

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº XX, DE XX DE JULHO DE 2019.

Dispõe sobre regulamentação técnica que deve ser aplicada quando realizado monitoramento contínuo de emissões atmosféricas.

Considerando as disposições do Decreto Estadual nº 4039- R/2016, de 07 de dezembro de 2016 que dispõe sobre o Sistema de Licenciamento e Controle das Atividades Poluidoras ou Degradadoras do Meio Ambiente - SILCAP;

Considerando a Resolução nº 382, de 26/12/06, e a Resolução nº 436/2011, do CONAMA, que estabelecem os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas;

Considerando a importância da adequada regulamentação de procedimentos para realização de monitoramento contínuo de emissões, haja vista que os resultados obtidos por meio dos monitoramentos embasam decisões tomadas pelo IEMA;

A Diretoria Presidente do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, no uso de suas atribuições legais previstas na Lei Complementar 248/2002 e o art. 8º do Decreto 4.109-R, de 02 de junho de 2017;

RESOLVE:

Art. 1º - Estabelecer critérios para realização do monitoramento contínuo de emissões atmosféricas determinadas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA, com os seguintes objetivos:

- a) Verificar a conformidade das emissões atmosféricas de acordo com os limites estabelecidos no licenciamento ambiental de cada unidade fabril, ou estabelecidos em legislação Federal ou Estadual, prevalecendo a mais restrita.
- b) Alimentar bancos de dados com informações sobre emissões, de forma a permitir avaliações da eficiência da implementação de melhorias nos processos produtivos.
- c) Permitir aquisição de dados de emissões com médias horárias e diárias.
- d) Permitir, durante eventos em que requisitos mínimos não estejam sendo atendidos, como limites de emissão estabelecidos, o pronto acionamento de ações de controle por parte do empreendedor, principalmente de sistemas de intertravamento das operações.

Art. 2º Os termos utilizados na presente norma estão definidos e descritos no Anexo I.

Art. 3º O sistema de monitoramento contínuo deve mensurar, no mínimo:

- a) Temperatura; pressão e vazão de ar na chaminé.
- b) Oxigênio (O₂) e teor de água.
- c) Poluente pertinente à fonte, como: Material particulado (MP); óxidos de nitrogênio (NO_x); monóxido de carbono (CO), óxidos de enxofre (SO_x), hidrocarbonetos totais (HCT).

Art. 4º - O monitoramento de parâmetros físicos deve ser efetuado como segue:

1) Monitoramento de Temperatura:

- a) Na chaminé, juntamente com a tomada de amostra dos monitores para determinação de concentração dos gases nas condições normais de temperatura e pressão, caso necessário.
- b) A calibração dos equipamentos deve ser efetuada, podendo apresentar um desvio máximo de 1,5% na faixa de utilização e deve ser efetuada antes do primeiro monitoramento oficial e posteriormente a cada 3 meses.

2) Monitoramento de Pressão (Perda de Carga).

- a) No equipamento de controle, permitindo a verificação do seu correto funcionamento.

Art. 5º Os monitores contínuos de parâmetros químicos devem atender, no mínimo, os seguintes requisitos:

I. A medição do teor de água, necessária para correção de base seca, deve possuir as mesmas características indicadas para os gases monitorados citados na Tabela 1. Os monitores devem permitir a leitura de valores negativos, indicando os desvios de zero.

II. A localização do ponto de amostragem deve estar de acordo com a Norma USEPA 01 - *Sample and Velocity Traverses for Stationary Sources* ou CETESB L9.221 "Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – *Determinação de Pontos de Amostragem*."

III. Faz parte do sistema de monitoramento contínuo, como item do controle de qualidade, a disponibilidade de plataforma segura, adequada à instalação dos monitores contínuos, bem como ao acesso de pessoal e instalação de equipamentos para a realização dos diversos testes de qualidade descritos neste documento.

IV. Deve estar disponível tomada de amostra para a realização dos testes com métodos de referência, localizado próximo ao local de amostragem dos monitores contínuos, sendo que esta tomada de amostra não deverá causar perturbação no sistema de monitoramento contínuo (SMC).

V. O sistema de monitoramento contínuo deve dispor de Plano de inspeção e manutenção.

VI. Os registros completos das intervenções de inspeção, manutenção e calibração devem estar disponíveis integralmente ao Órgão Ambiental sempre que solicitados, e, obrigatoriamente, apresentados nos relatórios com os dados de monitoramento (a frequência de apresentação dos relatórios é estabelecida em licença ambiental).

VII. Os monitores devem possuir mostradores que permitem a visualização das leituras dos parâmetros de forma clara, na área de operação, bem como saída de sinal para um sistema de armazenamento de dados.

Tabela 1 - Características mínimas de monitores contínuos de emissões atmosféricas de gases.

Parâmetro	Gases, exceto O ₂	O ₂	MP
Fundo de escala	1,5 vezes o limite máximo de emissão	-----	1,5 vezes o limite máximo de emissão
Tempo de resposta	-----	<200s	< 200 s
Repetibilidade de zero – s	< 2,0 % (1)	< 0,2% (2)	< 2,0 %
Repetibilidade de <i>span</i> – s	< 2,0 % (1)	< 0,2% (2)	< 2,0%
Linearidade	< 2,0% (1)	< 0,2% (2)	< 3 %
Influência de variação de temperatura externa - 20°C para zero e para <i>span</i>	< 5,0% (1)	< 0,5% (2)	< 5,0 %
Influência da pressão na amostragem no <i>span</i> para uma diferença de 3 kPa	< 2,0 % (1)	< 0,2% (2)	-----
Influência da variação de voltagem de (-)15% a (+) 10% na voltagem nominal de operação.	< 2,0 % (1)	< 0,2% (2)	< 2,0 %
Influência de vibração	< 2,0 % (1)	< 0,2% (2)	-----
Interferência	< 4,0 % (1)	< 0,4% (2)	-----
Caminho óptico (3)	< 2,0%	-----	-----
Eficiência de conversão – apenas NO _x	>95,0%	-----	-----

(1) = Porcentagem do valor do fundo de escala.

(2) = Valor percentual da concentração de oxigênio, em volume.

(3) = Refere-se a monitores com medição in-situ com medições através da chaminé, e indica o desvio máximo possível da alteração no caminho do feixe de luz e seu reflexo na medição.

Tabela 2 - Outras características de monitores de HCT.

Característica	Critério
Efeito de oxigênio	≤ 2 % A
Composto	Faixa de fatores de resposta
Metano	0,9 a 1,2
Hidrocarbonetos alifáticos	0,9 a 1,10
Hidrocarbonetos aromaticos	0,8 a 1,1
Diclorometano	0,75 a 1,15
Álcoois alifáticos	0,7 a 1,0
Ésteres e cetonas	0,7 a 1,0
Ácidos orgânicos	0,5 a 1,0

Art. 6º O monitoramento não contínuo de parâmetros químicos deve seguir metodologia aprovada pelo IEMA no “Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas” – PMEA – conforme Instrução Normativa (IEMA), de **xx de xxx de 2019** – e suas revisões.

§ 1º Deve ser apresentado um plano de medições com todo o procedimento e metodologia de coleta, análise e validação de dados e também os laboratórios acreditados.

Art. 7º Considera-se sem validade as médias diárias quando forem invalidados 8 ou mais valores horários, sequenciais ou não, no mesmo dia, por falha do sistema de medição, mas aceitando como válidos os valores de 10 minutos e 30 minutos nos períodos válidos.

§ 1º no caso de serem verificados mais de 7 dias sem dados dos monitores contínuos ou como dados anulados por trimestre, deverá ser utilizado monitor de reserva.

§ 2º Também deverá ser utilizado monitor de reserva caso sejam invalidados mais de 8 dias sequenciais.

Art. 8º São condições mínimas para acionar o sistema de alarme que implique em ações a serem tomadas para o retorno das condições normais de operação e registro de ocorrências:

- a) Falta de energia elétrica ou queda brusca de tensão;
- b) Queda do teor de oxigênio (O₂), quer na câmara pós-combustão ou na chaminé, abaixo da variação de teor de O₂ estabelecida no projeto;
- c) Excesso de monóxido de carbono (CO) na chaminé com concentração de pico – valor instantâneo - acima de 500 ppm;
- d) Mau funcionamento dos monitores e registradores de oxigênio ou de monóxido de carbono;
- e) Interrupção do funcionamento do Equipamento de Controle de Poluição (ECP);
- f) Parada do ventilador ou exaustor;
- g) Queda de suprimento do ar de instrumentação;

Parágrafo único: Sempre que as medições contínuas previstas na Licença ambiental do empreendimento indiquem que foi excedido por 4 horas seguidas qualquer um dos limites de emissão devido a perturbações no sistema ou avarias dos equipamentos de controle de emissão, e que as ações de controle não se mostrarem suficientes para o equacionamento das emissões, a produção deverá ser diminuída ou interrompida, observando os aspectos de segurança do processo, até que a desconformidade seja resolvida. A alimentação do sistema poderá ser retomada tão logo as condições normais de funcionamento forem restabelecidas.

Art. 9º A verificação do sistema de intertravamento deve ser efetuada por ocasião do monitoramento oficial e posteriormente quando for realizado o Controle de Qualidade nível 2 (CQ2) conforme estabelece esta norma.

Art. 10º Os dados do monitoramento contínuo das emissões devem ser apropriados por sistema eletrônico, preferencialmente único, com capacidade de:

- a) registrar continuamente os dados, nas condições normais de operação;
- b) registrar, de maneira diferenciada, os dados obtidos nas calibrações de valores de zero e *span* com o objetivo de reportá-los separadamente e utilizá-los no Controle de Qualidade nível CQ3;
- c) registrar, de forma diferenciada, os dados obtidos nas partidas e paradas da planta, com o objetivo de reportá-los separadamente por não se constituírem de valores a serem apropriados para verificação de atendimento de padrão;
- d) Registrar a ativação do sistema de alarme que aciona o intertravamento, conforme prescrito no artigo 8º;
- e) O sistema de aquisição de dados deve ser provido de meios de proteção contra o acesso das funções por pessoal não autorizado e registro dos usuários que promoverem alterações/inclusões de dados;
- f) O sistema deverá prever interface, via *web*, com o órgão ambiental, quando o for solicitado.

Artigo 11º Os dados deverão ser mantidos pelo operador por, pelo menos, 10 anos.

Artigo 12º O relatório anual de emissão tem como parâmetros de referência os limites de emissão estabelecidos em Licença ambiental de Operação e/ou em legislação aplicável.

Artigo 13º O atendimento aos limites de emissão deve ser reportado conforme estabelecido em licença ambiental, ou constar no relatório anual, informando:

a) Se todos os valores médios diários são inferiores a qualquer dos valores estabelecidos em licença ambiental, reportando quando os valores foram ultrapassados, o número de eventos, data de ocorrência e os motivos das desconformidades.

b) Se todos os valores médios de intervalos de 30 (trinta) minutos são inferiores a qualquer dos limites de emissão. Reportar quando forem ultrapassados, o número de eventos, data de ocorrência e os motivos das desconformidades.

c) Se 97% dos valores médios de intervalos de 30 (trinta) minutos não ultrapassam os valores listados na licença ambiental, se foram ultrapassados, *a percentagem e a data de ocorrência*.

d) Se ocorreram períodos com duração superior a 4 horas ininterruptas em que a unidade operou acima dos limites estabelecidos conforme descrito no parágrafo único do artigo 7º, indicando os valores alcançados, duração do evento, ações desenvolvidas e data de ocorrência.

e) Se a soma do número de horas dos eventos ocorridos conforme o item anterior foi maior que 60 horas, considerando inclusive o tempo necessário para retornar abaixo do padrão das concentrações.

f) Valores obtidos nas calibrações de zero e *span*.

g) Valores de emissão obtidos durante as partidas e paradas de operação, registrando-os e reportando-os, mas desconsiderando para efeitos de atendimento ao padrão.

h) relatar o número de dias anulados devido à falha na obtenção de dados no sistema de monitoramento, inclusive considerando os critérios estabelecidos no artigo 7º desse documento.

Art. 14º O relatório anual de monitoramento deve ser apresentado em versão impressa e em meio eletrônico.

Art. 15º O relatório anual de monitoramento deve consolidar dados obtidos de 01 de janeiro a 31 de dezembro e deve ser entregue até o dia 31 de março.

Art. 16º Para efeito de cumprimento deste regulamento, os valores das medições devem ser normalizados para as condições de temperatura, pressão, percentagem de oxigênio, teor de água, e terem seus valores subtraídos do valor da incerteza determinada.

Parágrafo primeiro – O valor de incerteza de cada método é determinado no Controle de Qualidade Nível 2 – CQ2 – conforme prescreve esta norma.

Art. 17º A geração de dados pelo sistema de monitoramento contínuo (SMC) deve ter controle de qualidade classificado em quatro níveis, como definido a seguir:

1) CQ1 – Controle de qualidade nível 1

- a) É um procedimento que visa a demonstrar que os monitores atendem rigorosamente às características listadas no artigo 5º deste regulamento, além de estarem aptos a cumprir os requisitos determinados nos controles de qualidade níveis 2, 3 e 4.
- b) O CQ1 deve ser efetuado por instituição nacional INMETRO ou por empresas que atendam aos requisitos do INMETRO, porém tem certificação internacional, com filiais no Brasil reconhecidas para realização dos testes que garantam o funcionamento adequado do sistema de medições.
- c) A certificação dos monitores deve ser apresentada ao IEMA para conhecimento, sendo de responsabilidade do empreendedor a garantia de funcionamento dos equipamentos, nos testes de campo, durabilidade e confiabilidade das informações geradas.
- d) É de exclusiva responsabilidade dos empreendedores a aquisição/adequação de equipamentos que, possuindo certificado de CQ1, estejam aptos a cumprirem as exigências dos Controles de Qualidade nível 2 (CQ2), nível 3 (CQ3) e nível 4 (CQ4);
- e) O fabricante deve fornecer detalhes da técnica de medição utilizada e os procedimentos para determinar e compensar os desvios de zero e span.

2) CQ2 – Controle de qualidade nível 2

- a) É um procedimento para calibrar o monitor, obtendo-se assim sua função de calibração, determinar a variabilidade dos valores obtidos, assim como verificar se os equipamentos já instalados em campo atendem às condições estabelecidas neste regulamento. Este procedimento pode ser efetuado por amostragem isocinética, mas também pode ser efetuado por monitores portáteis, ou seja, pode ser método manual (amostragem) ou automático, em função do parâmetro a ser calibrado.
- b) Os equipamentos, certificados com CQ1, devem ser instalados e ajustados no campo, antes dos testes de CQ2;
- c) Os testes de CQ2 são prévios ao monitoramento.
- d) A análise de dados obtidos no CQ2 também leva ao cálculo de incertezas, observando que as incertezas máximas devem estar dentro dos limites estabelecidos no exemplo abaixo:

Tabela 3 – Exemplo de valores máximos das incertezas para cada um dos poluentes medidos.

Poluente	Limite de Emissão (mg/Nm ³) ¹	Incerteza máxima	Incerteza máxima (mg/Nm ³)
Material Particulado	10	30 %	3
Dióxido de enxofre	50	20 %	10
Óxidos de Nitrogênio (como NO ₂)	200	20 %	40
Hidrocarbonetos totais	10	30 %	3
Monóxido de carbono	150	10 %	15

- e) Os testes de CQ2 devem ser realizados para a obtenção de licença ambiental de operação e, posteriormente, 18 meses após cada licença ambiental obtida, seja de operação ou seja a renovação.

3) Controle de qualidade nível 3 - CQ3

Procedimento para demonstrar a manutenção da qualidade das medições, durante a operação normal, pela conferência de zero e *span*, com frequência recomendada pelo fabricante do equipamento.

4) Controle de qualidade nível 4 - CQ4

Teste anual para avaliar se os equipamentos funcionam corretamente e as funções de calibração ainda são válidas.

Art. 18º Para as empresas que efetuarem os testes de controle de qualidade (CQ2 e CQ4) é exigida acreditação específica, conforme Norma ISO 17.025.

Parágrafo único – Os testes CQ2 e CQ4 efetuados por laboratórios acreditados podem ser acompanhados por técnicos do IEMA, quando assim este o determinar.

Art. 19º Os testes tipo CQ3 poderão ser efetuados por profissionais especializados do próprio empreendimento, pois, além de operarem os sistemas de controle de emissão, deverão efetuar os testes CQ3 na regularidade requerida.

Art. 20º A equipe responsável pelo acompanhamento e/ou execução de calibrações de equipamentos deve ter sua composição, incluindo formação técnica, nomes e responsável técnico, informada ao IEMA.

Art. 21º O detalhamento dos procedimentos para execução dos testes de controle de qualidade CQ2, CQ3 e CQ4 está descrito no Anexo 2.

ANEXOS

ANEXO 1

Definição de termos

I – Emissão: a liberação direta ou indireta de matéria ou energia para a atmosfera, água ou solo, a partir de fontes estacionárias (pontuais ou difusas);

II – Limites de emissão: valores que não podem ser excedidos durante um ou mais períodos de tempo, usualmente expressos em concentração (massa por volume);

III – Operador: qualquer pessoa ou grupo de pessoas que opere, controle, supervisione ou seja proprietário de atividade geradora de impacto atmosférico;

IV – Sistemas de Monitoramento Contínuo (SMC): conjunto completo de equipamento para o monitoramento de emissões usado para amostrar, acondicionar (se aplicável), analisar e fornecer um registro permanente das emissões ou dos parâmetros de processo;

V – Monitor Contínuo (MC): parte do sistema de monitoramento que detecta o gás poluente e gera um sinal de saída proporcional à concentração;

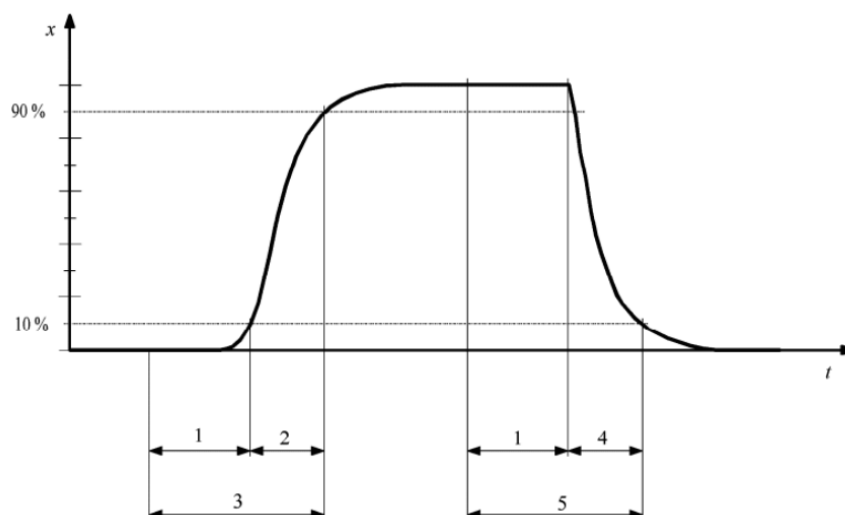
VI – Método de Referência (MRef): método que é utilizado para calibração dos monitores contínuos, devendo ser aprovado previamente pelo IEMA;

VII – Tomada de Amostra: é o local onde se coleta a amostra para a medição da concentração do poluente, localizado em um ponto ou ao longo de uma trajetória igual ou menor que 10% do diâmetro equivalente da chaminé ou da seção transversal do duto;

VIII – Fundo de escala: é o limite superior da faixa de medição da concentração do poluente especificado

IX – O tempo de resposta é resultado da observação tanto do tempo e subida quanto do tempo de queda, como abaixo definido:

- a) Tempo de resposta de subida (T_s) – é o tempo necessário para que o monitor contínuo, com medição estabilizada no valor zero pela injeção de gás zero, atinja 90% do valor de um gás de referência, após a injeção desse gás. Neste caso é chamado de tempo de subida (T_s) e assinalado na figura como tempo 3.
- b) Tempo de resposta de queda (T_q) - é o tempo necessário para que o monitor contínuo, uma vez estabilizada a medição com um gás de referência, atinja o valor de 10% do gás de referência, depois da injeção de gás zero. O T_q está assinalado na figura como tempo 5.



Onde,

- 1 - Tempo de espera;
 - 2 - Subida;
 - 3 - Tempo de resposta de subida (T_s) a partir do início da injeção de gás span;
 - 4 - Queda;
 - 5 - Tempo de resposta de queda (T_q), a partir da injeção do gás com concentração zero.
- x – Resposta do monitor;
t – tempo decorrido;
 T_d – tempo de resposta relativa entre o tempo de subida e o tempo de queda $T_d = (T_s - T_q) / T_q$;

O experimento de verificação do tempo de resposta deve ser repetido por quatro vezes. Os resultados obtidos dos tempos de subida (T_s), de queda (T_q), de resposta relativa (T_d) e seus valores médios, devem ser apresentados em tabela. Os valores médios de T_s e de T_q são comparados com os valores especificados na tabela 1 do artigo 5º para verificação de aceitabilidade do equipamento.

X - Desvio de zero: diferença na leitura de saída do MC do valor de calibração com gás zero após um determinado período de operação contínua durante o qual não haja nenhuma manutenção, reparos ou ajustes;

XI - Desvio de calibração: diferença nas leituras de saída do MC com o valor de calibração com gás de concentração conhecida – span – após determinado período de operação contínua normal no qual não haja nenhuma manutenção, reparos ou ajustes;

XII – Eficiência de conversão: utilizada apenas para medições de NO_x quando esta se faz por processo de redução de óxidos de nitrogênio para o óxido NO para posterior medição. A eficiência deve ser constante para qualquer quantidade de óxidos de nitrogênio convertida a NO.

ANEXO 2.

2.1 TESTE DE FUNCIONALIDADE

O teste de funcionalidade deve ser efetuado antes dos Controlos de Qualidade nível 2 (CQ2) e nível 4 (CQ4). Há diferenças entre os testes de funcionalidade como é determinado na tabela 2.1-1. O teste de funcionalidade perde sua validade em 30 dias.

Tabela 2.1-1 - Observações a serem efetuadas antes dos testes de CQ2 e CQ4.

Nota	Atividade	CQ2		CQ4	
		Sistema extrativo	Sistema não extrativo	Sistema extrativo	Sistema não extrativo
A.2.	Alinhamento e limpeza		X		x
A.3.	Sistema de amostragem	X		X	
A.4.	Documentação e registros	X	X	X	x
A.5.	Condições de trabalho.	X	X	X	x
A.6.	Teste de vazamento	X		X	
A.7.	Ajuste de Zero e <i>span</i>	X	X	X	x
A.8.	Linearidade			X	x
A.9.	Interferências			X	x
A.10.	Desvio de zero e span			X	x
A.11.	Tempo de resposta	X	x	X	x
A.12.	Relatório	X	x	X	x

A.2 Alinhamento e Limpeza.

A.2.1. - Inspeção visual de acordo com os manuais, constando de:

- verificação interna dos equipamentos;
- verificação e limpeza dos componentes óticos;
- limpeza dos componentes óticos;
- verificação de obstruções do caminho ótico;

A.2.2 - Após a recolocação do monitor no local de amostragem:

- alinhamento do sistema de medição;
- verificação de superfícies óticas;
- descarga do suprimento de ar.

A.3 Sistema de amostragem.

A.3.1. Realizar uma inspeção do sistema de amostragem com destaque aos seguintes itens:

- sonda de amostragem;
- sistemas de gases;
- bombas;
- todas as conexões;
- linhas de amostragem;
- suprimento de energia elétrica;
- filtros.

A.4. Registros e documentação.

Devem estar disponíveis e atualizados, para a realização dos testes:

- planos da amostragem contínua;
- todos os manuais dos equipamentos;
- livro de registro de eventos para a documentação de eventuais falhas e ações tomadas;
- relatórios de manutenções efetuadas;
- documentação sobre o controle de qualidade nível 3 – CQ3- incluindo o registro de ações tomadas no caso de funcionamento anormal;
- procedimentos gerenciais para a manutenção, calibração e treinamento de pessoal;
- registro de treinamento;
- programação de manutenção;
- registro de planos de auditorias.

A.5. Condições de trabalho.

A qualidade dos dados gerados exige a constante observação dos equipamentos, além de testes específicos que ocorrem periodicamente. O local de amostragem e de acesso para realização de testes devem ter as características:

- local seguro e limpo com espaço adequado e proteção contra intempéries;
- local de fácil acesso;
- local adequado para colocar materiais de referência, ferramentas e partes de reposição.

A.6. Testes de vazamento.

O teste deve cobrir todo o sistema de monitoramento e de acordo com as recomendações do fabricante.

A.7. Teste de Zero e *span*.

- Materiais de referência de zero e *span* devem ser usados para verificação das medições.
- No caso de amostragem não extrativa, seguir as orientações do manual do fabricante.

A.8. Linearidade.

- Verificar a linearidade das respostas do equipamento utilizando-se 5 diferentes materiais de referência, inclusive o zero, para respostas que cubram toda a faixa de operação, tipicamente 20%, 40%, 60%, 80% do fundo de escala.
- No caso de gases, pode ser utilizada uma série de gases certificados ou com a diluição adequada do gás de um cilindro único.
- No caso de gases, o tempo de uma nova injeção deve ser, no mínimo, após 3 vezes o tempo de resposta do equipamento.

A.9. Interferências.

Teste de interferência deve ser efetuado caso os gases a serem monitorados possuam, potencialmente, interferentes identificados no processo de qualificação do equipamento, especificamente CQ1.

A.10. Desvio de zero e *span*.

O desvio de zero e *span* deve ser avaliado e analisado a partir dos registros obtidos anteriormente nos testes regulares CQ3.

A.11. Tempo de resposta.

O tempo de resposta deve ser conferido com o uso de material de referência e não deve ser superior ao obtido na certificação do equipamento e indicado no teste de certificação CQ1.

A.12. Relatório.

O relatório do teste de funcionalidade deve estar disponível previamente à realização dos controles de qualidade CQ2 e CQ4 e devem servir de base para o planejamento e realização desses testes.

2.2 CONTROLE DE QUALIDADE NÍVEL 2 – CQ2

Os testes de CQ2 devem ser efetuados com base em planejamento resultante do teste de funcionalidade e constitui-se de cinco etapas, a saber:

Etapa 1 – Medições efetuadas paralelamente com um método de referência.

Etapa 2 – Análise de dados e curva de calibração.

Etapa 3 – Determinação da faixa de validade da função de calibração e sua aplicação.

Etapa 4 – Cálculo da variabilidade e incerteza.

Etapa 5 - Emissão de relatório.

Etapa 1 – Medições paralelas com um método de referência.

1.1.- Esta etapa deve necessariamente ser efetuada com medições paralelas na chaminé, utilizando-se um método de referência. O uso de material de referência, em substituição às medições paralelas, será considerado apenas em situações excepcionais e com o acordo com o IEMA.

1.2 - O uso de gases ou outro tipo de material de referência será admitido no caso em que as medições paralelas se mostrarem muito abaixo do limite de emissão, sendo que a extrapolação das medições pode ser verificada com material de referência.

1.3 - Deve ser efetuado um teste preliminar para a avaliação de concentrações das emissões e verificação se a calibração pode ser feita na matriz real para a faixa total de concentrações ou se, a critério do IEMA, será admitida a extrapolação da curva de calibração, com comprovação utilizando-se material de referência.

1.4 - Durante o teste de CQ2, deverão ser alteradas ao máximo possível as condições de operação de maneira a se obter concentrações de emissão na faixa em que o equipamento está sendo calibrado.

1.5 - A tomada de amostra para análise com método de referência deve ser efetuada o mais próximo possível do plano de tomada de amostra do monitor testado. A presença do equipamento de referência não deve influenciar e nem ser influenciado pelo monitor em teste.

1.6 - Em cada monitor devem ser efetuadas no mínimo 15 medições válidas, sendo que no máximo podem ser feitas 5 amostras por dia, com intervalo de tomada de amostra o maior possível, respeitando-se as características dos métodos de medição. Adicione-se a essas medições, uma medição de zero por dia

1.7 – As medições de zero, ou próximas ao zero, são consideradas apenas quando os valores medidos não excedem a 5% dos limites máximos de emissão. Muitas vezes essas condições não

são possíveis na operação normal. Em tais casos utilizar como zero gases ou materiais de referência.

1.8 - Para que sejam adquiridos 15 dados válidos é recomendado que se tome um número maior de amostras, pois, algumas delas poderão ser invalidadas.

1.9- As medições paralelas com MC e Mref devem ser consideradas um par e devem ser tomadas concomitantemente.

1.10 - Quando tanto o Mref e o MC forem medições automáticas, o tempo mínimo de amostragem será no mínimo de 4 vezes o maior tempo de resposta dos aparelhos.

1.11 - Deve ser apresentado um planejamento de amostragem ao IEMA, antes da execução do teste.

Etapa 2 – Análise dos dados e curva de calibração.

(MR – método de referência e MC – monitor contínuo)

Nesta etapa prepara-se os dados obtidos no teste e determina-se a curva de calibração.

2.1 - Os pares de dados obtidos com o MRef e o MC devem ser convertidos, se for o caso, para as mesmas condições de amostragem – sem normalizar para condições de referência. A unidade de medida de MC, neste momento, é o impulso elétrico, geralmente miliamperes.

2.2 – Obter a função de calibração (curva de calibração) por regressão linear simples pelo método dos mínimos quadrados, calculando também o coeficiente de correlação R^2 . A função de calibração é admitida ser uma reta e terá a forma:

$$Y = ax + b$$

Onde: y = valor corrigido

x = valor medido

a = coeficiente angular

b=coeficiente linear

2.3 – Um indicador para uma curva de calibração válida é o valor de R^2 que deve ser maior que 0,9 para os gases e maior que 0,5 para o material particulado.

2.4 – Ajustar os dados do MC com o uso da função de calibração obtida.

2.5 – Converter todos os dados tanto de MC como os do MRef para as condições Normais estabelecidas neste regulamento

2.6 – O par de dados obtidos de MR e MC, ambos corrigidos para as condições normais, serão utilizados nas etapas seguintes.

Etapa 3 – Determinação da faixa de validade da função de calibração e sua aplicação.

3.1 - A função de calibração é válida quando os valores de emissão se encontram na faixa de zero até o maior valor determinado no teste de calibração, acrescido de 10 %. Essa é uma das razões para que se façam muitas medições em condições bastante diferenciadas, de modo a se obter valores os mais altos possíveis durante a execução deste CQ2.

3.2 – Durante uma operação rotineira, os valores obtidos além da faixa de validade estabelecida devem também ser registrados para análise futura de dados.

3.3 – Semanalmente devem ser analisados os dados para verificação de sua adequabilidade com a faixa de validade, ou seja, verificar se há um significativo número de dados acima do valor máximo da faixa de validade.

3.4 – Uma nova calibração tipo CQ2 deve ser realizada se:

- mais que 5% dos dados (normalizados) semanais obtidos estão acima da faixa de validade, durante 5 semanas;

- mais que 40% dos dados (normalizados) estão fora da faixa de validade durante uma semana.

3.5 – Caso os dados obtidos estejam fora da faixa de validade, porém abaixo de 50% do limite de emissão, o IEMA deve ser informada e poderá permitir a extrapolação da função de calibração para uma faixa maior. Esta nova faixa poderá ser usada até uma nova execução do teste de CQ4.

Etapa 4 - Cálculo de variabilidade e incertezas.

Nesta etapa é verificada a variabilidade das medições e determinada a incerteza que afetam os dados coletados.

4.1 – As incertezas que afetam as medições devem ser determinadas para a verificação confiabilidade do monitoramento e também para determinar o quanto os valores obtidos no monitoramento rotineiro devem ser corrigidos.

4.2 – Nesta etapa são usados os pares de resultados, já normalizados, obtidos na etapa 2.

4.3 - O desvio padrão das diferenças é utilizado para o cálculo da incerteza das medições. Na prática considera-se como incerteza o valor de dois desvios padrão obtidos no teste, valor bastante próximo quando se calcula com intervalo de confiança de 95%.

Exemplo de cálculo da incerteza.

Tabela 4.3-1 - Cálculo do desvio padrão – Exemplo utilizando-se medições para Material Particulado.

Método de referência ¹	Monitor ¹ MC	Di (Mref-MC)
7.04	6.39	0.65
8.03	6.89	1.14

9.14	10.58	-1.44
4.78	3.47	1.30
5.49	4.15	1.33
0.53	1.84	-1.32
2.69	1.58	1.12
0.55	1.66	-1.11
0.34	1.48	-1.14
3.74	4.23	-0.48
1.31	2.23	-0.93
1.40	0.64	0.76
0.70	0.96	-0.26
1.42	1.12	0.30
1.74	1.71	0.03
Desvio padrão das diferenças	-	1,02

Nota 1 - Valores ajustados à curva de calibração e normalizados para temperatura, pressão, oxigênio e teor de água.

- Calcular desvio padrão as diferenças, neste caso = 1,02;
- Calcular a incerteza que para esse caso é desvio padrão vezes 2

Desvio padrão = 1,02

Incerteza= Desvio padrão x 2= 2,04

- Como a incerteza de 2,04 mg/Nm³ é menor que o valor da incerteza máxima permitida – 3 mg/Nm³ (tabela 3; artigo 15), os dados obtidos no monitoramento são considerados adequados.
- A incerteza de 2,04 mg/Nm³, deve ser o valor a ser subtraído dos valores medidos, conforme prescreve este regulamento artigo 8 (aquisição de dados).

Etapas 5 - emissão de relatórios.

5.1 - O relatório do teste de qualidade de dados nível 2 (QAL2) deve conter, no mínimo:

- Descrição da planta e a localização dos amostradores.
- Descrição das condições operacionais da planta e combustíveis utilizados durante o teste;
- Nome do laboratório executor do teste bem como seus responsáveis e nome dos técnicos do empreendimento que acompanharam o teste;
- Acreditação do laboratório executor dos testes;
- Para cada parâmetro medido, descrever os métodos referência utilizados, princípio, tipo, faixa de operação, repetibilidade ou incerteza;
- Descrição do amostrador contínuo, princípio de operação, faixa de operação e repetibilidade ou faixa de incerteza.

- Data e período em que foram realizados as medições paralelas;
- Dados detalhados de todos os valores medidos obtidos pelos Mref e MC;
- A equação representativa da função de calibração obtida, a faixa de calibração incluindo todos os dados utilizados na função de calibração e os testes de variabilidade;
- O gráfico obtido com as medições paralelas destacando a curva de calibração e os valores que a geraram;
- Qualquer alteração do procedimento de calibração aqui indicado;
- As observações do teste de funcionalidade (ANEXO 2, item 2.1).

2.3 CONTROLE DE QUALIDADE NÍVEL 3 – CQ3

2.3.1 - Características da Medição.

- O Controle de Qualidade nível 3 - CQ3 – tem a finalidade de acompanhar, durante todo o período de operação da planta, a qualidade dos dados obtidos.
- O CQ3 verifica as variações de zero e “span”, sendo que valores negativos de zero devem ser registrados. Para tal, o monitor deve ser ajustado para um valor positivo do sinal de saída. Tipicamente ao se calibrar com gás zero ajusta-se o valor de saída em 4 mA.
- A verificação de zero e “span” deve ser efetuada com o uso de materiais de referência, por exemplo, com o uso de gases certificados. Para os monitores nos quais as medições de zero são extremamente difíceis, o fornecedor dos equipamentos deve demonstrar que os mesmos possuem procedimentos alternativos de verificação.
- No caso de monitores de material particulado devem ser utilizados materiais de referência que, por sua vez, devem ter sido testados no teste de qualidade CQ1, fazendo, portanto parte do material de certificação dos monitores.
- Os dados obtidos no CQ3 são auxiliares de outros testes de qualidade. É importante que a coleta de dados seja iniciada mesmo antes do teste de CQ2 de forma que se obtenha o maior número de dados possível e assim auxiliar no tratamento estatístico necessário.
- O CQ3 é uma atividade frequente e obrigatória sendo recomendado que seja feita por equipe técnica do empreendimento.

2.3.2 - Uso dos dados.

- Os dados obtidos de zero e span são indicadores do desempenho dos monitores. Para que constantemente se obtenham dados confiáveis, os resultados dos testes devem ser rapidamente analisados utilizando-se de cartas de controle de qualidade tipo Shewhart ou tipo CUSUM.

- A preparação das cartas de controle exige inicialmente o cálculo do desvio padrão das medições de zero e de “span”, desvio que é baseado em dados que obrigatoriamente devem ser apresentados no certificado do monitor como parte integrante do controle de qualidade nível 1 - CQ1.
- A forma de calcular o desvio padrão é descrita em “Cálculo de desvio Padrão” (Etapa 4 do CQ2).
- Construir, em papel ou em meio eletrônico, uma carta de controle de qualidade tipo Shewhart para zero e uma para *span*, conforme figura abaixo.

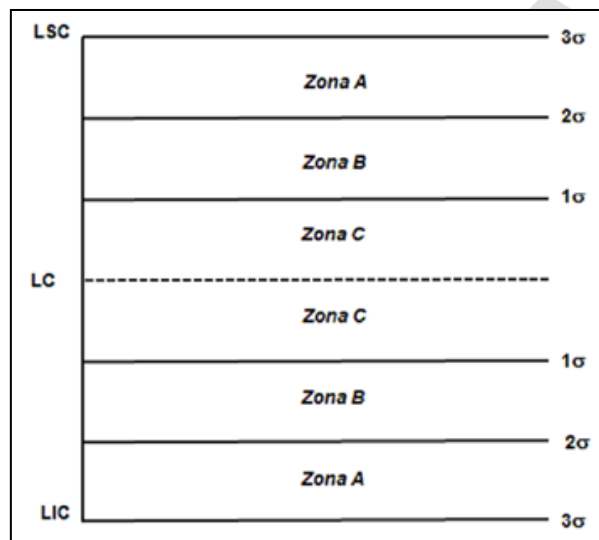


Figura 2.3.2-1: Carta de controle com a linha central (LC), limite superior (LSC), limite inferior (LIC) e linhas correspondentes aos desvios (σ).

A LC ou linha central é o chamado valor alvo que é zero para o gás zero ou o valor do gás “span” utilizado no teste.

- Assinalar os dados, obtidos no processo de CQ3, para zero e para *span* nas respectivas cartas.
- Há necessidade de ajuste do equipamento quando:
 - a) Um ou mais pontos estejam além do LSC (+3sigma) ou aquém do LIC (-3sigma);
 - b) Três pontos consecutivos estiverem dentro da zona A, tanto superior como inferior;
 - c) Cinco pontos consecutivos se situarem na zona B superior ou cinco pontos consecutivos zona B inferior;
 - d) Oito medições consecutivas estiverem do mesmo lado do valor da linha central.
 - e) Seis pontos consecutivos se apresentarem sempre com valores crescentes, ou sempre com valores decrescentes.

2.3.3 – Cálculo do desvio padrão.

- O desvio padrão de zero e span, calculados separadamente, devem ser obtidos pela fórmula indicada a seguir:

$$s_{AMS} = \sqrt{u_{inst}^2 + u_{temp}^2 + u_{volt}^2 + u_{pres}^2 + u_{others}^2}$$

Onde:

SAMS – desvio padrão do MC;

u_{inst} – incerteza da instabilidade;

u_{temp} – incerteza devido às variações da temperatura ambiental;

u_{volt} – incerteza devido a variações de voltagem;

u_{pres} - incerteza relativa às variações de pressão ambiental;

u_{outras} – outra incerteza que pode influenciar as medições e relatadas no certificado do monitor – (CQ1).

Nota: o SAMS é expresso como desvio padrão e as incertezas também devem ser expressas como desvio padrão. Caso o certificado apresente incertezas como valores a 95% de confiança, tais valores devem ser divididos por 2. Ver que em CQ2 a incerteza é calculada pela multiplicação do desvio padrão por 2.

- Exemplo de cálculo da incerteza para um monitor de SO₂, que opera na faixa de 0 a 250 mg/m³:
 - os dados aqui utilizados são um exemplo, dos fornecidos pelo fabricante dos monitores e fazem parte obrigatória do certificado referente ao controle de qualidade nível 1 – CQ1. O tipo de cálculo para desvio padrão de *span* é igual apenas alterando-se os valores fornecidos no certificado CQ1;
 - a) Faixa de leitura – 0 a 250 mg/Nm³, resolução 0,02 mg/Nm³.
Com saída analógica de 0 ao fundo de escala;
 - b) Ruído: no processo de medida 0,005mg/Nm³ ou 0,1% da saída analógica, o que for maior;
 - c) Desvio de zero:
 - dependência de temperatura - 0,025 mg/Nm³ por (K);
 - dependência de tempo a uma temperatura fixa: menos que 0,25mg/m³ tanto para 24 horas como para 30 dias;
 - d) Dependência da pressão:
 - Uma mudança em 5% da pressão ambiental produz uma mudança na leitura do instrumento em menos que 1%;
 - e) Faixa de temperatura: teste de 5°C a 40°C;
 - f) Para cálculo da u_{temp} usar o seguinte procedimento:

$$u_{\text{temp}} = |I_{\text{temp}}| \sqrt{\frac{t_+^2 + t_+ t_- + t_-^2}{3}}$$

Como a temperatura de referência é 20°C, t_+ é o valor superior da certificação, no caso 40°C, sendo o valor mínimo 5°C, temos:

$$t_{\text{cal}} = 20^\circ\text{C}$$

$$t_+ = t_{\text{max}} - t_{\text{cal}} = (40 - 20)^\circ\text{C} = 20\text{K}$$

$$t_- = t_{\text{min}} - t_{\text{cal}} = (5 - 20)^\circ\text{C} = -15\text{K}$$

$$u_{\text{temp}} = |I_{\text{temp}}| \sqrt{\frac{(20\text{K})^2 + (20\text{K})(-15\text{K}) + (-15\text{K})^2}{3}} = 10,41\text{K} |I_{\text{temp}}|$$

Como $|I_{\text{temp}}|$ é igual a 0,025 Mg/Nm³ por (K), obtém-se a u_{temp} igual a 0,26.

Com os valores acima construir a tabela F1 e obter s_{AMS} .

Table F.1 — Calculation of s_{AMS} for the zero point

Parameter	Suppliers information	Contribution
u_{inst} (noise)	0,005 mg/m ³ or 0,1 % of analogue output full scale (250 mg/m ³)	0,25 mg/m ³
u_{inst} (drift)	0,25 mg/m ³	0,25 mg/m ³
u_{temp}	0,025 mg/m ³ / K (5 °C to 40 °C)	0,26 mg/m ³
u_{volt}	no information	0 mg/m ³
u_{pres}	$\Delta p < 5 \%$, i.e. less than 1 % change in reading (0 mg/m ³)	0 mg/m ³
s_{AMS}		0,44 mg/m ³

2.4 CONTROLE DE QUALIDADE NÍVEL 4 – CQ4

- O Controle de Qualidade nível 4 - CQ4 – é conhecido nas normas internacionais como teste de verificação anual, em ingles “Annual Surveillance Test” (AST). Caracteriza-se por ser um teste anual para a verificação da validade da curva de calibração obtida no controle de qualidade nível 2 – CQ2;
- O CQ4 deve ser executado atendendo as mesmas exigências requeridas em CQ2;
- Embora bastante similar ao CQ2, no CQ4 é solicitado um número menor de medições por poluente, no mínimo 5 amostragens válidas, podendo ser efetuadas no mesmo dia;
- Caso os métodos de referência utilizem equipamentos automáticos, estes devem possuir um certificado conforme especificado em CQ1;

- As funções de calibração obtidas em CQ2 são mantidas quando os testes aqui discriminados comprovem que as eventuais variações estão dentro dos critérios estatísticos permitidos por esta norma;
- Nova calibração só deve ser realizada, utilizando-se os procedimentos estabelecidos em CQ2, caso a função de calibração for significativamente alterada, conforme as incertezas aqui determinadas;
- Exemplo de tratamento de dados em CQ4:

Exemplo baseado em um teste hipotético para monitor de dióxido de enxofre – SO₂ – considerando que o limite de emissão é de 50mg/m³ e a incerteza aceitável para esse parâmetro é de 20%.

A função de calibração, adotada neste exemplo, obtida em CQ2 anterior é:

$$y_i = 1.25x_i + 3.1$$

e a faixa de concentração válida de 0 a 42.8 mg/Nm³

- Tabulação de dados – As cinco medidas paralelas tomadas de MC paralelamente com o Mref e com o tempo adequado entre uma tomada de uma amostra e outra, são mostradas na tabela 2.4-1:

Tabela 2.4-1 – Medições paralelas para teste CQ4.

Amostra de número	Mref valor medido y _i mg.Nm ³	MC sinal medido x _i mg/Nm ³
1	2,5	1,6
2	5,6	4
3	3,8	3,9
4	1,1	0
5	18	15,8

- Obtenção de gráfico: Os resultados são colocados em gráfico que já indicam a qualidade dos resultados obtidos. Os dados devem também gerar a função obtida por regressão linear, e calculado o valor de R², sendo um bom indicador quando os valores desse parâmetro forem maiores que 0,9. No presente caso R²>0,99.

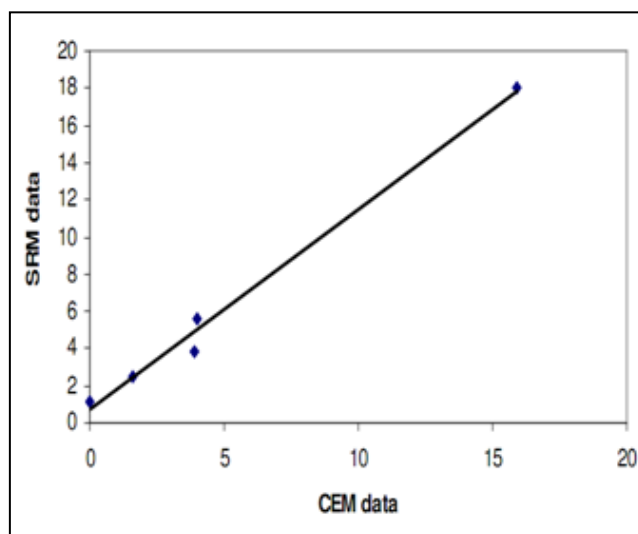


Figura 2.4-1 – Grafico obtido com dados gerados do exemplo.

- Cálculo dos valores de MC

Calcular os valores do MC usando a função de calibração original, ou seja, a obtida no CQ2 exemplo, ou seja:

$$y_i = 1.25x_i + 3.1$$

Os resultados obtidos do MC são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 2.4-2 – Valores medidos e calculados da MC.

Amostra Número (i)	Valor MC medido x_i	Valor Mref medido y_i	Valor calculado ¹ Mcont y_c	Diferença $D_i = y_i - y_c$	Quadrado da diferença. $(D_i - D_{\text{médio}})^2$
1	1,6	2,5	5,1	-2,6	0,49
2	4,0	5,6	8,1	-2,5	0,64
3	3,9	3,8	8,0	-4,2	0,81
4	0,0	1,1	3,1	-2,0	1,69
5	15,8	18,0	23,0	-4,9	2,89
Soma				-16,1	5,96
Média				-3,2=D	

- (1) Calcular a partir dos valores do monitor contínuo corrigido com a curva de calibração existente obtida no CQ2.

- Cálculo da Variabilidade:

A variabilidade σ_D é então calculada com a seguinte equação:

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}$$

E usando os valores obtidos na tabela anterior:

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{5-1} \times 5,96 \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}\right)^2} = 1,22 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

A variabilidade é aceita quando:

$$\sigma_D \leq \pm y \text{ (médio)} \quad \text{e} \quad \sigma_D < 1,5 \sigma_0 k_V$$

Onde:

σ_D - é o desvio padrão

σ_0 - é a incerteza estabelecida no regulamento (com base no artigo 17, tabela 3, o desvio ou incerteza máxima é 10 para o SO_2 , portanto σ_0 é metade desse valor).

k_V – parâmetro estatístico cujo valor para 5 medidas é 0,9161.

O teste de variabilidade, então, nos leva a:

$$1,22 \leq 1,5 \times 5 \text{ mg/m}^3 \times 0,9161$$

$$1,22 \leq 6,87$$

O valor obtido (1,22) é menor que o valor requerido no teste estatístico, portanto, a variabilidade do MC é aceita.

- Aceitação da calibração anterior efetuada em CQ2

Finalmente a calibração do MC é aceita e considerada válida se:

$$|\bar{D}| \leq t_{0,95} (N-1) \frac{S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$$

Neste exemplo, o valor “t” de Student, para 4 graus de liberdade (N-1) e 95% de confiança (monocaudal) é igual a 2,132. A desigualdade acima nos leva a:

$$3,2mg/m^3 \leq 2,132 \times \frac{1,2mg/m^3}{\sqrt{5}} + 5 = 6,22mg/m^3$$

Como o módulo do valor da média dos desvios é de Di (3,2) é menor que 6,22 mg/m³, conclui-se que a função de calibração continua válida. Este procedimento pode ser efetuado por amostragem isocinética, mas também pode ser efetuado por monitores portáteis, ou seja, pode ser método manual (amostragem) ou automático.