



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



**Aula 5**  
**Padrões de emissões atmosféricas:**  
**Fontes Fixas e Móveis**

---

**Prof. MSc. Paulo Ricardo Amador Mendes**

**Agradecimentos: Prof<sup>a</sup> Ana Paula Nola Denski Bif**

# Atmosfera

- A atmosfera é composta de uma massa de gases onde constantemente ocorrem reações químicas;
- Ela absorve uma diversidade de sólidos, gases e líquidos provenientes de fontes naturais e industriais, que podem se dispersar, reagir entre si ou com outras substâncias já presentes na atmosfera.

# Emissão

**Lançamento na atmosfera de qualquer matéria líquida, sólida ou gasosa.**

# Tipos de Emissão

- **Emissão Pontual:** quando efetuada por uma fonte provida de dispositivo para dirigir ou controlar seu fluxo  
**Exemplos:** ventiladores, dutos e chaminés;
- **Emissão Fugitiva:** lançamento de matéria na atmosfera de forma difusa e desprovida de dispositivos para dirigir ou controlar seu fluxo,
- **Exemplos:** vazamentos de conexões, na abertura de recipientes com substâncias voláteis (tolueno, xileno, alguns álcoois, etc).

# Fontes de emissão

- **Fontes fixas:** ocupam uma área relativamente limitada, permitindo uma avaliação direta na fonte, como por exemplo, as indústrias.
- **Fontes móveis:** são as que se dispersam pela comunidade, por exemplo, os veículos automotores.

## Padrão de Qualidade



X

## Limites de Emissão



# Qual a diferença entre limite de emissão e padrões de qualidade do ar?

Os padrões de qualidade do ar definem legalmente **o limite máximo da concentração de poluentes na atmosfera.**

O **limite de emissão** diz respeito a **quantidade máxima de poluentes permissível de ser lançada** por determinada fonte na atmosfera.

# FONTES FIXAS





# Legislação associada

- As **Resolução Conama nº 382/06 e nº 436/11** definem limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos por tipo de fontes fixas (combustão de óleo, gás natural, processos industriais específicos, etc) principalmente no setor industrial;
- Os principais poluentes controlados os seguintes:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , MP,  $\text{NO}_x$ , Chumbo, Fluoretos, Amônia.

# Resoluções CONAMA:

Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989 Criou o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. A **fixação de parâmetros para a emissão de poluentes gasosos e materiais particulados (materiais sólidos pulverizados) por fontes fixas** começou a ser efetuada por meio dessa Resolução, que determinou a necessidade de se estabelecer limites máximos de emissão e a adoção de padrões nacionais de qualidade do ar.

Resolução CONAMA nº 8, de 6 de dezembro de 1990 Estabeleceu os **limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes de poluição**. Esta resolução complementou o PRONAR estabelecendo limites para a concentração de determinados poluentes no ar.

# Resoluções CONAMA

## [Resolução CONAMA nº 382. de 26 de dezembro de 2006](#)

Estabeleceu os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Pela Resolução nº 382/2006, fixam-se limites específicos de emissão para cada tipo de fonte ou combustível utilizado. **Ele se aplica a todas as fontes fixas instaladas a partir da sua vigência, 2007.**

## [Resolução CONAMA nº 436. de 22 de dezembro de 2011](#)

**Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 2 de janeiro de 2007**, complementando assim a Resolução nº 436/2006. impondo às fontes antigas novos limites. Para a maioria dos segmentos da indústria, os limites foram igualados, ou seja, as fábricas antigas terão que se modernizar e diminuir substancialmente suas emissões, equiparando-se às fábricas novas.

# Resoluções CONAMA

Os limites de emissão são definidos por tipologia de fonte, sendo as tipologias definidas como foco das resoluções:

- Processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível, gás natural, biomassa de cana-de-açúcar e derivados de madeira;
- Turbinas a gás para geração de energia elétrica;
  - Processos de refinarias de petróleo, fabricação de celulose, fusão secundária de chumbo e da indústria de alumínio primário;
  - Fornos de fusão do vidro;
- Indústrias do cimento Portland, siderúrgicas integradas e semi-integradas e usinas de pelotização de minério de ferro;
  - Produção de fertilizantes, ácido sulfúrico, ácido nítrico e ácido fosfórico.

Não encontrei limites de emissão que se aplicam ao meu processo produtivo, qual devo seguir?

- **Os limites de emissão para fontes não especificadas em legislações nacionais, poderão ser estabelecidos pelo órgão ambiental licenciador, através das condicionantes/exigências técnicas da licença da fonte emissora, bem como com base no padrão de qualidade do ar na região de controle onde se localiza o empreendimento.**

Não encontrei limites de emissão que se aplicam ao meu processo produtivo, qual devo seguir?

**Recomenda-se avaliar se o setor industrial possui dados de referência de baixa emissão em indústrias/ fontes semelhantes ou até mesmo limites legais definidos em outros países** para o mesmo tipo de equipamento, com o intuito de identificar oportunidades de melhoria em seu processo produtivo.

# Qual a frequência que eu tenho que monitorar minhas emissões atmosféricas?

O **monitoramento das emissões para controle de processos** é um procedimento cuja frequência deve ser estabelecida de acordo com as necessidades operacionais e de controle da fonte geradora.

Já a **frequência e forma de apresentação** dos resultados dos monitoramentos efetuados podem ser alinhadas com o órgão licenciador.

# PMEA/ RMEA

- Plano de Monitoramento das Emissões Atmosféricas (PMEA) consiste em um documento preparado pelo empreendedor, antes de realizar a amostragem, cujo objetivo é apresentar uma descrição das operações que devem ser avaliadas durante as amostragens.
- De acordo com a Decisão de Diretoria da Cetesb nº 10 de janeiro de 2010 o plano deverá ser encaminhado à CETESB e somente após a sua entrega, poderá ser agendada a amostragem.



# AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

## – amostragem em chaminés

Procedimento que se utiliza para **avaliar as características dos fluxos gasosos industriais e determinar qualitativa e quantitativamente** os poluentes gerados em processos e atividades industriais.

# AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

## – amostragem em chaminés

Extrair uma amostra, de volume conhecido, do efluente gasoso e após análises laboratoriais, tornar possível o cálculo da quantidade total do poluente analisado

**Concentração à massa/volume ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )**

**Taxa de emissão à massa/tempo ( $\text{kg}/\text{h}$ )**

# Planejamento da Amostragem

O planejamento é a fase inicial de qualquer amostragem;

Esta fase deve ser desenvolvida cuidadosamente no sentido de se orientar a amostragem para o objetivo final e evitar desperdício de tempo e recursos.

# Objetivo da amostragem;

- Conhecimento da fonte a ser amostrada;
- Representatividade da amostragem – estudo das emissões;
- Escolha do local de amostragem;
- Preparação do local de amostragem;
- Tomada preliminar das condições de fluxo gasoso;
- Preparação da amostragem.

# Objetivo da amostragem;

- Fiscalização;
- Determinar parâmetros do projeto;
- Determinar fatores de emissão;
- Determinar eficiência das medidas de controle adotadas.

# FINALIDADES DE UMA AMOSTRAGEM DE CHAMINÉ

## a) Fiscalizar:

Determinar se o efluente de uma fonte de poluição do ar está de acordo com um limite máximo de emissão.

A amostragem deve ser executada de acordo com o estabelecido em conjunto com o limite máximo de emissões permissível (padrão de emissão quando existir);

# FINALIDADES DE UMA AMOSTRAGEM DE CHAMINÉ

b) Determinar parâmetros de projeto:

Determinar condições extremas ou de pico, no projeto ou seleção de um equipamento destinado a tratar o efluente, utilizar as piores condições o que traria um fator de segurança para outras condições;

# FINALIDADES DE UMA AMOSTRAGEM DE CHAMINÉ

c) Determinar fatores de emissão:

Determinar a emissão média de um determinado tipo de fonte em função de uma característica desta fonte, por exemplo de matéria prima, ou comparando combustíveis.



# FINALIDADES DE UMA AMOSTRAGEM DE CHAMINÉ

d) Determinar a eficiência de medidas de controle adotadas:

Determinar antes e depois da medida de controle ou do equipamento de controle para cálculo de eficiência.

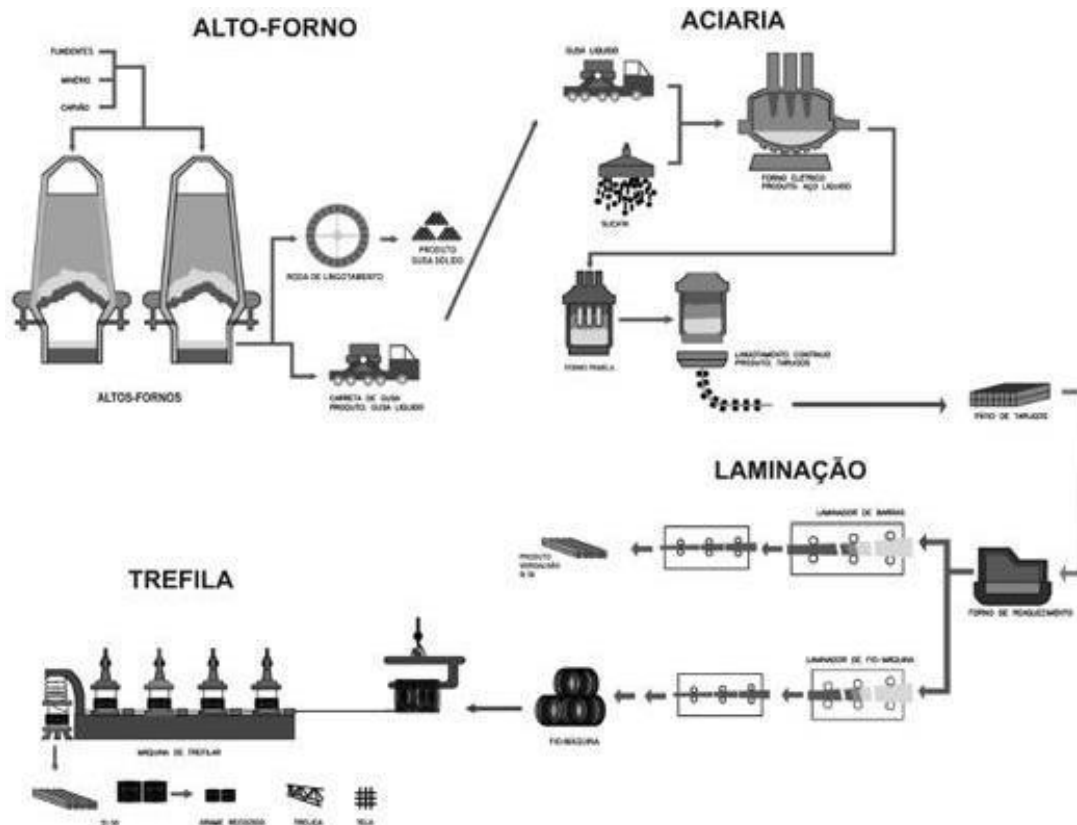
# FINALIDADES DE UMA AMOSTRAGEM DE CHAMINÉ

d) Determinar a eficiência de medidas de controle adotadas:

Determinar antes e depois da medida de controle ou do equipamento de controle para cálculo de eficiência.

# CONHECIMENTO DA FONTE A SER AMOSTRADA

O perfeito conhecimento da fonte poluidora traz informações fundamentais ao desenvolvimento da amostragem



# CONHECIMENTO DA FONTE A SER AMOSTRADA

## FLUXOGRAMA DO PROCESSO

- Matéria-prima;
- Insumos e Combustíveis;
- Produtos

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROCESSO

- Temperatura de operação;
- Capacidade;
- Ciclo de operação;
- Pressão; etc...

# CONHECIMENTO DA FONTE A SER AMostrada

## EFLUENTES GASOSOS

- Vazão;
- Temperatura;
- Pressão;
- Contínuo ou não.

## EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR

- Temperatura e Vazão;
- Perda de carga;
- pH (lavadores);
- Amperagem (precipitador);
- Formas de exaustão;
- Dimensões de chaminés ou dutos;
- Desenho das singularidades

# CONHECIMENTO DA FONTE A SER AMOSTRADA

Com o objetivo de se estimar a características básicas do efluente.

Nesta fase serão decididos quais os poluentes a serem amostrados à a decisão sobre quais poluentes se deve amostrar se tomará antes da amostragem o qual irá confirmar ou não a presença do poluente.

Os resultados destes **estudos preliminares** permitirão **escolher os métodos de coletas e análises que serão empregados**, bem como dos equipamentos e acessórios que serão utilizados;

# **POLUENTES ATMOSFÉRICOS MAIS COMUNS:**

- **Material Particulado**
- **Óxido de enxofre**
- **Óxido de nitrogênio**
- **Monóxido de carbono**
- **Ácido clorídrico**
- **Ácido fluorídrico**
- **Substâncias inorgânicas (cádmio, mercúrio, chumbo, cromo, etc.)**
- **Compostos orgânicos**
- **Dioxinas e furanos**
- **Hidrocarbonetos**

# ESCOLHA DO LOCAL DA AMOSTRAGEM

O local da amostragem deve ser tal **que permita coletar uma amostra representativa do material** que esta sendo emitido pela fonte.

O critério básico é escolher um local onde a **concentração do poluente esteja uniformemente distribuída no fluxo gasoso** → condições de fluxo sejam a mais uniforme possível.

**Melhores locais:** trechos de dutos retos, longe de singularidades (cotovelos, bifurcações, alargamentos, etc.) que causam perturbações ao fluxo gasoso;



# PREPARAÇÃO DO LOCAL

- § Construção de plataforma;
- § Execução de furos;
- § Providenciar energia elétrica, etc, no local da amostragem.

# **TOMADA PRELIMINAR DAS CONDIÇÕES DE FLUXO GASOSO**

**Determinação de velocidade, temperatura, umidade, pressão e peso molecular da mistura a ser amostrada.**

**Estes dados serão básicos para determinação de outros parâmetros como o diâmetro da boquilha da sonda;**

# PREPARAÇÃO DA AMOSTRAGEM

- **Seleção dos equipamentos;**
  - **Reagente;**
  - **Ferramentas;**
  - **Outros materiais a serem levados ao campo.**
- 
- **Obs: Equipamento pesa no mínimo 80 kg à considerar a altura da chaminé.**

# AMOSTRADOR ISOCINÉTICO





Sonda

Mala porta filtro e Boquilhas

Unidade de controle





# AMOSTRAGEM ISOCINÉTICA

Em grego à **ISOCINÉTICA = IGUAL VELOCIDADE**

Para que a amostragem seja isocinética temos que fazer com que a velocidade da boquilha (ponta da sonda) seja igual a velocidade com que os gases estão saindo da chaminé.

# INSTALAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AMOSTRAGEM EM CHAMINÉ

## a) ORIFÍCIO DE AMOSTRAGEM:

- Trecho sem distúrbio de fluxos ou gases;
- Distância equivalente de pelo menos, 8 (oito) diâmetros da chaminé a jusante e 2 (dois) diâmetros a montante de dois acidentes (curvas, joelho etc.) consecutivos;
- Caso impraticável, deve ser selecionado um ponto que esteja pelo menos 2 diâmetros a jusante e 0,5 diâmetros a montante.

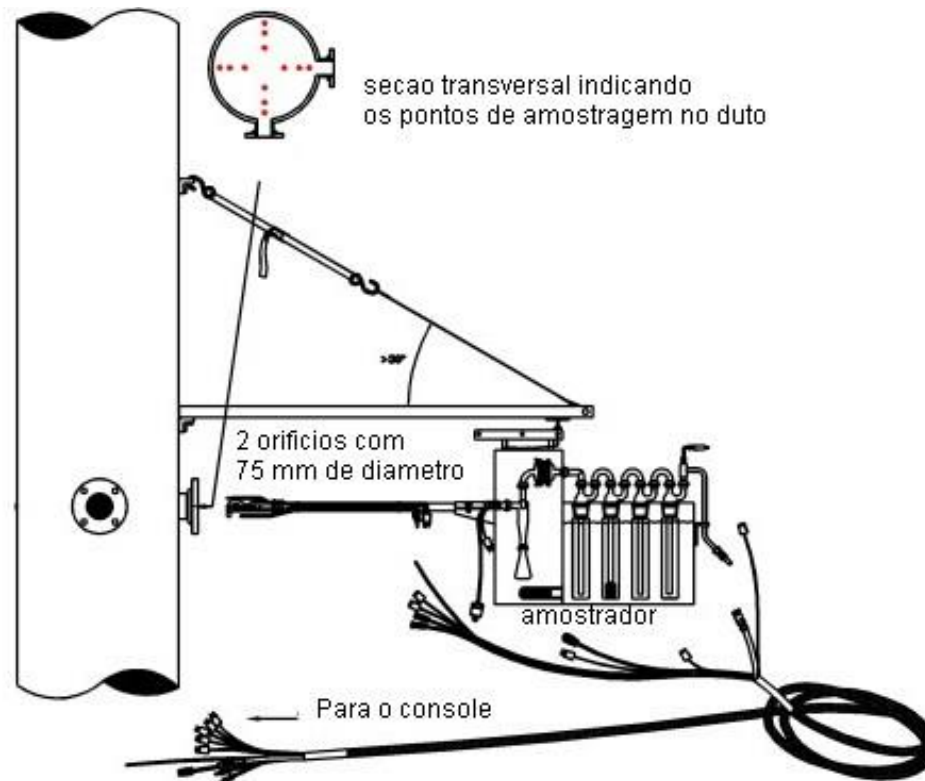


# **INSTALAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AMOSTRAGEM EM CHAMINÉ**

## **ORIFÍCIO DE AMOSTRAGEM:**

- A seção de amostragem deve possuir dois orifícios defasados de 90 graus.**
- Quando a soma do diâmetro interno mais a parede da chaminé e a extensão dos orifícios forem maior que 7,5 metros, serão necessários quatro orifícios, localizados sobre dois diâmetros e afastados de 90 graus.**

# INSTALAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AMOSTRAGEM EM CHAMINÉ



As bocas de amostragem deverão estar providas plataforma para acesso e tampa flangeada 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 10701.

# INSTALAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AMOSTRAGEM EM CHAMINÉ

## a) ORIFÍCIO DE AMOSTRAGEM:

**-Os orifícios normalmente são tubos industriais flangeados com 0,10 m de diâmetro interno e não deverão ter mais do que 0,075 m para fora da parede da chaminé.**

**-A distância vertical entre a plataforma e o orifício deve ser de 1,50 m, e uma distância vertical de 1,50 m acima de cada orifício, deve ser fixado uma presilha (abertura de 0,04m), para sustentar carga vertical de 100 kg..**

# ORIFICIO DE AMOSTRAGEM



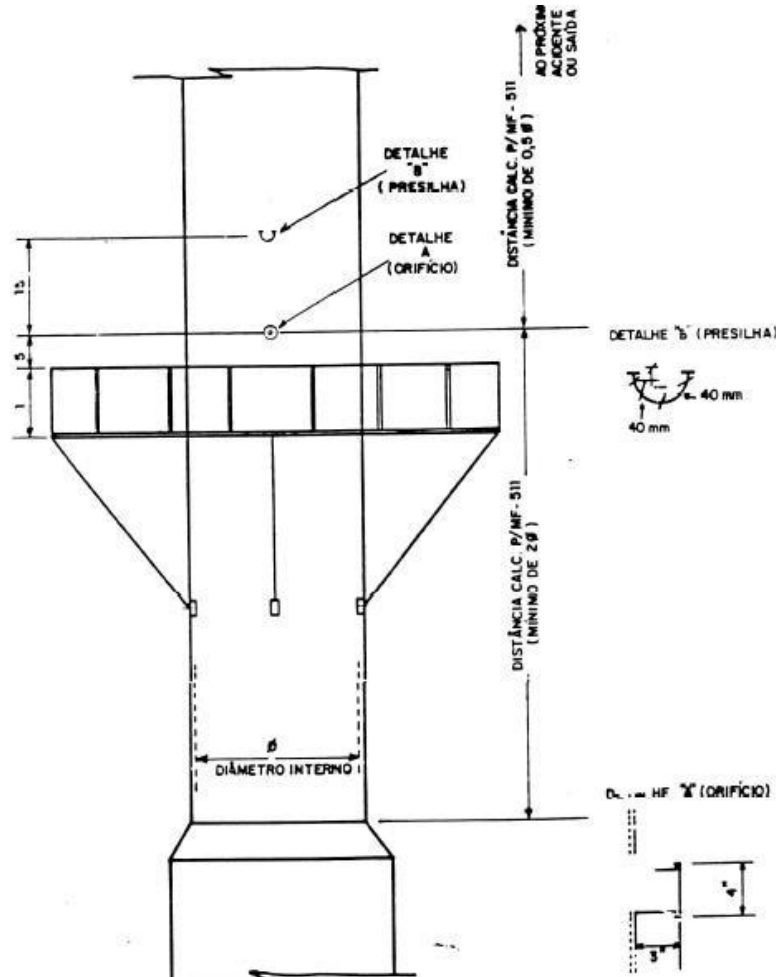
# INSTALAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AMOSTRAGEM EM CHAMINÉ

## **b) PLATAFORMA:**

- A plataforma é necessária para permitir o trabalho dos operadores e acomodação dos equipamentos;**
- Deve possuir guarda corpo de 1 m de altura, obedecendo a uma distância de pelo menos 50 cm em relação ao orifício e dispositivo de acesso (escada).**
- O acesso à plataforma não deverá ficar a menos de 1 m de qualquer orifício de amostragem.**
- A largura mínima da plataforma deve ser de 2 m.**

# INSTALAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AMOSTRAGEM EM CHAMINÉ

INSTALAÇÃO TÍPICA  
PARA AMOSTRAGEM  
EM CHAMINÉ



# INSTALAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AMOSTRAGEM EM CHAMINÉ

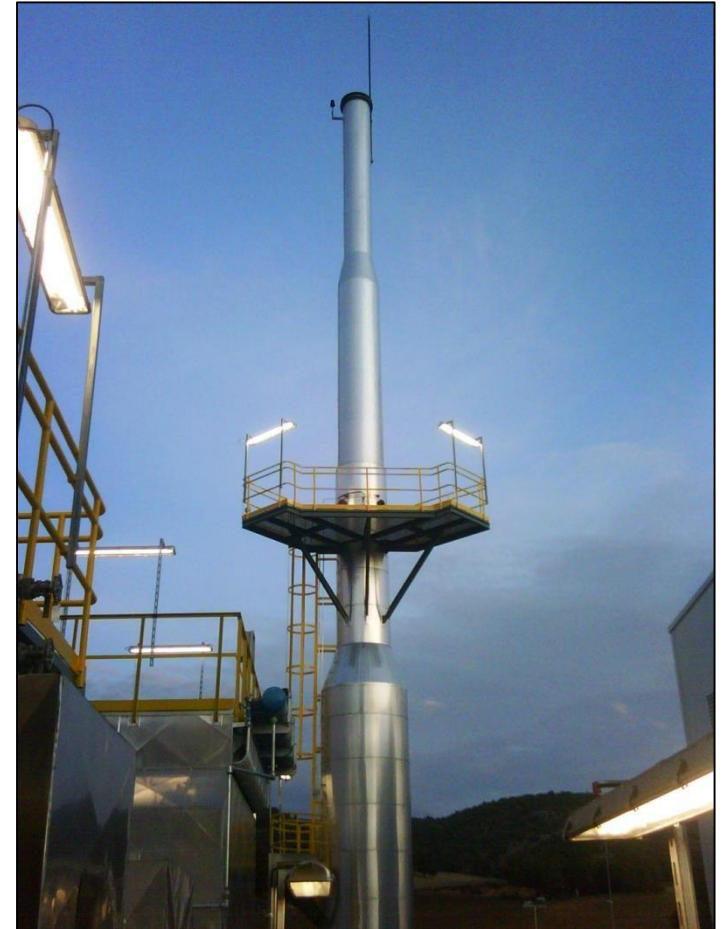


# INSTALAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AMOSTRAGEM EM CHAMINÉ

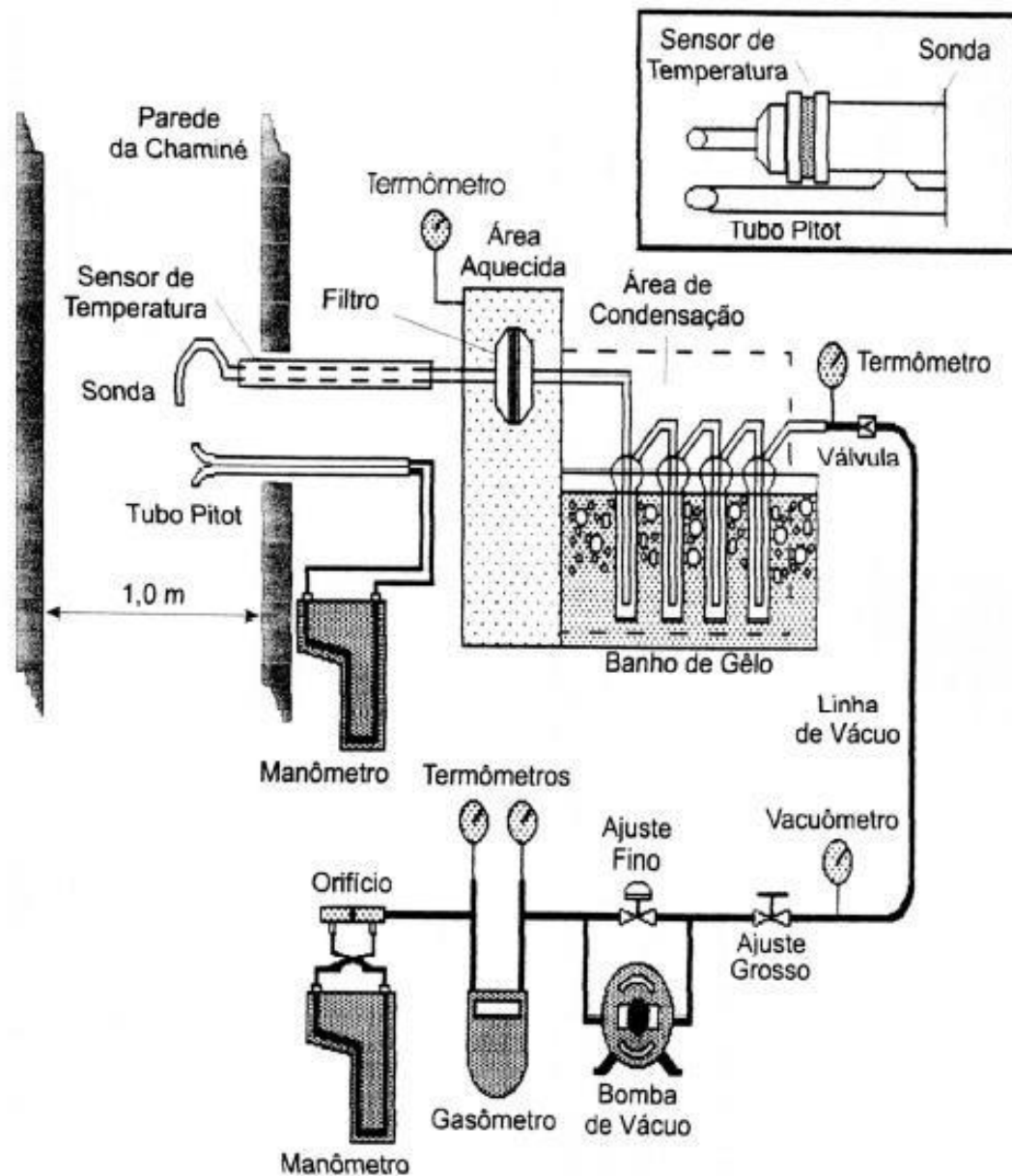




# INSTALAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AMOSTRAGEM EM CHAMINÉ



# AMOSTRADOR ISOCINÉTICO



# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

**POLUENTE SOMENTE NA FORMA DE PARTÍCULA =  
FILTRAÇÃO**

**POLUENTE NA FORMA GASOSA E DE PARTÍCULA =  
FILTRAÇÃO + ADSORÇÃO/ABSORÇÃO**

**POLUENTE SOMENTE NA FORMA GASOSA =  
ADSORÇÃO/ABSORÇÃO**

# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

**Várias combinações de equipamentos podem ser utilizadas para que a amostragem de chaminé se realize de acordo com o objetivo previamente definido.**

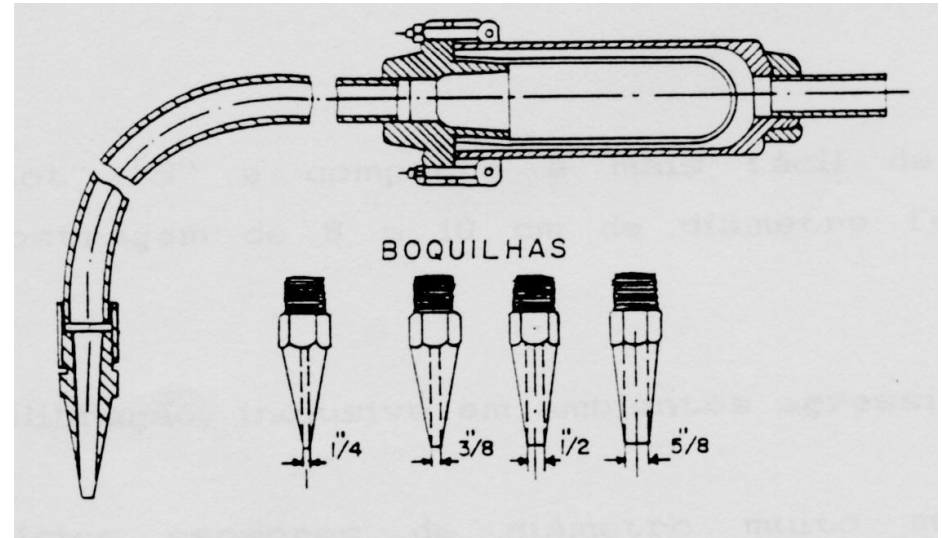
- De uma maneira geral, um trem de amostragem é formado por:**

# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

## A) BOQUILHA

Ponto de entrada da amostra no trem de amostragem.

Seu objetivo é proporcionar uma velocidade do gás na seção da chaminé onde está se realizando amostragem em dutos e chaminés para obter um resultado isocinético.

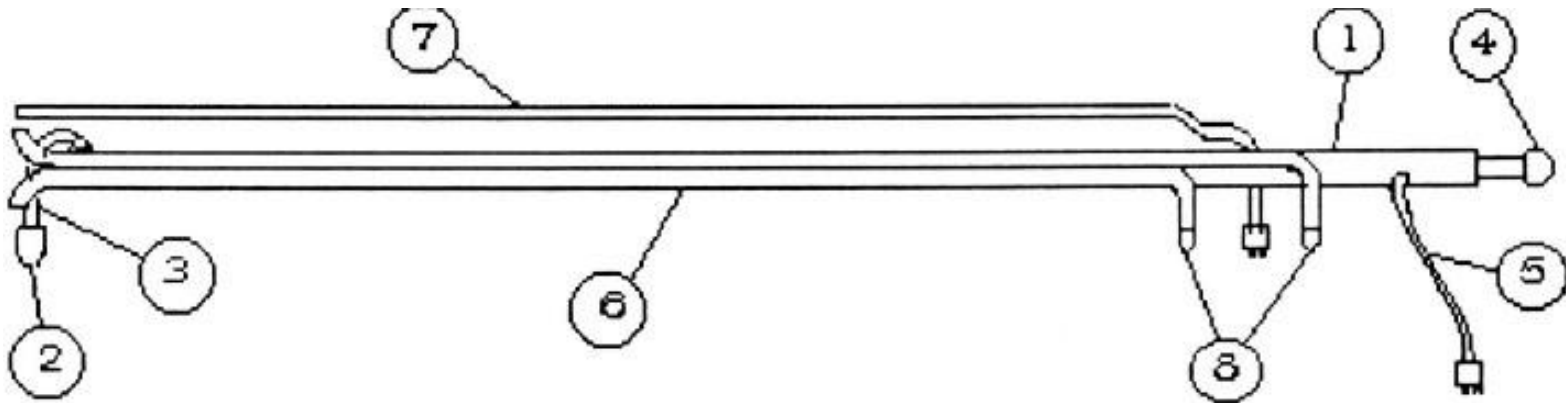


# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

## B) SONDA DE AMOSTRAGEM

Uma tubulação na qual é rosqueada a boquilha, e que é introduzida na chaminé para a coleta da amostra.

Vários podem ser os tipos de sonda: AÇO INOX, PTFE - Teflon (resiste a temperatura de até 1.200 °C) , vidro, etc.



- |                                           |                         |
|-------------------------------------------|-------------------------|
| 1) Tubo externo da sonda                  | 2) Boquilha             |
| 3) Pescoço de gancho                      | 4) Junta esférica 28/15 |
| 5) Cabo do aquecimento                    | 6) Pitot S              |
| 7) Termopar tipo K,<br>com bainha de inox | 8) Engate de inox       |

# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

## B) SONDA DE AMOSTRAGEM

- A sonda consiste em dois tubos concêntricos de aço inox, entre os quais passa, em forma helicoidal, o arame (resistência elétrica) de aquecimento do sistema.
- O aquecimento é tal que mantém a parede interna da sonda a uma temperatura não menos inferior a 120 °C.
- A sonda é normalmente fornecida com 5 (cinco) boquilhas: 4, 6, 8, 10, 12 mm de diâmetro.
- A sonda pode ser fornecida em tamanhos diferentes, atingindo até 5 metros.



# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

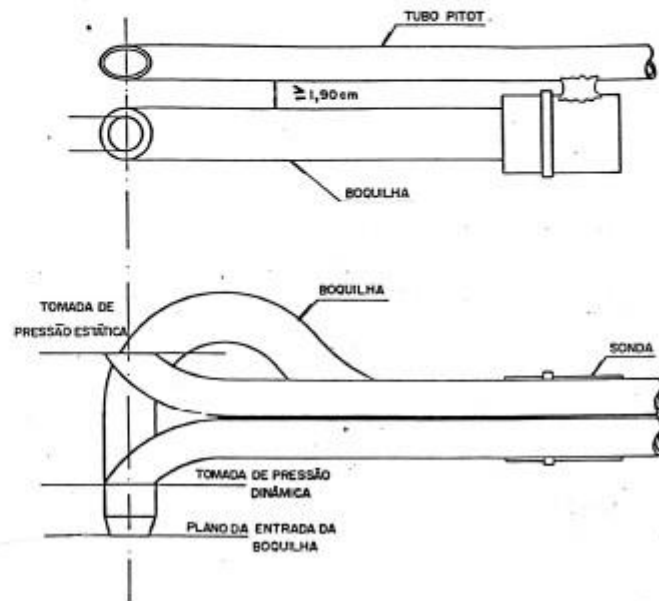
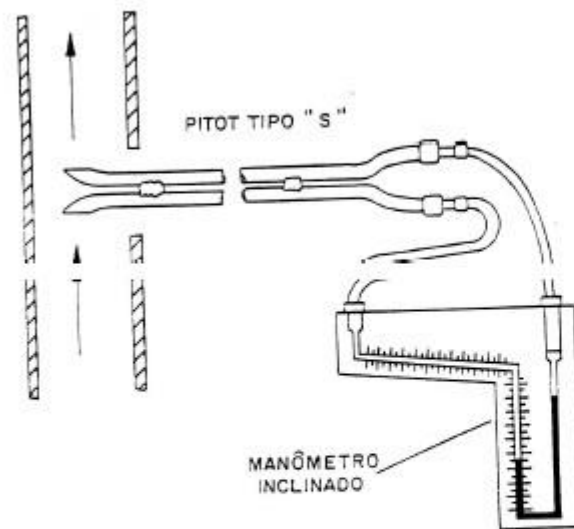
## C) TUBO DE PITOT

- O tubo Pitot tipo “S” é o mais frequentemente usado com o método recomendado de amostragem em chaminé e mede a velocidade.
- O tubo Pitot instrumento de medição de pressão e, indiretamente da velocidade dos gases.
- É compacto, permite que seja introduzido junto com a sonda num orifício de uns 8 cm e não sofre tão facilmente de entupimentos em atmosferas muito carregadas de material particulado.
- Mede somente velocidades acima de 3 m/s.



# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

## c) TUBO DE PITOT



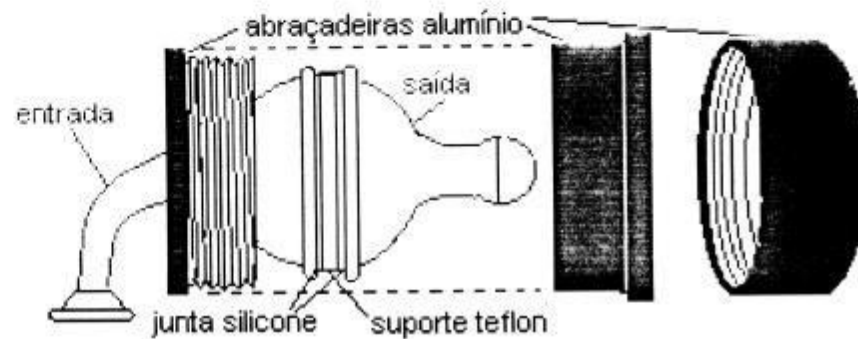
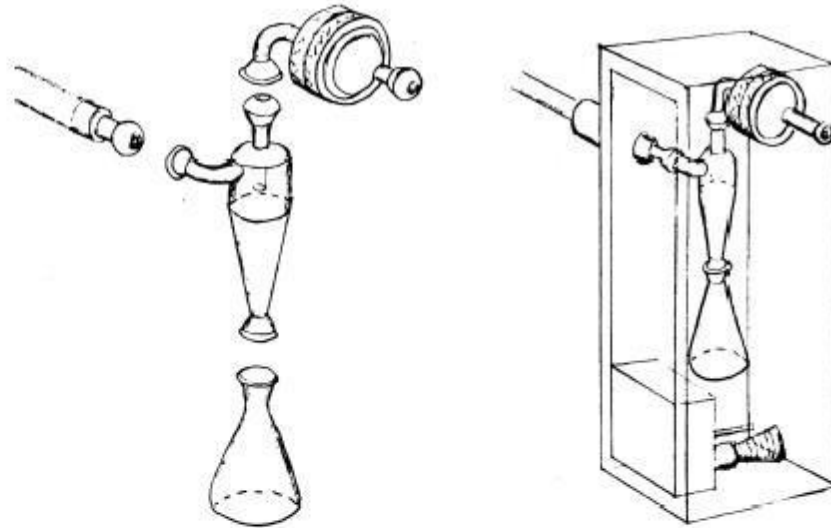
# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

## D) CAIXA QUENTE OU PORTA-FILTRO

- Nesta caixa, que é aquecida eletricamente, estão localizados o filtro e porta-filtro, onde é coletado o material particulado para posterior determinação da concentração.
- O compartimento onde vai o porta-filtro deve contar com um termostato calibrado.
- Na realização de atmosfera muito poluída (concentrações altas de material particulado) frequentemente é colocado, no interior da caixa, um mini ciclone de vidro, que serve como pré-coletor antes do filtro.

# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

d) CAIXA QUENTE OU PORTA-FILTRO



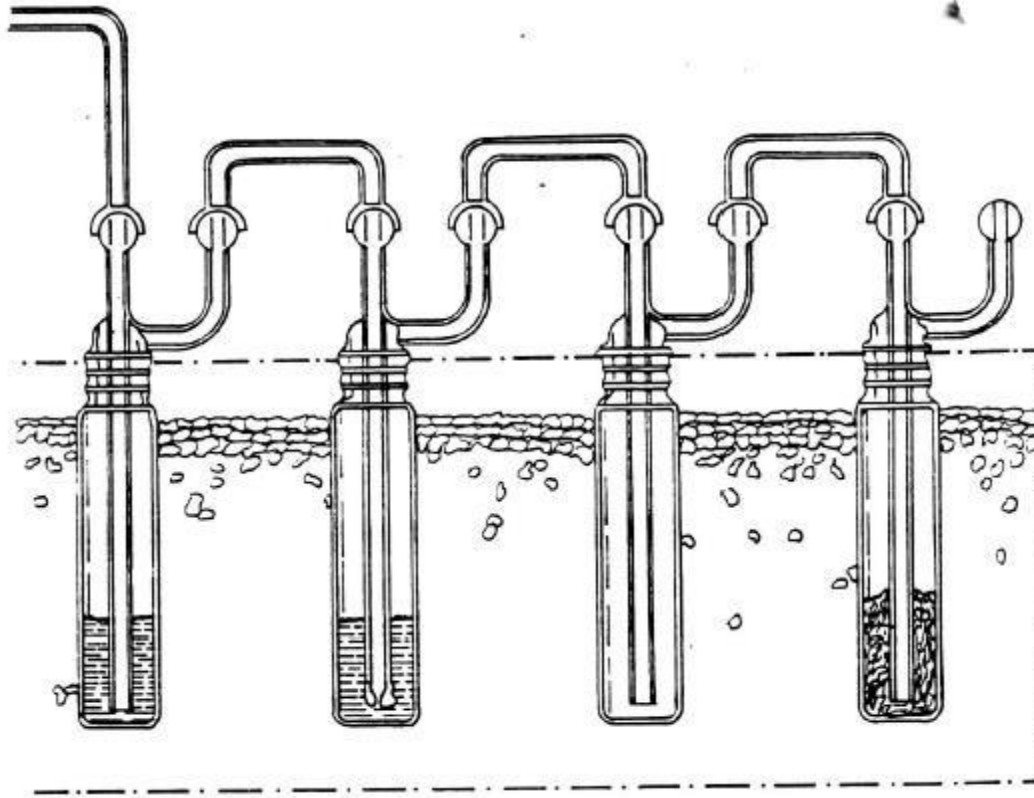
# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

## e) CAIXA FRIA OU BALDE DE VIDRARIA

- Estes coletores podem ser utilizados para diversos tipos de coleta tais como absorção, condensação e reações químicas.
- Os borbulhadores são do tipo frasco lavadores e impingers, padronizados e especificados nas normas de amostragem.
- O borbulhador com ponta normal é projetado para operar com vazão de 0,028 m<sup>3</sup>/min, permitindo uma velocidade do ar de 100m/s.
- Intercalar um impinger vazio e outro com solução; último contém sílica gel para retirar umidade.

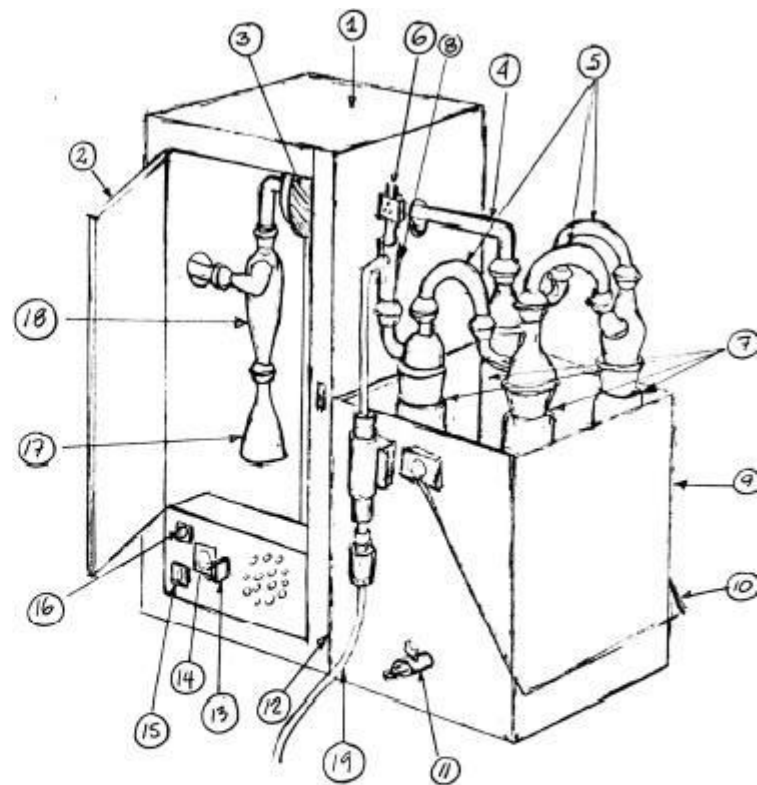
# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

## e) CAIXA FRIA OU BALDE DE VIDRARIA



# DESCRIÇÃO DE UM TREM DE AMOSTRAGEM

f) CONJUNTO DE CAIXA QUENTE E FRIA



- |                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| 1. Caixa quente           | 11. Torneira                 |
| 2. Porta                  | 12. Encaixe                  |
| 3. Porta-filtro           | 13. Termopar                 |
| 4. Conexão L              | 14. Tomada força             |
| 5. Conexão U              | 15. Tomada extensão da sonda |
| 6. Termopar               | 16. Tomada sonda             |
| 7. Impinger               | 17. Erlenmeyer               |
| 8. Adaptador do umbilical | 18. Ciclone                  |
| 9. Caixa fria             | 19. Umbilical                |
| 10. Alça                  |                              |

# COMO OBTER UMA AMOSTRAGEM ISOCINÉTICA

O primeiro passo é medir a velocidade dos gases na chaminé, no ponto de amostragem, e depois ajustar a vazão da bomba para que a velocidade na boquilha seja a mesma.

# COMO OBTER UMA AMOSTRAGEM ISOCINÉTICA

- Esta solução não é suficiente, devido a dois fatores:
  - A velocidade dos gases na chaminé varia: a velocidade pode ser rápida e totalmente aleatória ou lenta e, até certo ponto, previsível;
  - Se for medida a velocidade dos gases da chaminé, no ponto de amostragem, veremos que primeiro os gases vão aumentando até o máximo para depois ir caindo até voltar a zero.
  - Fica comprovado que não temos apenas uma velocidade de amostragem e devemos portanto possuir um aparelho para medir a velocidade dos gases constantemente e também poder ajustar a vazão de amostragem de maneira contínua e rápida..



# COMO OBTER UMA AMOSTRAGEM ISOCINÉTICA

Para obter uma amostragem representativa:

- **Deve-se amostrar um número razoável de pontos que cubram uma seção de forma uniforme (meio e perto das paredes da chaminé).**
- Um fluido em movimento dentro de um duto existe um perfil de velocidade.
- Quanto mais perto das paredes, menor é a velocidade do fluido, devido à fricção das mesmas.
- à medida que mudamos a posição da boquilha dentro do duto, a velocidade em cada ponto mudará e ajusta-se a vazão da bomba para que a velocidade na entrada da boquilha mantenha-se isocinética.



# Como é uma amostragem isocinética:

A solução consiste em colocar, numa posição próxima à boquilha, um sensor de velocidade (Tubo de Pitot) para dar informação, continua e instantaneamente, sobre a velocidade dos gases nos pontos da chaminé;

Com isto poderemos ajustar rapidamente a vazão de amostragem (bomba) para que a velocidade seja realmente isocinética.

# DETERMINAÇÃO DO NÚMERO MÍNIMO DE PONTOS NA SEÇÃO TRANSVERSAL

Quando o critério de 8 e 2 diâmetro pode ser empregado, o número mínimo de pontos é de 12 para chaminés com diâmetro superior a 0,6 m e de 8 quando o diâmetro for igual ou menor que 0,6m.

# Recomendações

- Em situações em que os limites máximos permitidos das emissões das fontes fixas dos processos industriais são ultrapassados, recomenda-se:
  - 1– Analisar o processo de geração do poluente, desde o início, avaliando se as condições de geração do mesmo são normais.
  - 2 – A emissão pode ser reduzida ou eliminada com a substituição de matérias primas, combustível?
  - 3– A combustão está ocorrendo de forma eficiente, há “zonas mortas” ou frias nas câmaras que compõe os equipamento? Relação ar/combustível adequada?
  - 4– Há possibilidade de retornar o material emitido ao processo produtivo ou mesmo destiná-lo à reciclagem?

# Recomendações

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

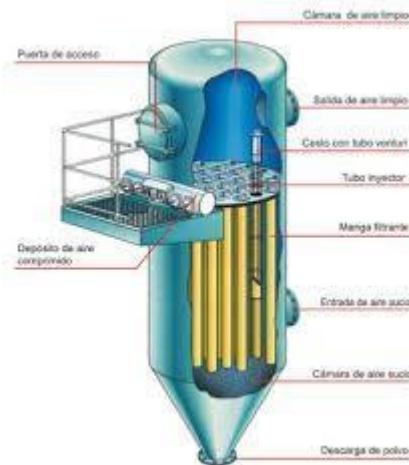
# Recomendações

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

# Exemplos de ECPs e seus principais usos:

- Filtros de Manga – retenção de material particulado.
- Lavadores de gases – absorção de gases e retirada de material particulado.
- Ciclones- retenção de material particulado.
- Precipitadores Eletrostáticos- retenção de material particulado.
- Equipamentos de Adsorção – redução de solventes, odor, hidrocarbonetos,
- Termo-oxidadores – controle de compostos orgânicos voláteis (COVs), CO, hidrocarbonetos, etc.
- Condensadores- componentes condensáveis, alguns hidrocarbonetos, etc.

precipitador eletrostático, filtro manga, coletor de gases e ciclone.





# Emissões Odorantes

- A poluição atmosférica causada por emissões odorantes tem como principal característica a capacidade de criar incômodo e desconforto na população que reside próximo as fontes emissoras;
- Existem metodologias normatizadas para a avaliação destas emissões;
- De todos os tipos de poluição , os odores são os mais difíceis de regular, pois os odores desagradáveis são considerados como subjetivos;
- Escassez de legislação que impede o controle e a fiscalização;

# Emissões Odorantes

- Os **odores são resultantes das sensações de moléculas químicas** de naturezas diversas (orgânicas ou minerais voláteis com propriedades físico-química distintas) **que interagem com o sistema olfativo**, causando impulsos que são transmitidos ao cérebro;
- Odor não é um poluente, mas uma propriedade que pode ser detectada ou medida através dos efeitos que causa no organismo humano;
- Dificuldade de avaliação no Brasil;

# Emissões Odorantes

Para Department of Environmental Protection (DEP) (2002) reclamações devido a odores ocorrem quando estes se tomam incômodos e desagradáveis sendo influenciados por cinco fatores:

- Frequência de ocorrência;
- Intensidade do odor;
- Duração de exposição ao odor;
- Grau de incômodo;
- Localização do odor.

# Emissões Odorantes

Quadro 2: Limites de percepção olfativo de alguns compostos odorantes.

Composto	Limite de Percepção (ppm)	Composto	Limite de Percepção (ppm)
Acetaldeído	0,21	Metil isobutil cetona	0,47
Acido acético	1	Metil mercaptana	0,0021
Acido butílico	0,001	Metil metacrilato	0,21
Acido clorídrico	10	Nitrobenzeno	0,0047
Acetona	100	Paracresol	0,001
Acroleína	0,21	Paraxileno	0,47
Amoníaco	46,8	Percloroetileno	4,68
Anilina	1	Fenol	0,047
Benzeno	4,68	Piridina	0,021
Cloreto de benzila	0,047	Estireno	0,047
Dimetil amina	0,047	Acido sulfídrico	0,00047
Dióxido de enxofre	0,47	Tetracloroeto de carbono	100
Etil mercaptana	0,001	Tolueno	2,14
Formaldeído	1	Trimetilamina	0,00021
Metil etil cetona	10		

# Emissões Odorantes

Quatro aspectos principais:

- Caráter ou qualidade do odor;
- Agradabilidade;
- Concentração ;
- Intensidade na qual o observador está submetido

# Emissões Odorantes

- Misturas de gases , moléculas orgânicas e inorgânicas:
- Compostos Nitrogenados;
- Compostos sulfurados;
- Compostos oxigenados;
- Hidrocarbonetos.

<b>Compostos Inorgânicos</b>	
Amônia	NH <sub>3</sub>
Cloro	Cl <sub>2</sub>
Gás Sulfídrico	H <sub>2</sub> S
Ozônio	O <sub>3</sub>
Dióxido de Enxofre	SO <sub>2</sub>
<b>Ácidos</b>	
Ácido Acético	CH <sub>3</sub> COOH
Ácido Butírico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH
Ácido Propíonico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH
<b>Alcoóis</b>	
Álcool Amílico	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH
Álcool Butílico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH
<b>Aldeídos e Cetonas</b>	
Formaldeído	HCHO
Acetaldeído	CH <sub>3</sub> CHO
Butiraldeído	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> CHO
Acetona	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>
<b>Aminas</b>	
Metilamina	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>
Dimetilamina	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH
Trimetilamina	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N
Etilamina	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>
Dietilamina	(C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub> NH
Di-Isopropilamina	(C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>
Dibutilamina	(C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub> NH
n Butilamina	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>
<b>Mercaptanas</b>	
Alil Mercaptana	CH <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> SH
Amil Mercaptana	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> SH
Benzil Mercaptana	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> SH
Etil Mercaptana	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH
Metil Mercaptana	CH <sub>3</sub> SH
Fenil Mercaptana	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> SH
Propil Mercaptana	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> SH
<b>Sulfetos</b>	
Dietil Sulfeto	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S
Dimetil Sulfeto	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S

# Emissões Odorantes

- Efeitos Fisiológicos;
- Efeitos Psicológicos;



# Principais atividades geradoras de odor

Atividade	Compostos Odorantes
Papel e Celulose	CH <sub>3</sub> , SH, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , F <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> CHO, CH <sub>3</sub> '2S
Fertilizantes	NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , F <sub>2</sub>
Pesticidas	CH <sub>3</sub> CHO, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S
Curtumes	NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, CH <sub>4</sub> , Compostos Orgânicos Voláteis
Produção de Açúcar e Destilarias	H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub>
Química	NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, Cl <sub>2</sub> , Mercaptanas, Fenóis
Tinturaria	NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , Mercaptanas
Farmacêutica	H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , Mercaptanas
ETE (Esgoto Sanitário)	CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, Mercaptanas
Resíduos Sólidos Municipais	H <sub>2</sub> S, Mercaptanas
Abatedouros	CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, Mercaptanas

# Legislação

- Brasil não contempla esse tipo de emissão;
- Austrália, Alemanha, Reino Unido, UE, Japão, Nova Zelândia, Índia e Canadá;
- 1970 – 2003 - *Offensive Odour Control Law ( medidas preventivas de controle e regulamentar as emissões) ;*
- EUA, Alemanha e Japão (normas técnicas);
- OUm<sup>3</sup> ( Unidades de odor/m<sup>3</sup>).

# Metodologias de avaliação

- Métodos sensoriais ou olfatométricos;
- Análises físico-químicas (cromatografia gasosa e espectrometria de massa);
- Modelagem matemática de dispersão de odores;
- Narizes eletrônicos (sensores - variáveis químicas dos odores transformadas em sinais elétricos);

# Métodos sensoriais ou olfatométricos

- A concentração de moléculas odorantes no ar;
- O limite de percepção olfativa (K50)
- O limite de caracterização olfativa
- O limite de identificação olfativa
- A eficiência de um processo de tratamento de gases odorantes;
  - A intensidade odorante de uma amostra gasosa;
  - A hedonicidade odorante de uma amostra gasosa;
  - O caráter intensidade odorante de uma amostra gasosa.
- O impacto odorante de uma fonte mediante o uso de questionários, enquetes ou júri móvel.

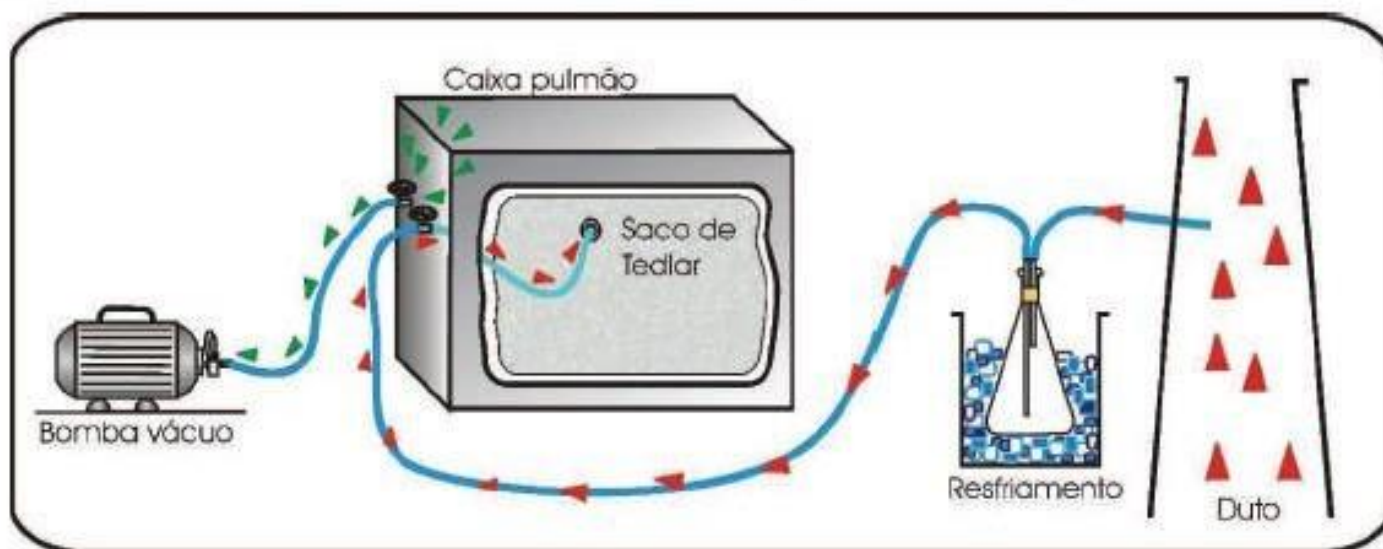
# Métodos sensoriais ou olfatométricos

Figura 4: Saco Tedlar® para amostragem de odor.



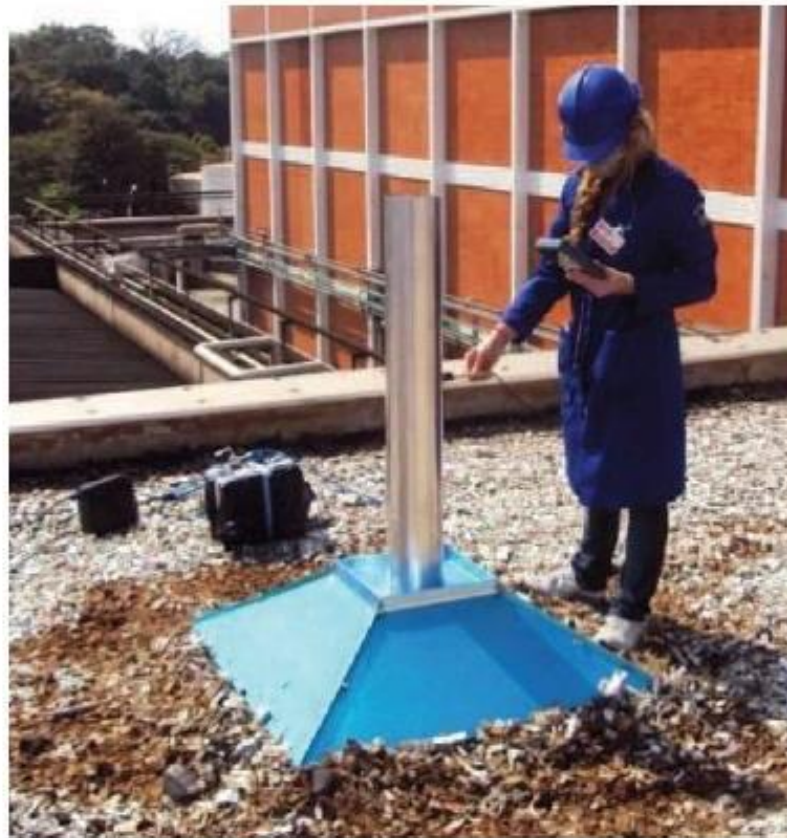
# Métodos sensoriais ou olfatométricos

Figura 5: Sistema de coleta de amostras a campo com caixa pulmão.



# Métodos sensoriais ou olfatométricos

Figura 8: Campânula amostradora de emissões odorantes instalada para monitorar um biofiltro.





# Métodos sensoriais ou olfatométricos

A concentração odorante é dada em unidades de odor por metro cúbico de ar avaliado ( $\text{UO.m}^{-3}$ ), onde  $1 \text{ UO.m}^{-3}$  equivale à concentração em que 50% dos jurados percebe o odor e 50% não o percebe (limite de percepção olfativo (LPO – K50) (LACEY; SCHIRMER; LISBOA, 2008).

Para a detecção do LPO (K50) é utilizado um olfatômetro de diluição dinâmica, definido como o instrumento que emite um fluxo de mistura de uma amostra de gás odorante com um gás sem odor em fatores de diluição conhecidos para a apresentação aos jurados (CEN, 2003 apud LISBOA et al, 2010).



# Métodos sensoriais ou olfatométricos

Figura 9: Componentes do olfatômetro ODILE 2000, instalado no Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).



# Métodos sensoriais ou olfatométricos

Figura 10: Painel da mesa olfatométrica.



# Métodos sensoriais ou olfatométricos

Figura 12: Apresentação das soluções de 1-Butanol com diferentes concentrações a um membro do júri.



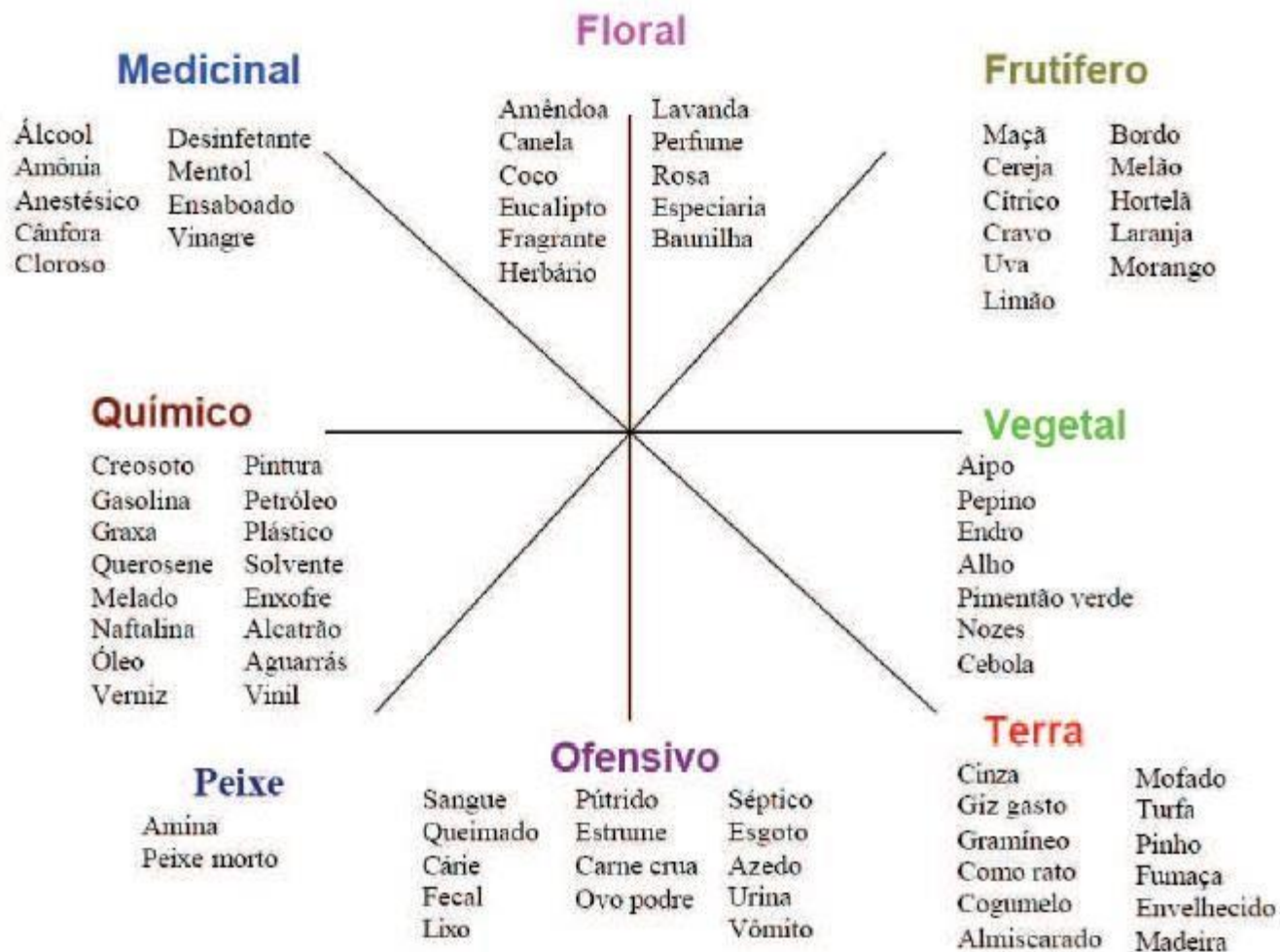
# Métodos sensoriais ou olfatométricos

Quadro 5: Níveis de intensidade de odor.

Nível de Intensidade	1-Butanol (g/l)	IO (Intensidade odorante)	
1	0,001	mf	muito fraco
2	0,01	f	fraco
3	0,1	m	medio
4	1,0	f	forte
5	10	mf	muito forte

# Métodos sensoriais ou olfatométricos

Figura 13: Roda de odores utilizada para determinação do caráter odorante.



# Métodos sensoriais ou olfatométricos

Figura 14: Escala dos 21 Pontos para avaliação da hedonicidade.

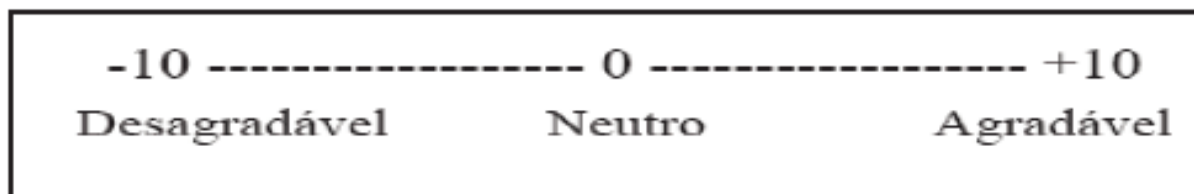


Figura 15: Olfatinhos olfatométricos.





# Métodos sensoriais ou olfatométricos


Figura 20: Júri realizando avaliação em campo.



Fonte: MARCOS, 2011.

# Métodos sensoriais ou olfatométricos

Figura 16: Questionário de odores via júri permanente.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA		
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL		
LABORATÓRIO DE CONTROLE E QUALIDADE DO AR - LCQAR		
<i>Segunda-feira</i>	<p>Você está sentindo algum tipo de odor?  <input type="checkbox"/> Sim      <input type="checkbox"/> Não</p>	
Dia.../.../.....	Se sim, o odor que você sente :	
Hora:.....	1. Não incomoda <input type="checkbox"/>	Descreva o odor que você está sentindo: _____
Hora:.....	2. Incomoda pouco <input type="checkbox"/>	_____
Hora:.....	3. Incomoda <input type="checkbox"/>	
Hora:.....	4. Incomoda muito <input type="checkbox"/>	
Hora:.....	5. Incomoda extremamente <input type="checkbox"/>	
<i>Terça-feira</i>	<p>Você está sentindo algum tipo de odor?  <input type="checkbox"/> Sim      <input type="checkbox"/> Não</p>	
Dia.../.../.....	Se sim, o odor que você sente :	
Hora:.....	1. Não incomoda <input type="checkbox"/>	Descreva o odor que você está sentindo: _____
Hora:.....	2. Incomoda pouco <input type="checkbox"/>	_____
Hora:.....	3. Incomoda <input type="checkbox"/>	
Hora:.....	4. Incomoda muito <input type="checkbox"/>	
Hora:.....	5. Incomoda extremamente <input type="checkbox"/>	



# Fontes Móveis



# Legislação associada a fontes móveis:

## **Resolução CONAMA nº 18/86**

Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE;

## **Lei Federal nº 8.723/ 93**

Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências;

## **Lei Federal nº 10.203/ 01**

Dá nova redação aos arts. 9º e 12 da Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores, e dá outras providências.

# Monitoramento de fumaça preta

- A **Portaria nº 85 do Ibama**, toda empresa que possuir frota própria de transporte de carga ou de passageiro, movidos a óleo Diesel, deverá criar e adotar um **Programa Interno de Autofiscalização da Correta Manutenção da Frota** quanto a **Emissão de Fumaça Preta**;
- A **Portaria** considera que toda empresa contratante de **serviço de transporte de carga ou de passageiro**, através de terceiros, será considerada **corresponsável**, pela correta manutenção dos veículos contratados.

# Monitoramento de fumaça preta

- Art 4º- Os limites de emissão de fumaça preta a serem cumpridos por veículos movidos a óleo Diesel, em qualquer regime são:
  - a) menor ou igual ao padrão nº 2 da Escala Ringelman, quando medidos em localidade situadas até 500(quinzentos) metros de altitude;
  - b) maior do que o padrão nº 3 da Escala Ringelman, quando medidos em localidade situadas acima de 500(quinzentos) metros de altitude;

