

## 5 - AMOSTRAGEM

---

A medida da concentração e/ou quantidade de um poluente presente na atmosfera pode fornecer informações importantes para o projeto ou avaliação do desempenho de equipamentos de controle e sobre a qualidade do ar.

Várias metodologias e equipamentos foram desenvolvidos para avaliar a quantidade de material particulado e de gases tóxicos presentes no ar, e como qualquer equipamento de medição, a confiabilidade dos valores obtidos depende da sensibilidade e da precisão do equipamento. O intervalo de calibração deve ser respeitado. Além disso, o operador do equipamento deve conhecer o funcionamento do mesmo e ser capaz de perceber quando o instrumento está com problemas.

A escolha dos monitores de poluição deve levar em consideração, além dos padrões legais, os recursos necessários para a aquisição, operação e manutenção dos equipamentos.

Os motivos para a medição de emissões são:

- ✓ controle do processo poluidor;
- ✓ controle dos padrões de emissão;
- ✓ controle da eficiência de um equipamento;
- ✓ comparação de métodos diferentes de medição;
- ✓ calcular fatores de emissão;
- ✓ avaliar mudança em um processo;
- ✓ avaliar a formação de poluentes dentro do processo.

A avaliação da qualidade do ar pode nos ajudar a:

- ✓ calcular a trajetória dos poluentes na atmosfera;
- ✓ estudar a formação e degradação de poluentes na atmosfera;
- ✓ calcular o fluxo dos componentes;
- ✓ determinar a exposição aos poluentes;

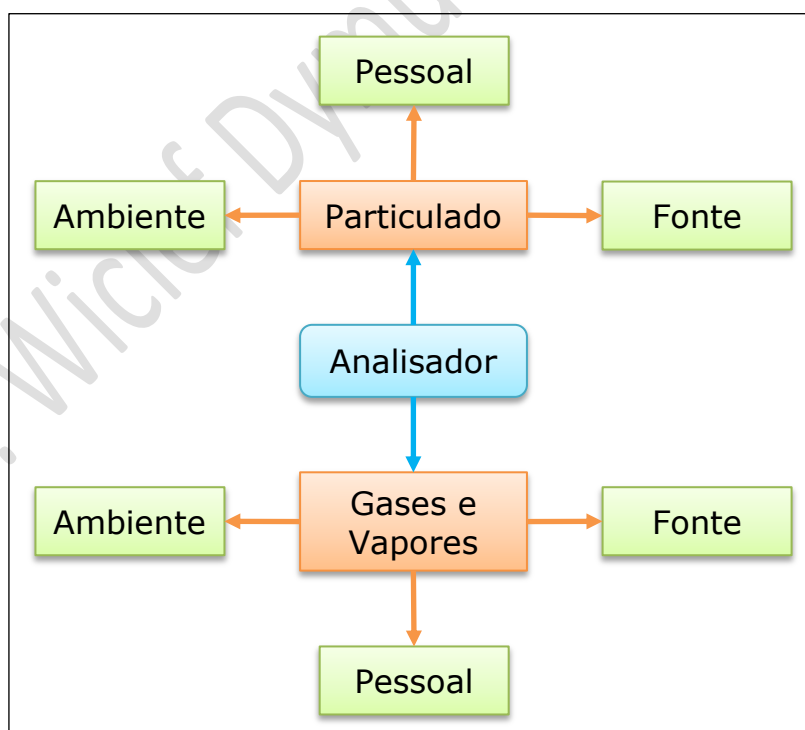
- ✓ determinar a instalação de alarmes para determinados poluentes;
- ✓ determinar a deposição de poluentes na flora e fauna;
- ✓ gerar relatórios sobre a qualidade do ar;
- ✓ estudar o impacto de novas fontes de emissão.

Os métodos de monitoramento são específicos para:

- amostragem na atmosfera;
- avaliação da poluição em ambientes internos (*indoor*);
- fontes emissoras fixas e móveis.

Em ambientes fechados (*indoor*), os métodos de medição da qualidade do ar não diferem muito dos métodos utilizados em ambientes abertos (*outdoor*).

Basicamente, os métodos de avaliação são destinados à quantificação do material particulado em suspensão ou à quantificação de gases e/ou vapores.



Os procedimentos de amostragem têm suas instruções detalhadas em Normas Técnicas. A CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e a ABNT – Associação

Brasileira de Normas Técnicas, apresentam procedimentos para amostragem e determinação de poluentes.

## **NORMAS PARA MONITORAMENTO**

### **Normas para monitoramento de emissões (CETESB)**

#### **CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**

Fonte: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)

Normas: <http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/>

1. E16.030 Dutos e chaminés de fontes estacionárias: calibração dos equipamentos utilizados na amostragem de efluentes – método de ensaio.
2. E17.010 Aparelho orsat para análise de gases combustão: especificação.
3. E2.166 Gasômetro úmido para aferição de medidores de volume de gases.
4. L1.012 Poluição do ar – sistemas de amostragem de ar: terminologia.
5. L8.010 Material particulado em suspensão na atmosfera – determinação da concentração utilizando o amostrado de grandes volumes: método de ensaio.
6. L8.012 Material particulado em suspensão na atmosfera – determinação da concentração pelo método da relevância da luz: método de ensaio.
7. L8.013 Material particulado em suspensão na atmosfera – determinação da concentração por faixa de tamanho das partículas utilizando importador tipo cabeça Andersen: método de ensaio.
8. L8.014 Material particulado na atmosfera – determinação de poeira sedimentável: método de ensaio.
9. L8.015 Material particulado em suspensão na atmosfera – determinação da concentração de chumbo por espectrofotometria de absorção atômica: método de ensaio.
10. L9.030 Amostragem e análise dos gases de escape de veículos leves automotores: método de ensaio.
11. L9.200 Amostragem contínua de gases e vapores: procedimento.
12. L9.210 Análise dos gases de combustão através do aparelho Orsat: método de ensaio.

13. L9.213 Dutos e chaminés de fontes estacionárias determinação de fluoretos pelo método de eletrodo de íon específico: método de ensaio.
14. L9.217 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação de material particulado com o sistema filtrante no interior do duto ou chaminé: método de ensaio.
15. L9.221 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação dos pontos de amostragem: procedimento.
16. L9.222 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação da velocidade e vazão dos gases: método de ensaio.
17. L9.223 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação da massa molecular seca e do excesso de ar do fluxo gasoso: método de ensaio.
18. L9.224 Dutos e chaminés estacionárias – determinação da umidade dos efluentes: método de ensaio.
19. L9.225 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação de material particulado: método de ensaio.
20. L9.226 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação do dióxido de enxofre: método de ensaio.
21. L9.227 Dutos e chaminés de fontes estacionárias: determinação de enxofre reduzido total (ERT) – método de ensaio.
22. L9.228 Dutos e chaminés e fontes estacionárias – determinação de dióxido de enxofre e de nevoas de ácido sulfúrico e trióxido de enxofre: método de ensaio.
23. L9.229 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação de óxido de nitrogênio: método de ensaio.
24. L9.230 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação de amônia gasosa: método e ensaio.
25. L9.231 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação de cloro livre e ácido clorídrico: método de ensaio.
26. L9.232 Dutos e chaminés de fontes estacionárias: amostragem de efluentes para a determinação de compostos orgânicos semi – voláteis : método de ensaio.
27. L9.233 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação do sulfeto hidrogênio: método de ensaio.

28. L9.234 Dutos e chaminés de fontes estacionárias: determinação de chumbo inorgânico: método de ensaio.
29. L9.240 Dutos e chaminés de fontes estacionárias – acompanhamento de amostragem.

**ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas**

Fonte: [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br)

1. NBR10700 Planejamento de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias.
2. NBR10701 Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias.
3. NBR10736 Material particulado em suspensão na atmosfera - Determinação da concentração de fumaça pelo método da refletância da luz.
4. NBR11966 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da velocidade e vazão.
5. NBR12019 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação de material particulado.
6. NBR12020 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Calibração dos equipamentos utilizados em amostragem.
7. NBR12021 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação de dióxido de enxofre, trióxido de enxofre e névoas de ácido sulfúrico.
8. NBR12022 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação de dióxido de enxofre.
9. NBR12065 Atmosfera - Determinação da taxa de poeira sedimentável total.
10. NBR12827 Efluentes gasosos com o sistema filtrante no interior do duto ou chaminé de fontes estacionárias - Determinação de material particulado.
11. NBR12979 Atmosfera - Determinação da concentração de dióxido de enxofre, pelo método do peróxido de hidrogênio.
12. NBR13157 Atmosfera - Determinação da concentração de monóxido de carbono por espectrofotometria de infravermelho não-dispersivo.

13. NBR13412 Material particulado em suspensão na atmosfera - Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas.
14. NBR9546 Dióxido de enxofre no ar ambiente - Determinação da concentração pelo método da pararrosanilina.
15. NBR9547 Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume.

### **Normas para monitoramento de emissões**

#### **EPA - United States Environmental Protection Agency**

##### **Air Emission Measurement Center (EMC)**

Veja em: <https://www.epa.gov/emc>

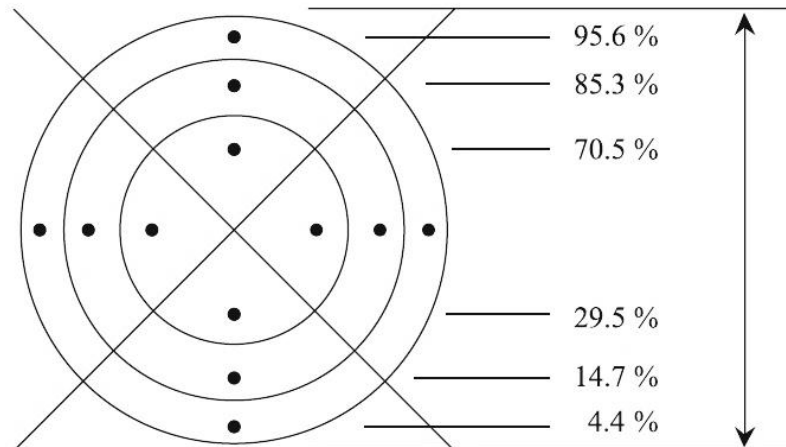
É evidente que os métodos apresentados nas normas técnicas não abrangem todas as situações de aplicação, pois seria impossível avaliar todas as possibilidades e circunstâncias. Sendo assim, experiência e bom senso são necessários para resolver tais limitações.

É fundamental obter-se uma amostra representativa da corrente gasosa. Para poluentes gasosos pode-se assumir que as moléculas do gás estejam distribuídas uniformemente na corrente gasosa, não havendo o fenômeno da "segregação".

Além disso, deve-se garantir a compatibilidade dos materiais do amostrador/reservatório com os poluentes, ou seja, não deve haver reação entre as espécies químicas envolvidas. Materiais como Teflon<sup>®</sup>, Tygon<sup>®</sup>, aço inoxidável e vidro são comumente usados na coleta de poluentes.

A vazão da fonte é, usualmente, medida com uso de um tubo de Pitot (L9.222). Para obter-se o valor da velocidade da corrente gasosa, deve-se posicionar o tubo de Pitot nos centros de segmentos de áreas da seção transversal do conduto (L9.221 ou NBR10.701).

A área de seção é dividida em 12 áreas iguais e cada ponto de amostragem estaria no interior dessas áreas. Para condutos de seção circular são necessários no mínimo 2 pontos de amostragem dependendo do diâmetro do conduto e da sonda de amostragem.



Segundo a L9.221, o número mínimo de pontos:

- 8 pontos – diâmetro interno entre 0,30 e 0,60 m
- 12 pontos - diâmetro interno maior que 0,60 m

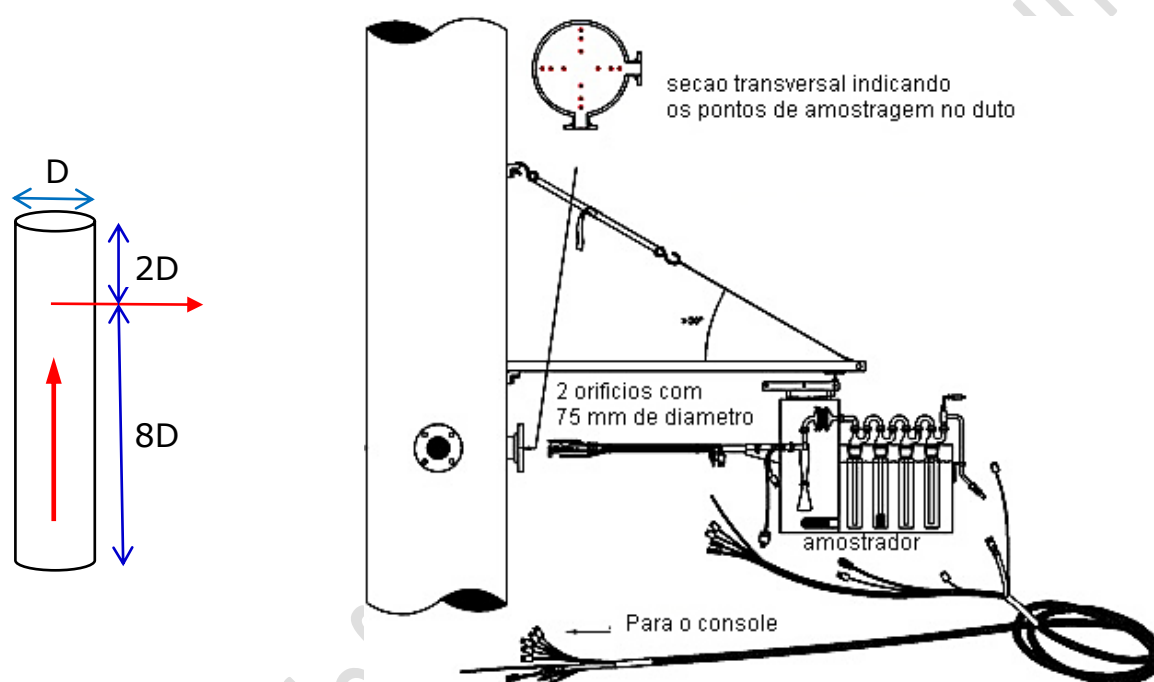
Para condutos de seção retangular, o número mínimo de pontos será:

- 9 pontos – diâmetro equivalente entre 0,30 e 0,60 m
- 12 pontos - diâmetro equivalente maior que 0,60 m

Os pontos de amostragem devem se localizar, sempre que possível, na seção transversal do conduto situada a 8 diâmetros internos a jusante e 2 diâmetros internos a montante de qualquer distúrbio de fluxo (acidentes).

•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•

Points	Matrix
9	3 x 3
12	4 x 3
16	4 x 4
20	5 x 4
25	5 x 5
30	6 x 5
36	6 x 6
42	7 x 6
49	7 x 7



Para coleta de material particulado recomenda-se um número maior de pontos amostragem, uma vez que as partículas não seguem, necessariamente, as linhas de corrente da corrente gasosa e a força gravitacional atua nas partículas, causando deposição, principalmente em condutos horizontais.

## AMOSTRAGEM ISOCINÉTICA

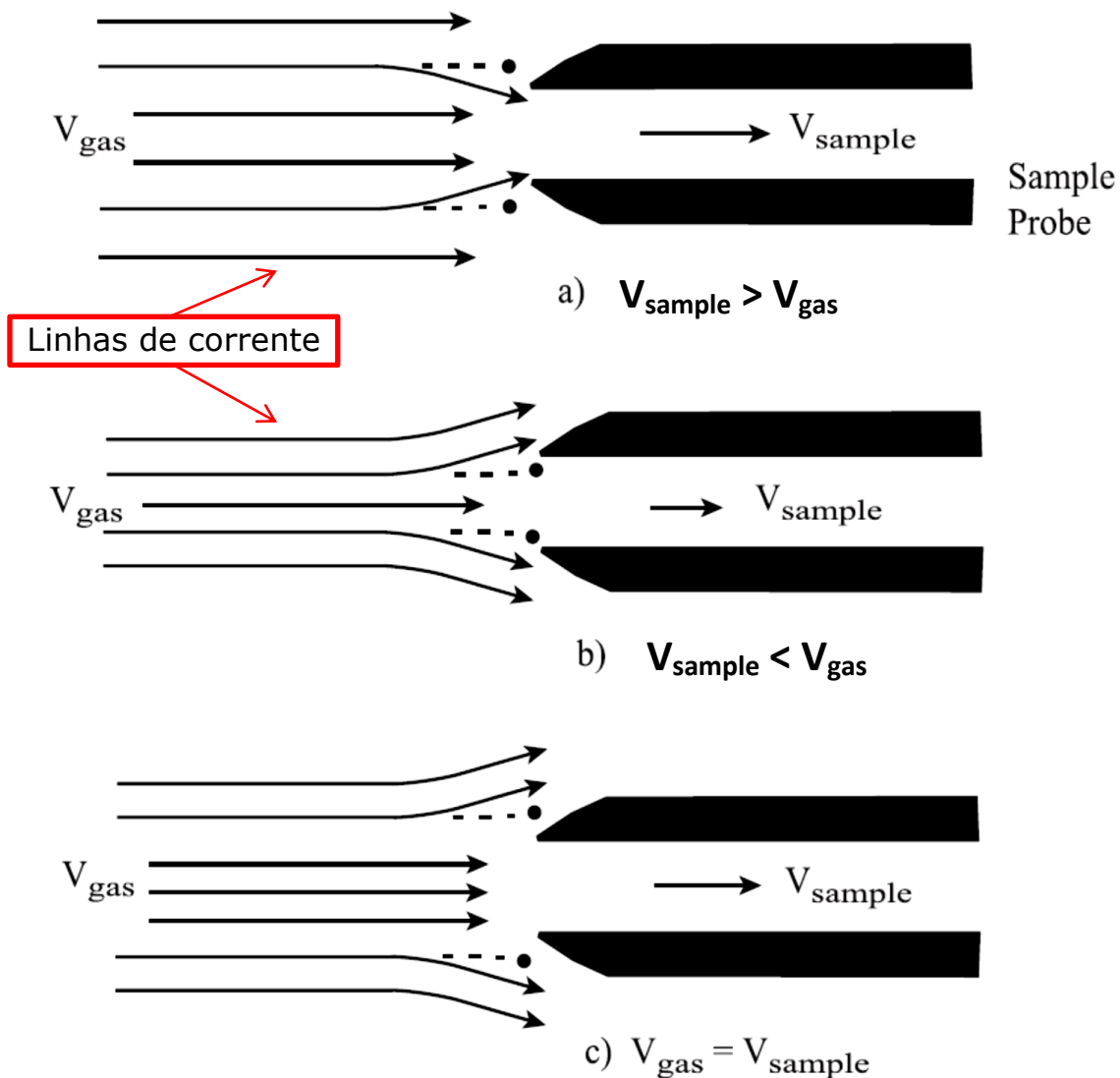
A retirada de uma amostra de material particulado em suspensão numa corrente gasosa com auxílio de uma sonda deve ser feita de maneira isocinética, ou seja, a



velocidade dos gases no interior da sonda deve ser a mesma velocidade da corrente gasosa. Dessa maneira, causa-se uma perturbação mínima no comportamento das linhas de corrente da corrente gasosa.

Quando a velocidade no interior da sonda é maior que a velocidade da corrente gasosa, as partículas menores podem ser direcionadas em maior número para a sonda, causando aumento na presença de partículas menores.

Quando a velocidade no interior da sonda é menor que a velocidade da corrente gasosa, as partículas menores podem não entrar na sonda, causando aumento na presença de partículas maiores.



Para planejamento deste tipo de amostragem são necessárias informações, como:

- onde deve ser executado a medição;
- localização dos orifícios na seção transversal da chaminé para introdução da sonda;
- onde construir uma plataforma de segurança no ponto de medição;
- quantos pontos de coleta serão necessários na seção transversal selecionada;

A amostragem isocinética utiliza os critérios de amostragem estabelecidos pelos métodos US-EPA 5 ABNT/NBR 12019/90 - MB 3355 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - determinação de material particulado.

Em cada ponto para determinação de gases deverão ser instaladas 2 bocas de amostragem com 100 mm (4") de diâmetro interno ortogonais entre si e em trecho de fluxo estável. Os pontos de amostragem deverão ser localizados de acordo com a Norma Brasileira ABNT 1202 - NBR 10.700 e NBR 10.701.

As bocas de amostragem deverão estar providas de plataforma para acesso e tampas flangeadas deverá estar preferencialmente estar localizada 8 diâmetros após a entrada dos gases no duto e 2 diâmetros antes do topo da chaminé. Se o duto for retangular o número de furos será estabelecido conforme a norma NBR-ABNT 10.701.

As emissões de um processo industrial devem ser avaliadas periodicamente por meio de determinação da concentração e quantidade de poluentes emitidos. Este procedimento é realizado por meio de determinações da concentração e quantidade dos poluentes emitidos pela chaminé ou dutos de um determinado processo industrial.

Estas medições são fundamentais para o cálculo da eficiência dos equipamentos de controle, parâmetros de

projeto, informações para estudo de dispersão atmosférica, balanços de massa e verificação do atendimento de padrões de emissão.

## AMOSTRADORES

Podemos dividir os métodos de monitoramento em: PASSIVOS, ATIVOS, AUTOMÁTICOS, SENSORES REMOTOS, BIOINDICADORES. Dentre estes métodos, vários equipamentos podem ser empregados.

No monitoramento ativo, temos os analisadores contínuos ou cumulativos. Nos analisadores contínuos, a concentração do poluente é informada diretamente pelo equipamento, de forma quase instantânea, e os dados obtidos podem ser armazenados e, geralmente, compartilhados com computadores.

Nos analisadores cumulativos, a concentração do poluente é obtida após um determinado período de amostragem, e, algumas vezes, os dados devem passar por algum tratamento posterior antes do resultado final, como por exemplo, na amostragem de material particulado por gravimetria.



### HAZ-SCANNER IEMS

### Indoor Environmental Monitoring Station



### Split2 Real-time Dust Monitor

Direct Read-out with Filter Option using Any 2 L/min Pump



[HAZ-DUST I Real-time Particulate Monitor](#)  
Portable PM Survey Tool



[Dräger X-am 7000](#)  
Advanced 5-gas Monitor with PID Option



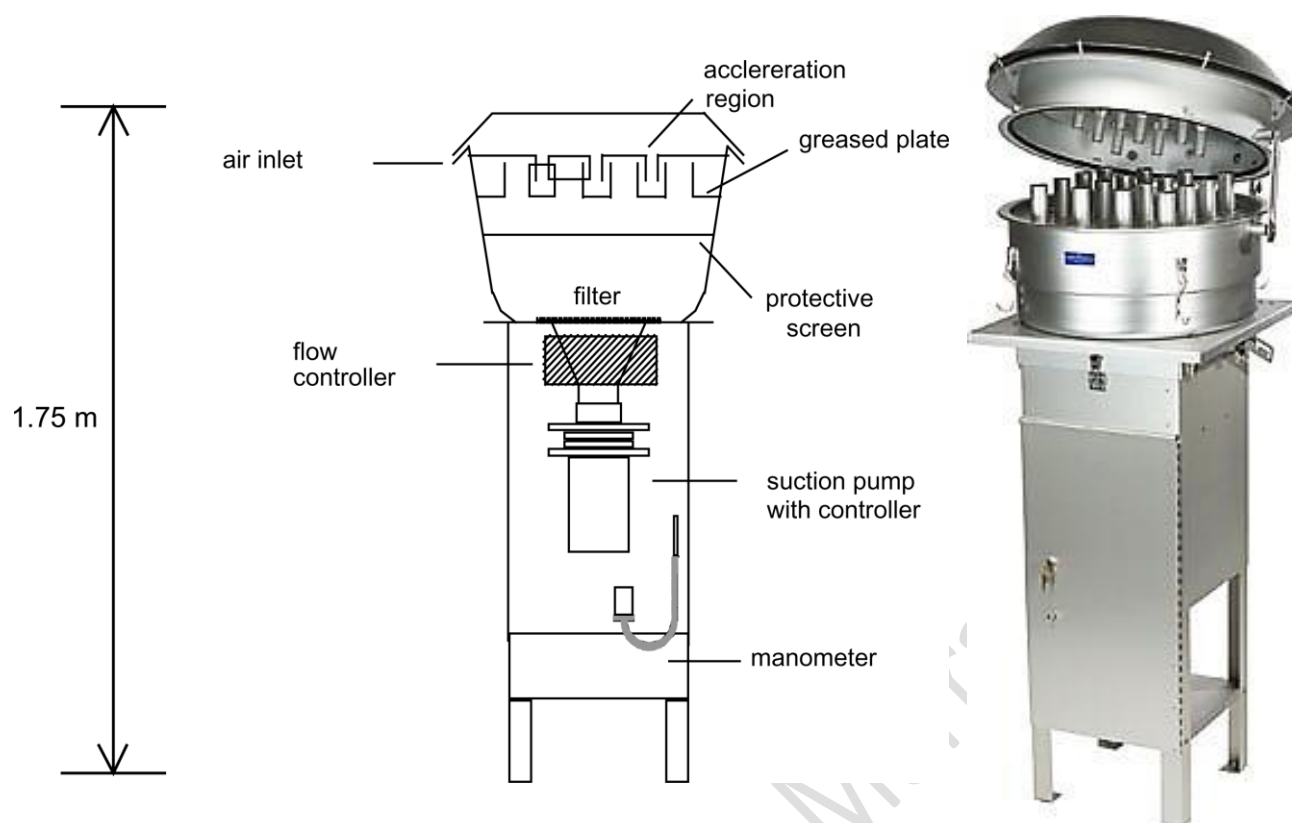
<https://www.skcinc.com/catalog/index.php?>

Color Detector Tubes



AIRFLOW INSTRUMENTS VELOCITY METER

Measures Air Velocity, Temperature, and RH Simultaneously



Amostrador de grande volume

(<https://www.equipo.ind.br/produtos/amostrador-de-grande-volume-pm10>)



(a)



(b)



(c)

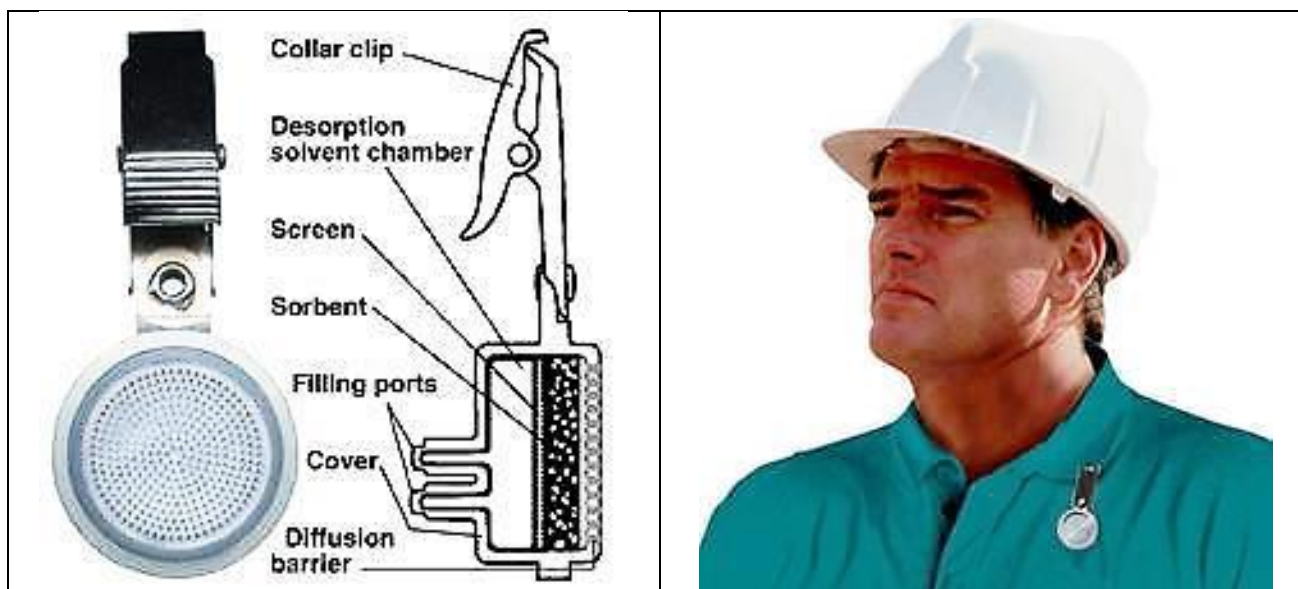


(d)

Analísadores de gases: (a) de bancada;  
 (b) portátil; (c) fixo; (d) pessoal.

(<https://www.thermofisher.com/search/browse/category/br/en/602416>)





### Passive Samplers for PP-level Organic Vapors



### Dräger Color Diffusion Tubes

Monitores passivos.

## MONITORAMENTO DE FONTES DE EMISSÃO



### Impactador de cascata



## Monitoramento Contínuo de Emissões



[Amostrador contínuo](#)

## BIOMONITORAMENTO

A fim de se observar a ação da poluição sobre os seres vivos, muitos experimentos têm utilizado bioindicadores, os quais, algumas vezes, são específicos indicadores de um determinado poluente. Muitas indústrias têm se aproveitado deste fato, utilizando plantas como indicadores da influência de suas próprias atividades sobre o meio natural, pois as plantas são muito mais fáceis de serem cultivadas, além de se existir o fator ético em relação ao emprego de animais.

A função dos bioindicadores é muito importante, mas é necessário que como complemento ao emprego dos seres vivos, se faça o monitoramento da qualidade do ar. Só assim pode-se confirmar a ação poluente de um gás ou metal pesado e indicar um bioindicador específico para cada um destes poluentes.

Bromélias e líquens têm sido utilizados de forma sistemática, nos últimos anos, para detectar a presença de metais pesados no ar de cidades. Pássaros têm sido empregados como bioindicadores da contaminação do ar em minas, principalmente as de carvão.

## **ESPÉCIES VEGETAIS SENSÍVEIS A POLUENTES ESPECÍFICOS**

Muitos estudos estão sendo realizados para se descobrir quais espécies são mais sensíveis a determinados poluentes. A maioria das espécies estudadas são aquelas conhecidas por grande parte das pessoas. Devido a facilidade de manejo e pouco tempo de crescimento são utilizadas em experimentos, plantas cultivadas normalmente em hortas e jardins.

A seguir, apenas para título de curiosidade, serão expostos os poluentes com os respectivos vegetais mais sensíveis às suas ações, os quais poderão ser utilizados em estudos posteriores de sensibilidade de espécies vegetais a poluentes específicos.

**Ozônio:** Espécies de horticultura - milho, cebola, batata inglesa, espinafre, tomate, rabanete, tomate. Espécies ornamentais e frutíferas: crisântemo, lírio, petúnia e uva.

**Dióxido de enxofre:** Feijão, cenoura, alface, rabanete, espinafre, batata doce, maçã e pera.

**Fluoreto:** tulipa, uva, milho, pêssigo e eucalipto.

**Dióxido de nitrogênio:** alface e azaleia.

**Nitrato de peroxiacetil (PAN):** alface, tomate, dália e petúnia.

**Etileno:** rosa, pepino, tomate e pêssigo.

## Vantagens e desvantagens no uso de cada um dos tipos de equipamentos de amostragem e poluentes atmosféricos.

<b>Equipamento</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Amostradores passivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo</li> <li>- Operação simples</li> <li>- Não depende de energia elétrica</li> <li>- Útil no mapeamento espacial da poluição</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inexistente p/ alguns poluentes</li> <li>- Fornece apenas médias mensais ou semanais</li> <li>- Exige trabalho de desenvolvimento e análise</li> <li>- Resultados medidos não-imediatos</li> </ul>
<b>Amostradores ativos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo</li> <li>- Operação simples</li> <li>- Confiabilidade</li> <li>- Banco de dados / histórico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fornece apenas médias diárias, e não horárias</li> <li>- Exige coleta e análise em laboratório</li> </ul>
<b>Analisadores automáticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Engloba grande variedade de poluentes</li> <li>- Alta eficiência</li> <li>- Dados de hora em hora.</li> <li>- Informações <i>on-line</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Em geral são equipamentos complexos</li> <li>- Elevado custo</li> <li>- Exige especialização do operador</li> <li>- Altos custos de manutenção</li> </ul>
<b>Sensores remotos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dados integrados espacialmente</li> <li>- Excelente medidor de fontes específicas</li> <li>- Abrange vários poluentes</li> <li>- Medidas integradas horizontal e verticalmente na atmosfera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muito complexos e caros</li> <li>- Operação e calibração difíceis</li> <li>- Interferência das condições atmosféricas</li> </ul>
<b>Bioindicadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de padronização</li> <li>- Requer análise</li> </ul>

Fonte Senai, 2002.