

CETESB	<b>ROTÂMETRO PARA EFLUENTES GASOSOS – CALIBRAÇÃO</b> Método de ensaio	E2.162 ABR/92
--------	--	------------------

SUMÁRIO	Pág.
1 Objetivo.....	1
2 Norma complementar.....	1
3 Definição.....	1
4 Aparelhagem.....	1
5 Execução do ensaio.....	2
6 Resultados.....	4
Anexo - Formulário para calibração de rotâmetro.....	7

### 1 OBJETIVO

Esta Norma prescreve o método de calibração de rotômetros utilizados em equipamentos de medição de efluentes gasosos e da qualidade do ar.

### 2 NORMA COMPLEMENTAR

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- E2.166 - Gasômetro úmido para aferição de medidores de volume para gases - Calibração - Método de ensaio.

### 3 DEFINIÇÃO

Para os efeitos desta Norma é adotada a definição:

#### Rotâmetro

Medidor de vazão instantânea, constituído essencialmente por um tubo cônico e dotado internamente de um flutuador que, ao subir ou descer, deixa um espaço anular vazio e variável entre sua superfície externa e a superfície interna do tubo (ver Figura 1).

### 4 APARELHAGEM

#### 4.1 Rotâmetro do tipo cônico

#### 4.2 Bomba de vácuo.

Bomba que mantenha pressão constante, igual ou superior a 57 555 Pa (17 inHg ou 8,35 psi).

#### 4.3 Gasômetro úmido

Ver Figura 2.

#### 4.4 Manômetro em U

De mercúrio, com escala de 0-300 mm ou maior.

#### 4.5 Mangueiras

De borracha ou plástico para intercomunicação dos aparelhos.

#### 4.6 Conexão em Y

De vidro ou polietileno.

#### 4.7 Válvula de agulha

#### 4.8 Cronômetro

### 5 EXECUÇÃO DO ENSAIO

#### 5.1 Geberalidades

Quando se usa um rotâmetro para monitorar o fluxo, a repetibilidade das leituras tem grande importância. O rotâmetro pode normalmente ser calibrado com um líquido de referência, como a água, e as correções da densidade devem ser efetuadas.

#### 5.2 Princípio do método

A metodologia adotada consiste na comparação entre o volume deslocado do gasômetro úmido, em pressão positiva. O gasômetro úmido deve ter sido calibrado recentemente, não mais que seis meses antes da data de calibração do gasômetro, conforme a norma E2.166.

#### 5.3 Procedimento

5.3.1 Preparar os aparelhos e ligá-los entre si por meio de mangueiras de mesmo diâmetro interno, dispondo-os conforme o esquema apresentado (ver Figura 3).

5.3.2 Iniciar com baixa vazão de ar, a 0,5 litro por minuto, para saturar a água no gasômetro úmido.

5.3.3 Anotar a pressão barométrica (P), em Pa (ou mmHg).

5.3.4 Ajustar a vazão ( $Q_r$ ) para 0,5 litro por minuto, utilizando a válvula de agulha.

Nota:  $Q_r$  = vazão do rotâmetro não corrigida.

5.3.5 Utilizar um cronômetro para medir o tempo ( $\theta$ ).

5.3.6 Repetir a passagem 5.3.4 com a vazão ( $Q_r$ ) ajustada para 1,0 a 1,5 litros por minuto, variando de meio em meio litro. Com rotâmetro de 5 maior escala, proceder de forma semelhante. Para cada revolução no gasômetro úmido ( $V_g$ ), anotar os tempos ( $\theta$ ), vazão do rotâmetro ( $Q_r$ ), vazão do rotâmetro ( $Q_r$ ), temperatura do gasômetro úmido ( $t_g$ ) e a pressão do manômetro do gasômetro úmido ( $P_g$ ).

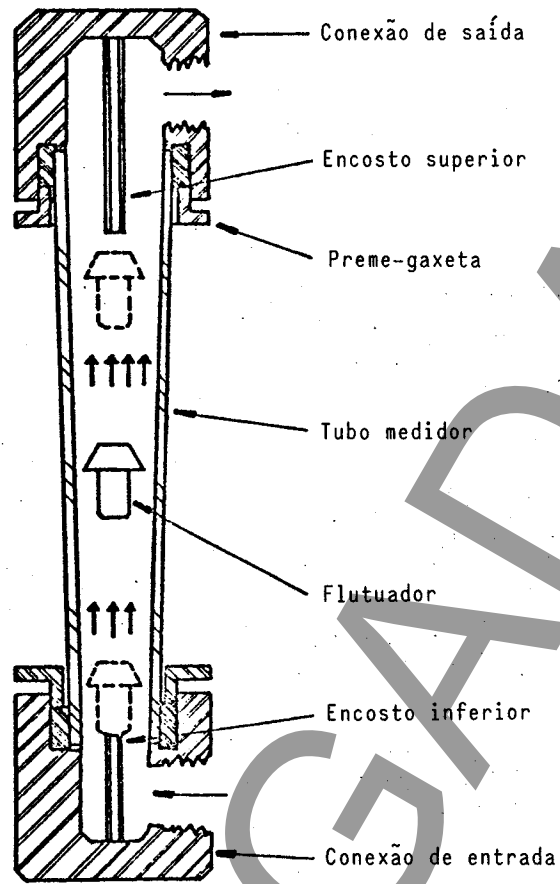


FIGURA 1 - Rotâmetro do tipo cônico

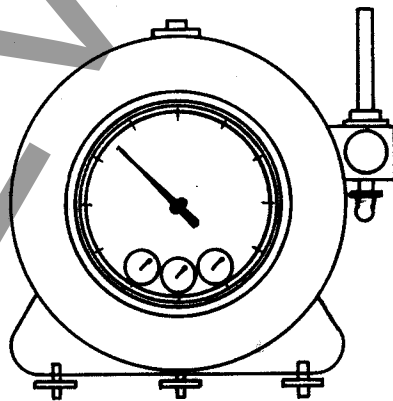


FIGURA 2 - Gasômetro úmido

5.3.7 Calcular o volume corrigido ( $V_r$ ), nas condições-padrão para cada ponto do teste e anotá-lo.

5.3.8 Calcular a vazão padrão (Q) para cada ponto do teste e anotá-la.

5.3.9 Construir um gráfico "vazão do rotâmetro ( $Q_r$ ) x vazão padrão (Q)", em papel milimetrado. Caso seja necessário, ajustar a curva.

Notas: a) Todos os pontos dados na curva devem ter uma tolerância de  $\pm 2,0\%$  do melhor ajuste da curva:

b) Aplicar a correção para converter a vazão padrão (Q), caso o rotâmetro seja usado no campo à pressão barométrica e/ou temperatura seja diferente da registrada quando o rotâmetro foi calibrado.

#### 5.4 Pré-teste

A calibração do rotâmetro, utilizada durante a amostragem, pode ser verificada mediante um pré-teste, similar à calibração inicial, com as seguintes variações:

- torna-se necessário verificar dois fluxos de vazão. Se o fator de calibração ( $Y_r$ ) do rotâmetro não se desviar mais que 10% do fator de calibração inicial, a operação com o rotâmetro será aceitável. O rotâmetro deve ser limpo e recalibrado, porém não é necessário corrigir os cálculos;
- o rotâmetro deve ser desmontado e limpo de acordo com as instruções do fabricante do equipamento, usando-se os líquidos recomendados.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Volume corrigido do gás passado no rotâmetro

Pode ser calculado por uma das seguintes fórmulas:

a) com pressões dadas em pascals:

$$V_r = \frac{t + 273}{P_p} \cdot \frac{P + P_g}{t_g + 273} \cdot V_g = 0,002892 \cdot \frac{P + P_g}{t_g + 273} \cdot V_g$$

onde:

$V_r$  = volume corrigido do gás passado no rotâmetro, em L

$t$  = temperatura ambiente =  $20^{\circ}\text{C}$

$t_g$  = temperatura do gás no gasômetro úmido, em  $^{\circ}\text{C}$

$P$  = pressão atmosférica no campo, em Pa

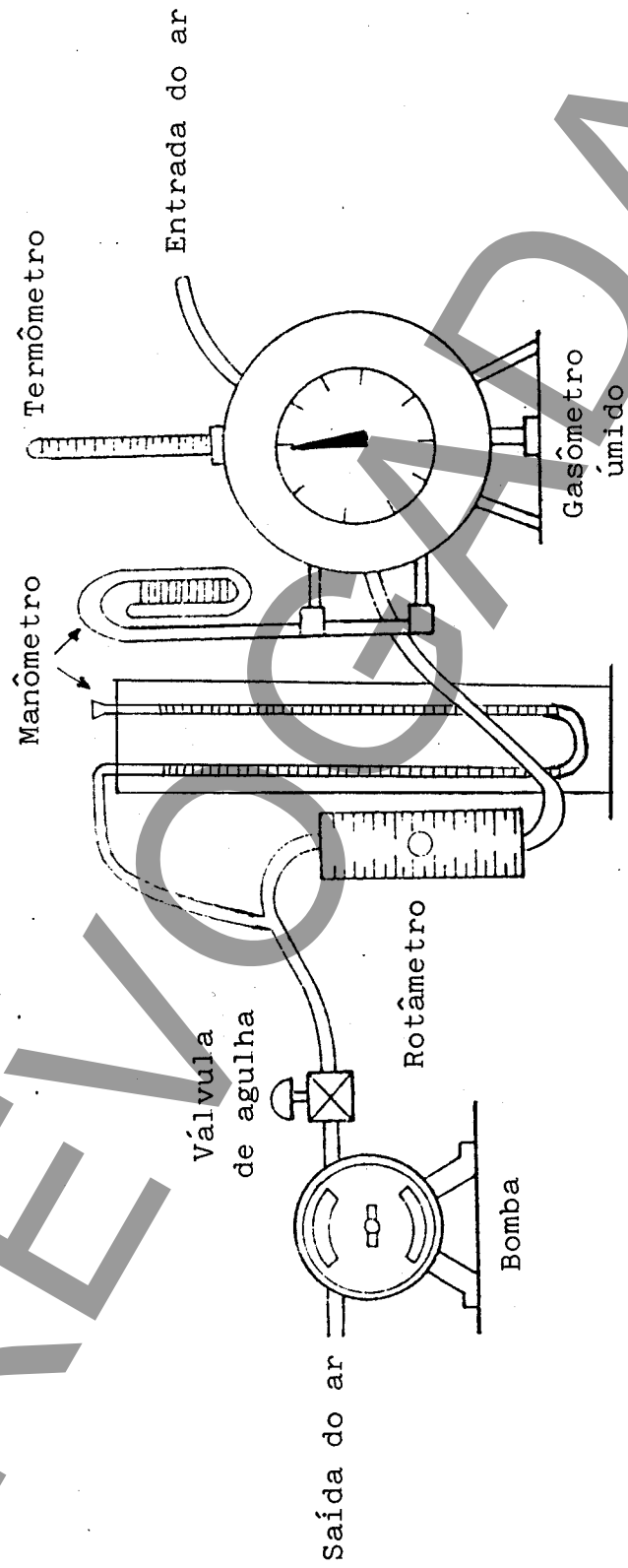


FIGURA 3 - Esquema da aparelhagem

$P_g$  = pressão do gasômetro úmido, em Pa

$P_p$  = pressão atmosférica padrão = 101 325 Pa

$V_g$  = volume do gás passado no gasômetro úmido, em L

b) com pressões dadas pela altura de coluna de mercúrio:

$$V_r = \frac{t + 273}{H} \cdot \frac{h + h_g}{t_g + 273} \cdot V_g = 0,386 \cdot \frac{h + h_g}{t_g + 273} \cdot V_g$$

onde:

$V_r$  = volume corrigido do gás passado no rotâmetro, em L

$t$  = temperatura ambiente = 20°C

$t_g$  = temperatura do gás no gasômetro úmido, em °C

$h$  = altura barométrica no campo, em mmHg

$h_g$  = pressão no gasômetro úmido, em mmHg

$H$  = altura barométrica padrão = 760 mmHg

$V_g$  = volume do gás passado no gasômetro úmido, em L

Nota: Se a pressão do gasômetro úmido for medida em mmH<sub>2</sub>O, dividir por 13,6 para obter mmHg.

### 6.2 Vazão corrigida do gás no rotâmetro

Pode ser calculada pela fórmula:

$$Q = \frac{V_r}{\theta}$$

onde:

$Q$  = vazão corrigida, em L/min

$V_r$  = volume corrigido do gás passado no rotâmetro, em L

$\theta$  = tempo de calibração, em min.

### 6.3 Fator de calibração do rotâmetro

Pode ser calculado pela fórmula:

$$Y_r = \frac{V_r}{V_g}$$

onde:

$Y_r$  = fator de calibração do rotâmetro

$V_r$  = volume corrigido do gás passado no rotâmetro, em L

$V_g$  = volume do gás passado no gasômetro úmido, em L.

ANEXO - FORMULÁRIO PARA CALIBRAÇÃO DE ROTÂMETRO

Rotâmetro - Série: ..... Nº.....  
 Pressão barométrica: ..... Pa ..... mmHg  
 Gasômetro úmido Nº: ..... Calibrado por: .....  
 Local: ..... Data da calibração: .....

V Volume lido no rotâmetro L/min	θ Tempo min	t <sub>g</sub> Temperatura no gasômetro úmido °C	P <sub>g</sub> Pressão no gasômetro úmido Pa (mmHg)	V <sub>g</sub> Volume medido L	V <sub>r</sub> Volume corrigido L	Q Vazão corrigida L/min

Observações:

---



---



---



---



---



---



---