

ACTOS ADOPTADOS POR INSTÂNCIAS CRIADAS POR ACORDOS INTERNACIONAIS

Só os textos originais UNECE fazem fé ao abrigo do direito internacional público. O estatuto e a data de entrada em vigor do presente regulamento devem ser verificados na versão mais recente do documento UNECE comprovativo do seu estatuto, TRANS/WP.29/343, disponível no seguinte endereço:
<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocshtml>

Regulamento n.º 49 da Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa (UNECE) — Prescrições uniformes no que diz respeito às medidas a tomar contra a emissão de gases e partículas poluentes provenientes dos motores de ignição por compressão utilizados em veículos e a emissão de gases poluentes provenientes dos motores de ignição comandada alimentados a gás natural ou a gás de petróleo liquefeito utilizados em veículos

Alterações de 2010 ao Regulamento n.º 49 publicado no JO L 103 de 12.4.2008, p. 1.

Integra:

Suplemento 3 à série 05 de alterações — Data de entrada em vigor: 9 de Dezembro de 2010

Suplemento 4 à série 05 de alterações — Data de entrada em vigor: 23 de Junho de 2011

Alterações ao índice

Inserir novo anexo 4C:

Anexo 4C — Método de ensaio de medição do número de partículas

Apêndice — Equipamento de medição do número de partículas emitidas

Alterações ao texto principal do regulamento

O ponto 1.1 passa a ter a seguinte redacção:

«1.1. O presente regulamento aplica-se a veículos a motor das categorias M₁, M₂, N₁ e N₂ com uma massa de referência superior a 2 610 kg e a todos os veículos a motor das categorias M₃ e N₃ ⁽¹⁾.

A pedido do fabricante, a homologação de um veículo completo concedida ao abrigo do presente regulamento deve ser objecto de extensão ao veículo incompleto respectivo com uma massa de referência inferior a 2 610 kg. A extensão das homologações deve ser concedida se o fabricante demonstrar que todas as combinações possíveis da carroçaria a montar no veículo incompleto aumentam a massa de referência do veículo para mais de 2 610 kg.

Não necessitam de ser homologados nos termos do presente regulamento: motores montados em veículos com uma massa de referência até 2 840 kg a cuja homologação tenha sido concedida uma extensão ao abrigo do Regulamento n.º 83.

Quadro A

Aplicabilidade

Categoria do veículo ⁽¹⁾	Motores de ignição comandada			Motores de ignição por compressão	
	Gasolina	GN ⁽²⁾	GPL ⁽³⁾	Diesel	Etanol
M ₁	R49 ou R83 ⁽⁴⁾	R49 ou R83 ⁽⁴⁾	R49 ou R83 ⁽⁴⁾	R49 ou R83 ⁽⁴⁾	R49 ou R83 ⁽⁴⁾
M ₂	R49 ou R83 ⁽⁴⁾	R49 ou R83 ⁽⁴⁾	R49 ou R83 ⁽⁴⁾	R49 ou R83 ⁽⁴⁾	R49 ou R83 ⁽⁴⁾

Categoria do veículo ⁽¹⁾	Motores de ignição comandada			Motores de ignição por compressão	
	Gasolina	GN ⁽²⁾	GPL ⁽²⁾	Diesel	Etanol
M ₃	R49	R49	R49	R49	R49
N ₁	R49 ou R83 ⁽³⁾	R49 ou R83 ⁽³⁾	R49 ou R83 ⁽³⁾	R49 ou R83 ⁽³⁾	R49 ou R83 ⁽³⁾
N ₂	R49 ou R83 ⁽³⁾	R49 ou R83 ⁽³⁾	R49 ou R83 ⁽³⁾	R49 ou R83 ⁽³⁾	R49 ou R83 ⁽³⁾
N ₃	R49	R49	R49	R49	R49

⁽¹⁾ Gás natural.

⁽²⁾ Gás de petróleo liquefeito.

⁽³⁾ O Regulamento n.º 83 aplica-se aos veículos com uma massa de referência ≤ 2 610 kg e mediante extensão de uma homologação a veículos com uma massa de referência ≤ 2 840 kg.

Quadro B

Requisitos

	Motores de ignição comandada			Motores de ignição por compressão	
	Gasolina	GN	GPL	Diesel	Etanol
Gases poluentes	—	Sim	Sim	Sim	Sim
Partículas	—	Sim ^(a)	Sim ^(a)	Sim	Sim
Fumo	—	—	—	Sim	Sim
Durabilidade	—	Sim	Sim	Sim	Sim
Verificação da conformidade em circulação	—	Sim	Sim	Sim	Sim
OBD	—	Sim ^(b)	Sim ^(b)	Sim	Sim

^(a) Só se aplica à fase C no quadro 2 do ponto 5.2.1.

^(b) Datas de aplicação nos termos do ponto 5.4.2.

⁽¹⁾ Tal como definidas no anexo 7 da Resolução consolidada sobre a construção de veículos (RE3) (documento TRANS/WP.29/78/Rev.1/Amend.2, alterado por Amend.4).»

São aditados os novos pontos 2.1.64 a 2.1.66 com a seguinte redacção:

«2.1.64. "Massa de referência", a "massa sem carga" do veículo, acrescida de uma massa fixa de 100 kg para os ensaios previstos nos anexos 4A e 8 do regulamento n.º 83.

2.1.65. "Massa sem carga", a massa do veículo em ordem de marcha sem a massa fixa de um condutor com 75kg, sem passageiros e sem carga, mas com o reservatório de combustível cheio a 90 % da sua capacidade, as ferramentas habituais e a roda sobresselente, se aplicável.

2.1.66. "Massa em ordem de marcha", a massa definida no ponto 2.6 do anexo 1 do Regulamento n.º 83 e, para veículos concebidos e construídos para o transporte de mais de 9 pessoas (além do condutor), a massa do tripulante (75 kg), se existir um lugar de tripulante entre os nove ou mais lugares sentados.»

Alterações dos anexos

É aditado um novo anexo 4C com a seguinte redacção:

«ANEXO 4C

MÉTODO DE ENSAIO DE MEDIÇÃO DO NÚMERO DE PARTÍCULAS

1. Aplicabilidade

O presente anexo ainda não é aplicável para efeitos de homologação nos termos do presente regulamento. Será aplicável no futuro.

2. Introdução

- 2.1. O presente anexo descreve o método de determinação do número de partículas emitidas por motores a ensaiar de acordo com os métodos de ensaio definidos no anexo 4B. Salvo indicação em contrário, todas as condições de ensaio, métodos e requisitos são os expressos no anexo 4B.

3. Amostragem

3.1. Número de partículas emitidas

O número de partículas emitidas deve ser medido através da colheita de amostras em contínuo das emissões produzidas por um sistema de diluição do caudal parcial, tal como descrito no anexo 4B, apêndice 3, pontos A.3.2.1 e A.3.2.2, ou de um sistema de diluição do caudal total, tal como descrito no anexo 4B, apêndice 3, pontos A.3.2.3 e A.3.2.4.

3.2. Filtração do diluente

O diluente utilizado tanto na diluição primária como, se aplicável, na secundária dos gases de escape no sistema de diluição deve ser filtrado com filtros de elevada eficiência (HEPA) nos termos das disposições relativas ao filtro para gás diluente (DAF) do anexo 4B, apêndice 3, pontos A.3.2.2 ou A.3.2.4. A título facultativo, o diluente pode ser sujeito a uma depuração com carvão antes de ser filtrado pelo filtro HEPA para reduzir e estabilizar as concentrações de hidrocarbonetos no diluente. É recomendada a utilização de um filtro de partículas grosseiras adicional entre a depuração com carvão, se utilizada, e o filtro HEPA.

4. Funcionamento do sistema de amostragem

4.1. Compensação do caudal da amostra do número de partículas — sistemas de diluição do caudal total

- 4.1.1. Para compensar o caudal mássico extraído do sistema de diluição da amostragem do número de partículas, o caudal mássico extraído (filtrado) deve ser repostado no sistema de diluição. Em alternativa, o caudal mássico total no sistema de diluição pode ser matematicamente corrigido em função do caudal de amostragem do número de partículas extraído. Quando o caudal mássico total extraído do sistema de diluição para a amostragem do número de partículas for inferior a 0,5 % do caudal total dos gases de escape diluídos no túnel de diluição (m_{ed}), esta correcção, ou devolução de caudal, pode ser desprezada.

4.2. Compensação do caudal de amostragem do número de partículas — sistemas de diluição do caudal parcial

- 4.2.1. Para os sistemas de diluição do caudal parcial, o caudal mássico extraído do sistema de diluição para a amostragem do número de partículas deve ser registado ao controlar-se a proporcionalidade da amostragem. Para o efeito, repõe-se o caudal de amostragem do número de partículas no sistema de diluição a montante do dispositivo de medição de caudais ou procede-se à correcção matemática tal como descrito no ponto 4.2.2. No caso de sistemas de diluição do caudal parcial com colheita de amostras total, o caudal mássico extraído para a amostragem do número de partículas será também corrigido no cálculo da massa de partículas tal como descrito no ponto 4.2.3.

- 4.2.2. O caudal instantâneo dos gases de escape no sistema de diluição (q_{mp}), utilizado para controlar a proporcionalidade da amostragem, deve ser corrigido de acordo com um dos seguintes métodos:

- a) Se o caudal de amostragem do número de partículas extraído for eliminado, a equação 83 no anexo 4B, ponto 9.4.6.2, é substituída pela seguinte:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex}$$

em que:

q_{mp} = caudal de amostragem dos gases de escape que entra no sistema de diluição do caudal parcial, kg/s

q_{mdew} = caudal mássico diluído dos gases de escape, kg/s

q_{mdw} = caudal mássico do ar de diluição, kg/s

q_{ex} = caudal mássico da amostra do número de partículas, kg/s

O sinal q_{ex} transmitido ao regulador do sistema de caudal parcial deve ter uma precisão de $\pm 0,1\%$ de q_{mdew} a qualquer momento, devendo ser transmitido com uma frequência de pelo menos 1 Hz.

- b) Se o caudal da amostra do número de partículas extraído for total ou parcialmente eliminado, mas se repuser um caudal equivalente no sistema de diluição a montante do dispositivo de medição de caudais, a equação 83 no anexo 4B, ponto 9.4.6.2, é substituída pela seguinte:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw}$$

em que:

q_{mp} = caudal da amostra dos gases de escape que entra no sistema de diluição do caudal parcial, kg/s

q_{mdew} = caudal mássico diluído dos gases de escape, kg/s;

q_{mdw} = caudal mássico do ar de diluição, kg/s;

q_{ex} = caudal mássico de amostragem do número de partículas, kg/s;

q_{sw} = caudal mássico reposto no túnel de diluição para compensar a extracção de amostras do número de partículas, kg/s.

A diferença entre q_{ex} and q_{sw} transmitida ao regulador do sistema de caudal parcial deve ter uma precisão de $\pm 0,1\%$ de q_{mdew} a qualquer momento. O sinal (ou sinais) deve(m) ser transmitido(s) com a frequência de, pelo menos, 1 Hz.

4.2.3. Correção da medição de partículas (PM)

Ao extrair-se um caudal da amostra do número de partículas de um sistema de diluição do caudal parcial com colheita de amostras total, a massa das partículas (m_{PM}) calculada no anexo 4B, ponto 8.4.3.2.1 ou 8.4.3.2.2, deve ser corrigida do seguinte modo, a fim de registar o caudal extraído. Esta correção é necessária mesmo quando o caudal extraído e filtrado é reposto nos sistemas de diluição do caudal parcial.

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{(m_{sed} - m_{ex})}$$

em que:

$m_{PM,corr}$ = massa de partículas corrigida para efeitos da extracção do caudal da amostra do número de partículas, g/ensaio;

m_{PM} = massa de partículas determinada de acordo com o anexo 4B, ponto 8.4.3.2.1 ou 8.4.3.2.2, g/ensaio;

m_{sed} = massa total dos gases de escape diluídos que passam através do túnel de diluição, kg,

m_{ex} = massa total dos gases de escape diluídos extraída do túnel de diluição para amostragem do número de partículas, kg.

4.3. Proporcionalidade da amostragem com diluição do caudal parcial

4.3.1. Para a medição do número de partículas, utiliza-se o caudal mássico dos gases de escape, determinado por um dos métodos descritos no anexo 4B, pontos 8.4.1.3 a 8.4.1.7, a fim de controlar o sistema de diluição do caudal parcial e obter uma amostra proporcional ao caudal mássico dos gases de escape. A qualidade da proporcionalidade deve ser verificada mediante a aplicação de uma análise de regressão entre a amostra e o caudal dos gases de escape, em conformidade com o anexo 4B, ponto 9.4.6.1.

5. Determinação do número de partículas

5.1. Alinhamento temporal

Para os sistemas de diluição do caudal parcial, o tempo de permanência no sistema de amostragem e de medição do número de partículas é registado através do alinhamento temporal do sinal do número de partículas com o ciclo de ensaio e o caudal mássico dos gases de escape, em conformidade com os métodos definidos no anexo 4B, pontos 3.1.30 e 8.4.2.2. O tempo de transformação do sistema de amostragem e de medição do número de partículas é determinado segundo o ponto 1.3.6 do apêndice 1 do presente anexo.

5.2. Determinação do número de partículas com um sistema de diluição do caudal parcial

5.2.1. Ao serem recolhidas amostras do número de partículas utilizando um sistema de diluição do caudal parcial, segundo os métodos descritos no anexo 4B, ponto 8.4, calcula-se o número de partículas emitidas ao longo do ciclo de ensaio por meio da seguinte equação:

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6$$

em que:

N = número de partículas emitidas durante o ciclo de ensaio;

m_{edf} = massa dos gases de escape diluídos equivalentes durante o ciclo, determinada de acordo com o anexo 4B, ponto 8.4.3.2.2, kg/ensaio;

k = factor de calibração para corrigir as medições efectuadas pelo contador do número de partículas em função do instrumento de referência, se o contador do número de partículas não o aplicar internamente. Se o factor de calibração for aplicado internamente pelo contador do número de partículas, utiliza-se o valor 1 para K na equação acima referida;

\bar{c}_s = concentração média de partículas dos gases de escape diluídos corrigidas para as condições normais (273,2 K e 101,33 kPa), partículas por centímetro cúbico;

\bar{f}_r = factor de redução da concentração média de partículas do separador de partículas voláteis específicas dos parâmetros de diluição utilizados para o ensaio.

\bar{c}_s é calculado através da seguinte equação:

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n}$$

em que:

$c_{s,i}$ = uma medição discreta da concentração de partículas nos gases de escape diluídos efectuada pelo contador de partículas, corrigida relativamente à coincidência e às condições normais (273,2 K e 101,33 kPa), partículas por centímetro cúbico;

n = número de medições da concentração em número de partículas efectuadas durante o período de ensaio.

5.3. Determinação do número de partículas com um sistema de diluição do caudal total

- 5.3.1. Ao serem recolhidas amostras do número de partículas utilizando um sistema de diluição do caudal total, segundo os métodos descritos no anexo 4B, ponto 8.5, calcula-se o número de partículas emitidas ao longo do ciclo de ensaio por meio da seguinte equação:

$$N = \frac{m_{ed}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6$$

em que:

N = número de partículas emitidas durante o ciclo de ensaio;

m_{ed} = caudal total dos gases de escape diluídos durante o ciclo, calculado segundo qualquer um dos métodos descritos no anexo 4B, pontos 8.5.1.2 a 8.5.1.4, kg/ensaio;

k = factor de calibração para corrigir as medições efectuadas pelo contador do número de partículas para o instrumento de referência, se o contador do número de partículas não o aplicar internamente. Se o factor de calibração for aplicado internamente pelo contador do número de partículas, utiliza-se o valor 1 para k na equação acima referida;

\bar{c}_s = concentração média de partículas dos gases de escape diluídos, corrigida para as condições normais (273,2 K e 101,33 kPa), partículas por centímetro cúbico;

\bar{f}_r = factor de redução da concentração média de partículas do separador de partículas voláteis específicas dos parâmetros de diluição utilizados para o ensaio.

\bar{c}_s é calculado através da seguinte equação:

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n}$$

em que:

$c_{s,i}$ = uma medição discreta da concentração de partículas nos gases de escape diluídos efectuada pelo contador de partículas, corrigida relativamente à coincidência e às condições normais (273,2 K e 101,33 kPa), partículas por centímetro cúbico;

n = número de medições da concentração de partículas efectuadas durante o período de ensaio.

5.4. Resultado do ensaio

- 5.4.1. Para cada ensaio WHSC, WHTC a quente e WHTC a frio, as emissões específicas em número de partículas/kWh são calculadas do seguinte modo:

$$e = \frac{N}{W_{act}}$$

em que:

e = é o número de partículas emitidas por kWh;

W_{act} = é o trabalho efectuado no ciclo nos termos do anexo 4B, ponto 7.8.6, em kWh.

5.4.2. Sistemas de pós-tratamento de gases de escape com regeneração periódica

Para motores equipados com sistemas de pós-tratamento com regeneração periódica nos ensaios WHTC com arranque a quente, as emissões são ponderadas do seguinte modo:

$$e_w = \frac{n \times \bar{e} + n_r \times \bar{e}_r}{n + n_r}$$

em que:

e_w = é a emissão específica média ponderada do ensaio WHTC com arranque a quente, número de partículas/kWh;

n = é o número de ensaios WHTC com arranque a quente sem regeneração;

n_r = é o número de ensaios WHTC com arranque a quente com regeneração (no mínimo, um ensaio);

\bar{e} = é a emissão específica média sem regeneração, número de partículas/kWh;

\bar{e}_r = é a emissão específica média com regeneração, número de partículas/kWh.

Para a determinação de \bar{e}_r , aplicam-se as seguintes disposições:

- Se a regeneração levar mais de um WHTC com arranque a quente, devem efectuar-se ensaios completos sucessivos WHTC com arranque a quente e continuar a medir as emissões sem estabilizar e sem desligar o motor, até que esteja concluída a regeneração, bem como calcular a média dos resultados dos ensaios WHTC com arranque a quente;
- Se a regeneração for concluída durante qualquer arranque a quente WHTC, o ensaio deve prosseguir até ao fim do seu ciclo.

Com o acordo da entidade homologadora, é possível aplicar um factor de correcção de regeneração multiplicativo ou aditivo com base numa análise técnica bem fundamentada.

Os factores de correcção da regeneração multiplicativos k_r são determinados do seguinte modo:

$$k_{r,u} = \frac{e_w}{e} \text{ (para cima)}$$

$$k_{r,d} = \frac{e_w}{e_r} \text{ (para baixo)}$$

Os factores de correcção de regeneração aditivos (k_r) são determinados do seguinte modo:

$$k_{r,u} = e_w - e \text{ (para cima)}$$

$$k_{r,d} = e_w - e_r \text{ (para baixo)}$$

A correcção da regeneração k_r :

- Deve ser aplicada ao resultado ponderado do ensaio WHTC, conforme o ponto 5.4.3;
- Pode ser aplicada ao ensaio WHSC e ao ensaio WHTC a frio, se ocorrer uma regeneração durante o ciclo;
- Pode ser alargada a outros membros da mesma família de motores;
- Pode ser alargada a outras famílias de motores que utilizem o mesmo sistema de pós-tratamento, mediante autorização prévia da entidade homologadora baseada em elementos técnicos a fornecer pelo fabricante relativos à similitude das emissões.

5.4.3. Resultado médio ponderado do ensaio WHTC

No caso do ensaio WHTC, o resultado final do ensaio deve ser uma média ponderada do ensaio com arranque a frio e do ensaio com arranque a quente (incluindo a regeneração periódica, se pertinente), calculada mediante a utilização da seguinte equação:

- No caso de um factor de correcção da regeneração multiplicativo, ou motores sem pós-tratamento com regeneração periódica

$$e = k_r \left(\frac{(0,14 \times N_{cold}) + (0,86 \times N_{hot})}{(0,14 \times W_{act,cold}) + (0,86 \times W_{act,hot})} \right)$$

- No caso de um factor de correcção da regeneração aditivo

$$e = k_r + \left(\frac{(0,14 \times N_{cold}) + (0,86 \times N_{hot})}{(0,14 \times W_{act,cold}) + (0,86 \times W_{act,hot})} \right)$$

em que:

N_{cold} = é o número total de partículas emitidas durante o ciclo de ensaio WHTC a frio;

N_{hot} = é o número total de partículas emitidas durante o ciclo de ensaio WHTC a quente;

$W_{act,cold}$ = é o trabalho efectuado no ciclo durante o ciclo do ensaio WHTC a frio, nos termos do anexo 4B, ponto 7.8.6, em kWh;

$W_{act,hot}$ = é o trabalho efectuado no ciclo durante o ciclo do ensaio WHTC a quente, nos termos do anexo 4B, ponto 7.8.6, em kWh;

k_r = é a correcção da regeneração, nos termos do ponto 5.4.2, ou no caso de motores sem sistema de pós-tratamento com regeneração periódica $k_r = 1$

5.4.4. Arredondamento dos resultados finais

Os resultados finais do ensaio WHSC e os resultados finais médios ponderados dos ensaios WHTC são arredondados de uma só vez, a três algarismos significativos em conformidade com a norma ASTM E 29-06B. Não é permitido arredondar os valores intermédios para chegar a um resultado final de emissão específico ao travão.

6. Determinação do número de partículas na concentração de fundo

- 6.1. A pedido do fabricante do motor, é possível proceder à amostragem do número de partículas nas concentrações de fundo do túnel de diluição antes ou após o ensaio, a partir de um ponto situado a jusante dos filtros de partículas e de hidrocarbonetos no sistema de medição do número de partículas, para determinar as concentrações de fundo de partículas no túnel.
 - 6.2. A subtracção do número de partículas nas concentrações de fundo do túnel não é permitida para efeitos de homologação, mas pode ser utilizada a pedido do fabricante, com o acordo prévio da entidade homologadora, para conformidade do ensaio de produção, caso se possa demonstrar que a contribuição das concentrações de fundo no túnel é significativa. Nesse caso, pode ser subtraída dos valores medidos nos gases de escape diluídos.
-

Apêndice

Equipamento para medição do número de partículas emitidas

1. Especificação
 - 1.1. Descrição geral do sistema
 - 1.1.1. O sistema de amostragem de partículas consiste numa sonda ou num ponto de colheita de amostras que permite extrair uma amostra de um caudal misturado de forma homogénea num sistema de diluição descrito no anexo 4B, apêndice 3, ponto A3.2.1 e A.3.2.2 ou A3.2.3 e A.3.2.4, num separador de partículas voláteis (VPR) situado a montante de um contador do número de partículas e num tubo de transferência adequado.
 - 1.1.2. Recomenda-se a instalação de um separador primário (p.ex., ciclone, etc.) antes da entrada do VPR. Contudo, pode também ser utilizada uma sonda de colheita de amostras que funcione como separador granulométrico primário, tal como se vê na fig. 14, anexo 4B, apêndice 3. No caso de um sistema de diluição do caudal parcial, admite-se a utilização do mesmo separador primário para a amostragem de medição da massa das partículas e da amostragem de medição do número de partículas, extraindo-se a amostra de medição do número de partículas do sistema de diluição a montante do separador primário. Em alternativa, podem ser utilizados separadores primários independentes, extraindo-se a amostra de medição do número de partículas do sistema de diluição a montante do separador primário de medição da massa de partículas.
 - 1.2. Requisitos gerais
 - 1.2.1. O ponto de amostragem das partículas deve estar situado num sistema de diluição.

Juntos, a sonda ou o ponto de amostragem e o tubo de transferência de partículas (PTT) formam o sistema de transferência de partículas (PTS). O PTS encaminha a amostra colhida no túnel de diluição até à entrada do VPR. O PTS deve satisfazer as seguintes condições:

No caso de um sistema de diluição do caudal total e de um sistema de diluição do caudal parcial do tipo recolha fraccionada (tal como descrito no anexo 4B, apêndice 3, ponto A.3.2.1), a sonda de amostragem deve ser instalada na proximidade do eixo central do túnel, 10 a 20 vezes o diâmetro do túnel a jusante da entrada dos gases, orientada para montante caudal de gás do túnel, encontrando-se o eixo da sonda, na sua extremidade, paralelo ao do túnel de diluição. A sonda de amostragem deve ser posicionada no canal de diluição, de modo a permitir a recolha da amostra a partir de uma mistura homogénea ar/gases de escape.

No caso de um sistema de diluição do caudal parcial do tipo recolha total (tal como descrito no anexo 4B, ponto A.3.2.1), o ponto ou a sonda de amostragem de partículas deve ser colocada no tubo de transferência de partículas, a montante do suporte do filtro de partículas, do medidor de caudais e de qualquer eventual bifurcação da amostra/circulação. O ponto ou sonda de amostragem deve ser posicionado de modo a permitir a recolha da amostra a partir de uma mistura homogénea ar/gases de escape. A sonda de amostragem de partículas deve ser dimensionada por forma a não interferir com o funcionamento do sistema de diluição do caudal parcial.

A amostra de gás que passa pelo PTS deve satisfazer as seguintes condições:

No caso de um sistema de diluição do caudal total, ter um escoamento turbulento [(número de Reynolds (Re)) < 1 700;

No caso de um sistema de diluição do caudal parcial, deve ter um escoamento turbulento [(número de Reynolds (Re)) < 1 700 no PTT, ou seja, a jusante da sonda ou ponto de amostragem;

O tempo de permanência no PTS deve ser ≤ 3 segundos.

Será admitida qualquer outra configuração de amostragem do PTS relativamente à qual se possa demonstrar que a penetração de partículas de 30 nm é equivalente.

O tubo de descarga (OT) que encaminha a amostra diluída do VPR para a entrada do PNC deve possuir as seguintes características:

Ter um diâmetro interno de ≥ 4 mm;

O tempo de permanência do caudal do gás de amostragem no tubo de saída OT deve ser $\leq 0,8$ segundos.

Será admitida qualquer outra configuração de amostragem do OT relativamente à qual se possa demonstrar que a penetração de partículas de 30 nm é equivalente.

- 1.2.2. O VPR deve incluir dispositivos para a diluição da amostra e para a separação das partículas voláteis.
- 1.2.3. Todas as peças do sistema de diluição e do sistema de colheita de amostras, desde o tubo de escape até ao PNC, que estejam em contacto com gases de escape brutos ou diluídos, devem ser concebidas para minimizar a deposição das partículas. Todas as peças devem ser feitas de materiais condutores de electricidade que não reajam a componentes dos gases de escape, e devem ser ligadas à terra para impedir efeitos electrostáticos.
- 1.2.4. O sistema de colheita de amostras de partículas deve obedecer às regras da arte no que se refere à amostragem de aerossóis, a saber, não comportar cotovelos pronunciados nem mudanças bruscas de secção transversal, possuir superfícies internas lisas e tubos de amostragem o mais curtos possível. Admitem-se alterações graduais na secção transversal.
- 1.3. Requisitos específicos
 - 1.3.1. A amostra de partículas não deve passar através de uma bomba antes de passar pelo PNC.
 - 1.3.2. É vivamente recomendada a utilização de um separador primário.
 - 1.3.3. O dispositivo de pré-condicionamento da amostra deve:
 - 1.3.3.1. Ser capaz de diluir a amostra, em uma ou mais etapas, para diminuir a concentração em número de partículas abaixo do limiar a partir do qual o PNC deixa de poder funcionar em modo de contagem partícula a partícula, bem como para reduzir a temperatura do gás abaixo de 35 °C à entrada do PNC;
 - 1.3.3.2. Incluir uma primeira etapa de diluição aquecida à saída da qual a temperatura da amostra é ≥ 150 °C e ≤ 400 °C e a sua diluição corresponde a um factor de pelo menos 10;

- 1.3.3.3. Manter as etapas aquecidas a uma temperatura nominal de funcionamento constante, no intervalo especificado no ponto 1.3.3.2, com uma tolerância de ± 10 °C. Fornecer indicações que permitam saber se as etapas aquecidas estão à temperatura correcta de funcionamento;
- 1.3.3.4. Atingir um factor de redução da concentração de partículas $[f_r(d_i)]$, tal como definido em seguida no ponto 2.2.2, para partículas cujo diâmetro de mobilidade eléctrica seja de 30 nm e 50 nm, que não seja superior em mais de 30 % e 20 %, respectivamente, nem inferior em mais de 5 % ao obtido para as partículas com um diâmetro de mobilidade eléctrica de 100 nm, para o conjunto do VPR;
- 1.3.3.5. Obter também uma vaporização > 99,0 % de partículas de tetracontano $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3]$ de 30 nm, com uma concentração à entrada $\geq 10\,000\text{ cm}^3$, através do aquecimento e da redução das pressões parciais do tetracontano.
- 1.3.4. O PNC deve:
 - 1.3.4.1. Funcionar em condições de caudal total;
 - 1.3.4.2. Efectuar a contagem com uma precisão de ± 10 % no intervalo compreendido entre 1 cm^{-3} e o limiar a partir do qual o PNC deixa de poder funcionar em modo de contagem partícula a partícula, segundo uma norma identificável. Em concentrações inferiores a 100 cm^{-3} , poderão ser exigidas medições cuja média seja calculada para períodos de amostragem de longa duração a fim de demonstrar a precisão do PNC, com um grau elevado de confiança estatística;
 - 1.3.4.3. Ter uma capacidade de leitura de pelo menos 0,1 partículas cm^{-3} a concentrações inferiores a 100 cm^{-3} ;
 - 1.3.4.4. Ter uma resposta linear para as concentrações de partículas ao longo de toda a gama de medição em modo de contagem partícula a partícula;
 - 1.3.4.5. Ter uma frequência de transmissão de dados igual ou superior a 0,5 Hz;
 - 1.3.4.6. Ter um tempo de resposta t_{90} ao longo do intervalo de medida das concentrações inferior a 5 s;
 - 1.3.4.7. Comportar uma função de correcção da coincidência até uma correcção máxima de 10 %, e pode aplicar um factor de calibração interna em conformidade com o ponto 2.1.3, mas não utilizar nenhum outro algoritmo de correcção ou definição no que diz respeito à eficácia da contagem;
 - 1.3.4.8. Ter uma eficiência de contagem de 50 % (± 12 %) para as partículas com um diâmetro de mobilidade eléctrica de 23 nm (± 1 nm) e de mais de 90 % para as partículas com um diâmetro de mobilidade eléctrica de 41 nm (± 1 nm). Estas eficiências de contagem podem ser alcançadas por meios internos (por exemplo, através da concepção adequada dos instrumentos) ou externos (por exemplo, utilização de um separador granulométrico primário);
 - 1.3.4.9. Se o PNC funcionar com um líquido, este deve ser substituído com a frequência indicada pelo fabricante do instrumento.

- 1.3.5. Se não forem mantidas a um valor constante conhecido no ponto de regulação do caudal do PNC, a pressão e/ou a temperatura à entrada do PNC devem ser medidas e comunicadas para efeitos de correcção das medições da concentração de partículas, a fim de repor as condições normais.
- 1.3.6. A soma do tempo de permanência no PTS, no VPR e no OT, mais o tempo de resposta t_{90} do PNC não deve exceder 20 s.
- 1.3.7. O tempo de transformação de todo o sistema de amostragem para medição do número de partículas (PTS, VPR, OT e PNC) será determinado por permutação do caudal de aerossol transmitido directamente à entrada do PTS. A permuta do gás deve ser feita em menos de 0,1 segundos. O aerossol utilizado para o ensaio deve provocar uma alteração da concentração de, pelo menos, 60 % da escala completa (FS).

Regista-se a alteração da concentração. Para o alinhamento temporal da concentração em número de partículas e dos sinais do caudal dos gases de escape, o tempo de transformação é definido como o tempo que decorre entre a alteração (t_0) e a obtenção da resposta correspondente a 50 % da leitura final (t_{50}).

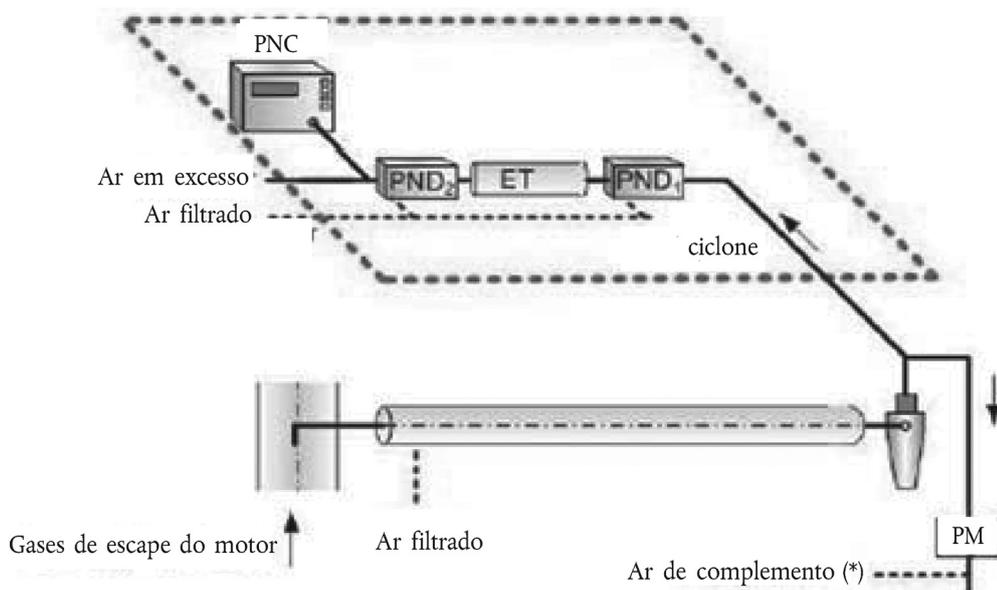
1.4. Descrição do sistema recomendado

Apresenta-se em seguida a prática recomendada para a medição do número de partículas. No entanto, aceita-se qualquer sistema que satisfaça as prescrições funcionais enunciadas nos pontos 1.2 e 1.3.

As figuras 14 e 15 ilustram as configurações esquemáticas dos sistemas recomendados de amostragem de partículas para sistemas de diluição do caudal parcial e do caudal total, respectivamente.

Figura 14

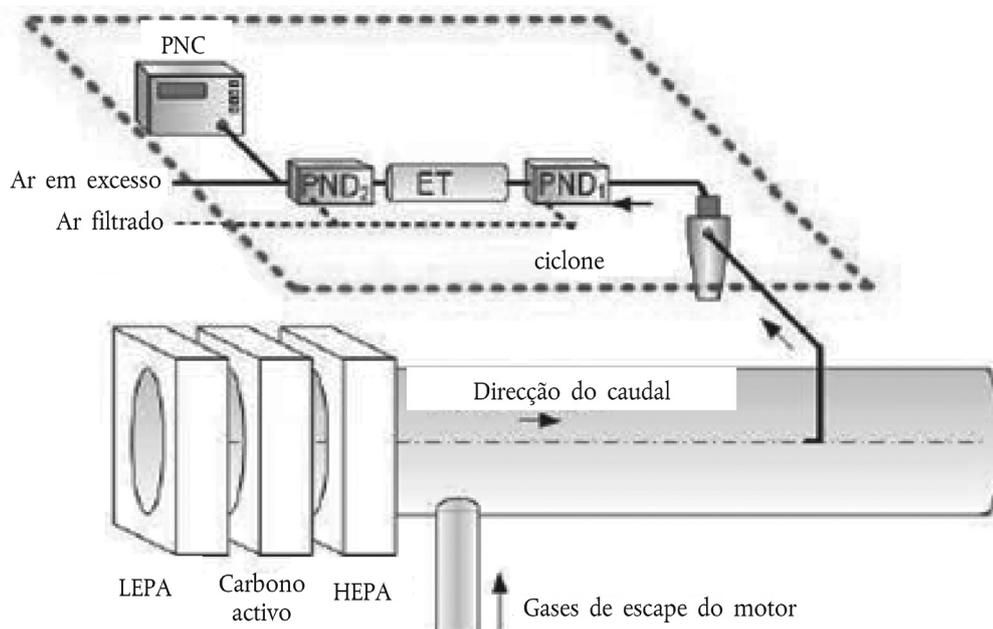
Esquema do sistema de amostragem de partículas recomendado — Amostragem de caudal parcial



(*) Uma outra solução admitida é introduzir uma correcção para o caudal extraído para a medição do número de partículas ao nível software de comando

Figura 15

Esquema do sistema de amostragem de partículas recomendado — Amostragem do caudal total



1.4.1. Descrição do sistema de amostragem

O sistema de amostragem de partículas é composto por uma sonda ou ponto de colheita de amostras de partículas, um tubo de transferência de partículas (PTT). Um separador primário granulométrico (PCF) e um separador de partículas voláteis (VPR) situado a montante do dispositivo de medição da concentração em número de partículas. O VPR deve incluir dispositivos de diluição da amostra [diluidores do número de partículas (PND_1 e PND_2) e evaporação de partículas (tubo de evaporação, ET)]. A sonda ou ponto de amostragem de partículas para o caudal do gás de ensaio deve estar posicionada no canal de diluição de modo a permitir a recolha de uma amostra representativa a partir de uma mistura homogénea ar/gases de escape. A soma do tempo de permanência no sistema e do tempo de resposta t_{90} do PNC não deve exceder 20 s.

1.4.2. Sistema de transferência de partículas

Juntos, a sonda ou o ponto de amostragem e o tubo de transferência de partículas (PTT) formam o sistema de transferência de partículas (PTS). O PTS encaminha a amostra colhida no túnel de diluição até à entrada do primeiro diluidor do número de partículas. O PTS deve satisfazer as seguintes condições:

No caso de um sistema de diluição do caudal total e de um sistema de diluição do caudal parcial do tipo recolha fraccionada (tal como descrito no anexo 4B, apêndice 3, ponto A.3.2.1), a sonda de amostragem deve ser instalada na proximidade do eixo central do túnel, 10 a 20 vezes o diâmetro do túnel a jusante da entrada dos gases, orientada para montante do caudal de gás do túnel, encontrando-se o eixo da sonda, na sua extremidade, paralelo ao do túnel de diluição. A sonda de amostragem deve ser posicionada no canal de diluição, de modo a permitir a recolha da amostra a partir de uma mistura homogénea ar/gases de escape.

No caso de um sistema de diluição do caudal parcial do tipo recolha total (tal como descrito no anexo 4B, ponto A.3.2.1), o ponto ou a sonda de amostragem de partículas deve ser colocado no tubo de transferência de partículas, a montante do suporte do filtro de partículas, do medidor de caudais e de qualquer eventual bifurcação da amostra/circulação. O ponto ou sonda de amostragem deve ser posicionado de modo a permitir a recolha da amostra a partir de uma mistura homogénea ar/gases de escape.

A amostra de gás que passa pelo PTS deve satisfazer as seguintes condições:

Ter um escoamento turbulento [(número de Reynolds (Re)) < 1 700;

O tempo de permanência no PTS deve ser ≤ 3 segundos.

Será admitida qualquer outra configuração de amostragem do PTS relativamente à qual se possa demonstrar que a penetração de partículas com um diâmetro de mobilidade eléctrica de 30 nm é equivalente.

O tubo de descarga (OT) que encaminha a amostra diluída do VPR para a entrada do PNC deve possuir as seguintes características:

Ter um diâmetro interno de ≥ 4 mm;

O tempo de permanência do caudal do gás de amostragem no POT deve ser $\leq 0,8$ segundos.

Será admitida qualquer outra configuração de amostragem do OT relativamente à qual se possa demonstrar que a penetração de partículas com um diâmetro de mobilidade eléctrica de 30 nm é equivalente.

1.4.3. Separador primário granulométrico

O separador primário granulométrico recomendado deve ser colocado a montante do VPR. Deve ter um ponto de corte a 50 % entre 2,5 μm e 10 μm ao caudal volúmico seleccionado para a amostragem das emissões de medida do número de partículas. O separador deve deixar passar pelo menos 99 % das partículas de 1 μm ao caudal volúmico seleccionado para a amostragem das emissões de medição do número de partículas. No caso de um sistema de diluição do caudal parcial, admite-se a utilização do mesmo separador primário para a amostragem de medição da massa das partículas e da amostragem de medição do número de partículas, extraindo-se a amostra de medição do número de partículas do sistema de diluição a jusante do separador primário. Em alternativa, podem ser utilizados separadores primários independentes, extraindo-se a amostra de medida do número de partículas do sistema de diluição a montante do separador primário de medida da massa de partículas.

1.4.4. Separador de partículas voláteis (VPR)

O VPR deve incluir um diluidor da concentração em número de partículas (PND₁), um tubo de evaporação e um segundo diluidor (PND₂) montados em série. Esta função de diluição consiste em baixar a concentração do número de partículas presentes na amostra que entra no dispositivo de medição da concentração para um nível inferior ao limiar a partir do qual o PNC deixa de poder funcionar em modo de contagem partícula a partícula e em suprimir a nucleação na amostra. O VPR deve fornecer indicações que permitam saber se o PND₁ e o tubo de evaporação estão à temperatura correcta de funcionamento.

O VPR deve obter também uma vaporização > 99,0 % de partículas de tetracontano [$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$] de 30 nm, com uma concentração à entrada $\geq 10\,000\text{ cm}^{-3}$, através do aquecimento e da redução das pressões parciais do tetracontano. Deve obter também um factor de redução da concentração de partículas (f_p) para partículas cujo diâmetro de mobilidade eléctrica seja de 30 nm e 50 nm, que não seja superior em mais de 30 % e 20 %, respectivamente, nem inferior em mais de 5 % ao obtido para as partículas com um diâmetro de mobilidade eléctrica de 100 nm, para o conjunto do VPR.

1.4.4.1. Primeiro dispositivo de diluição da concentração em número de partículas (PND₁)

O PND₁ deve ser especificamente concebido para diluir a concentração em número de partículas e para funcionar a uma temperatura (de parede) de 150 °C a 400 °C. O ponto de regulação da temperatura de parede deve ser mantido a uma temperatura nominal de funcionamento constante, com uma tolerância de ± 10 °C, e não exceder a temperatura do ET (ponto 1.4.4.2). O diluidor deve ser alimentado com ar de diluição filtrado com um filtro HEPA e ser capaz de dividir a concentração da amostra por um factor compreendido entre 10 e 200.

1.4.4.2. Tubo de evaporação

Em todo o comprimento do ET, a temperatura de parede deve ser superior ou igual à do primeiro dispositivo de diluição da concentração em número de partículas e ser mantida a um valor fixo nominal compreendido entre 300 °C e 400 °C, com uma tolerância de ± 10 °C.

1.4.4.3. Segundo dispositivo de diluição da concentração em número de partículas (PND₂)

O PND₂ deve ser especificamente concebido para diluir a concentração em número de partículas. O diluidor deve ser alimentado com ar de diluição filtrado com um filtro HEPA e ser capaz de manter um factor de diluição único compreendido entre 10 e 30. O factor de diluição do PND₂ deve ser fixado entre 10 e 15 de forma que a concentração em número de partículas a jusante do segundo diluidor seja inferior ao limiar a partir do qual o PNC deixa de poder funcionar em modo de contagem partícula a partícula e a temperatura dos gases à entrada do PNC seja < 35 °C.

1.4.5. Contador do número de partículas (PNC)

O PNC deve cumprir as prescrições do ponto 1.3.4.

2. Calibração/validação do sistema de amostragem de partículas ⁽¹⁾

2.1. Calibração do contador do número de partículas

2.1.1. O serviço técnico verificará a existência de um certificado de calibração do PNC que ateste a sua conformidade com uma norma identificável, estabelecido no período de doze meses anterior ao ensaio das emissões.

2.1.2. O PNC deve também ser recalibrado após qualquer operação de manutenção importante, sendo neste caso necessário um novo certificado de calibração.

2.1.3. A calibração deve ser efectuada de acordo com um método de calibração reconhecido:

- a) Por comparação da resposta do PNC a calibrar com a de um electrómetro de aerossol calibrado que analise simultaneamente as partículas-padrão separadas electrostaticamente; ou
- b) Por comparação da resposta do PNC a calibrar com a de um segundo PNC que tenha sido directamente calibrado pelo método descrito acima.

No caso do electrómetro, efectua-se a calibração utilizando pelo menos 6 concentrações-padrão espaçadas tão uniformemente quanto possível por toda a gama de medição do PNC. Um destes pontos é o ponto correspondente a uma concentração nominal igual a zero que se obtém ligando à entrada de cada instrumento um filtro HEPA cujo desempenho corresponda no mínimo à classe H13 da norma EN 1822:2008. Se não for aplicado nenhum factor de calibração ao PNC a calibrar, as concentrações medidas não devem afastar-se em mais de ± 10 % da concentração-padrão para cada concentração utilizada, com excepção do ponto zero. Caso contrário, o PNC a calibrar deve ser recusado. O gradiente obtido por regressão linear dos dois conjuntos de dados deve ser calculado e registado. Há que aplicar ao PNC a calibrar um factor de calibração igual ao inverso do gradiente. Calcula-se a linearidade da resposta com base no quadrado do coeficiente de correlação de Pearson (R^2) dos dois conjuntos de dados, que deve ser igual ou superior a 0,97. Para o cálculo do gradiente e de R^2 , deve fazer-se passar a recta da regressão linear pela origem (o que corresponde a uma concentração zero para ambos os instrumentos).

No caso do PNC de referência, a calibração deve fazer-se utilizando pelo menos 6 concentrações-padrão em toda a gama de medição do PNC. Pelo menos 3 pontos devem situar-se a concentrações inferiores a $1\ 000\ \text{cm}^{-3}$, devendo as restantes concentrações ser espaçadas linearmente entre $1\ 000\ \text{cm}^{-3}$ e a concentração máxima à qual o PNC pode funcionar em modo de contagem

partícula a partícula. Um destes pontos é o ponto correspondente a uma concentração nominal igual a zero que se obtém ligando à entrada de cada instrumento um filtro HEPA cujo desempenho corresponda no mínimo à classe H13 da norma EN 1822:2008. Se não for aplicado nenhum factor de calibração ao PNC a calibrar, as concentrações medidas não devem afastar-se em mais de $\pm 10\%$ da concentração-padrão para cada concentração, com excepção do ponto zero. Caso contrário, o PNC a calibrar deve ser recusado. O gradiente obtido por regressão linear dos dois conjuntos de dados deve ser calculado e registado. Há que aplicar ao PNC a calibrar um factor de calibração igual ao inverso do gradiente. Calcula-se a linearidade da resposta com base no quadrado do coeficiente de correlação de Pearson (R^2) dos dois conjuntos de dados, que deve ser igual ou superior a 0,97. Para o cálculo do gradiente e de R^2 , deve fazer-se passar a recta da regressão linear pela origem (o que corresponde a uma concentração zero para ambos os instrumentos).

- 2.1.4. Aquando da calibração, deve igualmente verificar-se se são cumpridos os requisitos do parágrafo 1.3.4.8 relativos à eficiência de detecção do PNC para partículas com um diâmetro de mobilidade eléctrica de 30 nm. Não é exigida uma verificação da eficiência de contagem de partículas com 41 nm.

2.2. Calibração/validação do separador de partículas voláteis

- 2.2.1. Deve proceder-se à calibração dos factores de redução da concentração de partículas aplicável ao VPR em toda a gama de regulação da diluição, às temperaturas de funcionamento do instrumento recomendadas pelo fabricante, caso o dispositivo seja novo ou tenha sido sujeito a uma operação de manutenção importante. A única obrigação em matéria de validação periódica do factor de redução da concentração de partículas aplicável ao VPR consiste num controlo numa única configuração de ensaio, idêntica à utilizada para medições em veículos a diesel equipados com filtros de partículas. O serviço técnico verificará a existência de um certificado de calibração ou validação do separador de partículas voláteis estabelecido no semestre anterior ao ensaio das emissões. Se o separador de partículas voláteis estiver equipado com um dispositivo de alerta de vigilância da temperatura, a validação pode ser efectuada com uma periodicidade de 12 meses.

As características do VPR devem ser determinadas para o factor de redução de concentração de partículas para partículas sólidas com um diâmetro de mobilidade eléctrica de 30 nm, 50 nm e 100 nm. Os factores de redução da concentração de partículas [$f_r(d)$] para partículas cujo diâmetro de mobilidade eléctrica seja de 30 nm e 50 nm não devem ser superiores em mais de 30 % e 20 %, respectivamente, nem inferiores em mais de 5 % aos obtidos para as partículas com um diâmetro de mobilidade eléctrica de 100 nm. Para efeitos de validação, o factor médio de redução da concentração de partículas não se deve afastar mais de $\pm 10\%$ do factor médio de redução (\bar{f}_r) determinado durante a primeira calibração do VPR.

- 2.2.2. O aerossol de ensaio para estas medições será constituído por partículas sólidas com um diâmetro de mobilidade eléctrica de 30, 50 e 100 nm e uma concentração mínima de 5 000 partículas cm^{-3} à entrada do VPR. As concentrações de partículas devem ser medidas a montante e a jusante das componentes.

O factor de redução da concentração de partículas para cada granulometria [$f_r(d_i)$] é calculado do seguinte modo:

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)}$$

em que:

$N_{in}(d_i)$ = concentração em número de partículas a montante, para partículas de diâmetro d_i ;

$N_{out}(d_i)$ = concentração em número de partículas a jusante, para partículas de diâmetro d_i ; e

d_i = diâmetro de mobilidade eléctrica das partículas (30, 50 ou 100 nm);

$N_{in}(d_i)$ e $N_{out}(d_i)$ devem ser corrigidos em função das mesmas condições.

A redução média da concentração em partículas (\bar{f}_r) para um dado nível de diluição é calculado do seguinte modo:

$$\bar{f}_r = \frac{f_r(30_{nm}) + f_r(50_{nm}) + f_r(100_{nm})}{3}$$

Recomenda-se que o VPR seja calibrado e validado enquanto unidade integrada.

- 2.2.3. O serviço técnico verificará a existência de um certificado de validação do VPR que ateste a eficácia do separador de partículas voláteis, estabelecido no semestre anterior ao ensaio das emissões. Se o separador de partículas voláteis estiver equipado com um dispositivo de alerta de vigilância da temperatura, a validação pode ser efectuada com uma periodicidade de 12 meses. O VPR deve obter uma separação superior a 99,0 % das partículas de tetracontano [$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$] com um diâmetro de mobilidade eléctrica de pelo menos 30 nm e uma concentração à entrada $\geq 10\,000\text{ cm}^{-3}$ e quando o aparelho funciona ao seu nível de diluição mínima e à temperatura recomendada pelo fabricante.
- 2.3. Métodos de verificação do sistema de contagem de partículas
- 2.3.1. Antes de cada ensaio, o contador de partículas deve indicar uma concentração medida inferior a $0,5\text{ partículas/cm}^{-3}$, no caso de haver um filtro HEPA, que corresponda, pelo menos, à classe H13 da norma EN 822:2008, ou de desempenho equivalente, à entrada do conjunto do sistema de amostragem de partículas (VPR e PNC).
- 2.3.2. Há que verificar mensalmente que o valor indicado para o caudal admitido no contador de partículas não se afasta $\pm 5\%$ do caudal nominal do contador quando a verificação é feita com um medidor de caudais calibrado.
- 2.3.3. Há que verificar diariamente que, após a aplicação de um filtro HEPA, que corresponda, pelo menos, à classe H13 da norma EN 1822: 2008, ou de desempenho equivalente, à entrada do contador de partículas, a concentração indicada por este aparelho é $\leq 0,2\text{ cm}^{-3}$. Removido o filtro, o contador, alimentado pelo ar ambiente, deve indicar uma concentração de pelo menos $100\text{ partículas/cm}^{-3}$. Ao repor o filtro, a concentração deve ser novamente $\leq 0,2\text{ cm}^{-3}$.
- 2.3.4. Antes do início de cada ensaio, deve confirmar-se que o tubo de evaporação, se fizer parte da aparelhagem, atingiu a temperatura correcta de funcionamento.
- 2.3.5. Antes do início de cada ensaio, deve confirmar-se que o diluidor PND₁ atingiu a temperatura correcta de funcionamento.

(1) Para exemplos de métodos de calibração/validação consultar: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocsts.html>»