades.

A seguir, as etapas para a avaliação de poeiras.

O laboratório se encarregará de preparar os filtros para as amostragens em campo. Basicamente essa preparação consiste em:

- Dessecar o filtro durante 24 horas.
- Determinar o peso inicial do filtro em balança de precisão de 0,00001 g.
- Montar o filtro e o suporte no cassete e vedá-los com fita de celulose ou teflon.
- Codificar os filtros.

### Amostragem de Campo

Consiste em calibrar a bomba na vazão adequada. Nas amostragens de poeira total, recomenda-se a vazão inicial de 1,5 l/min, enquanto nas amostragens de poeira respirável a vazão é de 1,7 l/min. A calibração pode ser realizada no calibrador do tipo de bolha de sabão ou calibrador automático, conforme já falado (lembrando que, no caso de poeira respirável, deve-se dotar o sistema de coleta de um separador de partículas adequado (ciclone).

Deve-se instalar a bomba na cintura do trabalhador, de maneira que não atrapalhe suas atividades normais da função e marcar na folha de campo a hora inicial, se a bomba não acumular automaticamente esse dado (modelo da folha de campo em anexo).

Quanto ao tempo de amostragem, este será em função do tipo de poeira coletada (total ou respirável) e da sensibilidade do método analítico. Nessa fase, é importante o entrosamento com o laboratório que vai realizar as análises.

Após a amostragem, deve-se retirar a bomba, marcar o tempo final e, em seguida, fazer a calibração final, calculando a média da vazão.

Em todo o tempo da coleta, é recomendável o acompanhamento do trabalhador, observando e analisando os seguintes itens: funcionamento normal da bomba, reconhecimento das fontes principais de poeira, análise das atividades desenvolvidas no posto de trabalho, registro das medidas de controle existentes ou que poderão ser adotadas, entre outros.

### Folha de Campo

As observações realizadas e os registros feitos na folha de campo contribuirão para a elaboração do relatório final após a análise dos filtros. Entre os dados a serem registrados, destacam-se:

- Nome da empresa
- Data da amostragem
- Número de série, marca e modelo da bomba utilizada
- Número ou código do filtro utilizado
- Tipo de amostragem realizada (total ou respirável)
- Setor ou área de operação onde se realizou a amostragem
- Nome do trabalhador
- Função do trabalhador descrita minuciosamente
- Horário em que a bomba foi ligada
- Horário em que a bomba foi desligada
- Tempo de amostragem
- Vazão de calibração da bomba
- Observações feitas durante a amostragem

Sabemos que, tão importante quanto a amostragem, o transporte das amostras também requer cuidados especiais. Consulte o laboratório ou o método NIOSH para executar o armazenamento e envio das amostras.

É preciso atentar para o preenchimento do pedido de análise para o laboratório com as especificações necessárias. Atualmente, os laboratórios pedem um mínimo de requisitos, ficando os pormenores

para o interessado. Porém, dados como código do filtro, tipo de poeira, local e data das amostragens são dados importantes, pois assim constarão mais tarde dos certificados de análise emitidos pelo laboratório.

## Laboratório – Análise das Amostras

No laboratório, o porta-filtro será desmontado e novamente dessecado durante 24 horas, e em seguida será pesado e analisado.

### Análise de sílica livre

#### Laboratório

- Pesagem final na mesma balança analítica em que foi feita a pesagem inicial.
- Calcinação do filtro de 600°C a 800°C.
- Análise quantitativa de sílica livre cristalizada pelo método de difratometria de raios X, conforme norma NIOSH. Salientamos que outros métodos analíticos são utilizados pelos laboratórios, devendo o interessado ficar atento sobre os procedimentos a serem seguidos para métodos diferentes deste aqui citado.

No caso de determinação do risco, conforme a ACGIH, basta o peso de SiO<sub>2</sub>.

No caso de determinação do risco, segundo a NR-15, Anexo 12, é necessária a porcentagem de SiO<sub>2</sub> para o cálculo do limite de tolerância. A fórmula utilizada é a seguinte:

$$\% \text{ SiO}_2 = \frac{\text{peso de sílica livre cristalizada} \times 100}{\text{peso da amostra}}$$

A massa mínima necessária para a determinação de sílica livre é de 0,01 mg e a máxima recomendada é de 2,0 mg. Assim sendo, quando tivermos massas inferiores a 0,01 mg, isso significará que o tempo de amostragem deverá ser aumentado. Observar que, quando houver amostra solta no filtro, deverá ser reduzido o tempo de amostragem. Amostras com excesso de material são desprezadas pelo laboratório.

### Tratamento dos dados

Para que possamos ter um trabalho completo e preciso, refletindo a realidade do ambiente de trabalho, deverão ser coletadas amostras de poeira em dias aleatórios, de modo que sejam levados em consideração todos os parâmetros que possam estar ligados às concentrações desse agente ao nível respiratório do trabalhador em dias típicos de exposição.

### Cálculos e análises dos dados coletados

#### Vazão Média

Uma vez determinada a vazão inicial ( $Q_i$ ) e final ( $Q_f$ ), calculamos a vazão média da amostragem, utilizando a seguinte fórmula:

$$Q_m = \frac{Q_i + Q_f}{2} \text{ l/min}$$

em que:

$Q_m$  = vazão média da amostragem, em l/min

$Q_i$  = vazão inicial requerida na amostragem, em l/min

$Q_f$  = vazão final aferida após a amostragem, em l/min

## Volume Amostrado

Passamos à determinação do volume amostrado:

$$V_a = Q_m \times t_a$$

em que:

$V_a$  = volume de amostragem, em l

$Q_m$  = vazão média, em l/min

$t_a$  = tempo amostrado, em min

Como os limites de tolerância para poeiras são expressos em  $\text{mg}/\text{m}^3$ , então:

$$V_a = \frac{Q_m \times T_a}{1.000}$$

em que:

$V_a$  = volume de amostragem, em  $\text{m}^3$

$Q_m$  = vazão média, em l/min

$T_a$  = tempo amostrado, em min

1.000 = fator de conversão de litros para  $\text{m}^3$

## Concentração de Poeira

Será obtida por meio da seguinte fórmula:

$$C = \frac{M_a}{V_a} \quad \text{mg}/\text{m}^3$$

em que:

C = concentração de poeira, em  $\text{mg}/\text{m}^3$

$M_a$  = massa da amostra coletada, em mg

$V_a$  = volume da amostragem, em  $\text{m}^3$

### Cálculo do Limite de Tolerância

Poeira total:

$$LT = \frac{24}{\% \text{ SiO}_2 + 3} \quad (\text{mg}/\text{m}^3)$$

Poeira respirável:

$$LT = \frac{8}{\% \text{ SiO}_2 + 2} \quad (\text{mg}/\text{m}^3)$$

### 3.3 Avaliação de Fumos e Poeiras Metálicas

As poeiras metálicas ou fumos metálicos são coletados diretamente no filtro, como poeira total. No caso de fumos, pelo fato de possuírem partículas muito pequenas ( $\phi < 0,5\mu\text{m}$ ), não há necessidade de separação por tamanho. Quanto às poeiras minerais, tanto a legislação brasileira quanto a ACGIH estabelecem limites para poeira total.

Não é preciso pesar o filtro, uma vez que o processo de análise química por absorção atômica não utiliza o processo gravimétrico, nem determinar a massa de metal presente no filtro. O filtro deverá ser montado no porta-filtros e vedado com fita de celulose ou teflon. O cassete deverá ser codificado.

Como próximo passo da coleta de campo, deve-se calibrar a bomba na vazão adequada, recomendando-se para coleta total uma vazão inicial de 1,5 l/min, e a calibração poderá ser feita em calibrador pelo método de bolha de sabão, eletrônico ou manual.

Após, deve-se instalar a bomba na cintura do trabalhador e anotar o tempo inicial.

O tempo de amostragem é definido em função da sensibilidade do método analítico e quantidade de geração do contaminante.

Após o término da coleta, é necessário anotar o tempo final e calibrar novamente a bomba para cálculo da vazão média.

### Laboratório – análise de metais

As amostras devem ser enviadas ao laboratório devidamente acondicionadas, para posterior análise.

As amostras coletadas no filtro membrana são tratadas com ácido nítrico, para a dissolução dos metais presentes na amostra e posteriormente para a análise por espectrofotometria de absorção atômica. Uma fonte de energia de radiação característica é necessária para a determinação de cada metal. A absorção da energia característica pelos átomos na chama é função da concentração do metal na amostra.

Os resultados que o laboratório emitirá após a análise de cada metal solicitado, informando o peso da amostra, será expresso em mg ou µg.

### TRATAMENTOS DOS DADOS

Para metais, o laboratório possui um nível de detecção para cada tipo de substância, abaixo do qual o elemento não poderá ser detectado. O método analítico OSHA-ID 121 – Espectrofotometria de Absorção Atômica para Metais também traz esses dados.

## Cálculos e análises dos dados coletados

### VAZÃO MÉDIA

Uma vez determinada a vazão inicial ( $Q_i$ ) e final ( $Q_f$ ), calculamos a vazão média da amostragem, utilizando a seguinte fórmula:

$$Q_m = \frac{Q_i + Q_f}{2}$$

em que:

$Q_m$  = vazão média da amostragem, em l/min

$Q_i$  = vazão inicial requerida na amostragem, em l/min

$Q_f$  = vazão final aferida após amostragem, em l/min

### VOLUME AMOSTRADO

$$V_a = Q_m \times t_a$$

em que:

$t_a$  = Tempo de amostragem, em min

$V_a$  = Volume da amostragem, em  $m^3$

Como os limites de tolerância são expressos em  $mg/m^3$ , deve-se fazer a correção da unidade:

$$V_a = \frac{Q_m \times t}{1.000}$$

em que:

1.000 = fator de correção de litros para m<sup>3</sup>

## CONCENTRAÇÃO DE METAIS

Será obtida por meio da seguinte fórmula:

$$C = \frac{M}{V_a} \quad \text{mg/m}^3$$

em que:

C = Concentração do metal, em mg/m<sup>3</sup>

M = Massa do metal, em mg

V<sub>a</sub> = Volume da amostragem, em m<sup>3</sup>

## Cálculo do limite de tolerância

### Contaminantes com Efeitos Independentes

Consiste na comparação da concentração dos metais com os respectivos limites de tolerância.

Exemplo:

Concentração de chumbo = 0,05 mg/m<sup>3</sup> LT do Pb = 0,1 mg/m<sup>3</sup>

Concentração de manganês = 0,15 mg/m<sup>3</sup> LT do Mn = 0,2 mg/m<sup>3</sup>

Comparando-se a concentração do chumbo e a do manganês com os respectivos limites, verifica-se que nenhum dos dois foi ultrapassado.

## Contaminantes com Efeitos Combinados

Consiste na realização de um somatório das concentrações dos metais divididas pelos respectivos limites de tolerância, que não deverá exceder a uma unidade. Caso contrário, o limite de tolerância terá sido ultrapassado. Esse cálculo deve ser utilizado quando as substâncias presentes no ambiente provocam danos em um mesmo órgão.

$$\sum \frac{C_n}{T_n} < 1 \text{ LT não ultrapassado}$$

Assim, no exemplo citado acima temos:

$$\sum \frac{C_n}{T_n} = 0,05 / 0,1 + 0,15 / 0,2 = 1,25$$

Como  $\sum C_n/T_n > 1$ , conclui-se que o limite de tolerância, no caso em questão, foi ultrapassado para efeitos combinados.

Devemos lembrar que, para metais, a Norma Brasileira estabelece limites somente para chumbo e manganês. Portanto, na maioria das vezes, temos que recorrer ao limites da ACGIH, devidamente atualizados.

Os limites de tolerância da ACGIH são cientificamente aceitos no Brasil, sendo que os estabelecidos na legislação brasileira foram neles baseados quando de sua formulação em 1978. A partir de 1994, com a nova redação da NR-9, estabeleceu-se que os resultados das avaliações quantitativas dos riscos ambientais devem ser comparados com os limites de tolerância da ACGIH, quando não houver limites previstos na NR-15.

Os limites fixados pela ACGIH são revistos anualmente, podendo ser modificados de acordo com os estudos e pesquisas de toxicologia e outros critérios adotados ou ter neles incluídos outros agentes não previstos. Por exemplo, o limite para sílica foi revisto há algum tempo, diferindo daquele da nossa legislação (baseada nos valores de 1977 da ACGIH).

Essa modificação foi a substituição das fórmulas que nossa legislação ainda apresenta, passando a recomendar um limite fixo de 0,05 mg/m<sup>3</sup> de concentração de sílica respirável, para jornada de trabalho de 40 horas semanais. Temos que utilizar uma fórmula para adequar o limite à jornada de trabalho brasileira, que é, atualmente, de 44 horas por semana. Devemos fazer uma redução no limite de tolerância da ACGIH, utilizando o fator de redução (FR) obtido pela fórmula de Brief & Scala:

$$FR = \frac{40}{h} \times \frac{168-h}{128}$$

em que:

FR = fator de redução

H = jornada de trabalho (semanal) em horas

Observamos que, para efeito legal, o limite de tolerância utilizado deverá ser o estabelecido pela legislação brasileira. O limite de tolerância da ACGIH poderá ser utilizado como parâmetro para a higiene ocupacional dentro do PPRA (NR-9).

Cabe a nós, profissionais, sempre que formos emitir um parecer técnico baseado nos trabalhos de campo, objetivando um ambiente salubre, considerar os dois limites, mostrando assim a preocupação técnica, e adotar sempre o mais restritivo, uma vez que temos fácil acesso aos limites da ACGIH, traduzidos anualmente para o português pela ABHO.

### **3.4 Uso de Brancos de Campo e de Meio**

#### **branco de campo**

É um amostrador idêntico aos que serão usados para as amostras de campo, que é aberto e fechado imediatamente sem a passagem de

ar com auxílio de bombas. São recomendados na metodologia OSHA, NIOSH e EPA.

**Finalidade:** controle sobre a manipulação das amostras. No caso de contaminação nas etapas de acondicionamento, transporte, estocagem no laboratório e análise, o branco de campo permitirá identificar a contaminação e tomar decisões, tais como repetir as amostragens.

**Custo:** o branco de campo é submetido à análise da mesma forma que as demais amostras.

**Preparação do branco de campo:** consideramos que deve ser preparado pelo menos um branco de campo para cada lote de amostras. O branco de campo deve ser exposto no local da coleta. No laboratório, o branco de campo será atribuído ao lote de amostras enviado. Não são aceitos brancos de campo recebidos separadamente das amostras, feitos com amostrador diferente ou para análises que não sejam efetuadas pelo mesmo método etc.

Finalmente, o branco de campo não deve ser executado apenas com a finalidade de atender à metodologia, mas como uma ferramenta que permitirá ao interessado verificar a possibilidade de contaminação das amostras e, dessa forma, resguardar a qualidade da avaliação também sob esse aspecto.

### branco de meio

É um amostrador idêntico àquele que foi utilizado para as amostras de campo, não exposto, e que é analisado pelo laboratório para deduzir das amostras a massa do agente químico que eventualmente possa estar presente no meio de coleta, por uma contaminação em sua fábrica, ou no sítio de seu preparo antes de campo, ou, ainda, no próprio substrato de coleta (filtro etc.).

**APÊNDICE 1 – RESUMOS DE MÉTODOS – GASES E VAPORES****Hidrocarbonetos aromáticos (benzeno, Tolueno, xileno e outros)**

- Método: NIOSH 1501 – Cromatografia a Gás
- Amostrador: tubo de carvão ativo de 100/50 mg referência SKC 226-01
- Solvente: Dissulfeto de Carbono
- Vazão de amostragem: conforme tabela a seguir
- Volume de ar amostrado: conforme tabela a seguir
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: não determinada

AGENTE QUÍMICO	VAZÃO – L/MIN.	VOLUME – LITROS	
	MÁXIMA	MÍNIMO	MÁXIMO
benzeno	0,20	3	30
p-terc-butiltolueno	0,20	1	29
cumeno	0,20	1	30
etilbenzeno	0,20	1	24
alfa-metil estireno	0,20	1	3
naftaleno	1,0	100	200
estireno	1,0	1	14
tolueno	0,20	2	8
viniltolueno	0,20	1	24
xileno	0,20	2	23

**Ácidos inorgânicos (Nítrico, Clorídrico, Sulfúrico, bromídrico, Fosfórico e Fluorídrico)**

- Método NIOSH 7903 – Cromatografia de Íons
- Amostrador: tubo de sílica gel de 400/200 mg referência SKC 226-10-03

- Vazão de amostragem: de 0,2 l/min a 0,5 l/min (ver Nota)
- Volume de amostragem: mínimo de 3 l e máximo de 100 l
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade da amostra: estável

Nota: A vazão máxima para o ácido fluorídrico é de 0,3 l/min.

## GLP

- GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) (análise disponível)
- Método NIOSH S93 Modificado – Cromatografia de Gás
- Amostrador: Balão de Tedlar de 5 l
- Vazão de amostragem: mínima de 0,02 l/min
- Volume de ar amostrado: máximo de 4 l
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras (encher um balão fora da área em avaliação)
- Condicionamento para transporte: proteger o balão de amassamento
- Estabilidade: não determinada (analisar o mais breve possível)

## FENOL E CRESÓIS

- Fenol, o-Cresol, p-Cresol e m-Cresol - Método NIOSH 2546 - Cromatografia de Gás
- Amostrador: tubo de resina XAD-7 de 100/50 mg referência SKC 226-95
- Vazão de amostragem: de 0,01 l/min a 0,2 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 5 l e máximo de 24 l a 5 ppm
- Brancos de campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: pelo menos 7 dias a 25° C

## ANIDRIDO ACÉTICO

- Método NIOSH 3506 – Espectrofotometria de Absorção no Visível
- Amostrador: Impinger com 10 ml solução de cloridrato de hidroxilamina e hidróxido de sódio (usar no prazo de duas horas)
- Vazão de amostragem: de 0,2 l/min a 1 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 25 l e máximo de 100 l
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: proteger contra quebra

## APÊNDICE 2 – RESUMO DE MÉTODOS DE AERODISPERSÓIDES/FIBRAS PARTICULADOS NÃO REGULAMENTADOS DE OUTRA FORMA – TOTAL

- Método: NIOSH 0500 - Gravimétrico
- Amostrador: cassete com filtro de PVC com porosidade de 5,0 micrometros, pré-pesado em microbalança eletrônica com sensibilidade de 0,001 mg referência Gelman 66467
- Vazão de amostragem: de 1,0 l/min a 2,0 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 7 l a 15 mg/m<sup>3</sup> e máximo de 133 l
- Brancos de Campo (obrigatório): 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: não determinada

Obs.: A fim de comparar o resultado de Poeira Total com o limite estabelecido pela NR-15, pode ser necessária a determinação de Sílica Livre Cristalina. É necessária também a determinação da Poeira Respirável.

## PARTICULADOS NÃO REGULAMENTADOS DE OUTRA FORMA – RESPIRÁVEL

- Método: NIOSH 0600 – Gravimétrico
- Amostrador: ciclone com cassete com filtro de PVC com porosidade de 5,0 micrometros pré-pesado em microbalança eletrônica com sensibilidade de 0,001 mg referência Gelman 66467
- Vazão de amostragem: 1,7 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 20 l a 5 mg/m<sup>3</sup> e máximo de 400 l
- Brancos de Campo (obrigatório): 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: não determinada

Obs.: A fim de comparar o resultado de Poeira Respirável, com o limite estabelecido pela NR-15, pode ser necessária a determinação de Sílica Livre Cristalina. É necessária também a determinação da Poeira Total.

## SÍLICA LIVRE CRISTALINA

- Método: NIOSH 7602 - Espectrofotometria de Infravermelho
- Amostrador: cassete com filtro de PVC com porosidade de

5,0 micrometros pré-pesado em microbalança eletrônica com sensibilidade de 0,001 mg referência Gelman 66467

- Vazão de amostragem: 1,7 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 400 l e máximo de 800 l
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento: de rotina
- Estabilidade: não determinada

Obs.: A fim de determinar o limite conforme a NR-15, é necessária a determinação de Poeira Respirável e Poeira Total.

NOTA: O solicitante deve informar se a amostra pode conter os seguintes materiais que constituem interferentes e deverão ser removidos durante a análise: sílica amorfa, calcita (acima de 20% da massa de poeira), grafite e silicatos. A falta dessa informação implica o não tratamento da amostra, com possível prejuízo do resultado.

## ASBESTOS E OUTRAS FIBRAS

- Método: NIOSH 7400 - Microscopia (este método não permite a identificação das fibras)
- Amostrador: cassete condutivo com filtro de éster de celulose de 25 mm e porosidade de 0,45 micrometros a 1,2 µm referência SKC 225-3-23
- Solvente: Acetona
- Vazão de amostragem: de 0,5 l/min a 16 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 400 l, máximo, ajustar a vazão e o tempo de coleta para obter de 100 fibras/mm<sup>2</sup> a 1.300 fibras/mm<sup>2</sup>
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: acondicionar em caixa rígida para evitar amassamento (não usar espuma de poliuretano)
- Estabilidade: estável

Obs.: Essa análise é realizada em laboratório subcontratado e tem prazo de retorno de 20 dias. A aceitação para análise está condicionada ao mínimo de três amostras.

## POEIRA DE ALGODÃO

- Método: NIOSH publicação DHHS n° 75-118 – Amostragem com Elutriador Vertical
- Amostrador: cassete de três seções com filtro de PVC com porosidade de 5,0 micrometros pré-pesado em microbalança eletrônica com sensibilidade de 0,001 mg referência Gelman 66467
- Vazão de amostragem: 7,4 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo de 2.664 l e máximo de 3.552 l (de 6 a 8 horas)
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: não determinado

## METAIS Método OSHA – ID 121

- Espectrofotometria de Absorção Atômica
- Amostrador: cassete com filtro de éster de celulose de 0,8 micrometros referência SKC 225-19
- Vazão de amostragem: de 1 l/min a 4 l/min
- Volume de ar amostrado: mínimo 480 l e máximo de 960 l
- Brancos de Campo recomendados: 10% do número de amostras
- Condicionamento para transporte: de rotina
- Estabilidade: estável

## NOTAS:

- Bário requer amostragem em separado
- Volume de ar amostrado: mínimo de 50 l e máximo de 2.000 l
- Tungstênio requer amostragem em separado
- Volume de ar amostrado: mínimo de 200 l e máximo de 1.000 l
- Arsênio: amostragem em separado
- Volume de ar amostrado: ver método NIOSH 7900

## 4.2 Gases e Vapores

CUIDADOS GERAIS			
TÓPICO	ITEM	DETALHAMENTO	OBSERVAÇÕES
1. Cuidados gerais	Geral	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada contaminante deve obedecer ao mínimo e ao máximo da vazão exigida na metodologia aplicada</li></ul>	Verificar no método NIOSH aplicável ou consultar o laboratório analítico
	Calibração pelo método da bolha de sabão	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seguir os passos da norma</li><li>- Filme da fundacentro: calibração de bombas</li></ul>	
	Calibração com equipamentos automáticos recarregáveis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seguir os passos do manual que acompanha os equipamentos</li></ul>	
2. Outros recursos	Avaliação de gases e vapores	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tubos de carvão</li><li>• Tubos de sílica gel</li><li>• Tubos impregnados com substâncias específicas</li><li>• <i>Impinger</i> com soluções específicas (conforme metodologia para cada contaminante)</li></ul>	

ROTEIRO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL		
TÓPICO	PONTOS DE VERIFICAÇÃO	DETALHAMENTO E OBSERVAÇÕES
1. Planejamento e preparativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baterias</li> <li>• Bombas de amostragem</li> <li>• Ferramentas (chaves para a regulagem das bombas)</li> <li>• Baterias dos calibradores</li> <li>• Kit para calibração com bolha de sabão</li> <li>• Cronômetro</li> <li>• Cinto para fixar a bomba no trabalhador</li> <li>• Folhas de campo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar a voltagem da localidade do trabalho de campo</li> </ul>
2. Abordagem do ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecimento de fontes</li> <li>• Identificação de grupos</li> <li>• Seleção de trabalhadores para amostragem</li> <li>• Verificação de jornada típica</li> </ul>	
3. Revisão instrumental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bomba ligada</li> <li>• Revisão das condições das baterias</li> <li>• Calibração</li> </ul>	
4. Cuidados de montagem / avaliação / Situação de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posição do amostrador (próximo ao nível respiratório)</li> <li>• Quebra das extremidades dos tubos, ou retirada dos plugues</li> <li>• Verificar a entrada do ar (flecha indicativa gravada no tubo)</li> <li>• Mangueira desobstruída</li> <li>• Bomba protegida contra impactos</li> <li>• Utilização do lacre de posição “ligada” quando disponível no equipamento</li> </ul>	
5. Dados de campo e detalhamento da amostragem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vincular dado ao equipamento e ao trabalhador</li> <li>• Bomba x hora de almoço</li> <li>• Anotar condições anormais</li> <li>• Interferência do operador</li> <li>• Confirmação sobre o tempo da operação a ser avaliada</li> </ul>	
6. Dados para folhas de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nome do técnico</li> <li>• Dia, hora, turno</li> <li>• Equipamento com número de série</li> <li>• Registro de vazão inicial</li> <li>• Registro de vazão final</li> <li>• Registro de quantidade de litros amostrada (volume)</li> <li>• Registro do número ou código do tubo</li> <li>• Tipo de tubo</li> <li>• Número do lote do tubo</li> <li>• Número do branco de campo</li> <li>• Data de validade do tubo ou da solução</li> <li>• Hora inicial e hora final da amostragem</li> <li>• Verificar a estabilidade da amostra (conservação ou não sob refrigeração)</li> <li>• Registro de atividade e tarefa</li> <li>• Registro de condições anormais</li> <li>• Nome do amostrado</li> <li>• Função do amostrado</li> <li>• Registro de epc (tipo/ conservação)</li> <li>• Registro do epi, estado de conservação, tempo real de uso, c. A.</li> </ul>	

## 6 AGENTES QUÍMICOS EM PERGUNTAS E RESPOSTAS

### AQ – 1

Gostaria de saber sobre a roupa de herbicida, tecido em algodão com proteção especial. Serve também para os cortadores de cana?  
(Cristina – DR/AC)

**Resposta:** Se o tecido de algodão tiver tratamento que impeça a respiração do algodão, não permitindo que a evaporação do suor seja liberada, então é bastante prejudicial do ponto de vista da sobrecarga térmica. Não existiria nenhuma vantagem no seu uso, pois além de não ser necessária proteção contra o herbicida, estaríamos piorando a exposição ao calor.

### AQ – 2

Como apresentado para cinzas, cimento, sílica, no 15º slide (poeira respirável), existe um padrão de dimensões para poeira de madeira, principalmente as originadas nos processos de fabricação de móveis? Nesse caso, deve-se considerar como uma partícula comum ou como uma fibra?

**Resposta:** As poeiras de madeiras estão abaixo de 100 micrometros e são consideradas como partículas (consultar a pág. 48 do livro da ACGIH/2003 e também a pág. 77, onde consta uma proposta específica para poeiras de madeira “Proposta de Adição do Seguinte Anexo”).

### AQ – 3

Na definição de riscos químicos apresentada no 11º *slide*, não faltaria algum complemento para englobar agentes químicos não oriundos de produtos químicos, como poeiras e fumos de solda?  
(GSST/SP)

**Resposta:** No item 9.1.5.2 da NR-9 está bem definido o que é o agente químico, ou seja:

“Consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que pela sua natureza da atividade de exposição possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo por meio da pele ou por ingestão.”

#### AQ – 4

A professora Cleide mencionou a poeira de algodão como exemplo de fibra. Como fazer a análise, uma vez que o limite de tolerância para o algodão estabelecido pela ACGIH é 0,2 mg/m<sup>3</sup>, portanto, gravimetria, e não contagem de fibras?

*(DR/SC)*

**Resposta:** Algodão, Cânhamo e Sisal são fibras vegetais, mas a técnica analítica para realizar a determinação da concentração é por gravimetria, utilizando-se um equipamento diferenciado chamado “Elutriador Vertical”, em que este terá a função de separar as partículas e o resultado será expresso em mg/m<sup>3</sup>.

#### AQ – 5

Gostaria de saber da professora qual o equipamento mais indicado para reconhecimento e avaliação quantitativa de gases vendido no Brasil?  
*(SESI/SENAI/PB)*

**Resposta:** O mercado oferece vários tipos de equipamentos; temos que saber qual o tipo de gases que queremos amostrar. No caso dos amostradores de ar, podemos ter bombas tipo fole ou bombas de amostragem com baterias de Ni e Cd, que, uma vez carregadas, têm

autonomia para trabalhar até oito horas ou um pouco mais, porém temos que saber qual o contaminante para que se possa selecionar o meio de amostragem correto conforme métodos analíticos específicos.

Acredito que na aula do dia 21/11 teremos oportunidade de explorar mais esse assunto e posteriormente, nas aulas presenciais, trabalhar com exemplos de cada Regional.

### AQ – 6

A poeira da madeira pode ser considerada poeira química? Quais são os riscos que ela oferece ao trabalhador?

(Edson Barbosa – Téc. Segurança – *DR/RO*)

**Resposta:** Sim, é considerada poeira química e consta no livreto da ACGIH/2003 e os riscos originados dessas poeiras vão depender do tipo de cada madeira. Ver a pág. 48 e pág. 77, em que constam limites de tolerância para poeiras de madeira e “proposta de adição do seguinte anexo”.

### AQ – 7

Somos do Acre e temos uma pergunta.

Especificações Básicas para EPIs e EPCs na lavra e processo de carvão mineral e pedra britada, e norma recomendada.

(*Obrigada, Cristina*)

**Resposta:** A NR-22 cuida especificamente da área de mineração e tem como base o PGR. Também cita a NR-9 (PPRA).

A Instrução Normativa n° 1, de 11 de abril de 1994 (Proteção Respiratória) trata do assunto, e recentemente foi lançado um livro, “Manual de Proteção Respiratória”, em que temos muitas opções para implantar esse tipo de EPI (vendas – ABHO [secretaria@abho.com.br](mailto:secretaria@abho.com.br)).

Recomendamos consultar a enciclopédia da OIT para a identificação de riscos e medidas de controle em processos industriais.

#### AQ – 8

Os fumos também podem ser originados pela extrusão do plástico? Esse tipo de fumo, se é que se pode chamar assim, é prejudicial à saúde humana? *(Gisella Menezes – SESI – Vitória da Conquista/BA)*

**Resposta:** Os fumos de plásticos são compostos por gases, vapores e material particulado originado da decomposição térmica e/ou combustão dos plásticos.

A natureza dos gases e vapores depende, principalmente, dos tipos de plásticos (polímero) em questão. Os compostos são formados devido a rearranjos das moléculas formadas e reações que ocorrem entre si e também com os gases atmosféricos (oxigênio e nitrogênio). São inúmeras as substâncias formadas entre elas; principalmente na combustão, ocorrem o monóxido de carbono e o dióxido de carbono, vapores e gases tais como o formaldeído, fenol, acetaldeído, vários hidrocarbonetos, óxidos nitrosos; cloreto de vinila e ácido clorídrico são formados na decomposição e/ou combustão de alguns plásticos. Essas substâncias são, em sua maior parte, irritantes e muitas delas têm limites de tolerância; para avaliarmos, temos que consultar métodos analíticos específicos para cada substância.

#### AQ – 9

Ao efetuarmos uma inspeção de segurança em determinada empresa e nela detectarmos a presença de diversos produtos químicos, além da NR-15 e anexos, que outros critérios ou normas devemos seguir e qual a prioridade de umas sobre as outras?

*(Eng. Pedro Carvalho – DR/RO)*

**Resposta:** Quando se trata de substâncias químicas, devemos procurar por informações nas FISPQ; nelas encontraremos dados em relação à composição/formulação. Sabemos que na NR-15 não temos limites de tolerância para a maioria das substâncias; como a NR-9 propõe que se utilize dos limites de tolerância da ACGIH e ainda trabalha o conceito de nível de ação, devemos consultar a NR-9. Quanto à prioridade de uma sobre a outra, temos que levar em consideração qual o enfoque: vamos atender apenas ao disposto legalmente para a insalubridade ou fazer um PPRA e trabalho técnico mais abrangente?

#### AQ – 10

Gostaria de saber, se possível, qual a influência das condições climáticas nas amostragens de agentes químicos e poeiras. Se puderes informar, gostaria de saber a fonte ou normas que tratam do assunto. Como exemplo, pergunto: qual a umidade máxima para se fazer uma amostragem de poeira, em ambiente interno? 60%, 90%?

*(Eldio – DR/SC)*

**Resposta:** Esta pergunta foi respondida ao vivo e o resumo é o seguinte: Devemos atentar para o fato de que a umidificação é um processo de controle de poeiras. Dessa forma, a umidade excessiva reduzirá um pouco a concentração do particulado, sendo esse processo dependente de vários fatores.

Se a realidade desse ambiente de trabalho for uma umidade alta (tipicamente), assim deverá ser avaliado. Se não, buscar os dias mais típicos para fazer a avaliação. Deve-se ainda observar que a umidade alta compete com vários contaminantes ao se utilizarem os tubos de carvão ativo. Dessa forma, se no ambiente também existirem gases e vapores, sua concentração na amostra pode ser reduzida por essa competição. Consultar o laboratório analítico para avaliar essa influência.

## AQ – 11

Qual o LT que deve ser considerado quando o trabalhador tiver exposição por via cutânea e respiratória?

*(Unidade de SST/CDI – DR/SP)*

**Resposta:** Não há sentido em se verificar a concentração ambiental se o trabalhador estiver exposto à absorção cutânea do contaminante.

Mesmo que o valor ambiental esteja adequado (o que já será bem difícil), ele está exposto ao contaminante pela via cutânea, havendo risco à sua saúde.

Uma vez que ele esteja protegido adequadamente, verifica-se a exposição via respiratória comparando-se com o limite de tolerância, que prevê apenas essa via de ingresso.

## AQ – 12

Produtos químicos para os quais utilizamos o LT de Valor Teto são geradores de insalubridade?

*(Dr. Klécio Ornellas da Silva – DR/MG)*

**Resposta:** Estando esses “produtos” no Quadro 1 do Anexo n° 11 da NR-15, e sendo o limite tipo valor teto ultrapassado, caracterizam insalubridade. Ver o texto legal, anexo 11, NR-15.

## AQ – 13

No caso de vazamento de amônia em uma indústria de bebidas, por exemplo, o que fazer e como fazer para saber se o ambiente é IPVS?

*Edson – Técnico em Segurança – DR/RO*

**Resposta:** O gás amônia, como o gás cloro, são altamente irritantes e podem produzir risco de vida, de acordo com a concentração e o tempo de exposição. Se ocorrer um vazamento, acredito que pouca coisa será possível fazer, não é o caso de se pensar em avaliação. Substâncias como essa devem ser gerenciadas na prevenção, principalmente com equipamentos fixos acoplados a sensores de alerta. Quando se trabalha com essas substâncias, normalmente tem-se uma brigada de emergência com todos os equipamentos ao lado da área, para fuga e evacuação da área atingida (máscaras autônomas).

#### AQ – 14

Devo utilizar o método dos efeitos combinados somente quando os agentes a serem avaliados provocarem danos do mesmo tipo?

*(Carlos Alberto Magalhães – Técnico de Segurança – DR/MG)*

**Resposta:** Sim. Quando duas ou mais substâncias perigosas que atuam sobre o mesmo sistema orgânico estiverem presentes, deverão ser considerados seus efeitos combinados e não os individuais.

Consultar as págs. 81 e 82 do livro da ACGIH/2003, Anexo C: Limites de Exposição (TLVs) para misturas.

#### AQ – 15

Como poderia ser feita a avaliação de fumos metálicos em que existem cinco tipos diferentes de agentes químicos?

*(Carlos Alberto Magalhães – Técnico de Segurança – DR/MG)*

**Resposta:** Bem, espero que eu possa responder a esta pergunta de duas maneiras:

a) Se forem cinco tipos de agentes químicos em um mesmo processo de solda ou fundição, ou seja, caso esse processo tenha cinco metais

diferentes, vamos utilizar a metodologia para metais, a qual será mais detalhada na próxima aula.

b) Se no mesmo ambiente houver outras substâncias que façam parte de um processo galvânico, contendo banhos alcalinos e ácidos, vamos utilizar para cada família ou substância em particular as metodologias específicas.

Temos métodos para muitas substâncias ou famílias químicas e podemos utilizar meios de amostragem e equipamentos específicos para cada caso.

### AQ – 16

Posso “misturar” na avaliação de efeitos combinados os resultados dos limites de tolerância da NR-15 e da ACGIH?

(Carlos Alberto Magalhães – Técnico de Segurança – DR/MG)

**Resposta:** Quando duas ou mais substâncias que atuam sobre o mesmo sistema orgânico estiverem presentes, deverão ser considerados seus efeitos combinados e não os individuais. Esse conceito é um conceito tecnicamente aceito, embora não esteja na NR-15. Ao usar esse conceito, recomenda-se utilizar os valores da ACGIH, ajustados para a nossa jornada de trabalho, se for diferente de quarenta horas semanais.

### AQ – 17

O que se pode concluir com o resultado da análise do branco de campo? Seria a qualidade do amostrador? Isso não deveria ser garantido pelo laboratório?

(DR/PR)

**Resposta:** Os brancos podem ser abertos ou fechados. Brancos fechados ou “brancos de meio” se destinam à verificação de contaminação no próprio meio original de coleta. Brancos abertos são feitos em campo, quando a montagem também é feita em campo. Se a montagem é feita

em área seguramente não contaminada, não são necessários. Os brancos de campo devem ser submetidos à mesma chance de contaminação que os monitores na sua montagem normal, isto é, no mesmo local e com o mesmo procedimento, durante o mesmo tempo.

### AQ – 18

Em substituição ao pentaclorofenol usado no banho da madeira para conservação, está sendo usado o tribromofenol. Como avaliar este tribromofenol?

*(Eldio – DR/SC)*

**Resposta:** Em pesquisa realizada na Fundacentro e laboratório especializado, não foi encontrado nenhum Limite de Tolerância para Tribromofenol, nem metodologia desenvolvida. Para saber se a substituição é válida, seria necessário, antes, conhecer os dados toxicológicos do substituto. Para sua avaliação, consultar métodos NIOSH ou laboratórios da área. Como são da mesma família (halogenados do fenol), é provável que seja o mesmo método analítico para ambos.

### AQ – 19

Nos banhos de madeira são usados os pentaclorofenol (conhecido por pó da China) e mais atualmente o pentaclorofenato de sódio, que dizem é menos tóxico. Como avaliar esses produtos químicos?

*(Sakae – DR/SC)*

**Resposta:** Mesmo conhecendo o Limite de Tolerância do Pentaclorofenol na ACGIH 2003, não há metodologia desenvolvida para esta substância. No caso do Pentaclorofenato de Sódio, não foi encontrado Limite de Tolerância pela pesquisa realizada, é recomendável que se consulte o laboratório analítico, uma vez que pode desenvolver métodos quando solicitado pelo cliente.

## AQ – 20

No caso de poeiras totais contendo sílica livre cristalina, o tempo de amostragem será de 2 horas?

**Resposta:** Se for utilizado simplesmente o método de Poeira Total NIOSH-0500, a vazão é de 1,0 a 2,0 l/min; se for utilizar 1,0 l/min X 2 horas, teremos 120 litros; caso se utilize a vazão de 2,0 l/min X 1 hora, teremos 120 litros e também estaremos atendendo ao método, mas, como a pergunta já diz que a amostra contém sílica livre, é recomendável que se utilize o método NIOSH 0600 - gravimétrico amostrador com ciclone. Ambos estão citados na apostila da aula de número 11.

Como classificar a exposição dos empregados que utilizam inseticidas à base de piretróides? Como avaliar? Existem limites de tolerância?

*(Elinor e toda a equipe de saúde – DR/ES)*

**Resposta:** Os piretróides são a família menos tóxica desses produtos. Verificar a toxicologia e consultar os laboratórios sobre método de avaliação e análise desenvolvido. Conheça como é aplicado, como é diluído, qual é o solvente (água ou algum hidrocarboneto, lembrando que este hidrocarboneto também deveria ser avaliado). Habituem-se a consultar a bibliografia de referência IRVING SAX, NIOSH, ACGIH, Enciclopédia da OIT. Consulte um bom laboratório, ele poderá ajudar diretamente na questão.

## Aq – 21

É importante que a professora faça uma observação dizendo que os DRs que utilizam o Laboratório do SESI, CTA ou São Paulo, sigam as vazões e métodos recomendados por eles.

*(Eldio – DR/SC)*

**Resposta:** De pleno acordo, isso deverá ser reforçado nas aulas de laboratório.

## Aq – 22

Qual a margem de erro do amostrador passivo?

*(Rinaldo – DR/MS)*

**Resposta:** Conforme resposta da própria 3M, os monitores passivos cumprem com os requisitos da OSHA, que são erro máximo de 5% em exatidão e 25% em precisão.

Obs.: Entre em contato com a 3M do Brasil: (11) 0800-550705.

Peça pelo Guia de Amostragem e Análise Monitores para Vapores Orgânicos Modelos 3500 e 3520 de outubro de 1998.

## Aq – 23

Pode-se amostrar poeira ou solvente do ambiente deixando a bomba com cassete em um ponto específico da fábrica ou somente deve-se amostrar no trabalhador individualmente?

**Resposta:** Sim, pode-se amostrar poeira ou solventes em pontos fixos, tudo dependerá de qual é a finalidade da amostragem e como serão utilizados os dados obtidos; para exposição ocupacional do trabalhador, a amostra deve ser coletada o mais próximo do nível respiratório do trabalhador. Lembramos que amostras de ponto fixo ou de área não podem ser utilizadas para se tirar conclusões a respeito da exposição de trabalhadores. Seu uso se refere ao controle dos processos e para base de planejamento das amostras pessoais. Isso foi bastante discutido nas aulas teóricas.

Qual o método de amostragem para poeira de madeira?

*(DAM/USST/Vila Leopoldina – DR/SP)*

**Resposta:** O método utilizado e que consta da apostila da aula de n° 11 é o NIOSH 0500 gravimétrico.

### Aq – 24

Existe literatura que demonstre substituição de produtos químicos tóxicos por outros menos tóxicos?

(DR/CE)

**Resposta:** Após pesquisa na Fundacentro de São Paulo, não existe nada específico, porém alguns estudos de possibilidades de substituição de produtos mais tóxicos por menos tóxicos foram sendo conseguidos em processos gerados principalmente nas indústrias. Temos como exemplos:

- Nas indústrias de calçados, muitas substituíram o tolueno por outros solventes à base de acetatos.
- Jatos de areia em fundições substituíram os jatos de granalha em processos de limpeza de peças.
- Solventes clorados utilizados em limpeza de peças para desengraxe foram substituídos por famílias à base de limonenos e pentenos.
- Amianto por fibras de vidro ou material cerâmico.
- Benzeno por Etilbenzeno etc.

### Aq – 25

Riscos biológicos. Qual o método? Isso vai ser tratado no curso?

(DR/CE)

**Resposta:** A quantificação de agentes biológicos ainda é muito limitada para os casos da área de saúde e ar condicionado (ver legislação a respeito e consultar o eng. Francisco Kulcsar, da Fundacentro de São Paulo – Fone: (11) 3066-6220). Para fins de insalubridade, não existem limites de tolerância sugeridos ou consolidados de agentes biológicos, ou seja, microorganismos.

**Aq – 26**

Como fazer o organofosforato em caso de pernicida?

*(DR/CE)*

**Resposta:** São várias as substâncias entre as famílias de organofosforato (organofosforados); temos que saber exatamente o nome da substância para que se possa fazer a pesquisa se existem ou não limites de tolerância e métodos de análise já desenvolvidos. Uma das fontes a se ter em mãos é a Ficha de Segurança do produto utilizado. Quanto ao caso de pernicida, será que os colegas não querem dizer bernicida, compostos que são utilizados em gado, em banhos ou pulverizações, para evitar doenças?

**Aq – 27**

Seria possível disponibilizar a relação de laboratórios que fazem essa análise química?

*(DR/CE)*

**Resposta:** Consulte a Fundacentro em São Paulo – Fone: (11) 3066-6000.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN MUTUAL INSURANCE ALLIANCE. **Manual de Solventes Orgânicos Industriais**. Rio de Janeiro: Fundacentro, 1974.

ANJOS, Alcinéa Meigikos Santos. **O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho**. São Paulo: Spel, 2001.

BRASIL. **Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978**. Aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do capítulo V, título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Disponível em: <http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/MTE/1978/3214.htm>. Acesso em: 22 jul. 2005.

CARRIL, José Luiz Montserrat Alonso; *et al.* **Manual de higiene industrial**. Madrid: Mapfre. (Curso de Higiene Industrial).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENISTAS OCUPACIONAIS. **Limites de Exposição (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição**. São Paulo, 2002.

SALGADO, Paulo Eduardo Toledo; *et al.* **Noções gerais de toxicologia ocupacional**. São Paulo: De Paula Guimarães, 1989.

SOTO, José Manoel Osvaldo Gana; *et al.* **Riscos químicos**. 2. ed. São Paulo: Fundacentro, 1985.

TUFFI, Messias Saliba *et al.* **Higiene do trabalho e PPRA**. São Paulo: Ltr, 1997.

## OUTRAS NORMAS CONSULTADAS DE HIGIENE OCUPACIONAL

NBR 10.562/1988 – Calibração de Vazão pelo Método da Bolha de Sabão.

NBR 14.725/2001 – FISPQ – Ficha de Informação Segurança de Produtos Químicos.

NHO 03 – Análise Gravimétrica de Aerodispersóides Sólidos Coletados Sobre Filtros e Membranas. Fundacentro, 2001.

NHO 04 – Método de Coleta e Análise de Fibras em Locais de Trabalho. Fundacentro, 2001.

NHO 07 – Calibração de Bombas de Amostragem Individual pelo Método da Bolha de Sabão. Fundacentro, 2002.