

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL

PROCEDIMENTO TÉCNICO

CALIBRAÇÃO DE BOMBAS DE AMOSTRAGEM INDIVIDUAL PELO MÉTODO DA BOLHA DE SABÃO

NHO 07

**MINISTÉRIO
DO TRABALHO E EMPREGO**



FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JOSÉ GOMES ROBERTO
DE SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL

PROCEDIMIENTO TÉCNICO

PRESIDENTE DA REPÚBLICA
Fernando Henrique Cardoso
MINISTRO DO TRABALHO E EMPREGO
Paulo Jobim Filho

FUNDACENTRO
PRESIDENTE DA FUNDACENTRO
Humberto Carlos Parro
DIRETOR EXECUTIVO
José Gaspar Ferraz de Campos
DIRETOR TÉCNICO
João Bosco Nunes Romeiro
DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS
Antonio Sérgio Torquato
ASSESSORIA ESPECIAL DE PROJETOS
Sonia Maria José Bombardi
DIVISÃO DE PUBLICAÇÕES
Elisabeth Rossi

Norma de Higiene Ocupacional

Procedimento Técnico

*Calibração de bombas de amostragem
individual pelo método da bolha de sabão*

Equipe de elaboração:

Nilce Aparecida Honrado Pastorello
Teresa Cristina Nathan Outeiro Pinto

Colaboradores:

Ana Maria Tibiriçá Bon
Alcinéa Meigikos dos Anjos Santos
Norma Conceição do Amaral
Lênio Servio Amaral
José Geraldo Aguiar

**MINISTÉRIO
DO TRABALHO E EMPREGO**



FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

2002

APRESENTAÇÃO

A Coordenação de Higiene do Trabalho da FUNDACENTRO publicou, em 1980, uma série de Normas Técnicas denominadas Normas de Higiene do Trabalho – NHT, hoje designadas Normas de Higiene Ocupacional – NHO.

Em face do processo dinâmico das técnicas de identificação, avaliação e controle dos agentes ambientais de risco, e considerando o desenvolvimento tecnológico, a revisão técnica destas normas faz-se necessária.

Dando continuidade a esse processo de revisão, apresenta-se ao público técnico que atua na área da saúde ocupacional a NHO 07, Calibração de Bombas de Amostragem Individual pelo Método da Bolha de Sabão, que aborda aspectos de novas tecnologias e conhecimentos disponíveis, gerados pela Coordenação de Higiene do Trabalho.

Acredita-se que esta norma possa efetivamente contribuir como ferramenta na avaliação dos agentes de risco e na prevenção de doenças e acidentes de trabalho.

ROBSON SPINELLI GOMES

Gerente da Coordenação de Higiene do Trabalho

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO.....	11
3. CAMPO DE APLICAÇÃO	11
4. DEFINIÇÕES.....	11
5. PRINCÍPIO DO PROCEDIMENTO	12
6. MATERIAIS	13
7. PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO	14
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
ANEXO A	23
ANEXO B - FIGURAS	24
ANEXO C	28
ANEXO D	29

PREFÁCIO

Este procedimento de calibração vem sendo aplicado por técnicos da Coordenação de Higiene do Trabalho desde que se iniciaram as avaliações ambientais quantitativas de agentes químicos.

Essa Norma substitui a NHT 03 – A/E – Determinação de Vazão de Amostragem pelo Método da Bolha de Sabão, publicada em 1984 pela FUNDACENTRO, que foi revisada para incorporar-se à Série de Normas de Higiene Ocupacional (NHOs), juntamente com a evolução de conceitos e recursos técnicos.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos métodos de coleta de amostras de agentes químicos presentes nos locais de trabalho utiliza bombas de amostragem individual, as quais devem produzir uma vazão de ar constante, permitindo que o ar ambiente passe por um sistema denominado dispositivo de coleta, onde os contaminantes ficam retidos.

2. OBJETIVO

Esta norma estabelece um procedimento padronizado de calibração da vazão de bombas de amostragem individual, por meio do método da bolha de sabão.

3. CAMPO DE APLICAÇÃO

Este procedimento se aplica a vazões de até 6 litros por minuto (ℓ/min).

4. DEFINIÇÕES

Para efeito deste procedimento técnico, aplicam-se as seguintes definições:

4.1 Bomba de amostragem individual

Instrumento portátil e leve que forneça uma vazão de até 6 ℓ/min, provido de um sistema de controle de vazão constante, que funciona com bateria recarregável e blindada para utilização em ambientes onde se presume que exista risco de explosão e um sistema automático de controle de fluxo que lhe permita regular, de maneira instantânea, as variações no fluxo do ar aspirado, com uma precisão de $\pm 5\%$.

4.2 Dispositivo de coleta

Conjunto de materiais necessários para a coleta de um determinado contaminante presente no ar dos ambientes de trabalho. No Anexo B, Figura

B1, estão ilustrados alguns exemplos de dispositivos de coleta.

4.3 Vazão de ar

Volume de ar, em litros, que passa pelo dispositivo de coleta por unidade de tempo, em minutos.

4.4 Faixas de vazão

Alta vazão: acima de 500 mililitros por minuto (mL/min)

Baixa vazão: abaixo ou igual a 500 mililitros por minuto (mL/min)

4.5 Calibração

Operação que tem por objetivo levar o instrumento de medição a uma condição de desempenho e ausência de erros sistemáticos adequados ao seu uso (VIM, 3.14, NBR ISO 10012-1).

4.6 Sistema de calibração

Sistema composto por bureta, mangueiras, dispositivo de coleta e bomba de amostragem (conforme ilustrado no Anexo B, Figura B4).

4.7 Bolha de sabão

É a película de água e sabão que se forma no interior da bureta durante a calibração da bomba de amostragem.

5. PRINCÍPIO DO PROCEDIMENTO

Este procedimento técnico consiste na medição da vazão da bomba de amostragem antes e depois da coleta de amostras para determinação da vazão média, considerando as variações de temperatura e pressão, visando à utilização desta vazão na validação da amostra e cálculo de concentração de agentes químicos no ar.

6. MATERIAIS

6.1 Bureta de vidro para calibração (Anexo B, Figura B2), com as seguintes características:

6.1.1 Bureta de vidro graduada, com relação de altura/diâmetro de 10/1 (dez para um), e capacidade de no mínimo 100 mL, 500 mL e 1000 mL para calibração, respectivamente, de até 0,2L/min, 2L/min e 6L/min;

6.1.2 A bureta deve ter, no mínimo, duas marcações com volume calibrado entre elas de 100 mL, 500 mL ou 1000 mL;

6.1.3 O ponto inicial de calibração deve estar posicionado a uma distância mínima de 7 centímetros do bocal da bureta de calibração.

Nota: A bureta utilizada deve ser calibrada periodicamente quanto a seu volume interno, de acordo com a NBR 11588.

6.2 Suporte para fixação da bureta de calibração.

6.3 Frasco retentor de umidade com duas aberturas para circulação de ar, contendo conexões com orifício de diâmetro interno aproximadamente igual ao orifício de entrada de ar da bomba de amostragem (Anexo B, Figura B3).

6.4 Mangueira flexível tipo Tygon[®], de diâmetro compatível com o sistema de calibração.

Nota: A mangueira utilizada também pode ser de silicone, desde que seja indeformável, transparente ou semitransparente e flexível.

6.5 Solução de água e sabão em recipiente com boca de diâmetro superior ao da bureta de calibração.

6.6 Detergente neutro para limpeza.

6.7 Garras, mufas e rolinhos de borracha (se necessário).

6.8 Bomba de amostragem individual.

6.9 Cronômetro de precisão com sensibilidade de até décimos de segundo.

6.10 Materiais opcionais para correção de vazão:

- Barômetro
- Termômetro com sensibilidade de leitura de 1 °C (um grau Celsius).

7. PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

7.1 Limpeza

7.1.1 As mangueiras, buretas e frascos devem ser deixados de molho em água com detergente neutro durante o tempo necessário para total limpeza. Recomenda-se enxaguar pelo menos 5 vezes em água corrente e 3 vezes em água destilada e secar em temperatura ambiente ou utilizando bomba de vácuo.

7.1.2 Recomenda-se a limpeza da parte externa dos aparelhos, utilizando flanela ou, quando necessário, um pano umedecido em água e, a seguir, um pano seco.

7.2 Montagem do sistema de calibração

7.2.1 Montar o sistema de calibração de acordo com o método de coleta, conforme exemplificado no Anexo B, Figura B4.

7.2.2 Em calibrações realizadas pelo método da bolha de sabão, o uso de adaptadores ou quaisquer outros dispositivos de coleta, como impingers ou separadores de partículas precedendo o filtro, podem acarretar um aumento de perda de carga no sistema, podendo afetar o resultado da calibração.

É necessário observar, cuidadosamente, que um dispositivo de coleta seja colocado no sistema da mesma forma como é usado durante a coleta no ambiente de trabalho.

7.2.3 A bureta deve ficar perpendicular à mesa de apoio e todas as

junções do sistema de calibração devem ser feitas de forma a garantir sua vedação.

7.3 Preparação da bomba de amostragem individual

7.3.1 Ligar a bomba de amostragem por pelo menos 20 minutos antes de iniciar o procedimento de calibração, para estabilizar a tensão das baterias.

7.3.2 Verificar se a voltagem do módulo de baterias está de acordo com as especificações do fabricante.

7.3.3 Fazer teste de vedação da bomba de amostragem de acordo com as instruções do fabricante.

7.4 Medição de vazão

7.4.1 Ajustar previamente a bomba de amostragem para a vazão requerida.

7.4.2 Calcular o tempo que a bolha deve levar para percorrer a bureta, por meio da expressão:

$$t = \frac{V}{Q} \times 60$$

Onde:

Q = vazão requerida, em litros por minuto (ℓ/min)

V = volume da bureta, em litros (ℓ)

t = tempo, em segundos (s)

7.4.3 Erguer o recipiente contendo a solução de sabão até encostá-lo ao bocal da bureta, fazendo com que se forme uma bolha. Repetir várias vezes esta operação, até que se forme uma bolha que percorra inteiramente a bureta sem se romper. A bolha deve manter-se plana em todo o trajeto.

7.4.4 Acionar o cronômetro quando a bolha passar pela marca inicial de calibração.

7.4.5 Parar a cronômetro quando a bolha passar pela marca final de calibração.

7.4.6 Ajustar novamente a bomba de amostragem para a vazão requerida, se necessário.

7.4.7 Repetir os itens 7.4.3 a 7.4.6, até que se obtenha por três vezes consecutivas os tempos correspondentes à vazão requerida, permitindo variação máxima de 0,2 segundos, anotando as leituras.

Nota: Recomenda-se utilizar o modelo proposto no Anexo C para registro de resultados.

7.4.8 Anotar os valores da temperatura e da pressão atmosférica caso haja a necessidade de correção da vazão, ou verificar a altitude do local de calibração.

7.4.9 A bomba de amostragem deve ser calibrada antes de cada coleta e sua calibração verificada após o término da coleta, repetindo os passos 7.3.1, 7.3.2 e 7.4.3 a 7.4.8, anotando os tempos obtidos.

7.5 Cálculo da vazão

7.5.1 Vazão inicial (Q_i)

Calcular a média aritmética dos tempos obtidos no item 7.4.7, e determinar a vazão inicial por meio da expressão:

$$Q_i = \frac{V}{t_m} \times 60$$

Onde:

Q_i = vazão inicial nas condições de calibração, em litros por minuto (ℓ/min)

V = volume utilizado da bureta, em litros (ℓ)

t_m = tempo médio, em segundos (s)

7.5.2 Vazão final (Q_f)

Calcular a média aritmética dos tempos obtidos no item 7.4.9, e determinar a vazão final por meio da expressão:

$$Q_f = \frac{V}{t_m} \times 60$$

Onde:

Q_i = vazão final nas condições de calibração, em litros por minuto (ℓ/min)

V = volume utilizado da bureta, em litros (ℓ)

t_m = tempo médio, em segundos (s)

7.5.3 Vazão média (Q_m)

Calcular a vazão média nas condições de calibração por meio da expressão:

$$Q_m = \frac{(Q_i + Q_f)}{2}$$

Onde:

Q_m = vazão média nas condições de calibração, em litros por minuto (ℓ/min)

Q_i = vazão inicial nas condições de calibração, em litros por minuto (ℓ/min)

Q_f = vazão final nas condições de calibração, em litros por minuto (ℓ/min)

7.5.4 Variação de vazão (ΔQ)

Calcular a variação entre as vazões final e inicial, pela expressão:

$$\Delta Q = \frac{(Q_f - Q_i)}{Q_i} \times 100$$

Onde:

Q_i = vazão inicial nas condições de calibração, em litros por minuto (ℓ/min)

Q_f = vazão final nas condições de calibração, em litros por minuto (ℓ/min)

ΔQ = variação percentual da vazão (%)

Nota: O valor da variação de vazão não deve ultrapassar 5%. Caso isso ocorra, a amostragem não deverá ser considerada.

7.5.5 Vazão corrigida (Q_c)

Se o local de coleta apresentar temperatura e pressão ou altitude diferentes das do local de calibração, a vazão deverá ser corrigida.

A vazão corrigida pode ser obtida pela expressão:

$$Q_c = Q_m \times \frac{P_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1}$$

Onde:

Q_c = vazão corrigida, em litros por minuto (ℓ/min)

Q_m = vazão média nas condições de calibração, em litros por minuto (ℓ/min)

P_1 = pressão atmosférica do local de calibração, em kiloPascal (kPa)

P_2 = pressão atmosférica do local de coleta, em kiloPascal (kPa)

T_1 = temperatura do ar do local da calibração, em Kelvin (K)

T_2 = temperatura do ar do local da coleta, em Kelvin (K)

Nota: O valor da temperatura em Kelvin é igual ao valor da temperatura em graus Celsius acrescido de 273.

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273$$

7.5.5.1 A vazão corrigida (Q_c) pode ser obtida, também, pela expressão:

$$Q_c = Q_m \times X \times Y$$

Onde:

Q_c = vazão corrigida, em litros por minuto (ℓ/min)

Q_m = vazão nas condições de calibração, em litros por minuto (ℓ/min)

X = fator de correção para diferença de temperatura, obtido na Tabela A1 do Anexo A

Y = fator de correção para diferença de altitude, obtido na Tabela A2 do Anexo A.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FUNDACENTRO. NHT – 03 – A/E – Determinação de vazão de amostragem pelo método da bolha de sabão. São Paulo: FUNDACENTRO, 1984, 15p.
2. ABNT. NBR – 10562 – Calibração de vazão, pelo método da bolha de sabão, de bombas de baixa vazão utilizadas na avaliação de agentes químicos no ar. São Paulo: ABNT, 1988, 20p.
3. OSHA. Section I – Chapter 1 – Appendix I: 1-3 – Manual Buret Meter Technique.
4. AIHA. The Occupational Environmental Its Evaluation and Control. Edited by Salvatore R. Dinardi, 1998, p.155-75.
5. ACGIH. Air Sampling Instruments For Evaluation of Atmospheric Contaminants. 7th edition, 1989, p.73-109.
6. ABNT. NBR ISO 10012-1 – Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição – Parte 1: Sistema de comparação metrológica de medição. São Paulo: ABNT, 1993, 29p.
7. ABNT. NBR 11588 – Vidraria volumétrica de laboratório – Método de aferição da capacidade e de utilização. São Paulo: ABNT, 1989, 12p.

ANEXO A

TABELAS PARA CORREÇÃO DE TEMPERATURA E ALTITUDE

TABELA A1 – Fator de correção para temperatura

Diferença de temperatura (em graus Celsius)	Fator multiplicativo (X)	
	Local de amostragem mais quente	Local de amostragem mais frio
5	1,017	0,983
10	1,033	0,966
15	1,050	0,950
20	1,067	0,933
25	1,084	0,916
30	1,101	0,899
35	1,117	0,883
40	1,134	0,866

TABELA A2 – Fator de correção para altitude

Diferença de altitude (em metros)	Fator multiplicativo (Y)	
	Local de amostragem mais alto	Local de amostragem mais baixo
100	1,013	0,987
200	1,028	0,974
300	1,042	0,961
400	1,057	0,949
500	1,073	0,936
600	1,089	0,925
700	1,105	0,913
800	1,122	0,902
900	1,139	0,891
1000	1,157	0,880

ANEXO B - FIGURAS

B1 DISPOSITIVOS DE COLETA



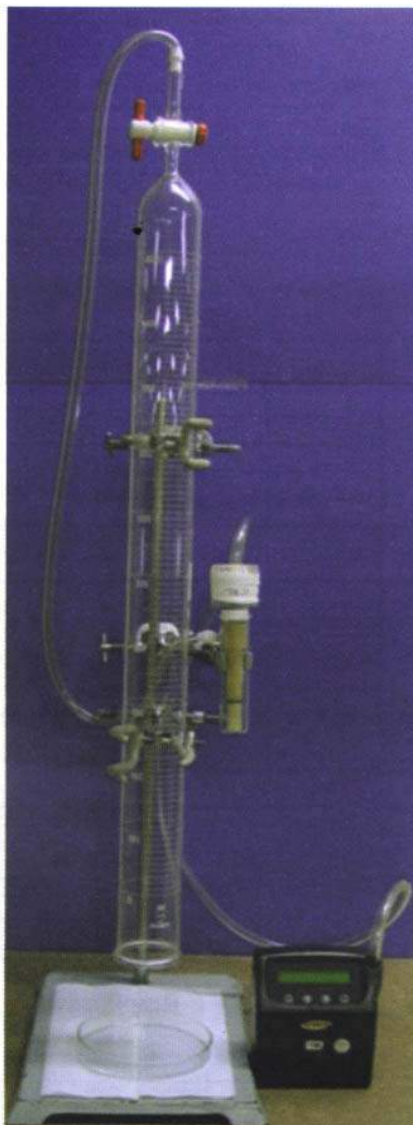
B2 BURETAS



B3 FRASCO RETENTOR DE UMIDADE



B4 SISTEMA DE CALIBRAÇÃO



ANEXO C

MODELO DE FORMULÁRIO PARA CALIBRAÇÃO DE BOMBAS DE AMOSTRAGEM INDIVIDUAL

1 – IDENTIFICAÇÃO

Identificação da bomba: _____

Identificação do dispositivo de coleta: _____

Técnico responsável pela calibração: _____

2 – CALIBRAÇÃO

CALIBRAÇÃO	t (s)	Q (ℓ/min)	Qm (ℓ/min)	V (v)
INICIAL				
t / Q			ΔQ (%)	
FINAL				
t / Q				

	PRESSÃO (KPa) (°C)	TEMPERATURA (K)	TEMPERATURA
INICIAL			
FINAL			

Data: ____ / ____ / ____

Responsável: _____

Verificação e liberação: _____

Abreviaturas: t-tempo(s); Q-vazão (ℓ/min); V-voltagem (v); ΔQ-variação de vazão(%); Qm-vazão média (ℓ/min)

ANEXO D

CALIBRADORES ELETRÔNICOS

Existem também calibradores eletrônicos, classificados como calibradores padrão primário de vazão, que calibram bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão.

Os resultados são obtidos por meio de leituras diretas, em unidades de vazão, volume por minuto.

Os dados ficam retidos na memória para cálculos da média, assim como podem ser eliminados total ou parcialmente, conforme o interesse do usuário ou a qualidade das bolhas.

O princípio de funcionamento é o mesmo recomendado por esta Norma e pela Norma da ABNT NBR-10562, com a diferença de realizar as leituras automaticamente.

Estes instrumentos devem ser calibrados de acordo com a NBR ISO 10012-1 – Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição.

Características técnicas:

1. O conjunto gerador de bolhas é composto de:

- 1.1** Gerador de bolhas constituído por amortecedor de pulsação, dispositivo de disparo da bolha, quebrador de bolha e tubo de alimentação.

Nota: O gerador de bolhas, dependendo do calibrador, pode ser oferecido para volumes diferentes.

- 1.2** Bloco de sensores: constituído por dois detectores de infravermelho, para acionar as leituras dos tempos inicial e final durante o percurso da bolha.

2. Unidade de Controle

Esta unidade é constituída por sistema de medição, microprocessador eletrônico e um display. Como chaves de comando temos:

- liga-desliga;
- indicador de carga e nível de bateria;
- conector para impressora;
- tecla de desmemorização;
- tecla de edição;
- tecla de cálculo de média;
- indicador de operação.

3. Baterias: conjunto de pilhas, recarregáveis ou não.

4. Solução de sabão: com fórmula especial de baixo teor de resíduo, que facilita a geração de bolhas sem prejudicar os materiais do conjunto gerador.

Sobre o livro

*Composto em Times 11/14
em papel off-set 90 g/m² (miolo)
e cartão supremo 250 g/m² (capa)*

no formato 16x23 cm

pela Graphbox/Caran

Tiragem: 3.000

1ª Edição - 2002

Equipe de realização

Ilustrações:

Daves de Jesus Ribeiro

Revisão de texto:

Beatriz de Freitas Moreira

Coordenação de Produção:

Lilian Queiroz

**MINISTÉRIO
DO TRABALHO E EMPREGO**



FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

Rua Capote Valente, 710
São Paulo - SP
05409-002
Tel: 3066-6000