

Anexo Único a que se refere o inciso I da Decisão de Diretoria nº 246/2009/P, de 06 de outubro de 2009

NORMA TÉCNICA E16.030

4ª Edição
julho/2009
17 páginas

Dutos e chaminés de fontes estacionárias - Calibração dos equipamentos utilizados na amostragem de efluentes gasosos

Primeira Edição Março/1986

Adenda Julho/1989

Segunda Edição Maio/1991

Terceira Edição Maio/1995

Quarta Edição Julho/2009

Sumário

1. Escopo

2. Documentos Complementares

3. Definição

4. Calibração de Gasômetro Seco e Placa de Orifício

5. Calibração de Medidores de Volume para Baixas Vazões

6. Calibração de Tubo de Pitot

7. Calibração de Boquilha

8. Referências Bibliográficas

- Anexo A - Planilha de Calibração de Medidor Seco e Placa de Orifício
Anexo B - Planilha de Calibração para Medidores de Baixa Vazão
Anexo C - Planilha de Calibração de Tubo de Pitot
Anexo D - Planilha de Calibração de Boquilhas

1 Escopo

Esta norma descreve a metodologia de calibração dos equipamentos: Gasômetro seco e Placa de Orifício, Medidor de volume para baixas vazões, Tubo de Pitot e Boquilha usualmente utilizados na amostragem de efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias.

2. Documentos Complementares

Os documentos relacionados a seguir contêm disposições que constituem fundamento para este procedimento. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisões e alterações, aqueles que realizam procedimentos com base nesta, devem verificar a existência de legislação superveniente aplicável ou de edições mais recentes das normas citadas.

Na aplicação desta norma sugere-se consultar:

UNITED STATES. **Eletrônica**. Code of Federal Regulations: title 40 protection of environment-part 60 standards of performance for new stationary sources. Disponível em:

<http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=1428f125e7907dacf12347c448c6e256&tpl=/ecfrbrowse/Title40/40cfr60_main_02.tpl>. Acesso em: maio 2009.

ASTM. **E1- 07: standard specification for ASTM liquid-in-glass thermometers.**

UNITED STATES. EPA. **Test Methods for evaluating solid waste: physical/chemical methods.** 3rd. Washington, DC, 1980-2009. (SW 846). Disponível em:

<<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/online/index.htm>>. Acesso: jun. 2007.

3. Definição

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições:

3.1 Gasômetro seco: Equipamento utilizado para quantificar volume de gases. Constituído por registrador de volume e um conjunto de câmaras de medição de volume variável ligados mecanicamente a um conjunto de válvulas de distribuição, que controlam a direção do gás que irá encher e esvaziar as câmaras internas.

3.2 Placa de orifício: Este dispositivo é instalado no interior de uma tubulação, restringindo a passagem dos gases. Esta restrição cria um diferencial de pressão entre a montante e a jusante da placa, onde devidamente medido e interpretado, determina-se a vazão dos gases.

3.3 Túnel de vento: Duto com um trecho reto, provido de ventilador/exaustor com regulador de vazão, e que garanta na seção de ensaio a faixa de velocidade requerida para a calibração.

3.4 Tubo de Pitot: Dispositivo utilizado para medir a pressão de velocidade do fluxo gasoso conforme item 6.1. Consiste em dois tubos metálicos dispostos lado a lado, denominados tramo A e tramo B, onde um deles, dependendo do sentido do fluxo gasoso, medirá a pressão estática e o outro a pressão total.

3.5 Boquilha: Orifício localizado na extremidade da sonda de amostragem, utilizada nas coletas de efluentes gasosos quando requerida coleta isocinética.

4. Calibração de Gasômetro Seco e Placa de Orifício

4.1 Descrição do equipamento

O gasômetro seco e a placa de orifício são partes integrantes da unidade de controle, que deverão ser calibrados em conjunto com a bomba de vácuo, que compõe o equipamento isocinético.

4.2. Aparelhagem

4.2.1 Gasômetro úmido (padrão secundário)

4.2.2 Cronômetro

4.2.3 Termômetro

4.2.4 Barômetro

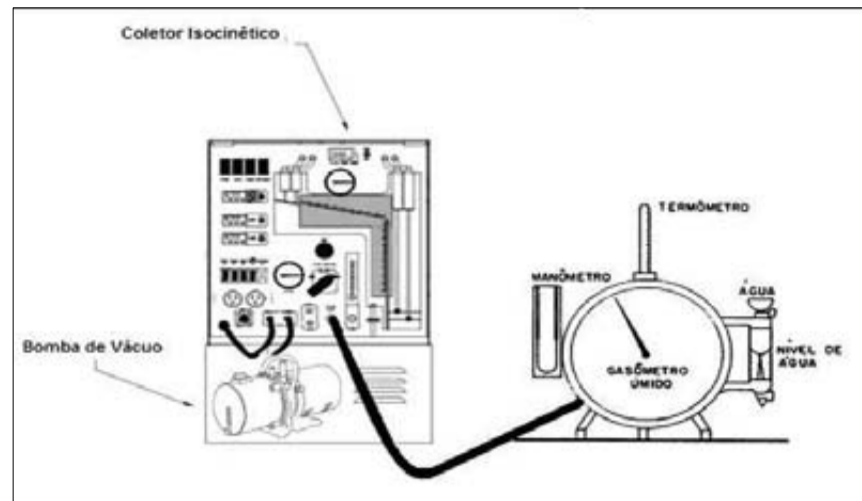
4.2.5 Higrômetro

Observação: Com exceção do item 4.2.1, os demais equipamentos listados acima devem ser periodicamente calibrados por empresas acreditadas pela Rede Brasileira de Calibração (RBC).

4.3 Procedimento de calibração

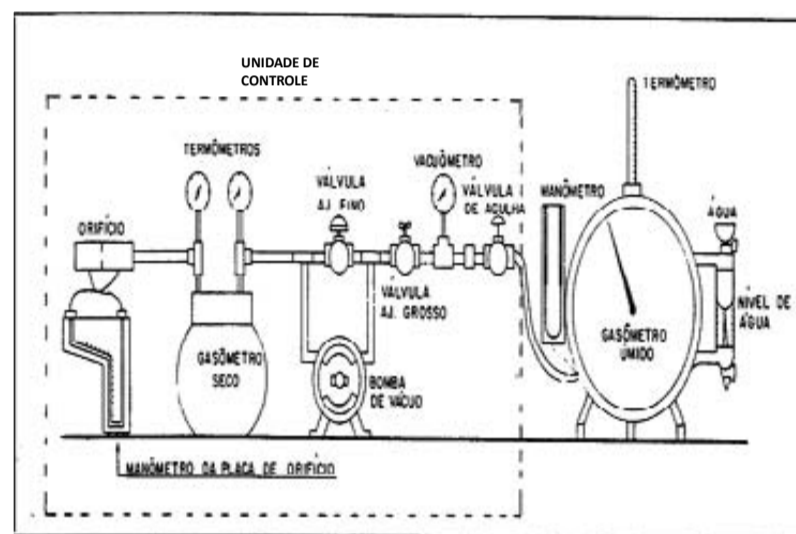
4.3.1 Montar aparelhagem como mostram as figuras 1 ou 2

Figura 1: Desenho esquemático da calibração



Fonte: CETESB

Figura 2: Descrição interna da unidade de controle



Fonte: CETESB

4.3.2 Teste de vazamento em pressão positiva

4.3.2.1 Para a realização deste teste, o equipamento deverá estar desconectado do Gasômetro Úmido (padrão secundário).

4.3.2.2 Fechar a entrada dos gases da unidade de controle.

4.3.2.3 Fechar o tubo de saída dos gases onde se encontra a placa de orifício.

4.3.2.4 Abrir as válvulas de ajuste grosso e fino.

4.3.2.5 Desconectar do manômetro a mangueira correspondente a parte posterior à placa de orifício e aplicar uma pressão até que o manômetro indique um deslocamento de 130mmCA (5,1pol.CA), fechar a mangueira e observar. O fluido manométrico deverá estabilizar-se, caso isto não ocorra, o vazamento deverá ser eliminado.

4.3.3 Teste de vazamento em pressão negativa (infiltração de ar)

4.3.3.1 Para a realização deste teste, o equipamento deverá estar desconectado do Gasômetro Úmido (padrão secundário).

4.3.3.2 Fechar a entrada dos gases da unidade de controle.

4.3.3.3 Ligar a bomba de vácuo e com o auxílio do ajuste grosso e fino regular a sua vazão até que o vacuômetro do equipamento indique o valor de 15pol.Hg (381mmHg), aguardar a equalização do sistema e observar o gasômetro seco. Se ocorrer uma leitura no gasômetro seco com vazão superior a 0,15L/min eliminar o vazamento.

4.3.3.4 Repetir o teste constante no item anterior para um valor lido no vacuômetro de 5pol.Hg (127mmHg).

4.3.4 Calibração

4.3.4.1 Como mostra a **Figura 1**, unir com um tubo flexível o gasômetro úmido (padrão secundário) à entrada dos gases da unidade de controle. Certificar-se que não haja vazamentos tanto na mangueira flexível como no gasômetro úmido

4.3.4.2 Os volumes e vazões utilizados na calibração do medidor e a placa de orifício estão descritos na Planilha de calibração de gasômetro seco e placa de orifício - **Anexo A**, e deverão ser realizados em ordem crescente e decrescente de vazão.

4.3.4.3 Ligar a bomba de vácuo e utilizando as válvulas de ajuste grosso e fino ajustar um deslocamento de 10mm CA (0,39 pol.H2O) lido no manômetro.

4.3.4.4 Fixar o volume de 100 litros que deverá passar no gasômetro úmido (**Anexo A**). Com o registrador de volume do gasômetro seco em movimento, simultaneamente acionar o cronômetro anotando o volume inicial do gasômetro seco.

4.3.4.5 Anotar na planilha de calibração (**Anexo A**), no início e no final de cada faixa de vazão, a leitura das temperaturas do gasômetro seco e do gasômetro úmido.

4.3.4.6 Quando o gasômetro úmido registrar o volume pré-determinado (100L), simultaneamente parar o cronômetro anotando o volume final do gasômetro seco.

4.3.4.7 Registrar na planilha a temperatura ambiente, pressão atmosférica local e a umidade relativa do ar.

4.3.4.8 Repetir os itens 4.3.4.3 à 4.3.4.6 para os demais deslocamentos manométricos (ΔH), de 25mm CA (0,98pol.CA), 40mmCA (1,57pol.CA), 50mm CA (1,97pol.CA) e 75mmCA (2,95pol.CA), observando que para deslocamentos manométricos a partir de 40mm CA (1,57pol.CA), os volumes serão de 200 litros.

4.4 Cálculos

4.4.1 Para o gasômetro seco:

$$FCM = \frac{VG_u}{V_s} \times \frac{T_{es}}{TG_u} \times \frac{(P_b - PG_u)}{(P_b + \Delta H)}$$

4.4.2 Para a placa de orifício

$$\Delta H@ = \frac{0,156 \times \Delta H}{P_b \times T_s} \times \left[\frac{(TG_u) \times \Theta}{V_u} \right]^2$$

4.5 Faixas de aceitação

4.5.1 Para o gasômetro seco

O fator de correção deverá estar entre 0,96 e 1,04. Os fatores de correção serão determinados a partir da média de dois valores obtidos em cada vazão.

4.5.2 Para placa de orifício

O Valor de $\Delta H@$ deverá estar entre 358,5 e 557,6Pa (36,58 e 56,9mmCA), em todas as vazões

4.6 Nomenclatura

VG_u = volume de gás que passou através do gasômetro úmido durante a calibração. (m³);

V_s = volume de gás que passou pelo gasômetro seco durante a calibração. (m³);

T_{gu} = temperatura do gás durante calibração no gasômetro úmido. (K);

T_e = temperatura do gás na entrada do gasômetro seco. (K);

T_s = temperatura do gás na saída do gasômetro seco. (K);

T_{es} = média aritmética de T_e e T_s. (K);

ΔH = pressão diferencial do orifício. (Pa) ou (mmHg);

PG_u = depressão do gasômetro úmido. (Pa) ou (mmHg);

P_b = pressão barométrica. (Pa) ou (mmHg);

Θ = tempo de cada teste. (min);

FCM = fator de correção do gasômetro seco. (adimensional);

ΔH@ = pressão diferencial no orifício em cada tomada, caso por ele passasse uma vazão de 0,01979 Nm³/min, de ar na condição normal (0°C e 101.325,0Pa).

4.7 Periodicidade

A periodicidade da calibração deverá ser a cada 40m³ ou a cada seis meses.

5. Calibração de Medidores de Volume para Baixas Vazões

5.1 Metodologia

Esta metodologia atende a calibrações em medidores de volume que fazem parte dos equipamentos utilizados em amostragens de dutos e chaminés de fontes estacionárias onde são requeridas vazões de coleta inferiores a 2,0L/min.

5.2 Aparelhagem

5.2.1 Gasômetro úmido (padrão secundário)

5.2.2 Cronômetro

5.2.3 Termômetro

5.2.4 Barômetro

5.2.5 Higrômetro

Observação: Com exceção do item 5.2.1, os demais equipamentos listados acima devem ser periodicamente calibrados por empresas acreditadas pela Rede Brasileira de Calibração (RBC).

5.3 Procedimento de calibração

5.3.1 Teste de vazamento (infiltração de ar)

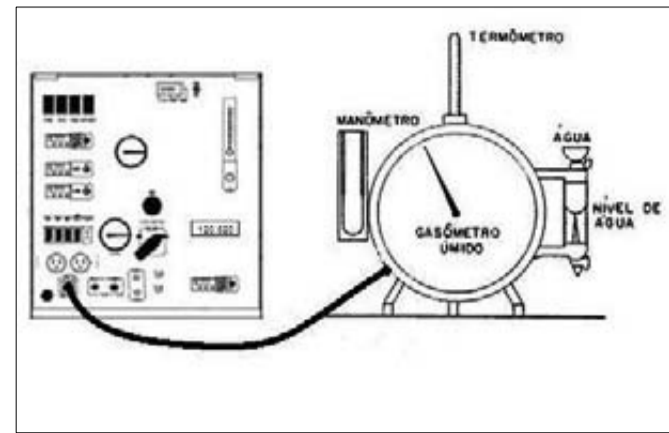
5.3.1.1 O Teste de vazamento deverá ser realizado estando o medidor desconectado do gasômetro úmido

5.3.1.2 Fechar a entrada dos gases da unidade de controle.

5.3.1.3 Ligar o equipamento e com o auxílio do ajuste grosso e fino regular até o vácuo máximo permitido pela bomba, aguardar a equalização do sistema e observar o registrador de volume sendo que o mesmo não poderá apresentar alteração durante o teste, ou seja, deverá estar livre de vazamento.

5.3.1.4 Montar aparelhagem como mostra a **figura 3**, certificando-se que não haja vazamentos na mangueira flexível e no gasômetro úmido.

Figura 3: Medidor de volume para baixa vazão



Fonte: CETESB

5.3.2 Calibração

5.3.2.1 Ligar o equipamento e ajustar com o auxílio dos ajustes grosso e fino, uma vazão aproximada de 2L/min observada no gasômetro úmido (padrão secundário), utilizando o cronômetro.

5.3.2.2 Fixar o volume em 24 litros que deverá passar no gasômetro úmido. Com o leitor de volume do gasômetro seco em movimento, disparar o cronômetro, anotando o volume inicial do gasômetro seco.

5.3.2.3 Quando o gasômetro úmido registrar o volume determinado, parar o cronômetro anotando o volume final do gasômetro seco.

5.3.2.4 Anotar na planilha de calibração de medidores de volume para baixas vazões – **Anexo B**, a leitura das temperaturas e pressões dos gasômetros seco e úmido, no início e no final de cada teste.

5.3.2.5 Repetir os itens 5.3.2.2 à 5.3.2.4, para as vazões de 1,0 e 0,5L/min., observando que para a vazão 0,5L/min., o volume do teste seja de 18 litros.

5.3.2.6 Os testes deverão ocorrer em triplicata para cada vazão e os fatores de correção serão determinados pela média.

5.4 Cálculos

$$FCM = \frac{VG_u}{V_s} \times \frac{T_{es}}{TG_u} \times \frac{(P_b - PG_u)}{(P_b - P_s)}$$

5.5 Faixa de aceitação dos resultados

O Fator de correção do gasômetro seco deverá estar entre 0,96 e 1,04

5.6 Nomenclatura

VG_u = volume de ar que passou através do gasômetro úmido durante a calibração. (L);

V_s = volume de ar que passou no gasômetro seco durante a calibração. (L);

T_{gu} = temperatura interna do gasômetro úmido durante a calibração. (K);

T_e = temperatura do ar na entrada do gasômetro seco. (K);

T_s = temperatura do ar na saída do gasômetro seco. (K);

T_{es} = média aritmética da temperatura de entrada e saída. (K);

P_s = pressão do gasômetro seco. (Pa ou mmHg);

PG_u = pressão do gasômetro úmido. (Pa ou mmHg);

P_b = pressão barométrica. (Pa ou mmHg);

FCM = fator de correção do gasômetro seco (adimensional)

5.7 Periodicidade

A periodicidade da calibração deverá ser trimestral.

6. Calibração de Tubo de Pitot

6.1 Descrição do equipamento

O Tubo de Pitot é utilizado em amostragens em dutos e chaminés de fontes estacionárias para determinação da pressão de velocidade do fluxo gasoso.

6.2 Aparelhagem

6.2.1 Túnel de vento - duto com um trecho reto, provido de ventilador/exaustor com regulador de vazão, e que garanta na seção de ensaio a faixa de velocidade requerida para a calibração.

Observação: Faz-se necessário garantir na seção de teste, um perfil de velocidade uniforme e um fluxo estável, podendo ser instalado direcionador de fluxo ou ter o comprimento do duto alongado. Recomenda-se que a seção do duto onde é realizado o teste seja de material transparente para facilitar o alinhamento do tubo de Pitot.

6.2.2 Tubo de Pitot padrão

6.2.3 Tubos flexíveis

6.2.4 Manômetro de coluna inclinado

6.2.5 Termômetro

6.2.6 Barômetro

6.2.7 Higrômetro

Anexo C - Planilha de Calibração de Tubo de Pitot

Pressão barométrica (Pa): _____		Umidade relativa (%): _____		
Temperatura ambiente (°C): _____				
Responsável: _____		Data da calibração: _____		
Faixa de Velocidade (m/s)	Pressões de Velocidade (mm CA)		CP Tramo A	CP Tramo B
	Tubo de Pitot Padrão	Tubo de Pitot a ser calibrado Tramo A Tramo B		
3 à 5	0,5			
	1,4			
5 à 15	3,0			
	5,6			
	11,5			
15 à 50	30,0			
	52,0			
	102,0			

Anexo D- Planilha de Calibração de Boquilhas

Pressão barométrica (Pa): _____		Umidade relativa (%): _____				
Temperatura ambiente (°C): _____						
Responsável: _____		Data da calibração: _____				
Identificação da boquilha	Diâmetros lidos (mm)				Diferença encontrada (mm)	Diâmetro da boquilha (mm)
	D1	D2	D3	D4		

Decisão de Diretoria 247/2009/P, de 6-10-2009

Dispõe sobre a homologação da revisão da Norma Técnica E2.166 Gasômetro-úmido para aferição de medidores de volume de gases - Calibração: Método de Ensaio: versão julho/2009

A Diretoria Plena da CETESB -Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, considerando o contido no Relatório à Diretoria nº 028/2009/P, que acolhe, decide:

I - Homologar a revisão da Norma Técnica E2.166 Gasômetro úmido para aferição de medidores de volume Calibração -Método de Ensaio: julho/2009, constante do Anexo Único que integra esta Decisão de Diretoria.

II - Esta Decisão de Diretoria entra em vigor na data de sua publicação, revogando-se a Decisão de Diretoria nº 059/92/P/N, de 29/06/92, que aprovou a versão de abril/92 da referida norma.

Anexo Único a que se refere o Inciso I da Decisão de Diretoria nº 247/2009/P, de 06 de outubro de 2009

NORMA TÉCNICA E2.166

2ª Edição
julho/2009
09 páginas

Gasômetro úmido para aferição de medidores de volume – Calibração: Método de Ensaio

Primeira Edição Abril/1992.

Segunda Edição Julho/2009.

Sumário

- 1. Escopo
- 2. Documentos complementares
- 3. Definição
- 4. Descrição dos equipamentos
- 5. Aparentagem
- 6. Execução do ensaio
- 7. Cálculos e resultados
- 8. Referências bibliográficas

Anexo A - Planilha de Calibração de Gasômetro Úmido
Anexo B - Tabela Densidade da Água x Temperatura
Anexo C - Tabela de Pressão de Vapor de Água Saturado

1. Escopo

Esta norma descreve o método de calibração de gasômetro úmido utilizado como padrão na aferição de medidores de volume de gases (gasômetro seco)

2. Documentos complementares

Não se aplica

3. Definição

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições:

Gasômetro úmido: Aparelho utilizado como padrão secundário para calibrar medidores de volume de gases e equipamentos similares.

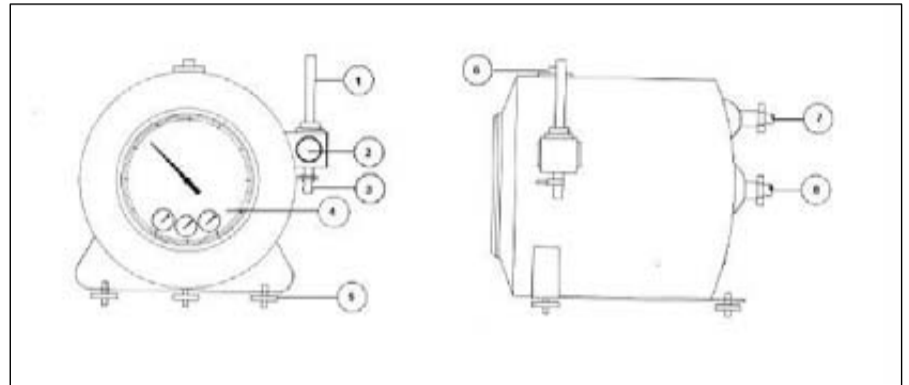
4. Descrição dos equipamentos

4.1 Gasômetro úmido

Aparelho de diferentes modelos e capacidades, sendo composto por:

- Câmara cilíndrica de aço inoxidável tendo orifícios de entrada e saída de ar, termômetro, mostrador de nível, nível de bolha e manômetro de coluna de água (figuras 1 e 2).
- Conjunto de pás radiais, alojado no interior da câmara e parcialmente mergulhado em água.
- Registrador de volume de ar, acionado pelo eixo das pás em seu movimento giratório causado pela depressão quando da passagem do ar em seu interior.

Figura 1 - Gasômetro úmido



Fonte: CETESB

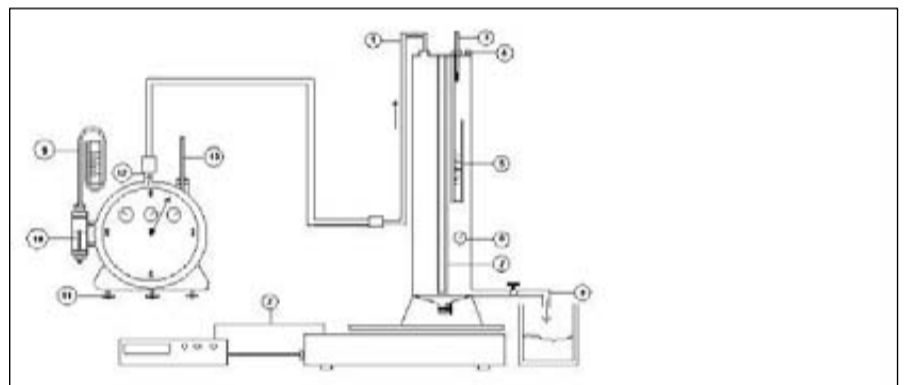
1. Termômetro
2. Mostrador de nível
3. Válvula para retirada de excesso de água
4. Totalizador de volume
5. Pés reguláveis para nivelar o gasômetro úmido
6. Nível de bolha
7. Saída do ar
8. Entrada do ar

4.2 Dispositivo padrão por escoamento líquido

O dispositivo padrão por escoamento líquido, juntamente com a balança é utilizado como padrão primário. Consiste em um recipiente isento de vazamento, com capacidade de água adequada aos diferentes modelos de gasômetros a serem calibrados sendo composto por termômetro, manômetro de coluna de água, orifício de entrada de água, orifício de entrada de ar e uma válvula utilizada para o escoamento da água durante a calibração.

A figura 2 apresenta esquematicamente a disposição dos aparelhos para ensaio.

Figura 2 - Dispositivo Padrão e Gasômetro Úmido



Fonte: CETESB

1. Entrada do ar no dispositivo padrão.
2. Balança.
3. Indicador de temperatura interna do dispositivo padrão.
4. Entrada de água do dispositivo padrão.
5. Manômetro indicador da depressão interna do dispositivo padrão.
6. Indicador de temperatura da água contida no dispositivo padrão.
7. Visor do nível de água contida no dispositivo padrão.
8. Saída de água do dispositivo padrão.
9. Manômetro indicador do diferencial de pressão interna do gasômetro úmido.
10. Visor do nível de água contida no gasômetro úmido.
11. Reguladores de nível do gasômetro úmido.
12. Saída do ar.
13. Indicador de temperatura interna do gasômetro úmido.

5. Aparentagem

- Dispositivo Padrão por Escoamento Líquido
- Balança
- Termômetro com graduação menor ou igual a 1°C
- Manômetro
- Higrômetro
- Barômetro

Observação: Todos os equipamentos listados acima, com exceção do dispositivo padrão por escoamento líquido devem ser periodicamente calibrados por empresas acreditadas na Rede Brasileira de Calibração (RBC).

6. Execução do ensaio

- 6.1 Nivelar o gasômetro úmido e observar que a quantidade de água em seu interior, esteja no nível indicado.
- 6.2 Encher com água o dispositivo padrão.
- 6.3 Montar a aparelhagem conforme mostra a figura 2, observando que a mangueira que faz a ligação entre o dispositivo padrão e o gasômetro úmido a ser calibrado, esteja conectada a saída do ar.
- 6.4 Realizar o teste de vazamento
 - 6.4.1 Fechar a entrada de ar do gasômetro úmido.
 - 6.4.2 Abrir a válvula de saída de água do dispositivo padrão e observar o manômetro, quando este indicar a depressão máxima permitida, fechar a válvula e aguardar por um minuto. O deslocamento do líquido manométrico observado inicialmente não poderá sofrer alteração, caso isto ocorra eliminar o vazamento.