



# NORMA TÉCNICA

L9.221

Jul/1990  
7 PÁGINAS

Dutos e chaminés de fontes estacionárias - determinação dos pontos de amostragem: procedimento

**Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**  
Avenida Professor Frederico Hermann Jr., 345  
Alto de Pinheiros CEP 05459-900 São Paulo SP  
Tel.: (11) 3133 3000 Fax.: (11) 3133 3402

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

CETESB	<p style="text-align: center;"><b>DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS</b>  <b>DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM</b>          Procedimento</p>	<p style="text-align: center;">L9.221          JUL/90</p>
--------	--	---

SUMÁRIO	Pág.
1 Objetivo.....	1
2 Definições.....	1
3 Condições gerais.....	2
4 Condições específicas.....	3

## 1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para a determinação de pontos de amostragem numa seção transversal de duto ou chaminé de fonte estacionária.

1.2 Esta Norma não é aplicável quando:

- a) o sentido do fluxo dos gases não é conhecido;
- b) o fluxo dos gases é ciclônico;
- c) o duto ou a chaminé têm seção transversal com menos de 0,070 m<sup>2</sup>;
- d) não for possível encontrar uma seção transversal que, entre dois distúrbios de fluxo sucessivos, fique depois de dois ou mais diâmetros do primeiro e antes de 0,5 ou mais diâmetros do segundo no sentido do fluxo. Caso o duto ou chaminé tenha seção retangular, o diâmetro aqui referido será o diâmetro equivalente (3.1).

Nota: Casos especiais terão seus resultados validados após estudo e aprovação pelo órgão oficial de defesa do meio ambiente.

## 2 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 2.1 a 2.3.

### 2.1 Fluxo ciclônico

Aquele no qual as linhas de fluxo não são paralelas ao eixo longitudinal do duto ou chaminé.

### 2.2 Pitot

Instrumento constituído de 2 tubos paralelos com duas tomadas de pressão, uma no mesmo sentido do fluxo e a outra em sentido contrário (Ver Figura 1).

### 2.3 Boquilha

Componente móvel da sonda, por onde é captado o material a ser analisado (Ver Figura 2).

### 3 CONDIÇÕES GERAIS

#### 3.1 Seleção da seção transversal

Para chaminés ou dutos de seção circular escolher uma seção transversal que fique a pelo menos 8 diâmetros internos a jusante e a pelo menos 2 diâmetros internos a montante de qualquer distúrbio de fluxo, tal como o causado por curva, expansão, contração, chama visível, entrada ou desvios. Caso isto seja impraticável, deve ser selecionada uma seção transversal que esteja a pelo menos 2 diâmetros internos a jusante e 0,5 diâmetro interno a montante de qualquer distúrbio de fluxo.

No caso da chaminé ou duto ter seção retangular, substitui-se o diâmetro interno pelo diâmetro equivalente  $D_{eq}$ , calculado como segue:

$$D_{eq} = \frac{2 c l}{c + l}$$

onde:

$D_{eq}$  = diâmetro equivalente, em m

$c$  = comprimento, em m

$l$  = largura, em m

#### 3.2 Ocorrência de fluxo ciclônico

Para verificação da ocorrência de fluxo deve-se:

- a) conectar um Pitot a um manômetro. Nivelar e zerar o manômetro;
- b) posicionar o Pitot em cada ponto da seção transversal. Considerar como referência  $0^\circ$  (zero graus) a posição em que os planos das aberturas forem perpendiculares à seção transversal;
- c) ler a indicação do manômetro. Se indicar 0 (zero), anotar o valor do ângulo ( $0^\circ$ ). Se der indicação diferente de 0 (zero), girar o Pitot até obter leitura nula no manômetro e anotar o ângulo de giro com aproximação de  $1^\circ$ ;
- d) calcular a média dos valores absolutos de todos os ângulos, incluindo aqueles onde a rotação não foi necessária (ângulo igual a zero). Se a média for maior que  $10^\circ$ , a condição é de fluxo ciclônico.

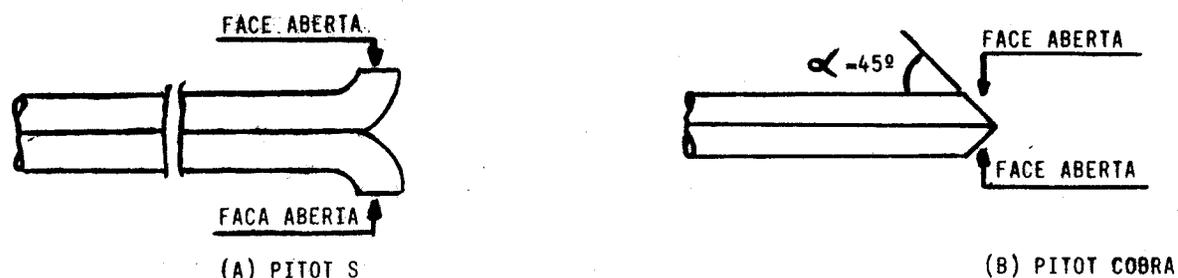


FIGURA 1 - Esquemas de dois Pitot

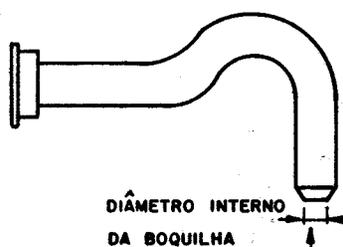


FIGURA 2 - Esquema de uma boquilha

#### 4 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

##### 4.1 Determinação do número de pontos

##### 4.1.1 Amostragem de material particulado em duto ou chaminé de seção circular

Quando a seção transversal selecionada for circular e satisfizer o critério de 8 e 2 diâmetros, o número mínimo de pontos será:

- a) 8 pontos - para diâmetro interno entre 0,30 m e 0,60 m;
- b) 12 pontos - para diâmetro interno maior que 0,60 m.

Quando a localização da seção transversal estiver fora da faixa de 8 e 2 diâmetros internos, o número mínimo de pontos é obtido da Figura 3. Antes de se fazer uso da Figura 3, medem-se as distâncias da seção transversal até o distúrbio de fluxo anterior e até o posterior, e exprimem-se essas distâncias em diâmetros internos. Assim, da Figura 3 obtêm-se dois números, um a partir da distância a jusante e outro da distância a montante (que podem ser iguais); escolhe-se o maior e este deve ser considerado como número mínimo de pontos.

Nota: Nos dutos e chaminés circulares, o número de pontos deve ser

sempre múltiplo de 4.

#### 4.1.2 Amostragem de material particulado em duto ou chaminé de seção retangular

Quando a seção transversal selecionada for retangular e satisfizer o critério de 8 e 2 diâmetros, o número mínimo de pontos será:

- a) 9 pontos - para diâmetro equivalente entre 0,30 m e 0,60 m;
- b) 12 pontos - para diâmetro equivalente maior que 0,60 m.

Quando a localização da seção transversal estiver fora da faixa de 8 e 2 diâmetros, o número mínimo de pontos é obtido da Figura 3. Antes de se fazer uso da Figura 3, medem-se as distâncias da seção transversal até o distúrbio de fluxo anterior e até o posterior, e exprimem-se essas distâncias em diâmetros equivalentes. Assim, da Figura 3 obtêm-se dois números, um a partir da distância a jusante e outro da distância a montante (que podem ser iguais); escolhe-se o maior e este deve ser considerado como número mínimo de pontos.

#### 4.1.3 Determinação de velocidade ou de vazão

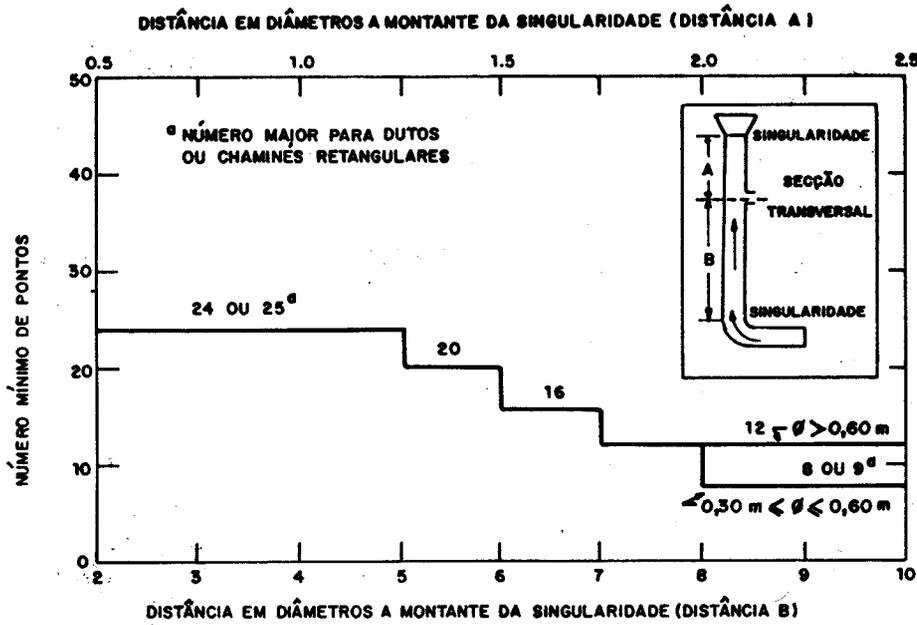
Para determinar a velocidade ou a vazão de gases adotam-se os mesmos procedimentos da seção 4.1.1 ou 4.1.2, utilizando-se, porém, a Figura 4 em vez da Figura 3.

### 4.2 Disposição dos pontos na seção transversal

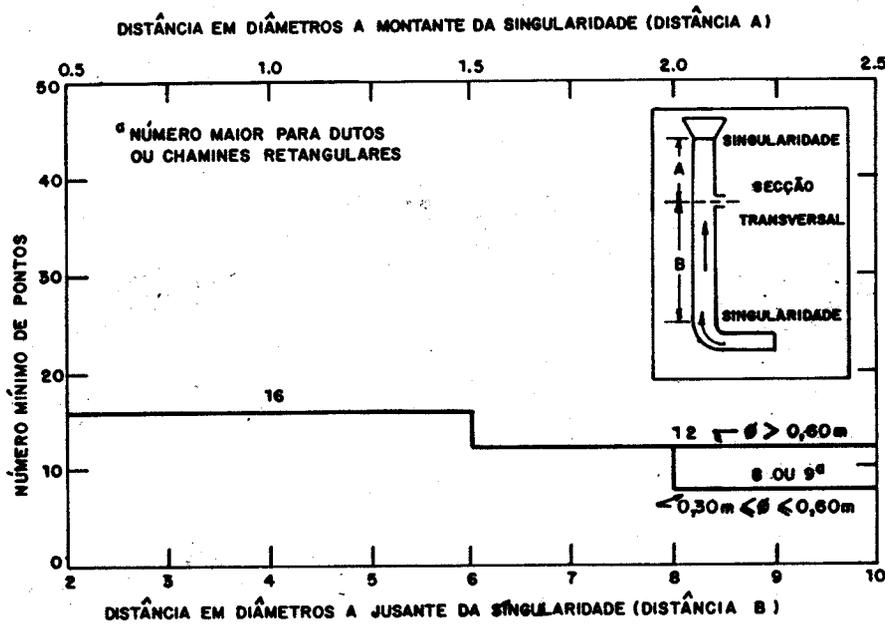
#### 4.2.1 Seções circulares

Uma vez determinado o número de pontos da seção transversal, eles devem ser dispostos sobre dois diâmetros perpendiculares (metade em cada diâmetro). A Tabela 1 dá a porcentagem do diâmetro para a disposição de cada ponto.

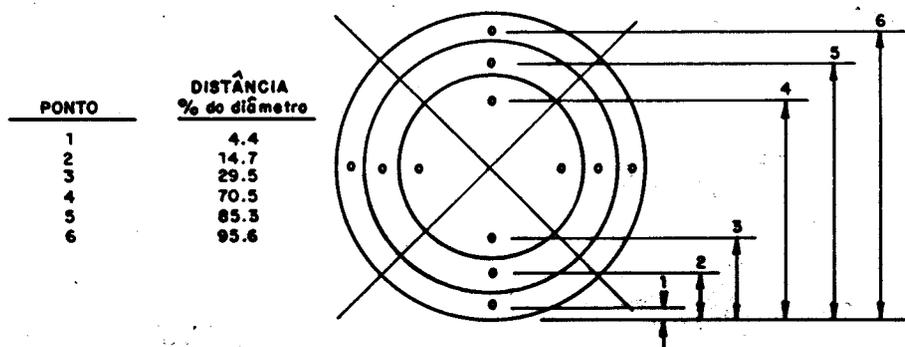
Em dutos ou chaminés com diâmetro superior a 0,60 m, nenhum ponto deve ser disposto a uma distância inferior a 2,5 cm da parede. Caso o diâmetro interno da boquilha seja maior que 2,5 cm, a distância a partir da parede deverá ser no mínimo igual a esse diâmetro. Em dutos ou chaminés com diâmetro inferior a 0,60 m, nenhum ponto deve ser disposto a uma distância inferior a 1,5 cm da parede. Caso o diâmetro da boquilha seja maior que 1,5 cm, a distância a partir da parede deverá ser no mínimo igual a esse diâmetro. Se alguns dos pontos coincidirem, estes devem ser tratados como pontos distintos, mesmo não havendo movimentação da sonda. A Figura 5 mostra a disposição dos pontos numa seção circular no caso destes serem 12.



**FIGURA 3 - Número mínimo de pontos para amostragem de material particulado**



**FIGURA 4 - Número mínimo de pontos para determinação de velocidade ou de vazão**



**FIGURA 5 - Seção circular dividida em 12 áreas iguais, com a localização dos pontos**

#### 4.2.2 Seções retangulares

Uma vez determinado o número de pontos da seção transversal, tira-se da Tabela 2 a matriz para a configuração da malha. Divide-se o maior lado da seção retangular pelo primeiro número de ordem da matriz e o lado menor pelo segundo número. Assim, configurados os retângulos elementares, no centro de cada um deles será localizado um ponto. Caso se deseje aumentar o número de pontos, deve-se partir da matriz inicial e aumentar o número de divisões em um dos lados da matriz ou em ambos. A Figura 6 mostra a disposição dos pontos para o caso de uma matriz 4 x 3.

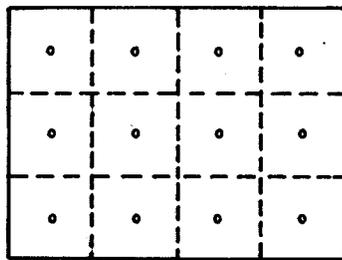


FIGURA 6 - Seção retangular dividida em 12 áreas iguais, com o ponto localizado no centro de cada área

TABELA 1 - Disposição dos pontos de amostragem em dutos e chaminés circulares (Porcentagem do diâmetro a partir da parede ao ponto)

Número de ordem do ponto no diâmetro	Número de pontos no diâmetro					
	2	4	6	8	10	12
1	14,6	6,7	4,4	3,2	2,6	2,1
2	85,4	25,0	14,6	10,5	8,2	6,7
3		75,0	29,6	19,4	14,6	11,8
4		93,3	70,4	32,3	22,6	17,7
5			85,4	67,7	34,2	25,0
6			95,6	80,6	65,8	35,6
7				89,5	77,4	64,4
8				96,8	85,4	75,0
9					91,8	82,3
10					97,4	88,2
11						93,3
12						97,9

TABELA 2 - Disposição dos pontos em dutos e  
chaminés retangulares

Nº de pontos	Matriz
9	3 x 3
12	4 x 3
16	4 x 4
20	5 x 4
25	5 x 5